

CONSULTING

Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St-Pierre-en-Faucigny

Système d'endiguement "Bonneville Ayze"
Arve-RD-BONNE-25.79-ARVE RIVE DROITE





Document A

SAFEGE opérant sous la marque SUEZ Consulting (SIREN n° 542 021 829) « Ce document a été réalisé par du personnel de SAFEGE SAS (opérant sous la marque commerciale SUEZ Consulting) ; SAFEGE SAS est un organisme agréé en tant qu'intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques, conformément à l'arrêté du 13 juillet 2021 ».

Numéro du Projet : 20CRA102

Intitulé du Projet : Etudes de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St-Pierre-en-Faucigny

Intitulé du Document : DOCUMENT A - Système d'endiguement "Bonneville Ayze" Arve-RG-BONNE-26.24-ARVE RIVE DROITE

Contrôle données entrée	Réunion de démarrage	RACI Agrément	Check List (EDD)
			

Version	Rédacteur NOM / Prénom		Contrôleur 1 NOM / Prénom		Contrôleur 2 NOM / Prénom		Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
A	WIRTZ- SUSINI Rémi	Rémi WIRTZ -- SUSINI <small>Signature numérique de Rémi WIRTZ-SUSINI Date : 2023.08.02 16:49:53 +02'00'</small>	PESTEL Arnaud	A.PE STEL <small>Signature numérique de A.PESTEL Date : 2023.08.03 16:41:00 +02'00'</small>	JOUVE Vincent	Vince nt Jouve <small>Signature numérique de Vincent Jouve Date : 2023.07.31 08:06:55 +02'00'</small>	31/07/2023	Version initiale
B	WIRTZ- SUSINI Rémi	Rémi WIRTZ-- SUSINI <small>Signature numérique de Rémi WIRTZ-SUSINI Date : 2024.06.20 16:32:06 +02'00'</small>	VANDEKERCKHOV E Thibaut	Thibaut Vandeker ckhove <small>Signature numérique de Thibaut Vandekerckhove Date : 2024.06.20 19:14:43 +02'00'</small>	BOUSSAA Farid	Boussa a Farid <small>Signature numérique de Boussaa Farid Date : 2024.06.21 10:32:51 +02'00'</small>	24/06/2024	Version reprise à la suite des remarques de la DREAL/POH d'octobre 2023

Ce document a été réalisé par du personnel de SAFEGE SAS (opérant sous la marque commerciale SUEZ Consulting) ; SAFEGE SAS est un organisme agréé en tant qu'intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques, conformément à l'arrêté du 13 Juillet 2021 (Agrément « Auscultation - tous barrages » valide jusqu'au 31 juillet 2029)

Table des matières

Bibliographie.....	5
Document A : PRESENTATION GENERALE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT.....	10
1..... Renseignements administratifs.....	11
1.1 Gestionnaire	11
1.2 Compétence GEMAPI	11
1.3 Identification du rédacteur de l'Etude de Dangers.....	12
1.4 Date de remise des EDD	13
1.5 Classement des ouvrages	13
1.6 Aménagements hydrauliques (article R562-18).....	13
2..... Objet de l'étude	14
2.1 Descriptif du cadre	14
2.2 Communes concernées	15
2.3 Localisation des limites de la zone protégée	15
2.4 Localisation et description des ouvrages concernés.....	17
2.4.1 Localisation générale	17
2.4.2 Description sommaire des ouvrages	18
3..... Description précise de la zone protégée.....	23
3.1 Zone protégée	23
3.1.1 Limites administratives	23
3.1.2 Enjeux présents sur la zone	26
3.2 Description des conditions naturelles.....	32
3.2.1 Facteurs naturels déterminants les risques d'inondation	32
3.2.2 Les crues historiques.....	33
3.2.3 Références scientifiques	35
3.2.4 Etude géologique.....	36
3.2.5 Classe sismique	36
3.3 Description du système de protection et fonctions hydrauliques	37
3.3.1 Cours d'eau	37
3.3.2 Plan d'ensemble	37
3.3.3 Géométrie et structure du système	38

3.3.4	Voie d'accès aux digues du système d'endiguement	65
3.3.5	Fonctionnement hydraulique du SE (digues de l'Arve RD).....	66
3.3.6	Analyse de la topographie existante	70
3.4	Analyse du fonctionnement du système.....	70
3.4.1	Données historiques structurelles	70
3.4.2	Fonction structurelle	71
3.4.3	Les niveaux de protection et dangers	72
3.5	Situations pouvant survenir pour des niveaux dépassant les performances du système d'endiguement.....	75
3.5.1	Phénomènes pouvant être à l'origine d'une défaillance du système d'endiguement	75
3.5.2	Présentation des scénarios de défaillance.....	75
3.6	Organisation du gestionnaire	79
3.6.1	Consignes de surveillance et d'exploitation des ouvrages hors période de crise.....	80
3.6.2	Consignes de surveillance des ouvrages en période de crise	84

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du système d'endiguement après travaux, de sa zone protégée et des lieux de références.....	16
Figure 2 : Localisation précise des digues constitutives du système d'endiguement (après travaux).....	17
Figure 3 : Vues en plan de la sectorisation des digues en tronçons homogènes (RG et RD de l'Arve).....	21
Figure 4 : Communes territoire intervention SM3A.....	24
Figure 5 : Limites administratives du territoire relevant du SM3A.....	25
Figure 6 : Localisation de la zone protégée et des tronçons du système d'endiguement.....	26
Figure 7 : Zone protégée par le système d'endiguement « Bonneville Ayze ».....	27
Figure 8 : Hydrogrammes de crues relatifs à la crue centennale de l'Arve.....	33
Figure 9 - Géologie de la zone d'étude (Source : Infoterre - BRGM).....	36
Figure 10 : Cartographie des ouvrages annexes (ponts, seuils, buses et vannes).....	37
Figure 11 : Découpage structural de la digue RD19.....	39
Figure 12 : Divagations du lit de l'Arve - Google Maps.....	39
Figure 13 : RD19 Profil Géophysique – IMG.....	39
Figure 14 : RD19 : Exemples de conduites traversant l'ouvrage – VTA CNR 2017.....	40
Figure 15 : Photo aérienne de la zone du Bouchet T02 durant la période de la construction du pont de la ZI.....	41
Figure 16 : Découpe structurale de la digue du Bouchet T02.....	41
Figure 17 : Photos de la digue du Bouchet T02, partie amont de la vanne Décret.....	41
Figure 18 : Photo de la digue du Bouchet T02, partie aval de la vanne Décret.....	42
Figure 19 : Découpage structural de la digue du BOUCHET T01.....	43
Figure 20 : Bouchet T01 - Profil de digue.....	44
Figure 21 : Bouchet T01 - Phénomène de sous-cavage.....	44
Figure 22 : Découpage structural de la digue Jean-Baptiste REY.....	45
Figure 23 : Digue JB REY – Profil de digue.....	45
Figure 24 : Digue JB REY - Confortement grossier de la digue.....	45
Figure 25 : Découpage structural de la digue POSTE.....	46
Figure 26 : Digue POSTE - Système de vannage de la Madeleine.....	46
Figure 27 : Trésor Public T02 - Profil de digue.....	47
Figure 28 : Trésor Public T02 - Schéma structural.....	47
Figure 29 : Trésor Public T01 - Schéma structural.....	48
Figure 30 : Trésor Public T01 - Talus érodé sub-vertical.....	48
Figure 31 : Trésor Public T01 - Arborescence déstructurant le mur en place.....	48
Figure 32 : Découpage structural de la digue de la Lisière du Clos.....	49
Figure 33 : Digue Lisière du Clos - Profil de digue.....	50
Figure 34 : Vues en plan de la sectorisation des digues en tronçons homogènes (rive gauche et rive droite de l'Arve).....	52
Figure 35 - Profil en long du tronçon de la RD19.....	53
Figure 36 : Profil en long - définition des crêtes de digue.....	56
Figure 37 : Profil type RD-T1.....	57
Figure 38 : Profil type RD-T4.....	59
Figure 39 : Profil type RD-T6.....	60
Figure 40 : Profil type RD T7.....	62
Figure 41 : Profil type RD T8.....	63
Figure 42 : Etanchéité au droit des pistes d'exploitation.....	65
Figure 43 : Voies d'accès au système d'endiguement – digues de l'Arve rive droite.....	66
Figure 31 : Profil en long du Borne (Source : CNR) - digues rive droite et rive gauche en état actuel et lignes d'eau ...	67
Figure 33 : Profil en long de l'Arve (Source : CNR) – partie 1 - état actuel.....	67
Figure 34 : Profil en long de l'Arve (Source : CNR) – partie 2 – état actuel.....	68
Figure 47 : Profil en long Arve (Source : CNR) – calage des digues projetée (1 m ou 0.8 m au-dessus de la ligne Q100 retenue).....	69
Figure 48 : Analyse fonctionnelle externe.....	72
Figure 49 : Localisation des points de référence du système d'endiguement et cotes correspondant aux niveaux de protection.....	74

Figure 50 : Défaillance fonctionnelle de la vanne du ruisseau de la Madeleine (S2.1) 76
Figure 51 : Défaillance fonctionnelle des vannes des Castorduc des Lacs d'Ayze (S2.2)..... 77
Figure 52 : Défaillance structurelle S3.1 au droit des digues Centre T01 et Centre T02 (en situation projet) 78
Figure 53 : Défaillance structurelle S3.2 au droit du tronçon RDT6 (en situation projet) 79
Figure 54 : Dispositif de surveillance et d'intervention du SM3A pendant la crise 85

Liste des tableaux

Tableau 1 : Descriptif du cadre de la demande (arrêté du 30 septembre 2019) 14
Tableau 2 : Délimitation des digues constituant le système d'endiguement..... 18
Tableau 3 : Sectorisation des digues en tronçons homogènes et type d'intervention retenu dans l'AVP optimisé au droit de chaque secteur 20
Tableau 4 : Propriétaires des tronçons du système d'endiguement..... 21
Tableau 5 : Liste des concessionnaires réseaux le long du système d'endiguement..... 22
Tableau 6 : Population exposée selon les scénarios d'inondation considérés (sans prise en compte des personnes circulant sur les axes de voiries non communales)..... 31
Tableau 7 : Analyse complémentaire prenant en compte le nombre de personnes exposées sur les voiries non communales..... 31
Tableau 8 : Analyse complémentaire prenant en compte le nombre de personnes exposées sur les voiries non communales 31
Tableau 8 : Analyse complémentaire prenant en compte le nombre de personnes exposées sur les voiries non communales 32
Tableau 10 : Description des crues historiques – source étude historique réalisée par Acthys Diffusion 35
Tableau 11 : Résumé des caractéristiques géométriques externes des ouvrages existants 50
Tableau 12 : Résumé des caractéristiques géométriques externes des ouvrages existants (bis) 51
Tableau 13 : Sectorisation des digues en tronçons homogènes et type d'intervention retenu dans l'AVP optimisé au droit de chaque secteur 52
Tableau 14 : Niveaux de danger et de protection du système d'endiguement 73
Tableau 15 : Technique de confortement de digue après dessouchage 83

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SM3A, *Convention cadre de mutualisation de moyens et de gestion des systèmes d'endiguement de l'Etat, C18-008, 19 janvier 2017.*
- [2] *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. : V1, Juillet 2017.*
- [3] Les tertres dans les systèmes d'endiguements de la Loire - S.Patouillard et al. - 2019, DOI: 10.5281/zenodo.2278839.
- [4] Degrees of Belief : Subjective Probability and Engineering Judgment – Steven G. Vick – 2002.
- [5] Décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement.
- [6] *arrêté N°12-007 du préfet coordinateur du bassin Rhône-Méditerranée en date du 10 Janvier 2012 reconnaissant le bassin versant de l'Arve comme périmètre d'intervention du Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents (SM3A).*
- [7] *LOI n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République (1).*
- [8] *Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.*
- [9] *LOI n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles.*
- [10] *LOI n° 2017-1838 du 30 décembre 2017 relative à l'exercice des compétences des collectivités territoriales dans le domaine de la gestion des milieux aquatiques et de la prévention des inondations (1).*
- [11] *LOI n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles.*
- [12] *SOGREAH pour S.M.3.A., Etude Hydrologique, 1991.*
- [13] *EGIS eau pour S.M.3.A., Etude d'inondabilité de la vallée de l'Arve, Rapport Partie 1 : diagnostic de l'inondabilité de la vallée de l'Arve, Ref GRI 04605X , Mai 2012.*
- [14] *EGIS eau pour S.M.3.A., Etude d'inondabilité de la vallée de l'Arve, Rapport Partie 2 : étude de faisabilité pour l'optimisation de la participation des champs d'expansion à l'écrêtement des crues de l'Arve, Ref GRI 04605X, Mai 2012.*
- [15] *SOGREAH pour S.M.3.A., Etude des transports solides sur l'Arve, Réf. 550490, Avril 2000.*
- [16] *SOGREAH LEDOUX CONSULTANTS pour S.M.3.A., Plan de Gestion des Matériaux solides de l'Arve, Réf. 2814036, Janvier 2004.*
- [17] *Hydratech pour S.M.3.A., Analyse des évolutions topographiques du lit de l'Arve, Ref 0163102, Juillet 2013.*

- [18] ARTELIA ASCONITE pour S.M.3.A., *Définition d'une stratégie relative à l'hydromorphologie pour le SAGE du bassin versant de l'Arve, Etat des lieux / Diagnostic*, 2014.
- [19] ARTELIA pour S.M.3.A, *Inventaires et Diagnostic des ouvrages de protection hydraulique sur l'Arve, Diagnostic initial des ouvrages, Diagnostic des ouvrages, Ref 4 12 1713 R7 INDB, secteur ARVE-RD-MAGLA-49.37, Juin 2014.*
- [20] ISL pour S.M.3.A, *ETUDE DE FAISABILITE POUR L'OPTIMISATION DES AMENAGEMENTS DE PROTECTION DES CRUES DE LA MOYENNE ET BASSE VALLEE DE L'ARVE, Analyse de l'hydrologie globale du bassin versant (A2), 15F-145-RL-2 INDB, 08/06/2016.*
- [21] CNR pour SM3A, *Dossier d'ouvrage, Système d'endiguement Bonneville entre Arve et Borne commune de Bonneville, Réf. DIGP-AH 2018-326-01, Mars 2018.*
- [22] SAGE Ingénierie pour DDT74, *Diagnostic géotechnique des digues de l'ARVE sur les Communes de BONNEVILLE et SALLANCHES MARCHE N°09086, Le Bouchet T01, Bois Jolivet A, Trésor Public T02 Les Révées, Réf : RP. 4612, Septembre 2010.*
- [23] SOGREAH Ingénierie Conseils pour Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Borne (S.M.3.A.) et D.D.A.F. de Haute Savoie, *Etude Générale d'Aménagement Hydraulique du Borne, Septembre 1989.*
- [24] CNR pour SM3A, *Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St Pierre en Faucigny, Secteur de Bonneville – Dossier d'ouvrage, Système d'endiguement "Bonneville entre Arve et Borne", Mai 2018.*
- [25] CNR pour SM3A, *Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St Pierre en Faucigny, Secteur de Bonneville – Dossier d'ouvrage, Système d'endiguement "Bonneville entre Arve et Borne", Mai 2018.*
- [26] Mosaïque environnement pour SM3A - *Diagnostic environnemental Aménagement des digues de l'Arve et du Borne aval – Rapport Provisoire – Avril 2018.*
- [27] SOGREAH pour SM3A, *ETUDE GENERALE D'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE DU BORNE, Novembre 1998.*
- [28] P.P.R.*Inondation de l'Arve, Commune de Bonneville, prescrit par l'arrêté préfectoral D.D.A.F. – R.T.M. 99/19 DU 25 Juin 1999..*
- [29] *Circulaire du 16 avril 2010 relative aux études de dangers des digues de protection contre les inondations fluviales.*
- [30] Arbeausolutions pour SM3A, *SYNTHESE DU DIAGNOSTIC DE LA VEGETATION IMPLANTEE SUR 3 DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENTS DU SM3A, Version 1 du 13/07/2017.*
- [31] SM3A, *Consignes générales de surveillance et d'exploitation. Ouvrages classés en systèmes d'endiguement, 30 novembre 2015..*
- [32] HYDROGEOTECHNIQUE pour SM3A, *RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE, Mission G1 (ES), Réf. : C.17.52067, Septembre 2017.*
- [33] *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.*
- [34] Reagan, R. T., Mosteller, F., & Youtz, C. (1989). Quantitative meanings of verbal probability expressions. *Journal of Applied Psychology*, 74(3), 433–442. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.74.3.433>.

- [35] *Risque sismique et sécrutié des ouvrages hydraulique - MEDDE-DGPR, Octobre 2014.*
- [36] *guide international sur les digues - CEREMA - 2019.*
- [37] *H. Hewlett, L. Boorman, and M. Bramley. Guide to the design of reinforced grass waterways Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London, the United Kingdom, 1987.*
- [38] The International Levee Handbook. CIRIA. (2013).
- [39] *Recommandations pour la justification des barrages et des digues en remblai - CFBR, Octobre 2015.*
- [40] «Document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM) – Commune de Bonneville - en cours d'élaboration».
- [41] «SAFEGE pour DTT74, DIAGNOSTICS GÉOTECHNIQUES DE DIGUES DU DOMAINE PUBLIC FLUVIAL DE L'ARVE, Bordets T01 et T02 et Lisière du Clos, Réf : RP. 10CCY040, Avril 2011.».
- [42] «Plan communal de sauvegarde – Commune de Saint Pierre en Faucigny – 10/10/2014».
- [43] «Plan communal de sauvegarde – Commune de Bonneville – 13/04/2016».
- [44] «Géotechnique Rhône Alpes pour SM3A, RAPPORT D'ETUDE MISSION GEOTECHNIQUE G1 ES ETUDE GEOTECHNIQUE DE LA DIGUE DU QUAI JEAN BAPTISTE REY, Réf. : Dossier 2014-07-4, Juillet 2014.».
- [45] «GEOS INGENIEURS CONSEILS SA pour SM3A, CONTRE SEUIL DU PONT DE L'EUROPE BONNEVILLE, SONDAGES GEOTECHNIQUES, pied de digue de Bois Jolivet, Réf. : GEOS 5415a.RI, Avril 2003.».
- [46] «ETRM et TERE0 pour S.M.3.A., Plan de gestion des matériaux solides du Borne et de ses affluents, Novembre 2018».
- [47] «Document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM) – Commune de Saint Pierre en Faucigny - approuvé en 2017».
- [48] «Analyse critique de l'hydrologie de l'Arve – Elaboration du cahier des charges de l'étude sur les champs d'expansion des crues de l'Arve - Ecole Centrale de Lyon, Rapport de stage de CECCATO Adeline pour le S.M.3.A. , Aout 2007».
- [49] «VTA Notice générale référencée DIGP 2017-087-01 et fiches synthèses de Mai 2017, CNR/Arbeausolutions».
- [50] «Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblai. Comité Français des Barrages et Réservoirs. DRAFT Juin 2010».
- [51] «RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE, Mission G1 (ES), Réf. : C.17.52067, Septembre 2017,» HYDROGEOTECHNIQUE pour SM3A.
- [52] «MALLET T., DEGOUTTE G., ROYET P., Niveaux de protection, de sûreté et de danger pour les digues fluviales : définitions, conséquences et responsabilités, Colloque sur les Digues maritimes et fluviales de protection contre les submersions, Aix-en-Provence,».
- [53] «ARTELIA pour SM3A INVENTAIRES ET DIAGNOSTICS DES OUVRAGES DE PROTECTION HYDRAULIQUE SUR L'ARVE RAPPORT DE PHASE 2 : Recueil et analyse des données Digues de Corbière, Bouchet, Bois Jolivet A, Jean Baptiste Rey (Crotte), Merlon Prison, Place T01 et T02, B,» ARTELIA pour SM3A.

- [54] «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 B».
- [55] [En ligne]. Available: <http://www.haute-savoie.gouv.fr/Politiques-publiques/Securite-et-protection-de-la-population/Protection-civile/Risques-majeurs/Dossier-departemental-des-risques-majeurs>.
- [56] [En ligne]. Available: <http://www.franceseisme.fr/donnees/intensites/carte.php>.
- [57] [En ligne]. Available: <http://www.legifrance.gouv.fr>.
- [58] «Etude de dangers sur les digues de Bonneville, Ayze et Saint-Pierre en Faucigny – Reconnaissances géotechniques – Rapport d'étude géotechnique Mission G1 (ES) – 2017 – HYDROGEOTECHNIQUE».
- [59] «Etude des crues extrêmes du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny (149 km²) par la méthode SCHADEX pour SM3A, EDF, indice A, H-44200966-2020-000007, 14/01/2020».
- [60] «Etude de dangers des digues de la confluence Arve Borne, VTA de mars 2017, Notice générale et Annexes, Réf. : DIGP 2017-087, Juillet 2017.» CNR pour SM3A.
- [61] «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 SCHADEX pour SM3A, EDF, indice A, H-44200966-2020-000284, 07/10/2020».
- [62]
- [63]
- [64] «DEROO L. FRY J.-J. Projet national ERINOH Thème H Erosion interne – Approches et besoins en matière d'ingénierie, Juillet 2014.».
- [65] «Confortement et reconstruction des digues du Borne sur la commune de Bonneville – Etude d'Avant-Projet – Annexe 1 – Définition des profils type de confortement, Groupement Suez Consulting/CNR/Biotec, Mai 2021.».
- [66] «Confortement et reconstruction des digues du Borne sur la commune de Bonneville. Tronçon Pont Royal RD1203 – Confluence Arve/Borne (PM0 à 1380 sur le Borne). Mission d'ingénierie géotechnique G2 – stade AVP). CNR/Safege. Mai 2021.».
- [67] «CNR pour SM3A, Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St Pierre en Faucigny: Avant-Projet de confortement, Juin 2018.».
- [68] «CNR pour SM3A, Etude Hydraulique de reprise de modèle de l'Arve - 2021».
- [69] «CIGB ICOLD, Internal erosion of existing dams, levees and dikes, and their foundation, Bulletin 1xx, Internal erosion processes and engineering assessment, 22 January 2013.».
- [70] «BEGUIN R., Étude multi-échelle de l'érosion de contact au sein des ouvrages hydrauliques en terre, Thèse, 2011».
- [71] «Avant-Projet de confortement référencé DIGP 2018-625-02 de Décembre 2018, CNR».
- [72] «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. : V1, Juillet 2017.».

[73] «VTA Notice générale référencée DIGP 2020-633-00 et fiches synthèses d'Octobre 2020, CNR/Safege».

[74] SAGE Ingénierie pour DTT74, Diagnostic géotechnique des digues de l'ARVE sur les Communes de BONNEVILLE et SALLANCHES MARCHE N°09086, Le Bouchet T01, Bois Jolivet A, Trésor Public T02 Les Révées, Réf : RP. 4612, Septembre 2010..

DOCUMENT A : PRESENTATION GENERALE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

1.1 Gestionnaire

Le gestionnaire du système d'endiguement qui fait établir la présente Etude de Dangers est le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents (**SM3A**) :



SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE L'ARVE ET DE SES AFFLUENTS

Etablissement public – Syndicat mixte fermé

Représenté par M. Bruno FOREL, Président

300 Chemin des Près Moulin

74800 Saint-Pierre-en-Faucigny

Mail : sm3a@sm3a.com

Tel : 04 50 25 60 14

Le Syndicat Mixte Aménagement de L'Arve et de ses Affluents est un syndicat mixte communal créé en novembre 1994.

- Numéro SIRET : 257 401 943 00044
- Numéro SIREN : 257 401 943
- Code APE / NAF : 8413Z / Administration publique (tutelle) des activités économiques.

Depuis le 19 janvier 2017, l'Etat (via la DDT 74) a confié par anticipation, l'exploitation des ouvrages de l'Etat au SM3A qui est l'autorité compétente en Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI). Cette gestion est cadrée par la signature d'une convention cadre de mutualisation [1] .

1.2 Compétence GEMAPI

La gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations (GEMAPI) est une compétence confiée aux intercommunalités (métropoles, communautés urbaines, communautés d'agglomération, communautés de communes) par les lois de décentralisation n° 2014-58 du 27 janvier 2014 et n° 2015-991 du 7 août 2015, depuis le 1er janvier 2018.

La loi n° 2017-1838 du 30 décembre 2017 relative à l'exercice des compétences des collectivités territoriales dans le domaine de la GEMAPI a introduit plusieurs éléments de souplesse permettant une mise en œuvre plus rapide et plus efficace, avec la possibilité pour les départements et les régions de continuer à exercer certaines missions en accord avec les EPCI bénéficiaires et la possibilité pour ces EPCI d'ajuster plus finement la gouvernance de cette compétence.

Les actions les plus structurantes en matière de prévention des inondations pour les territoires consistent en la surveillance, l'entretien et la réhabilitation des digues qui sont des ouvrages passifs faisant rempart entre le cours d'eau en crue et le territoire devant

être protégé. La réglementation (le décret n° 2015-526 du 12 mai 2015, dit "décret digues") impose que ces ouvrages soient désormais réorganisés en "système d'endiguement".

Sur le territoire d'étude, le SM3A est l'autorité compétente par transfert des compétences aux établissements publics de coopération intercommunale (EPCI).

Une convention de mutualisation des moyens entre l'Etat (via la DDT74) et le SM3A a été signée le 22 décembre 2017 (cf. [1]) Elle précise que :

« A la date de la signature de la convention, l'Etat est propriétaire et gestionnaire des ouvrages dont la consistance est propriétaire des ouvrages dont la consistance est précisée à l'article 3 ci-après. Ces ouvrages sont situés en rives droite et gauche de l'Arve entre la confluence du Bon Nant et la frontière Suisse. Ils ont été érigés par l'administration à l'époque sarde et ont fait l'objet d'un suivi et entretien par les services de l'état depuis 2004.

La convention reste sans effet sur la propriété des ouvrages et des terrains de leur emprise qui restent domaniaux.

Dans le cadre de la loi n°2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (loi MAPTAN), la compétence de gestion des milieux aquatiques et de prévention des inondations (GEMAPI) est confiée exclusivement aux établissements publics de coopération à fiscalité propre. Les établissements publics de coopération intercommunale de l'Arve ont choisi d'anticiper la prise de compétence GEMAPI et de la transférer, sur ce linéaire de l'Arve, au SM3A.

Le SM3A est donc l'autorité gestionnaire des ouvrages de prévention des inondations au sens du point 5 de l'article L211-7-I du Code de l'environnement et à ce titre intervient sur les ouvrages de protection contre les inondations. (...)

L'article R562-14VI du Code de l'environnement précise que l'exonération de responsabilité du gestionnaire d'une digue a raison des dommages qu'elle n'a pu prévenir est subordonnée à l'inclusion de celle-ci dans un système d'endiguement autorisé.

Par ailleurs, l'article 59-IV de la loi MAPTAM précise que lorsque l'Etat assurait la gestion de ses ouvrages à la date du 28 janvier 2014, il est tenu de poursuivre cette gestion pour le compte de l'autorité compétente pour la prévention des inondations pendant une période transitoire prenant fin au 28 janvier 2024. »

1.3 Identification du rédacteur de l'Etude de Dangers

L'organisme rédacteur de l'étude de dangers est le bureau d'études SUEZ Consulting (SAFEGE).



SUEZ Consulting (SAFEGE)

SAVOIE Technolac

48 avenue du Lac du Bourget BP 30318

73377 LE BOURGET DU LAC

SUEZ Consulting (SAFEGE) est un organisme agréé en tant qu'intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques, conformément à l'arrêté du 13 juillet 2021. Cet agrément est en vigueur jusqu'au 31 juillet 2029.

SUEZ Consulting est accompagné par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) dans l'élaboration de cette étude de dangers.



Compagnie Nationale du Rhône

2 Rue André Bonin
69004 LYON

1.4 Date de remise des EDD

La présente étude de dangers est la première sur le système d'endiguement. Elle est jointe à un dossier d'autorisation environnementale (DAE). La première version du DAE a été déposée en août 2023.

1.5 Classement des ouvrages

Conformément à l'article R.214-113 du décret n°2015-526 du 12 mai 2015 (relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques), les classes des systèmes d'endiguement sont déterminées suivants le tableau ci-dessous :

Classe	POPULATION PROTEGEE par le système d'endiguement ou par l'aménagement hydraulique
A	Population > 30 000 personnes
B	3 000 personnes < Population ≤ 30 000 personnes
C	30 personnes < Population ≤ 3 000

La population protégée par le système d'endiguement de Bonneville Ayze est comprise entre 3000 et 30 000 personnes. **Le système d'endiguement sera donc de classe B au sens de l'article R214-113.**

1.6 Aménagements hydrauliques (article R562-18)

Sans objet.

Il n'y a pas d'aménagement hydraulique (au sens de l'article R.562-18 du code de l'environnement) qui participe à la protection de la zone inondable.

Sur le linéaire, seuls des ouvrages annexes type : seuils transversaux, ponts, buses, vannes et clapets sont identifiés.

2. OBJET DE L'ETUDE

2.1 Descriptif du cadre

La présente EDD porte sur le système d'endiguement « Bonneville Ayze ». Elle se focalise sur le système d'endiguement après travaux de confortement des digues de l'Arve rive droite (voir chapitre 0.3.2 du RNT).

Il est donc considéré l'état conforté suivant les préconisations des avant-projets décrits dans ce rapport.

Le descriptif du cadre de la demande est précisé sur le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Descriptif du cadre de la demande (arrêté du 30 septembre 2019)

	Cas 1	Autorisation initiale du système d'endiguement, sans travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 2 du présent arrêté*.
X	Cas 2	Autorisation initiale du système d'endiguement, avec travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 3 du présent arrêté*.
	Cas 3	Modification substantielle d'un système d'endiguement déjà autorisé. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 4 de l'arrêté*.
	Cas 4	Mise à jour de l'étude de dangers du système d'endiguement exigée par arrêté préfectoral de prescription complémentaire en application des articles R. 181-45 et R. 214-117-III en raison d'une modification non substantielle du système d'endiguement. La mise à jour de l'étude de dangers est conforme aux dispositions de l'article 5 du présent arrêté*.
	Cas 5	Actualisation d'une étude de dangers en application du II de l'article R. 214-117. Cette actualisation est réalisée conformément aux dispositions de l'article 6 du présent arrêté*.

**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'endiguements et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions*

Dans ce cas, le contenu de l'étude de dangers est conforme aux dispositions de l'article 3 du dit arrêté. Les dispositions de cet article sont rappelées ci-dessous :

Article 3 -

« Art. 3. Lorsqu'une étude de dangers est jointe à une demande d'autorisation initiale d'un système d'endiguement ou d'un aménagement hydraulique comprenant des travaux, **le contenu de l'étude porte sur ce système ou cet aménagement tel qu'il se trouvera dans sa configuration effective au moment où il est considéré comme opérationnel une fois les travaux achevés.** L'étude de dangers comporte aussi une évaluation des situations particulières pendant la réalisation des travaux tenant compte de la durée prévue pour ceux-ci. » ;

2.2 Communes concernées

Les communes concernées par le présent système d'endiguement (et sa zone protégée) sont : la **commune de Bonneville (74130)** et la **commune d'Ayze (ou Ayze - 74130)**

2.3 Localisation des limites de la zone protégée

D'après la circulaire du 8 juillet 2008, une zone protégée par un système d'endiguement est une zone non inondée par la crue pour laquelle le système a été dimensionné.

Le contour de la zone protégée a été déterminé à partir d'une modélisation hydraulique sans digue.

Le niveau de protection assuré par le système d'endiguement une fois les travaux achevés est la **crue centennale** (travaux achevés sur l'Arve).

Une analyse topographique à partir du Lidar le plus récent (ombrage lidar + courbes de niveaux) a permis d'ajuster à la marge le contour brut issu de la modélisation hydraulique permettant d'intégrer d'éventuels phénomènes locaux de divagation des écoulements non appréhendés par la modélisation en particulier dans les secteurs urbanisés (mouvements de mobiliers urbains, obstacles aux écoulements, présence de véhicules...).

La zone protégée est située sur les communes de Bonneville et d'Ayze.

Il en résulte le contour suivant de la zone protégée :

Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St-Pierre-en-Faucigny - Système d'endiguement "Bonneville Ayze" Arve-RD-BONNE-25.79-ARVE RIVE DROITE

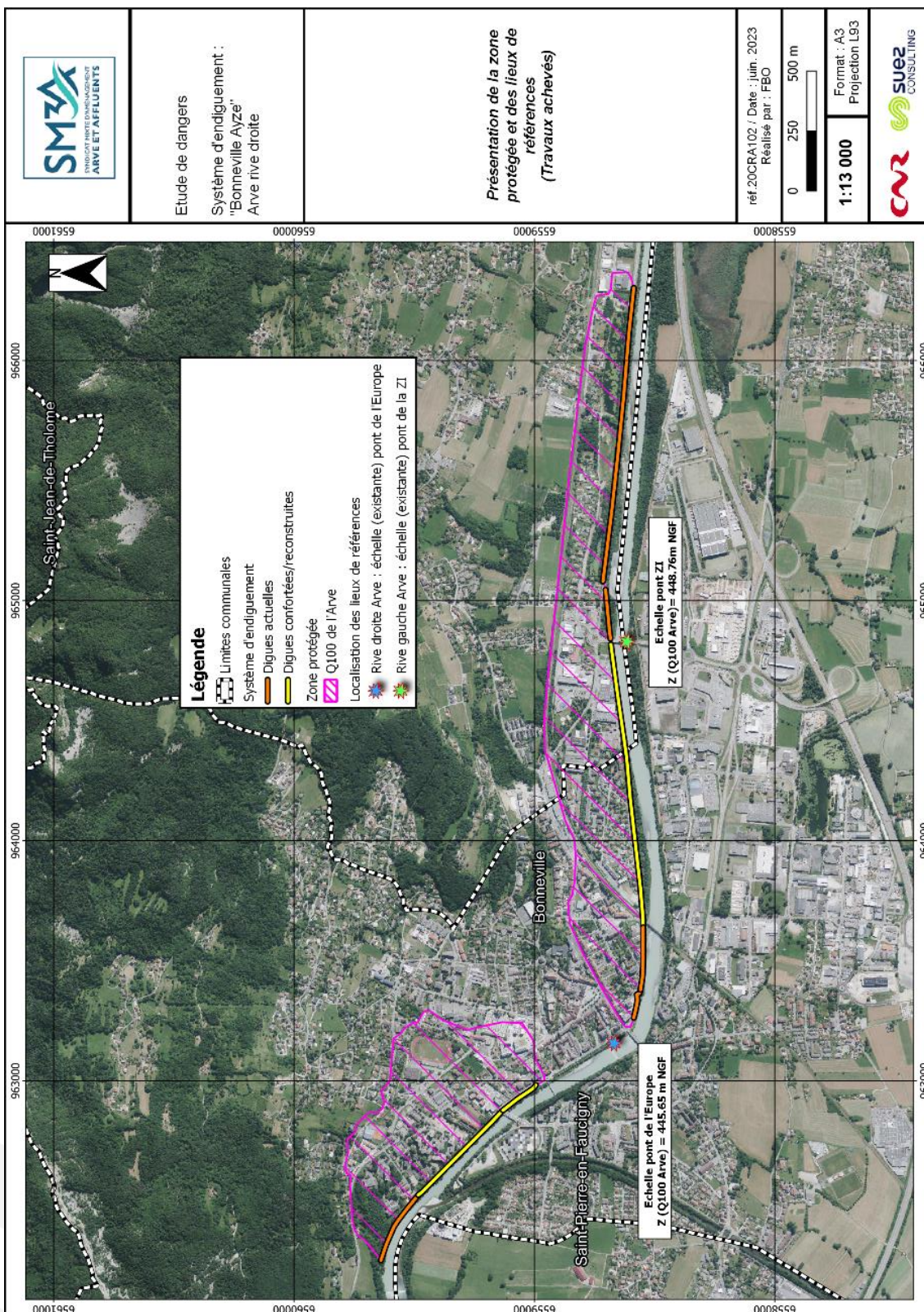


Figure 1 : Localisation du système d'endiguement après travaux, de sa zone protégée et des lieux de références

2.4 Localisation et description des ouvrages concernés

2.4.1 Localisation générale

Le système d'endiguement fait partie d'un ensemble plus vaste de trois systèmes qui s'étendent sur les communes de Bonneville, Ayze et Saint Pierre en Faucigny. Ces systèmes permettent la protection des populations contre les inondations de l'Arve et du Borne.

D'un point de vue local, la cartographie de la figure suivante présente les digues qui constituent l'endiguement de « Bonneville Ayze » sur un fond de plan BD-ORTHO®.

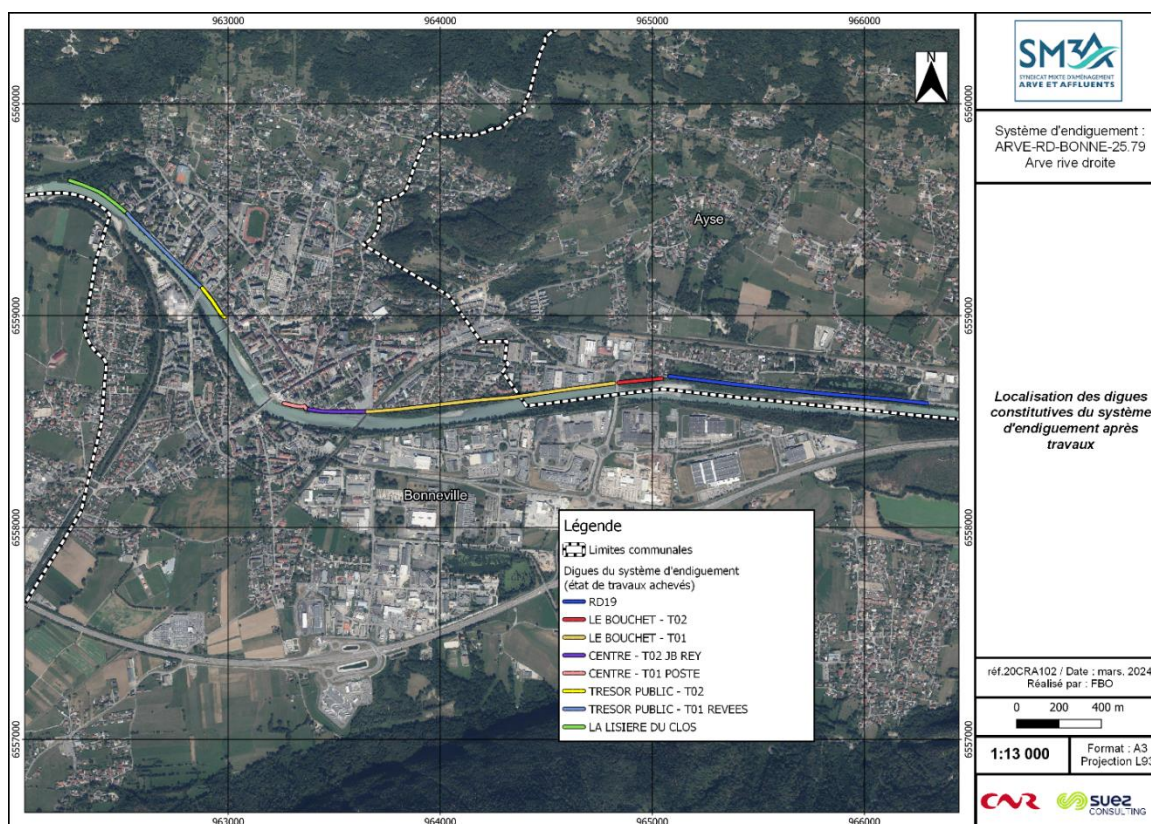


Figure 2 : Localisation précise des digues constitutives du système d'endiguement (après travaux)

Il est à noter que les tronçons suivants **ne font pas** l'objet de travaux de confortement (hors mission de maîtrise d'œuvre de confortement des digues de l'Arve lancé par le SM3A). Ces secteurs sont considérés en bon état avec un niveau de sureté centennal (voir recommandations du document B) :

- RD19
- Le Bouchet T02
- Centre – T01 POSTE
- Centre - T02 JP REY
- La Lisière du Clos (en aval du PK 26.06)

2.4.2 Description sommaire des ouvrages

2.4.2.1 Découpage en tronçons

Le système d'endiguement de Bonneville Ayze est localisé sur un cours d'eau :

- En rive droite de l'Arve : de l'amont du Pont ZI jusqu'à la confluence avec le Borne.

Tableau 2 : Délimitation des digues constituant le système d'endiguement

SYSTÈME	DIGUE	IDENTIFIANT_SIRS	COURS_EAU	RIVE	GESTIONNAIRE	LONGUEUR (m)	PK amont	PK aval
BONNEVILLE AYZE ARVE-RD-BONNE-25.79	RD19	ARVE-RD-AYZE-28.89	ARVE	DROITE	CD 74	3751	32.85	29.10
	LE BOUCHET -T02	ARVE-RD-BONNE-28.89	ARVE	DROITE	ETAT	205	29.10	28.90
	LE BOUCHET -T01	ARVE-RD-BONNE-27.68	ARVE	DROITE	ETAT	1183	28.88	27.70
	CENTRE - T02 JEAN BAPTISTE REY	ARVE-RD-BONNE-27.41	ARVE	DROITE	SM3A	260	27.70	27.40
	CENTRE - T01 POSTE	ARVE-RD-BONNE-27.23	ARVE	DROITE	ETAT	126	27.40	27.28
	TRESOR PUBLIC-T02	ARVE-RD-BONNE-26.59	ARVE	DROITE	ETAT	173	26.74	26.57
	TRESOR PUBLIC-T01 LES REVEES	ARVE-RD-BONNE-26.09	ARVE	DROITE	ETAT	498	26.57	26.08
	LISIÈRE DU CLOS	ARVE-RD-BONNE-25.79	ARVE	DROITE	SM3A	316	26.08	25.78

Nota : À la suite de l'analyse de la présente EDD, la « RD19 » n'est retenue dans le système d'endiguement que jusqu'au PK 30.30.

2.4.2.2 Travaux envisagés

2.4.2.2.1 Etude générale de la dynamique des cours d'eau

En 1991, une première évaluation des débits caractéristiques de l'Arve a été proposée par SOGREAH et complétée en 2007 lors d'un rapport de stage pour le compte du S.M.3.A.

A partir de l'évaluation des débits caractéristiques de l'Arve et de ces principaux affluents, l'inondabilité de la vallée de l'Arve a été appréhendée au travers d'une étude hydraulique générale (EGIS – 2012). Pour les besoins de cette étude hydraulique, un modèle hydraulique monodimensionnel (1D) de l'Arve a été construit sous le logiciel Infoworks. Il est considéré comme faisant référence sur la vallée de l'Arve.

D'un point de vue morphologique, une étude, réalisée en 2000 par SOGREAH, a permis de définir, trois profils d'engravings théoriques : minimum, référence et maximum. Cette étude a été poursuivie par un plan de gestion des matériaux sur l'ensemble de la vallée de l'Arve définissant, suivant certains secteurs à enjeux, les problématiques sédimentaires et les projets de curage envisageables. Une analyse topographique du lit de l'Arve, réalisée en 2013 par HYDRATEC évalue l'engravement du lit par rapport au profil d'engravement défini dans l'étude SOGREAH 2000.

D'une manière plus globale, une stratégie relative à l'hydromorphologie pour le SAGE du bassin versant de l'Arve a été approuvée en juin 2018.

Concernant la stabilité des ouvrages, un inventaire sur les digues, une visite technique approfondie et un Avant-Projet Sommaire ont été réalisés par Artelia entre 2012 et 2014 sur les digues de l'Arve.

En 2016, l'hydrologie a été mise à jour à la suite de la crue de mai 2015 par ISL dans le cadre de l'étude ZEC de l'Arve. Cette étude a été suivie par l'élaboration d'un modèle 2D

sur l'ensemble de la vallée de l'Arve. Ce modèle est utilisé comme référence pour le calage de notre modèle hydraulique.

2.4.2.2 Etat des digues actuelles (avant travaux)

Les digues en état actuel sont très anciennes malgré quelques réparations ponctuelles récentes. Elles ont été construites entre 1860 et 1940, bien que des traces d'ouvrages datant de la période sarde, au XVIIIe siècle, subsistent par endroit.

Deux points spécifiques au système d'endiguement de Bonneville entre Arve et Borne sont à prendre en compte afin de justifier l'état actuel des ouvrages :

- *Les extractions de matériaux* - Dans la seconde moitié du XXe siècle, la problématique des extractions avec incision du lit et affouillement des ouvrages, relance la réflexion sur la pérennisation du système hérité. Les interventions consistent dans un premier temps en enrochements ponctuels, excepté dans la traversée de Bonneville où des travaux plus importants sont engagés.
- *La maîtrise de la confluence Arve-Borne* - Elle constitue le point d'achoppement central de l'aménagement hydraulique de la plaine pendant près de 150 ans entre le milieu du XIXe et la fin du XXe siècle.

La mauvaise maîtrise de la végétation entraîne une gangrène de la structure interne des digues par les racines. Ce phénomène favorise la création de conduits au cœur de la digue qui l'affaiblissent mécaniquement.

2.4.2.3 Objectif de protection

À la suite du recensement de désordres et instabilités sur l'endiguement **ARVE-RD-BONNE-25.79 : Bonneville Ayze** par CNR, conjointement avec la société Arbeausolutions lors d'une VTA en 2017 et à la suite des conclusions du diagnostic, un projet de confortement global des ouvrages a été proposé en rive droite de l'Arve.

Il s'agit de :

- **L'AVP structurel de 2018 (CNR)** : 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.

Cet AVP structurel été abandonné par le SM3A mais a servi base de réflexion pour l'élaboration de l'Avant-projet optimisé pour les aspect environnementaux, paysagers et intégration des usages :

- **AVP optimisé de 2022 (CNR / SAFEGE / BIOTEC) – validé par le SM3A** : reprise des solutions techniques envisagées à la base, avec nouvelle composante guidée notamment par les enjeux écologiques et paysagers de préservation de la végétation, ainsi que les potentialités de restauration du lit et des berges.

L'objectif de protection de l'Avant-projet optimisé est fixé par le gestionnaire à la crue centennale.

Le niveau des arases des ouvrages projetés sur l'Arve est défini comme suit :

- **A l'amont du pont de l'Europe : $Q_{100_Arve} + 0,8$ m ;**
- **A l'aval du pont du pont de l'Europe : $Q_{100_Arve} + 1$ m.**

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 ont conduit à définir **9 tronçons en rive droite** de l'Arve.

Les tronçons homogènes sur les digues de l'Arve rive droite sont donnés dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Sectorisation des digues en tronçons homogènes et type d'intervention retenu dans l'AVP optimisé au droit de chaque secteur

Digue	Tronçons homogène	PK Amont	PK Aval	Linéaire (m)	Type d'intervention
Rive droite					
RD19	RD19	30.30	29.10	1200	Sans travaux
T02 – Digue du Bouchet	Bouchet T02	29.10	28.90	300	Sans travaux
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)
	RD-T5	27.775	27.710	65	Reprise intégrale de la digue
Centre T02 JB Rey	Centre T02 JB Rey	27.70	27.40	260	Sans travaux
Centre T01 Poste	Centre T01 Poste	27.40	27.28	126	Sans travaux
T02 – Digue du Trésor public	RD-T6	26.750	26.580	170	Confortement par l'aval (mur béton)
T01 – Digue des Révées	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)
La Lisière du Clos	Lisière du Clos	26.125	26.060	25.79	Sans travaux

La localisation des tronçons homogènes **faisant l'objet de travaux** est donnée dans la figure suivante :

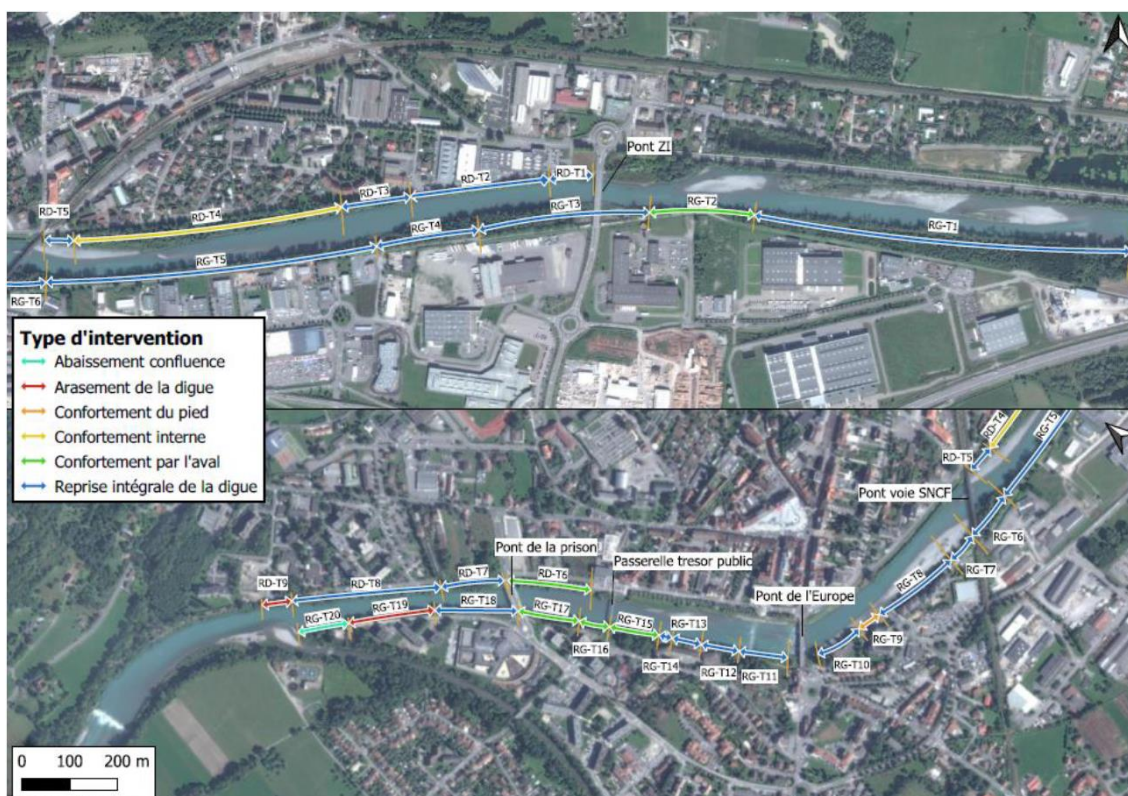


Figure 3 : Vues en plan de la sectorisation des digues en tronçons homogènes (RG et RD de l'Arve)

2.4.2.3 Le propriétaire des digues

Les propriétaires des différents ouvrages servant d'assises au système d'endiguement sont :

Tableau 4 : Propriétaires des tronçons du système d'endiguement

IDENTIFIANT_SIRS	DIGUE	COURS_EAU	RIVE	GESTIONNAIRE	Propriétaire Foncier
ARVE-RD-AYZE-28.89	RD19	ARVE	DROITE	CD 74	DP
ARVE-RD-BONNE-28.89	LE BOUCHET -T02	ARVE	DROITE	ETAT (DDT74)	DPF
ARVE-RD-BONNE-27.68	LE BOUCHET -T01	ARVE	DROITE	ETAT (DDT74)	A clarifier
ARVE-RD-BONNE-27.41	CENTRE - T02 JEAN BAPTISTE REY	ARVE	DROITE	SM3A	DP
ARVE-RD-BONNE-27.23	CENTRE - T01 POSTE	ARVE	DROITE	ETAT (DDT74)	DPF
ARVE-RD-BONNE-26.59	TRESOR PUBLIC-T02	ARVE	DROITE	ETAT (DDT74)	DPF
ARVE-RD-BONNE-26.09	TRESOR PUBLIC-T01 LES REVEES	ARVE	DROITE	ETAT (DDT74)	DPF
ARVE-RD-BONNE-25.79	LISIERE DU CLOS	ARVE	DROITE	SM3A	SM3A

2.4.2.4 Les concessionnaires des réseaux

Les secteurs les plus sensibles en termes de densité sont le Merlon de la Prison et Bois Jolivet B. Les digues sont parsemées d'une grande variété de réseaux qui sont placés soit en crête de digue, dans le talus aval ou au pied de celui-ci :

- Collecte des eaux usées* ;
- Collecte des eaux pluviales* ;
- Alimentation en eau potable ;
- Réseaux électriques Haute/Basse tension enterrés ou aériens ;
- Éclairage public accompagné de ses nombreux candélabres ;
- Réseaux France Télécom/Orange enterrés ou aériens ;
- Réseaux de fibre optique ;
- Canalisations de gaz ;

*Ces réseaux de collecte sont agrémentés de grilles et d'exutoires vers le cours d'eau. Les conduites amenant vers les exutoires traversent les digues perpendiculairement. Ce sont ces réseaux qu'il est le plus probable de rencontrer en cas de mise à jour du cœur des ouvrages de protection hydraulique existants.

Tableau 5 : Liste des concessionnaires réseaux le long du système d'endiguement

Type de réseau	Arve aval du pont de la Prison : Trésor Public T01, La lisière du Clos	Arve secteur Prison : Trésor Public T02	Arve secteur central : Poste, Jean-Baptiste Rey	Arve Bouchets T01	RD 19 secteur 1 (Pont de la ZI - Route des Chenevaz)	Rd 19 secteur 2 (Route des Chenevaz - Seuil de Marignier)
Canalisations de gaz combustibles	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE
Lignes électriques et éclairage public hors très basse tension	ENEDIS-DRALP-HAUTE SAVOIE A.R.E. / REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	Commune d'Ayze / ENEDIS-DRALP-HAUTE SAVOIE A.R.E. / REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE / CG 74 / REGIE GAZ ELECTRICITE BONNEVILLE	Commune d'Ayze / ENEDIS-DRALP-HAUTE SAVOIE A.R.E. / CG 74	Commune d'Ayze / ENEDIS-DRALP-HAUTE SAVOIE A.R.E. / RTE GMR SAVOIE
Communications électroniques et lignes électriques/éclairage TBT	Orange H5	Orange H5	Orange H5	Orange H5	Orange H5	Orange H5
Canalisations d'eau potable	Régie des Eaux de Bonneville	Régie des Eaux de Bonneville	Régie des Eaux de Bonneville	Commune d'Ayze / Régie des Eaux de Bonneville	Commune d'Ayze / Régie des Eaux de Bonneville	Commune d'Ayze
Canalisations d'eau usées ou d'assainissement	Régie des Eaux de Bonneville - EP / Régie des Eaux de Bonneville	Régie des Eaux de Bonneville - EP / Régie des Eaux de Bonneville	Régie des Eaux de Bonneville - EP / Régie des Eaux de Bonneville	Régie des Eaux de Bonneville - EP / Commune d'Ayze / Régie des Eaux de Bonneville	Commune d'Ayze / Régie des Eaux de Bonneville	Commune d'Ayze
Installations de transport guidé	-	-	SNCF	SNCF	-	-

3. DESCRIPTION PRECISE DE LA ZONE PROTEGEE

3.1 Zone protégée

L'endiguement étudié protège une zone maximale d'inondation potentielle appelée « zone protégée ». Ce paragraphe décrit les limites administratives de cette zone et les enjeux présents.

3.1.1 Limites administratives

3.1.1.1 Liste des collectivités relevant du SM3A pour la prévention des inondations

Le syndicat mixte est composé de collectivités, EPCI à fiscalité propre et syndicats du périmètre de l'EPTB pour l'exercice des champs de compétence GEMAPI qu'elles/ils lui transfèrent :

- Communauté de communes de la Vallée de Chamonix Mont-Blanc (CCVCMB), incluant le bassin versant de l'Eau Noire (vallorcine) ;
- Communauté de communes du Pays du Mont-Blanc (CCPMB) ;
- Communauté de communes Cluses Arve et Montagne (2CCAM) ;
- Syndicat Intercommunal du Haut-Giffre (représentant la Communauté de communes des Montages du Giffre CCMG) ;
- Communauté de Communes du Haut Chablais (CCHC) (communes des Gets, de Bellevaux et de la Côte d'Arbroz) ;
- Syndicat des Eaux des Rocailles et de Bellecombe (SRB) ;
- Communauté de communes Faucigny Glières (CCFG), à l'exception de Contamine sur Arve ;
- Communauté de communes du Pays Rochois (CCPR) ;
- Communauté de communes des 4 Rivières (CC4R) ;
- Communauté de communes de la Vallée Verte (CCVV) ;
- Annemasse les Voirons Agglomération ;
- Thonon Agglomération (communes de Bons en Chablais (Foron du Chablais genevois), Veigy Foncenex (Le Chambet) et Draillant (zone des Moises)) ;
- Communauté de Communes de la vallée de Thônes (Communes du Grand Bornand, Saint-Jean de Sixt et Entremont).

3.1.1.2 Liste récapitulative des communes intégrées en tout ou partie dans la zone protégée

L'ensemble du système d'endiguement étudié se situe dans les limites administratives des communes de **Bonneville et d'Ayze**.

3.1.1.3 Liste récapitulative des autres communes qui relèvent de l'autorité compétente pour la prévention des inondations, le SM3A

L'Arve s'écoule presque entièrement en Haute-Savoie, à l'exception des derniers kilomètres dans le canton de Genève en Suisse. En France, l'Arve parcourt les communes de Chamonix-Mont-Blanc, Les Houches, Servoz, Passy, Sallanches, Magland, Cluses, Scionzier, Thyez, Marnaz, Vougy, Marignier, **Ayze**, **Bonneville**, Arenthon, Faucigny, Scientrier, Reignier, Contamine-sur-Arve, Nangy, Arthaz-Pont-

Notre-Dame, Monnetier-Mornex, Vétraz-Monthoux, Étrembières, Annemasse et Gaillard.

A ses communes s'ajoutent l'ensemble de celles composant le bassin versant de l'Arve, soit un total de 94 communes qui relèvent de l'autorité compétente pour la prévention des inondations (Le SM3A). La liste récapitulative des communes qui relèvent de l'autorité compétente pour la prévention des inondations du SM3A est présenté ci-dessous.

<p>CCVCMCMB</p> <p>1 Vallorcine 2 Chamonix 3 Les Houches 4 Servoz</p>	<p>SRB</p> <p>38 Contamine sur Arve 39 Arbusigny 40 Arthaz 41 La Muraz 42 Monnetier-Mornex 43 Nangy 44 Pers-Jussy 45 Reignier-Esery 46 Scientrier</p>	<p>CC Vallée Verte</p> <p>78 Boège 79 Bogève 80 Burdignin 81 Habère-Lullin 82 Habère-Poche 83 Saint André 84 Saxel 85 Villards</p>
<p>CCPMB</p> <p>5 Passy 6 Saint-Gervais 7 Contamines-Montjoie 8 Sallanches 9 Domancy 10 Cordon 11 Demi-Quartier 12 Combloux</p>	<p>CC4R</p> <p>47 Saint-Jeoire 48 Onnion 49 La Tour 50 Peillonex 51 Mégevette 52 Viuz en Sallaz 53 Fillinges 54 Ville en Sallaz 55 Marcellaz 56 Faucigny 57 Saint-Jean de Tholomé</p>	<p>CC Haut Chablais</p> <p>86 Les Gets 87 La Côte d'Arboz 88 Belleveaux</p>
<p>2CCAM</p> <p>13 Magland 14 Cluses 15 Scionzier 16 Marnaz 17 Saint-Sigismond 18 Arâches 19 Nancy sur Cluses 20 Le Reposoir 21 Mont-Saxonnex 22 Thyez</p>	<p>SIVM du Haut-Giffre</p> <p>58 Châtillon sur Cluses 59 La Rivière Enverse 60 Mieussy 61 Morillon 62 Samoëns 63 Sixt Fer à Cheval 64 Taninges 65 Verchaix</p>	<p>CC des vallées de Thônes</p> <p>89 Entremont 90 Le Grand Bornand 91 Saint Jean de Sixt</p>
<p>CCFG</p> <p>23 Marignier 24 Ayze 25 Bonneville 26 Vougy 27 Brison 28 Petit-Bornand</p>	<p>Annemasse Agglo</p> <p>66 Ambilly 67 Bonne 68 Annemasse 69 Cranves Sales 70 Gaillard 71 Etrembières 72 Juvigny 73 Lucinges 74 Machilly 75 Saint-Cergues 76 Vétraz-Monthoux 77 Ville-la-Grand</p>	<p>Thonon Agglo</p> <p>92 Draillant 93 Bons-en-Chablais 94 Veigy Foncenex</p>
<p>CCPR</p> <p>29 Arenthon 30 Cornier 31 Saint-Pierre en Faucigny 32 Saint Laurent 33 Saint-Sixt 34 La Roche sur Foron 35 Eteaux 36 Amancy 37 La Chapelle Rambaud</p>		

Figure 4 : Communes territoire intervention SM3A



Figure 5 : Limites administratives du territoire relevant du SM3A

3.1.1.4 Cartographie de la zone protégée

L'ensemble du système d'endiguement étudié se situe dans les limites administratives des communes de Bonneville et Ayze. La cartographie suivante présente : les limites administratives des différentes communes, les limites de la zone protégée, la localisation des tronçons constitutifs de l'endiguement.

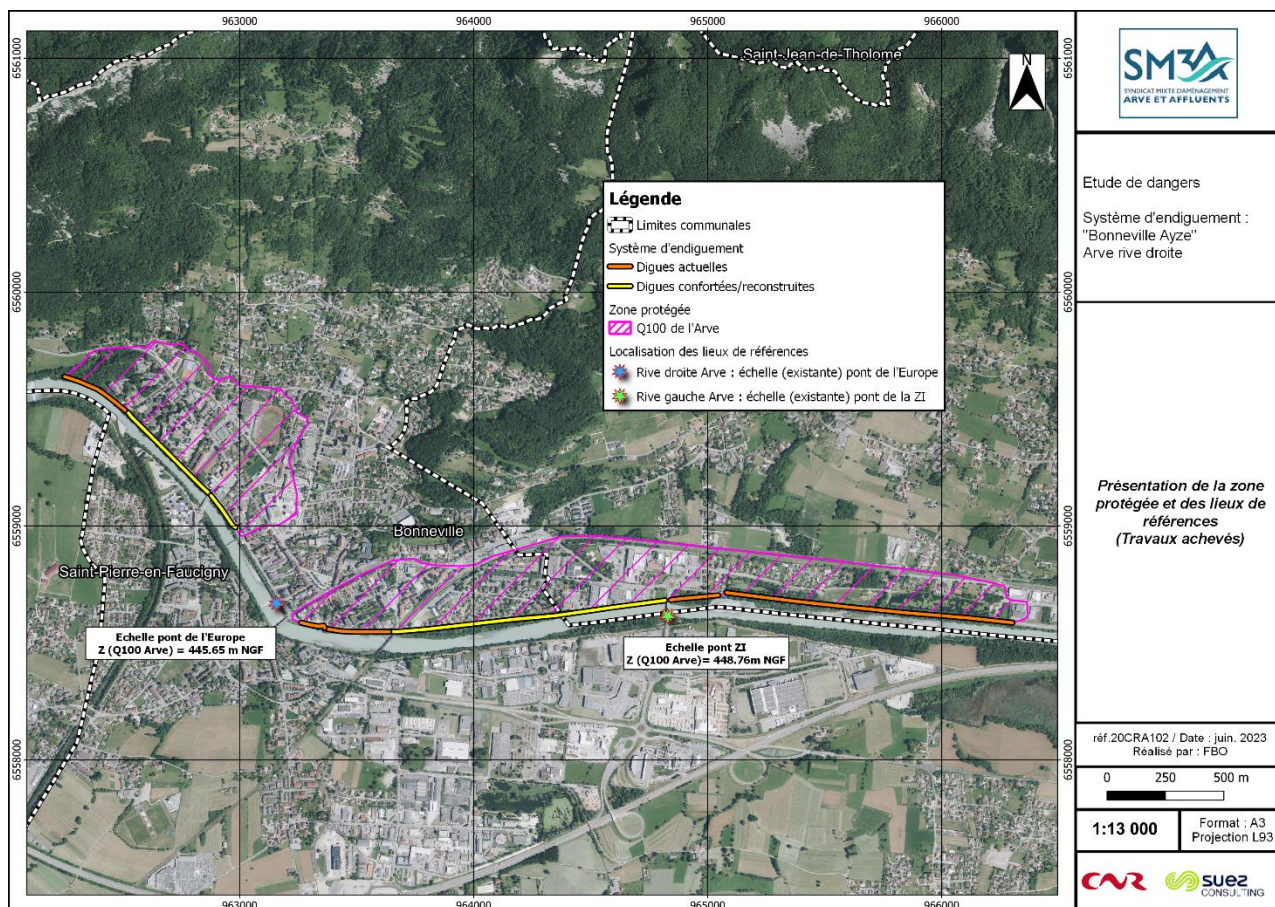


Figure 6 : Localisation de la zone protégée et des tronçons du système d'endiguement

Voies d'accès : par le contexte urbain, les digues sont accessibles depuis les voiries communales et circulables en crête.

3.1.2 Enjeux présents sur la zone

L'étude complète d'analyse des enjeux réalisée par SEPIA est en annexe 1 de ce rapport.

Le périmètre concerné par la présente note est la zone protégée par le système d'endiguement « Bonneville Ayze ».

Ce périmètre est constitué de deux secteurs distincts : dans la partie amont du secteur, les activités économiques et industrielles sont prédominantes, tandis que la partie aval de ce secteur est essentiellement résidentielle.

3.1.2.1 Présentation des enjeux situés dans le périmètre d'étude

Une cartographie des principaux enjeux situés dans le périmètre d'étude est présentée sur la figure ci-après. Pour une meilleure lisibilité, voir annexe 1.

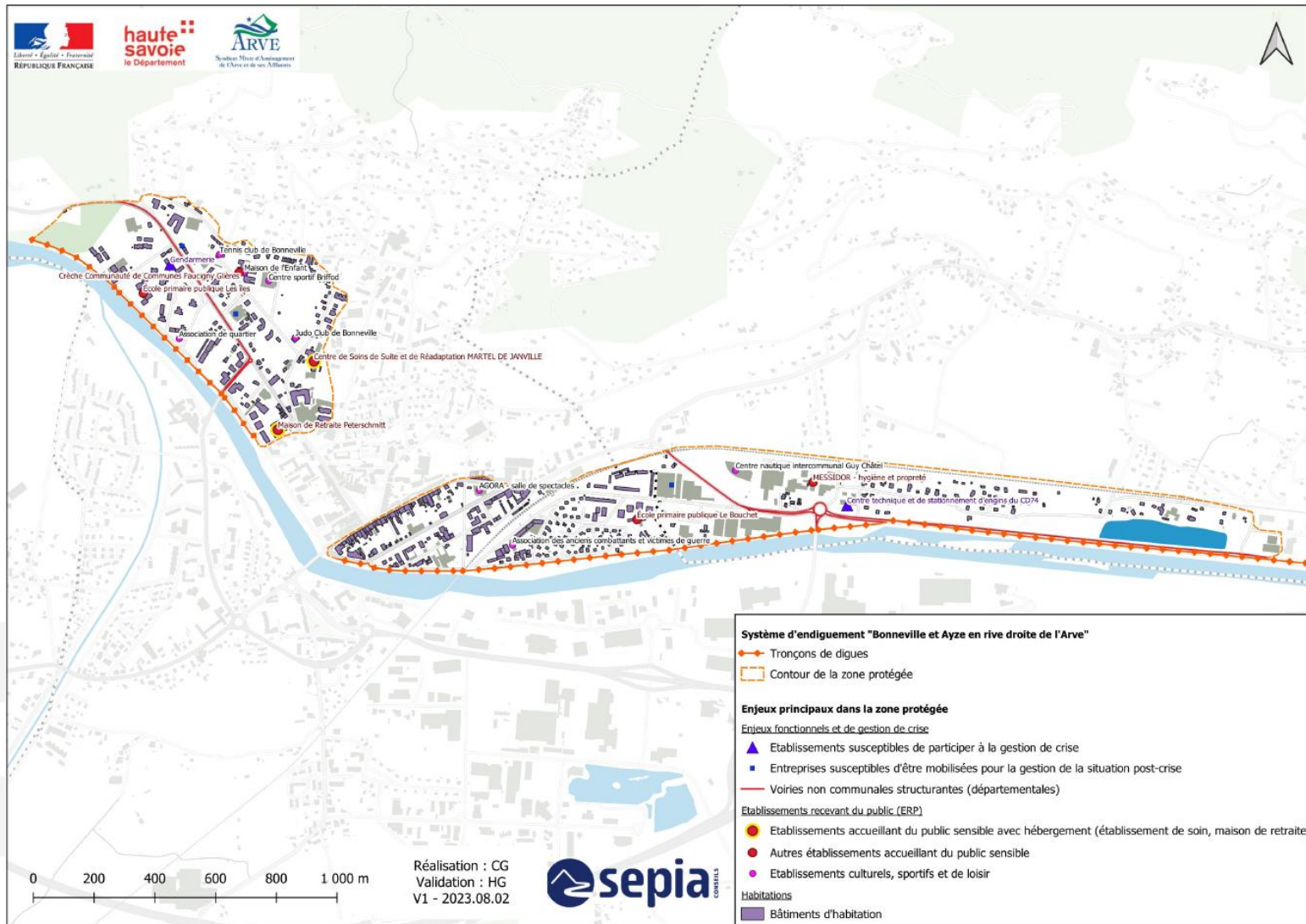


Figure 7 : Zone protégée par le système d'endiguement « Bonneville AYZE »

3.1.2.1.1 Habitations

On dénombre **530 bâtiments d'habitation dans la zone protégée**, pour la plupart situés dans les quartiers Vers les Lacs, Le Bouchet et à l'aval du centre-ville de Bonneville. La majorité de ces bâtiments correspond à de l'habitat pavillonnaire (dont environ 50% de bâtiments de plain-pied), l'habitat collectif étant concentré à proximité du centre de Bonneville.

3.1.2.1.2 Etablissements publics et autres établissements recevant du public

3.1.2.1.2.1 Etablissements participant à la gestion de crise

Quatre établissements importants de gestion de crise sont situés dans la zone protégée, en retrait immédiat des digues :

- La Sous-préfecture de la Haute-Savoie et la Gendarmerie Nationale, acteurs évidemment incontournables en cas de crise.
- 2 centres techniques du Conseil Départemental de Haute-Savoie : un site de stationnement d'engins et le centre d'exploitation des routes départementales. Ces 2 centres concentrent des équipements structurants pour la gestion de crise sur les voiries principales exposées de la vallée.

Remarque :

- La Sous-Préfecture et les centres techniques du CD74 sont situés en-dehors des zones inondables prises en compte dans le cadre de cette EDD (compte tenu de la localisation des brèches retenues pour les modélisations). La sous-préfecture est située sur le cheminement de l'eau pour le retour au lit de l'Arve.
- La nouvelle déchetterie d'Ayze est également située dans la zone protégée. Cet établissement représente un double enjeu : environnemental (entraînement des déchets en cas d'inondation du site) et fonctionnel (gestion post crise des déchets générés par la crue).

3.1.2.1.2.2 Etablissements accueillant du public

De nombreux établissements recevant du public sont situés dans le périmètre d'étude :

- Des établissements accueillant du public particulièrement sensible
 - o Les écoles élémentaires Les Îles et Le Bouchet, en retrait immédiat des digues.
 - o La crèche de la Communauté de Communes Faucigny-Glières située dans les locaux de la Maison de l'Enfant, éloignée par rapport aux digues (proche de la limite de zone inondable) ;
 - o Le Centre de Soins de Suite et de Réadaptation Martel de Janville,
 - o La maison de retraite Peterschmitt,
 - o Le centre d'accueil et d'accompagnement pour personnes en situation de handicap psychique Messidor.
- Des établissements culturels, sportifs et de loisir : l'EPDA, la salle de spectacle Agora, le centre sportif Briffod, le Tennis club de Bonneville, le centre nautique intercommunal Guy Châtel, ainsi que les locaux de l'association des anciens combattants et des victimes de guerre,
- Le centre de formation professionnelle ALPES CONTROLES

Ces établissements (13 au total) constituent autant d'enjeux prioritaires à prendre en compte dans l'organisation de la gestion de crise, en particulier en cas de besoin d'évacuation.

3.1.2.1.3 Activités économiques et industrielles

Les activités industrielles du périmètre sont pour la plupart concentrées dans la ZI des Îles et la ZAE des Lacs à Ayze (qui connaît actuellement un développement rapide et important). Ces 2 zones sont situées en retrait immédiat des digues.

On retrouve notamment sur ces zones (en dehors des centres techniques et déchetteries classés dans la catégorie Etablissements participant à la gestion de crise cf.§2.2.1) :

- De nombreuses sociétés de décolletage et de mécanique industrielle (POPPE POTTHOFF, PRECIALP, GEORGES GUILLERMIN, DRAULT, HENRI BOURGEOUX & FILS, STAB...),
- La société de transport BERTO ALPES SAS,
- Une concession MERCEDEZ-BENZ,
- La société de commerce d'acier ETABLISSEMENTS PLANCHER,

Par ailleurs, de nombreux commerces, locaux d'activités tertiaires et établissements d'hôtellerie/restauration sont également concentrés dans le centre-ville de Bonneville.

3.1.2.2 Estimation des populations exposées

3.1.2.2.1 Méthodologie - Populations prises en compte

Le décret du 12 mai 2015 définit la population protégée comme « la population maximale exprimée en nombre d'habitants qui résident et travaillent dans la zone protégée, en incluant notamment les populations saisonnières ».

Le décret du 12 mai 2015 définit la population protégée comme « la population maximale exprimée en nombre d'habitants qui résident et travaillent dans la zone protégée, en incluant notamment les populations saisonnières ».

Nous avons, lors de précédentes EDD, consulté les services de l'Etat au sujet de la méthodologie de prise en compte des établissements recevant du public (ERP) dans le décompte de la population protégée. Il en ressort deux approches que nous avons mises en œuvre :

- Afin de ne pas produire de double décompte, seule la capacité d'accueil des structures d'hébergement (établissements hospitaliers, maisons de retraites, foyers, centres de détention...) est prise en compte, à la différence des autres ERP correspondant à un accueil de jour – approche DDT de Savoie pour les EDD des systèmes d'endiguement de Grand Chambéry
- Prise en compte de la capacité d'accueil de l'ensemble des ERP situés dans la zone protégée « Bonneville et Ayez en rive droite de l'Arve » - approche DDT de la Haute-Savoie formulée lors d'une réunion consacrée à l'EDD « Bonneville entre Arve et Borne »

Enfin, compte tenu de la présence de plusieurs axes de voirie structurants à l'échelle du territoire dans le périmètre d'étude, il semble également intéressant de compléter cette analyse par l'estimation du nombre de personnes potentiellement présentes dans leur véhicule sur la chaussée au moment de la survenue d'une inondation.

Cette méthodologie se base sur un croisement entre les ilots INSEE et les contours des bâtiments de la zone protégée.

3.1.2.2.2 Personnes résidant dans la zone protégée

L'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) fournit un ensemble de données statistiques relatives à la composition et la répartition de la population du territoire français. Ces données peuvent notamment être récupérées sous la forme d'une couche SIG présentant un carroyage de 200 mètres de côté et fournissant des informations sur les populations résidant à l'intérieur de chaque carreau.

Nous avons évalué le nombre d'habitants résidant en zone inondable selon la méthodologie décrite dans la « Fiche indicateur » P1 fournie dans les Annexes techniques du guide méthodologique relatif aux Analyses Multicritères d'actions de prévention des inondations publié en 2014 par le Commissariat Général au Développement Durable.

3.1.2.2.3 Personnes travaillant dans la zone protégée

Nous avons estimé le nombre d'emplois à l'intérieur de la zone protégée ou des zones inondables à partir de la base de données SIRENE 2022. Toutefois, cette base de données de référence présente parfois des défauts de complétude, notamment concernant le nombre d'emplois associé à chaque établissement.

Lorsqu'aucune information n'était disponible dans la base SIRENE 2022 concernant le nombre d'employés, nous avons donc mobilisé les données des millésimes plus anciens (2017-2020), ou avons à défaut pris l'hypothèse d'un employé minimum par entreprise.

3.1.2.2.3.1 Personnes potentiellement présentes dans les ERP en zone protégée

Comme précisé précédemment, la maison d'arrêt étant le seul établissement à vocation d'hébergement dans la zone protégée, seule sa capacité a été prise en compte dans nos calculs. D'après l'Observatoire International des Prisons, cet établissement accueillait au 1er janvier 2022 un total de 215 personnes, pour une capacité opérationnelle de 158 personnes. Nous avons donc retenu la valeur effective de 215 personnes.

3.1.2.2.3.2 Personnes circulant sur les axes structurants

Le calcul des personnes circulant sur les axes de voirie prend en compte uniquement les routes non communales. En effet, on considère que les usagers de ces routes résident ou travaillent probablement dans la zone d'étude ; leur double comptabilisation entraînerait donc une surestimation de la population totale localisée en zone protégée.

Ainsi, seules la RD19 (route Bonneville), la RD1205 (route de Cluse) et la RD27A ont été prises en compte dans ce calcul.

Afin d'estimer le nombre de personnes présentes dans leurs véhicules sur la chaussée à partir de ces données, nous nous sommes basés sur les hypothèses présentées dans la Circulaire du 10/05/10 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 :

Si l'axe de circulation concerné est susceptible de connaître des embouteillages fréquemment pour d'autres causes qu'un accident de la route ou qu'un événement exceptionnel du même type, compter 300 personnes permanentes par voie de circulation et par kilomètre exposé. Exemple : autoroute à 2 fois 3 voies : compter 1800 personnes permanentes par kilomètre). Sinon, compter 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Le risque d'embouteillage fréquent (hors accident ou évènement exceptionnel) étant relativement limité sur les axes identifiés, nous avons retenu l'hypothèse de 0.4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour. Nous avons exploité les données de comptage permanent du réseau départemental publiés par la DDT de Haute-Savoie (valeurs de pointe pour l'année 2017).

3.1.2.2.4 Estimation du nombre total de personnes dans la zone protégée

3.1.2.2.4.1 Estimation sans prise en compte des personnes se trouvant dans leur véhicule sur les axes de voirie structurants

Le ci-dessous présente l'estimation des personnes résidant (dans un logement particulier ou un établissement à vocation d'hébergement) ou travaillant dans les zones exposées aux inondations selon les différents scénarios d'inondation considérés :

Tableau 6 : Population exposée selon les scénarios d'inondation considérés (sans prise en compte des personnes circulant sur les axes de voiries non communales)

HABITANTS			EMPLOIS		ERP AVEC HEBERGEMENT		TOTAL
Nombre de bâtiments d'habitations	Nombre total d'habitants	Dont habitants dans des logements de plain-pied	Nombre d'établissements	Nombre d'emplois	Nombre d'ERP avec hébergement	Nombre de personnes dans les ERP avec hébergement	
568	3 260	278	249	1 053	2	158	4 471

3.1.2.2.4.2 Estimation avec prise en compte des personnes se trouvant dans leur véhicule sur les axes de voirie structurants

Le tableau ci-dessous présente le total maximal de personnes situées dans la zone protégée en prenant en compte la capacité d'accueil totale des ERP et les personnes susceptibles de se trouver dans leur véhicule sur les axes de voirie structurants : Tableau 7 : Analyse complémentaire prenant en compte le nombre de personnes exposées sur les voiries non communales.

Tableau 8 : Analyse complémentaire prenant en compte le nombre de personnes exposées sur les voiries non communales

HABITANTS			EMPLOIS		ERP AVEC ET SANS HEBERGEMENT		VOIRIES NON COMMUNALES		TOTAL
Nombre de bâtiments d'habitations	Nombre total d'habitants	dont habitants dans des logements de plain-pied	Nombre d'établissements	Nombre d'emplois	Nombre total d'ERP	Capacité d'accueil totale des ERP	Linéaire de voirie non communale (km)	Nombre de personnes sur les voiries non communales	
563	2 337	296	317	1 590	14	2506	5,8	366	6 703

3.2 Description des conditions naturelles

Les conditions induisant une sollicitation des endiguements sont décrites ci-dessous. Ces conditions sont majoritairement liées aux crues. Les données géologique et le risque sismique est aussi abordé dans ce paragraphe. Une critique des références scientifiques sur la partie hydrologique est aussi apportée.

3.2.1 Facteurs naturels déterminants les risques d'inondation

Les facteurs naturels déterminant les risques d'inondation sont les crues de l'Arve et du Borne.

Les principales crues ont lieu essentiellement en période de fonte des neiges, elles peuvent également intervenir à l'automne lors d'épisodes pluvieux intenses. Les crues extrêmes de l'Arve et du Borne n'étant pas concomitantes, les crues de ces rivières sont étudiées distinctement pour chaque sous-système :

- Une crue de l'Arve ;
- Une crue du Borne.

L'hydrologie de crue a été récemment actualisée sur la base de deux études EDF :

- **Etude des crues extrêmes du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny (149 km²) par la méthode SCHADEX pour SM3A, EDF, indice A, H-44200966-2020-000007, 14/01/2020**
- **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 SCHADEX pour SM3A, EDF, indice A, H-44200966-2020-000284, 07/10/2020**

Ainsi dans le cadre de l'EDD de l'Arve rive droite, les scénarios de modélisations suivant ont été retenus (débits de pointe aux frontières du modèle TELEM2D) :

- Crues de l'Arve :
 - Q100 Arve (1081.0 m³/s) + Q5 Borne (90 m³/s) + Q Bronze (13.0 m³/s)
 - Q400 Arve (1415.2 m³/s) + Q10 Borne (113.5 m³/s) + Q Bronze (13.0 m³/s)

Les graphiques ci-dessous présentent les hydrogrammes des différentes crues caractéristiques étudiées. Les hydrogrammes injectés dans la modélisation sont construits par la méthode des homothéties en fonction des débits de pointe caractéristiques définis dans les études hydrologiques de référence.

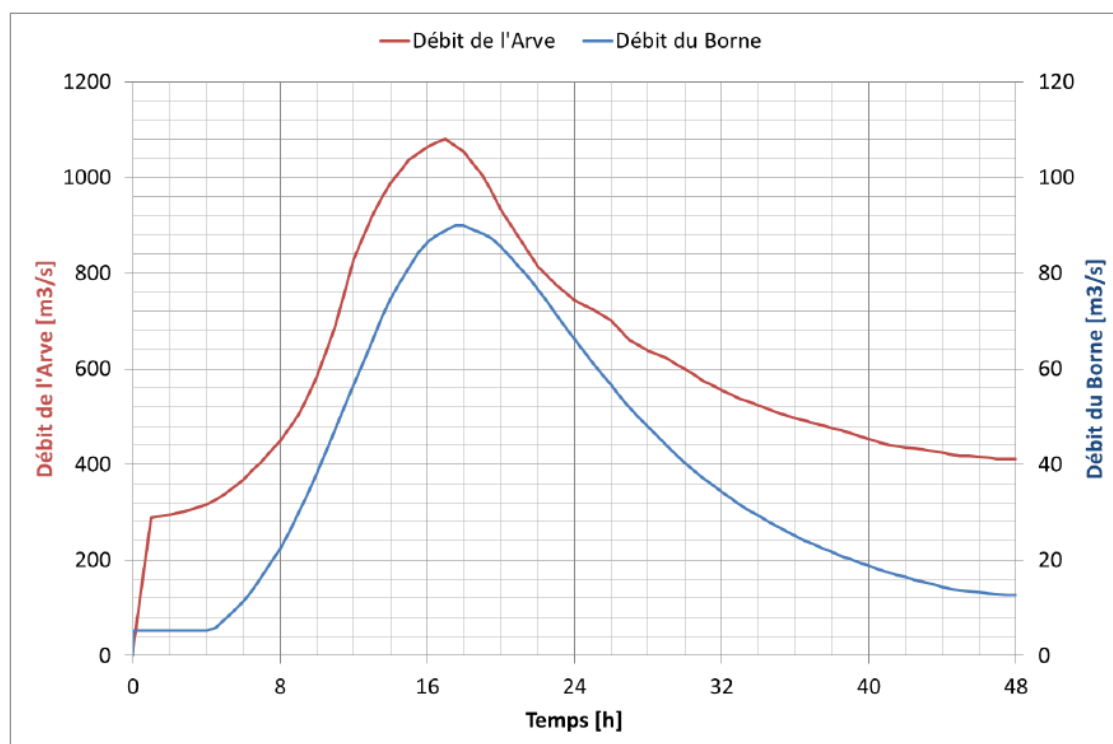


Figure 8 : Hydrogrammes de crues relatifs à la crue centennale de l'Arve

3.2.2 Les crues historiques

Les principales crues ayant le plus impacté le système d'endiguement "Bonneville Ayze" ont principalement eu lieu de juin à novembre. La fonte des neiges et les orages d'été sont à l'origine des forts débits de juin à août. Les crues d'automne, septembre à novembre voire décembre, sont provoquées par des pluies chaudes associées à une remontée du vent du midi entraînant la fonte des zones de névés ou de glaciers. Ces crues sont des crues rapides, charriant une quantité importante de matériaux solides, et pouvant générer des dégâts importants sur les habitations. L'étude historique réalisée par la société Acthys Diffusion en juillet 2017 est un référentiel plus détaillé. Après 1968, la source des informations change au profit du PPRi de Bonneville en vigueur à l'heure actuelle.

Le tableau suivant présente les crues majeures observées sur l'Arve et le Borne, avec, lorsque cela était disponible, les dégâts observés et les secteurs du système d'étude impactés.

Date	Cours d'eau	Descriptif	Digue(s) touchée(s)
14/09/1733	Borne	Importante crue du Borne, lit comblé jusqu'au-dessus des terrains. 51 ha sont inondés à Bonneville, 66 à Ponchy, 16 à Ayze.	Non précisé
27/07/1758	Borne	Les digues sont rompues en deux endroits. Le torrent se jette dans la plaine de Ponchy.	Dessy amont/aval – Vorzier T03
25-26/10/1778	Arve/Borne	Très forte crue de l' Arve . La plaine est inondée de part et d'autre. Le lit de la rivière s'est déplacé en plusieurs endroits. Crue du Borne . Les digues en pierre établies latéralement au cours du torrent de Borne sont considérablement endommagées	Dessy amont/aval – Vorzier T01/T02/T03 – Les Ouches
16-17/09/1852	Arve	L'Arve connaît une nouvelle grande crue à la suite de pluies diluviennes associées à un vent chaud. Le volume total écoulé est estimé à l'époque à 192 Mm ³ . Les eaux atteignent 2.50m à l'échelle du pont de Bonneville (447.21m NGF). Le faubourg des Places est inondé sous deux mètres d'eau. Toutes les digues existantes sont surpassées.	Bordets T01/T02 – Places T01/T02
01/11/1859	Arve/Borne	Grande crue de l' Arve . Selon les témoins, il s'agit de la plus forte connue à cette date. Le volume total écoulé est estimé à 204 M m3. Les eaux atteignent 2.83 m à l'échelle. A tempérer toutefois par le fait que le débouché du pont a été réduit en 1853. On relève dix brèches en rive gauche amont : - 2 sur la digue non perreyée située en amont immédiat du pont - 7 plus en amont, pour un total de 400m - 1 brèche de 192 m en amont de l'embouchure du torrent du Bronze Crue du Borne . Au niveau de la confluence, les digues rive droite sont dépassées et détruites sur 381 m de long. Vingt ans plus tard, cette longue brèche ne sera toujours pas réparée. On constate au même moment que depuis les endiguements achevés en 1838, le lit du Borne s'est creusé de plus de 1.50m sur sa section amont et, à l'inverse, s'est exhaussé de près de 2 m à l'aval. A tel point que le secteur de Bois Jolivet se trouve désormais en contrebas des eaux ordinaires du Borne.	Merlon Prison – Bordets T01/T02 – Places T01/T02
31/09/1860	Arve	Forte crue de l'Arve. Les terres riveraines du secteur des Places sont inondées. On relève une brèche à la digue Places T1 et deux brèches à 800m en amont du pont de Bonneville. Trois personnes sont emportées.	Places T01 – Bordets T01
10-11/06/1864	Arve	La crue de l'Arve fait suite à de fortes pluies entre le 09/06 à 16h et le 11/06 à 2h du matin. Les eaux	Bois Jolivet A – Bordets T01 – Places T01/T02

		s'élèvent à 1.76m au pont de Bonneville et atteignent le couronnement des digues rive gauche 150m en aval du pont. Une digue rompt en amont du pont. La RD4 et des terrains de la plaine de Ponchy et du faubourg des Places sont submergés. On relève jusqu'à 60cm d'eau dans les maisons.	
13-14/08/1866	Arve	La crue de l'Arve atteint 2.50 m au pont de Bonneville. Plusieurs brèches s'ouvrent sur les deux rives sur une longueur cumulée de 270 m. Trois brèches sont identifiées rive gauche : deux de 70 et 52 m à environ 2 km en amont du pont, et une de 9 m à environ 1200 m du pont, associée à un endommagement sur 60 m de longueur un peu plus en aval. On enregistre à cette occasion entre 1,50 et 2 mètres d'eau dans les maisons du faubourg des Places. Suite à cette crue, exhaussement du lit de l'Arve à Bonneville.	Bordets T01/T02
25/05/1968	Arve	Un violent orage est à l'origine d'une crue subite de l'Arve et de ses affluents. Les eaux atteignent 2.70 m au pont de Bonneville. Les digues rompent à 2 km en amont de la ville (aval Bordets T2), avec formation d'une brèche dans la levée en terre de la Bergerie. Les eaux se répandent dans le quartier des Places où 30 maisons sont inondées jusqu'au 1 ^{er} étage. Le village de Pontchy est sous les eaux, la RD4 partiellement coupée.	Bordets T02
21-23/09/1968	Arve/Borne	Forte crue de l'Arve. En dépit d'un enfoncement d'environ 1,50 m du lit consécutif aux extractions, les eaux atteignent la cote 3.12 m au pont de Bonneville. De nombreux quartiers sont inondés sur les deux rives. En rive gauche, le quartier des Places est sous l'eau, tout comme l'avenue des Glières, le Bois Jolivet, le quartier des Iles et la place de la Liberté. La crue concerne également le Borne. La digue rive droite protégeant la nouvelle prison est affouillée sur 63 m et bascule dans le torrent. L'établissement n'est pas encore occupé.	Bois Jolivet A/B – Bordets T01 – Places T01/T02 – Merlon Prison
05/07/1980	Arve	Forte Crue. Débit évalué à 720m ³ /s.	-
11/10/1981	Arve	Crue forte à l'aval de Passy, seuil de Sardagne emporté.	-
14/07/1987	Borne	Crue meurtrière au grand Bomant. 23 personnes décédées.	Amont projet
10-11/10/1988	Arve	L'Arve déborde en aval d'Arthaz-Pont-Notre-Dame et Reigner. Le charriage de la rivière coupe la route CD202, cours et caves inondées.	-
15/02/1990	Arve	Crue du bassin moyen et aval seulement.	-
24-25/07/1996	Arve	Orages violents, fonte glaciaire et formation de poches sous-glaciaires. Le débit de l'Arve à Chamonix 125m ³ /s, légèrement inférieur à Q10 au barrage des Houches (160m ³ /s).	

Tableau 10 : Description des crues historiques – source étude historique réalisée par Acthys Diffusion

3.2.3 Références scientifiques

L'étude hydrologique / hydraulique ISL ayant définie les événements caractéristiques de l'Arve est récente. Elle s'appuie sur les études antérieures SOGREAH et EGIS et le débit de la crue Q100 reste cohérent avec ces études antérieures. Cette étude a permis de réestimer la crue décennale de l'Arve en partie à partir des chroniques de débits disponibles.

Un travail de réanalyse des laisses de crues de mai 2015 a été fait et a conduit à modifier le calage du modèle CNR par rapport à ISL (homogénéisation des coefficients également).

L'hydrologie ISL a été mise à jour par EDF en 2020 (suite à la demande du SM3A).

3.2.4 Etude géologique

3.2.4.1 Contexte géologique et géotechnique

La zone d'étude est inscrite d'une manière générale dans une zone d'épandage torrentielle post glaciaire (Würm) à la confluence des rivières de l'Arve et du Borne, dans la basse vallée Bonnevilloise.

D'après les éléments issus de la banque de données du sous-sol BRGM (Infoterre), la zone de confluence s'inscrit, sous d'éventuels limons de recouvrements et/ou remblais d'aménagement, au sein des alluvions Quaternaires récentes, sablo-graveleuses en tête puis franchement graveleuses plus en profondeur, au sein desquels viennent s'intercaler de manière aléatoire des lentilles sablo-limoneuses, voir argileuses.

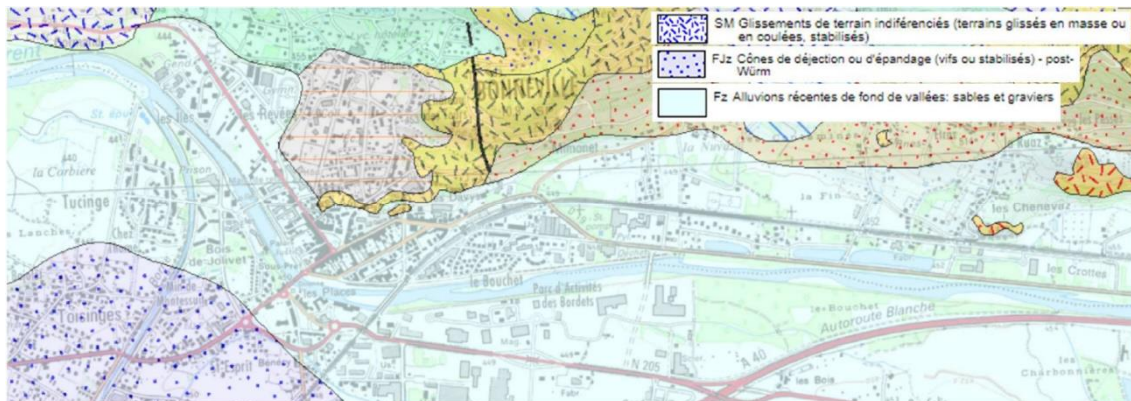


Figure 9 - Géologie de la zone d'étude (Source : Infoterre - BRGM)

3.2.4.2 Contexte hydrogéologique général

Les digues de l'Arve, objet de l'étude, ne sont pas équipées de piézomètres permettant de situer le niveau de nappe. De plus, le niveau de nappe n'a pas été identifié de façon fiable lors des reconnaissances géotechniques de 2017 et 2021 :

- Soit parce que la nappe n'a pas été rencontrée lors des forages ;
- Soit parce que la technique de forage utilisée (forage avec emploi d'eau) a rendu impossible la distinction du passage dans la nappe, d'autant plus qu'il n'y a pas eu de suivi de relevés après les forages pour s'assurer que les niveaux relevés ne sont pas impactés par les techniques de forages employées.

Le cadre hydrogéologique de la zone d'étude est donc inconnu mais sans incidence sur la qualité des études de stabilité. En effet, pour les études des stabilité le niveau d'eau dans la nappe est considéré identique au niveau de l'Arve pour la situation étudiée (en situation normale correspondant au bas niveau, en crue...).

3.2.5 Classe sismique

Le décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 a défini un nouveau zonage sismique de la France allant de la zone 1 (sismicité très faible) à la zone 5 (sismicité forte). Les ouvrages du système d'étude Bonneville Ayze se situent en zone 4 (sismicité moyenne).

3.3 Description du système de protection et fonctions hydrauliques

Après avoir décrit la zone protégée et les phénomènes naturels sollicitant l'endiguement, ce paragraphe décrit la structure de l'endiguement en présentant notamment les profils en travers types et les profils en long.

3.3.1 Cours d'eau

Le cours d'eau en objet de cette étude est :

- **L'Arve (code Sandre : V0-0200)** du PK 32.6 en aval du seuil de Marignier au PK 24.2 à la passerelle SM3A

3.3.2 Plan d'ensemble

3.3.2.1 Les ouvrages du système d'endiguement

Les différents tronçons constitutifs du système d'endiguement sont localisés dans les cartographies du chapitre 2.

3.3.2.2 Les ouvrages annexes au système d'endiguement

La cartographie suivante présente les ouvrages annexes présents sur la zone d'étude.

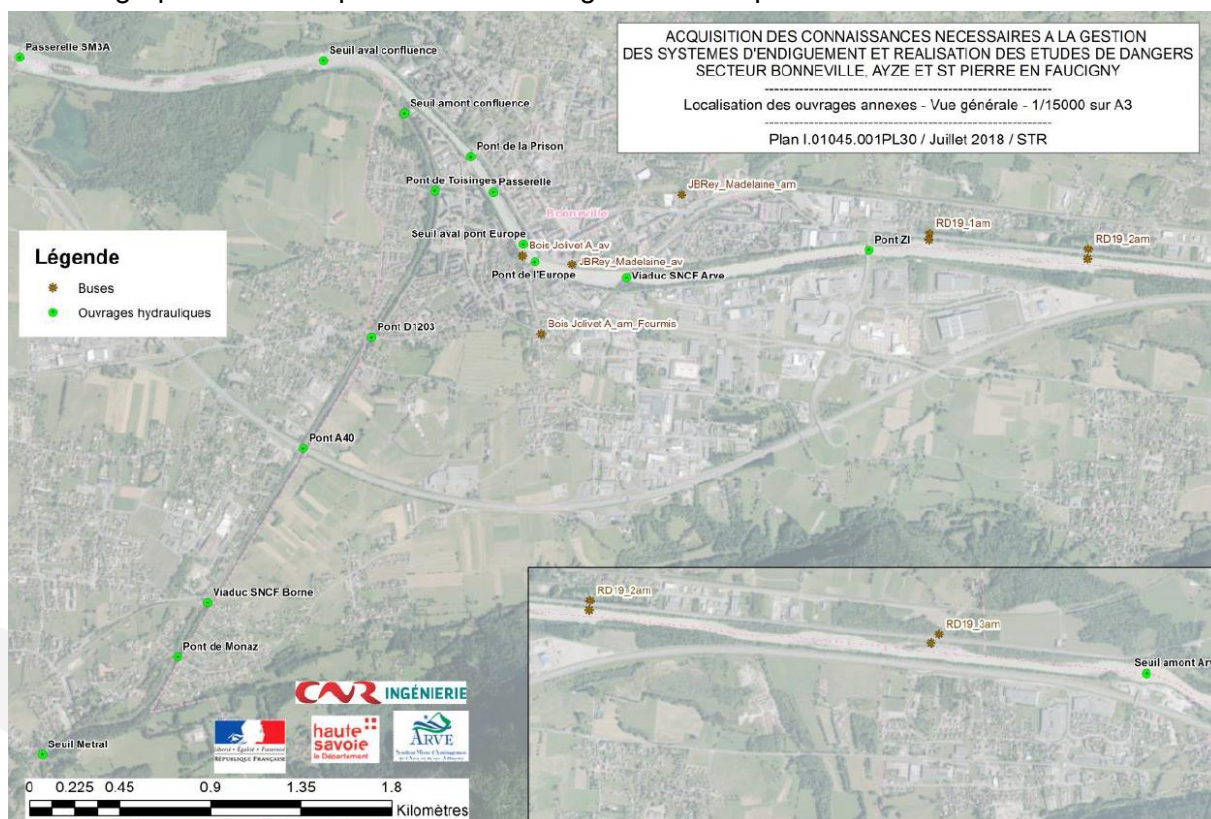


Figure 10 : Cartographie des ouvrages annexes (ponts, seuils, buses et vannes)

3.3.3 Géométrie et structure du système

3.3.3.1 Etat actuel

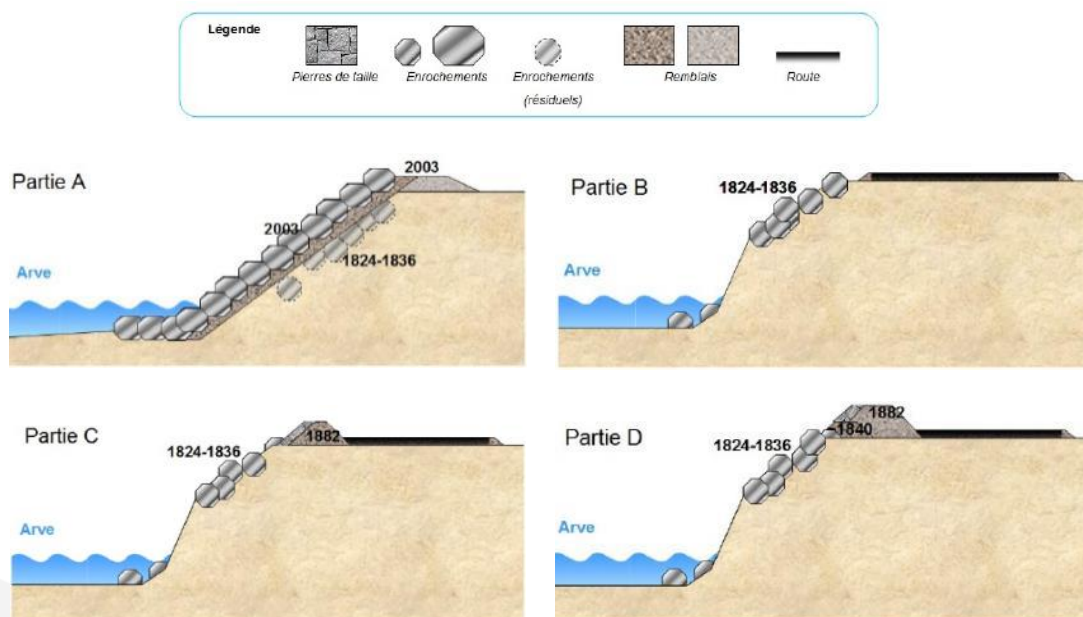
3.3.3.1.1 DIGUE DE LA RD19 (y compris secteur non retenu dans le SE)

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

Digue route

- Dates de construction : 1824-1836 / 1882
- Cours d'eau : Arve rive droite
- Limite amont : aval lieu-dit « Chez Millet »
- Limite aval : environ 250 m en amont du rond-point de la RD19
- Le linéaire total est de 3751m, pour une hauteur maximum de 6,5m et un fruit du talus 5H/3V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 2,00m.
- Présence d'un chemin de circulation en crête (partie amont), permettant la circulation de petits engins ainsi qu'une route départementale en parallèle.
- Végétation dense sur les berges en pied de digue, arbres et arbustes.

Quatre profils principaux plus un secondaire ont été réalisés pour en rendre compte (Figure 11). Les réparations ponctuelles au perré et les rechargements en enrochements n'ont pas été intégrés Le secteur C voit sont talus en enrochements repris en pierres de tailles (C'- 1882).



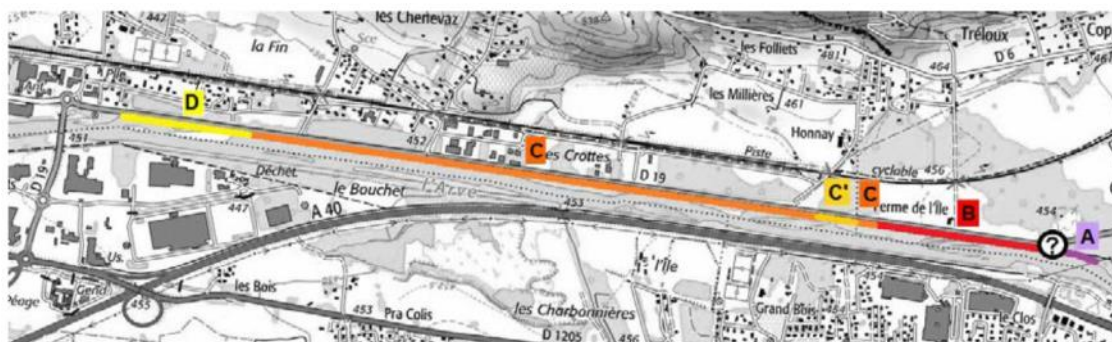


Figure 11 : Découpage structural de la digue RD19

- Partie A : 180 mètres environ. Enrochement sarde, recouvert par un nouvel enrochement début XXIème siècle, en lien avec le seuil. Travaux en cours au niveau du virage de la route, le profil peut en être affecté, il n'est pas représenté (symbolisé par « ? » sur la Figure 11) ;
- Partie B : 670 mètres. Digue sarde uniquement ;
- Partie C : 2420 mètres. Digue sarde surmontée d'un talus en 1882 avec perré sur 150 mètres (C') ;
- Partie D : 480 mètres. Identique à C, avec un petit talus sarde en remblais (~1840) sous le talus rehaussé de 1882.

Sur le terrain, le petit talus établi entre la route et la rivière est visible. Sa hauteur s'amenuise d'aval en amont. En revanche, sur les berges, la végétation permet difficilement d'appréhender les structures anciennes (enrochements ou perrés), hormis quelques indices. En amont du tronçon (partie A), le seuil récent est bien visible ainsi que la protection des berges associée. L'ensemble des enrochements est dans un très mauvais état, déstructuré ou manquant.

L'ensemble du linéaire alterne banquettes boisées et zones fortement érodées du fait de la divagation du lit de l'Arve (Figure 12). L'ensemble des zones érodées commencent à montrer une géométrie critique avec des phénomènes de sous-cavage importants. La campagne de reconnaissance géophysique réalisée par IMG en 2017 évoque parfaitement cette pathologie (Figure 13).



Figure 12 : Divagations du lit de l'Arve - Google Maps

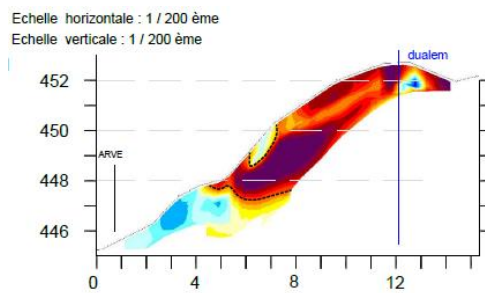


Figure 13 : RD19 Profil Géophysique - IMG

Notons la présence de 2 castoruds et d'un passage à faune (extrémité amont du tronçon) sur le linéaire du secteur (Figure 14).



Castorduc



Un exutoire du réseau de drainage

Figure 14 : RD19 : Exemples de conduites traversant l'ouvrage – VTA CNR 2017

3.3.3.1.2 Digue du Bouchet - T02

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

- Dates de construction : 1834 / 1840 et 1860 / 1873-1874 / 1883 / 1989 / 2004
- Cours d'eau : Arve rive droite
- Limite amont : 205 m en amont du pont de la ZI
- Limite aval : pont ZI
- Le linéaire total est de 205m pour une hauteur maximum de 1m et un fruit du talus 3H/2V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 0,90m.
- Sur la partie amont on remarque la présence de nombreux arbres côté rivière, venant déstructurer le corps de digue. Sur la partie aval, malgré l'âge des ouvrages (une quinzaine d'années), une végétation superficielle est déjà en place, pour l'instant mécaniquement inoffensive, mais qui diminue considérablement la visibilité des enrochements.
- Les reconnaissances géophysiques ne sont pas concluantes dans cette zone à cause de l'effet néfaste des blocs d'enrochement (présence de réseaux incertaine).

En 2004, la construction du pont de la ZI des Bordets impacte la partie aval de la digue. Les données manquent pour préciser l'impact du chantier sur les ouvrages. La visite de terrain révèle une digue en enrochements libres. Reste à savoir si celle-ci recouvre ou remplace tout ou en partie les digues préexistantes (Figure 15).



Figure 15 : Photo aérienne de la zone du Bouchet T02 durant la période de la construction du pont de la ZI

Deux structures de digues sont observables sur site :

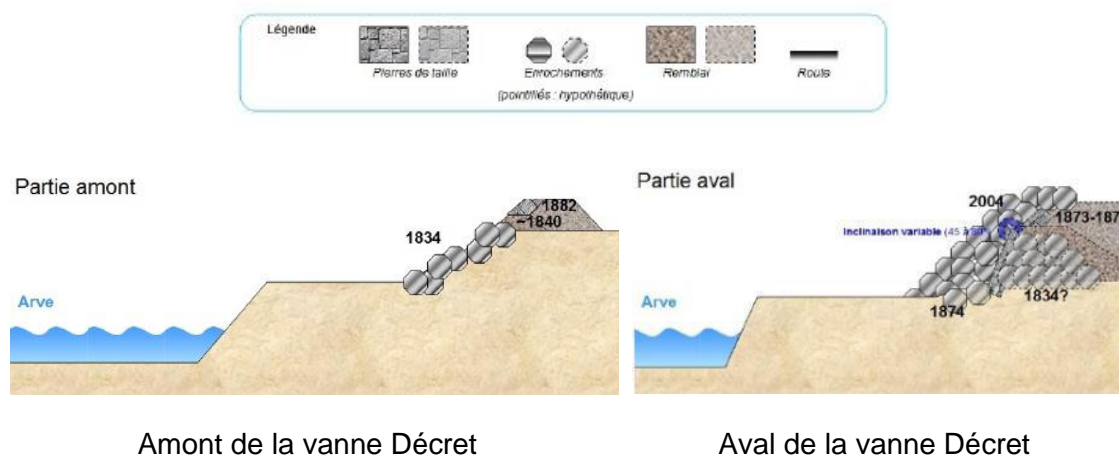


Figure 16 : Découpe structurale de la digue du Bouchet T02



Figure 17 : Photos de la digue du Bouchet T02, partie amont de la vanne Décret



Figure 18 : Photo de la digue du Bouchet T02, partie aval de la vanne Décret

3.3.3.1.3 DIGUE DU BOUCHET T01

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

Digue mur

- Dates de construction : 1834-1836 / 1874
- Cours d'eau : Arve rive droite
- Limite amont : pont ZI
- Limite aval : viaduc SNCF
- Le linéaire total est de 1183m pour une hauteur maximum de 3,80m et un fruit du talus 3H/2V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 2,00m.
- Présence d'un chemin de circulation en crête d'environ 2-3m de large qui diminue en amont (1m) dès l'apparition du perré. La circulation de petits à moyens engins semble possible sur la première partie.
- Végétation assez dense sur la pente côté rivière avec des parties végétalisées en crête.
- Enrochements ou perré éparses, souvent caché par la présence de végétation.

La structure de la dernière digue est représentée par deux profils types selon la partie de l'ouvrage concernée (Figure 19) :



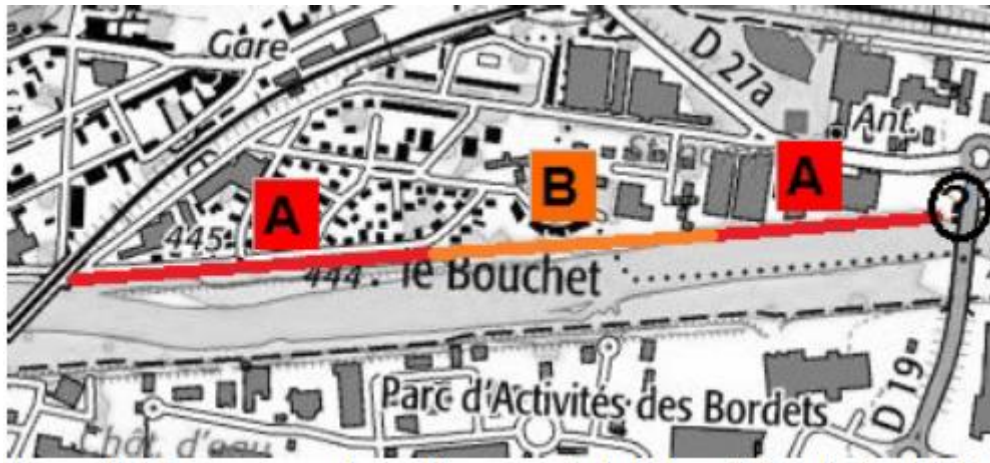
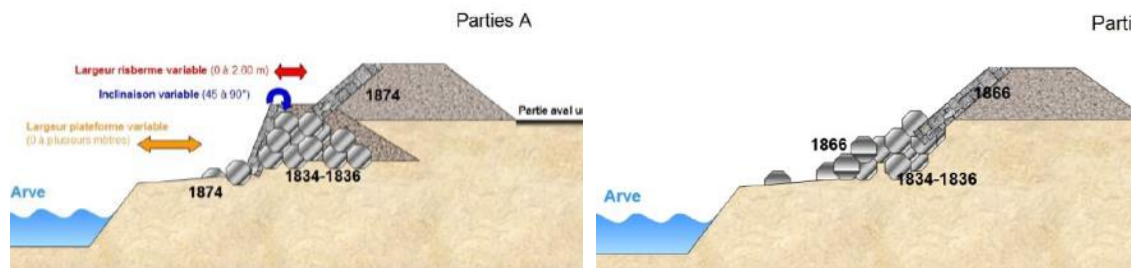


Figure 19 : Découpage structural de la digue du BOUCHET T01

Parties A (500 mètres aval et 200 mètres amont). Les ouvrages sont constitués d'un talus perreyé qui se positionne soit au-dessus, soit en continuité des ouvrages existants en pierres de forme trapézoïdale. Des enrochements rechargent la base des digues. Dans les années 1990 d'énormes crues favorisent le creusement du lit de l'Arve. Les enrochements de protection ont suivi cet enfoncement fragilisant d'autant plus les ouvrages désormais perchés. Destabilisés, les perrés sont parfois cisailés dans leurs parties médianes laissant apparaître un front vertical de 1 m à 1.5 m.

Aujourd'hui, le parement ancien est soit incliné, soit vertical. La risberme peut être marquée ou inexistante. Mais en général, plus on remonte vers l'amont, plus la digue se rétrécit et devient haute. La base du talus perreyé étant séparée du lit par une marche apparue du fait de l'enfoncement de ce dernier

Partie B : idem Partie A mais réparation sur 400 mètres en 1866. Les digues sont établies au-dessus des anciens ouvrages en pierres. Les nouvelles digues sont fixées au-dessus du terrain naturel avec un talus perreyé côté rivière. Quand le corps de l'ancienne digue est en bon état, on procède à une simple réparation du perré.



Figure 20 : Bouchet T01 - Profil de digue



Figure 21 : Bouchet T01 - Phénomène de sous-cavage

L'ouvrage est largement perché par rapport au lit de l'Arve, du fait de l'enfoncement du lit (incision et érosion longitudinale).

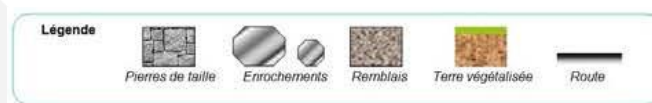
Il résulte l'apparition de mini-cavités dont la présence est dommageable à la stabilité de l'ouvrage (Figure 21).

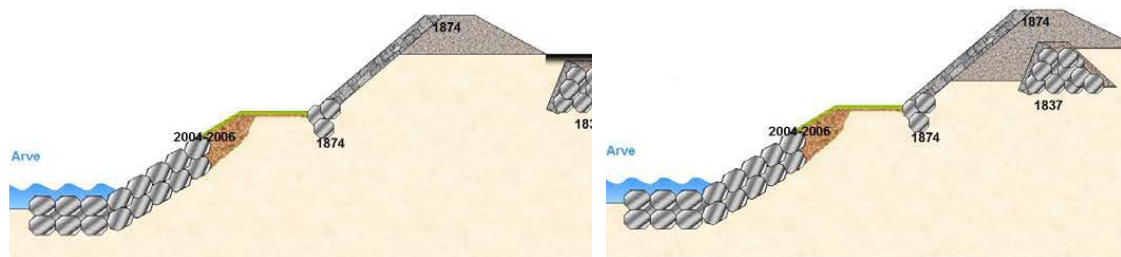
3.3.3.1.4 DIGUE CENTRE T02 – JEAN-BAPTISTE REY

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

Digue mur

- Dates de construction : 1837 / 1874 / 2004-2006
- Cours d'eau : Arve rive droite
- Limite amont : Viaduc SNCF
- Limite aval : Boulevard Allobroges
- Le linéaire total est de 260 m pour une hauteur maximum de 1m et un fruit du talus 2H/1V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 0,8m.
- Présence d'un petit chemin de circulation en crête permettant le déplacement de petits engins.
- Talus végétalisé, mais maîtrisé, permettant une bonne visibilité. Présence d'arbres et d'arbustes en bord de lit.
- Enrochements en pied ainsi que présence d'un perré
- 1837 : construction d'une digue en pierre (enrochements et mur) en continuité de celle du Bouchet - T01 ;
- 1874 : nouvelle digue en talus perreyé construite au-dessus des anciennes ou en avancée à l'intérieur du lit ;
- 2004-2006 : renforcement avec risberme et enrochements sur tout le linéaire à la suite de nombreux affouillements.





Alternance des deux profils ci-dessus sur l'ensemble du linéaire

Figure 22 : Découpage structural de la digue Jean-Baptiste REY

Aujourd'hui, selon que le premier ouvrage a été ou non recouvert par la digue de 1874, les modules sont soit empilés, soit en décalage les uns par rapport aux autres (Figure 22). L'ouvrage de 1837 est enfoui dans tous les cas. Les ouvrages récents viennent conforter le tout. Les deux types de profils alternent sur le linéaire.

- A noter la présence d'une ouverture confortée récemment juste en aval du pont SNCF. L'origine de l'ouverture n'est pas connue.



Figure 23 : Digue JB REY – Profil de digue



Figure 24 : Digue JB REY - Confortement grossier de la digue

3.3.3.1.5 DIGUE CENTRE T01 – POSTE

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

Digue mur

- Dates de construction : 1837 / 1874 / 2004-2006
- Cours d'eau : Arve rive droite
- Limite amont : Boulevard des Allobroges
- Limite aval : Pont de Bonneville
- Le linéaire total est de 126 m pour une hauteur maximum de 1m et un fruit du talus 2H/1V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 1m.
- Présence d'un perré en partie supérieure de l'ouvrage, celui-ci peut être par endroit recouvert de sédiments à la suite de l'engravement engendré par l'alternance des niveaux d'eau.
- Pas de végétation gênante à signaler sur ce sous tronçon

- 1837 : construction d'une digue en pierres sèches ou en enrochements avec parement de la berge idem digue initiale des Bouchets ;
- 1874 : nouvelle digue en talus doublement perreyé établie sur la précédente ;
- 2004-2006 : renforcement avec un glacis végétalisé jouant le rôle de risberme et des enrochements venant stabiliser le tout. Mesures prises à cause d'extractions massives, dès les années 1970, qui ont créé d'importants affouillements.

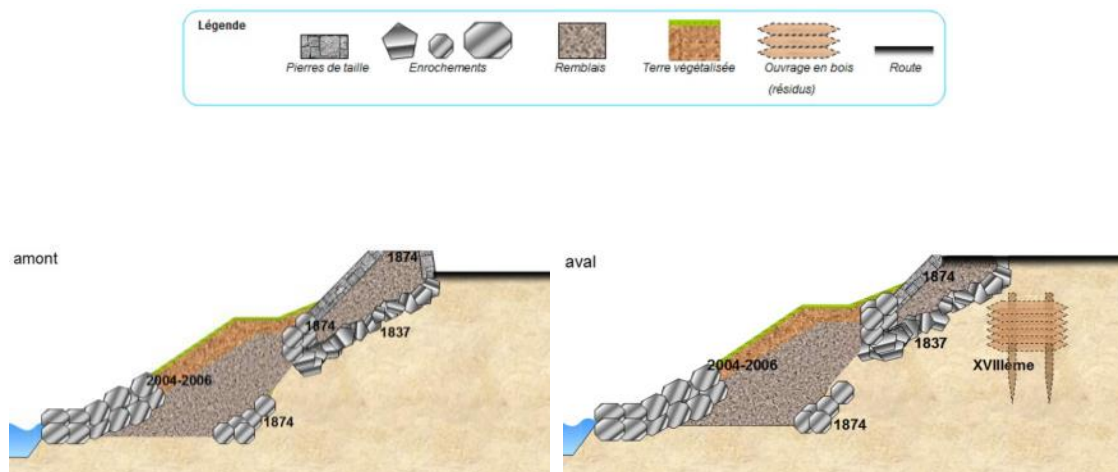


Figure 25 : Découpage structural de la digue POSTE

Aujourd'hui, en amont la tête de digue est bien apparente alors qu'en aval du sous-système le couronnement n'est plus visible. Le passage entre les deux états se fait progressivement. Avec l'abaissement du lit au cours du XXe siècle, tout ou partie des enrochements de 1874 ont pu s'affaisser ou avoir été emportés.

- A noter la présence d'une ancienne vanne, toujours fonctionnelle sur la partie amont à la frontière avec la digue quai Jean Baptiste Rey :

Figure 26 : Digue POSTE - Système de vannage de la Madeleine



Vanne de régulation du ruisseau de la Madeleine



Exutoire du ruisseau de la Madeleine - Arve RD

Globalement la structure visuelle est identique à celle de la digue quai JEAN-BAPTISTE REY.

Etant données les caractéristiques géométriques de l'ouvrage et l'état général des parements, aucune mise à jour n'est envisagée sur ce tronçon.

3.3.3.1.6 DIGUE DU TRÉSOR PUBLIC – T02

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

- Dates de construction : 1823-1826 / 1855 / 1866
- Cours d'eau : Arve rive droite
- Limite amont : Passerelle
- Limite aval : Pont prison
- Digue rectiligne érigée en pierre maçonnée (1823-1826) avec enrochements en pied et talus aval en terre. Cette digue sera ensuite rehaussée par l'ajout de remblais et perrayée en talus amont à la suite du programme de renforcement des digues (1855-1866). Elle a toujours cette forme aujourd'hui (Figure 28).
- Le linéaire total est de 173 m pour une hauteur maximum de 3m et un fruit du talus 1H/3V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 1,5m.
- Présence d'enrochements éparpillés en pied ainsi que d'un glacis perré.
- Présence d'un petit chemin de circulation 7m-8m de large en crête, pouvant servir à la circulation piétonne ou cycliste mais aussi au passage d'engins de petite et moyenne taille.
- Végétation présente sur le talus amont avec la présence de gros arbres assez anciens.

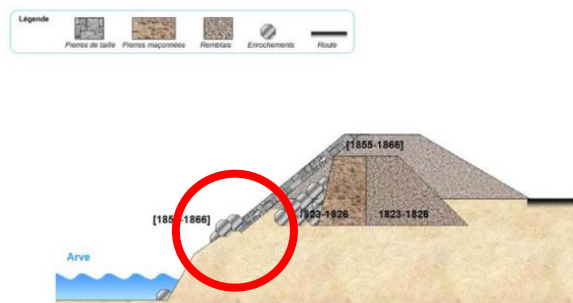


Figure 27 : Trésor Public T02 - Profil de digue Figure 28 : Trésor Public T02 - Schéma structurel

Aujourd'hui, l'incision de l'Arve a abouti à une très forte érosion du pied de talus amont. Cela a pour effet de changer la géométrie des ouvrages en raidissant fortement le fruit du talus côté rivière. Les enrochements présents pour protéger l'ouvrage contre l'érosion chutent petit à petit dans le cours d'eau. La végétation venant ici jouer le rôle de soutien à la structure en limitant l'érosion externe et le glissement de l'ouvrage. Le secteur du Trésor Public en général est la zone la plus impactée par ce phénomène d'incision couplée à l'érosion externe.

3.3.3.1.7 DIGUE DU TRÉSOR PUBLIC – T01

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

Digue mur sub-verticale

- Dates de construction : 1823-1826
- Cours d'eau : Arve rive droite

- Limite amont : Pont de la Prison
- Limite aval : angle de la rue du Quai d'Arve
- Même structure initiale que le tronçon Trésor public T02, une digue rectiligne en pierres maçonnées (gros moellons), adossée sur un talus aval en terre avec quelques enrochements en pied datant de la période sarde (1823-1826). L'abaissement du lit a largement découvert le pied des ouvrages qui se retrouvent perchés subissant une perte d'une partie des anciens enrochements. **C'est la zone la plus critique du système d'endiguement ARVE-RD-BONNE-25.79 « Bonneville Ayze ».** (Figure 29, Figure 30 et Figure 31)
- Le linéaire total est de 498 m pour une hauteur maximum de 3m et un fruit du talus 1H/3V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 1,5m.
- Présence d'un petit chemin de circulation 7m-8m de large en crête, pouvant servir à la circulation piétonne ou cycliste mais aussi au passage d'engins de petite et moyenne taille.
- Végétation présente sur le talus amont avec la présence d'arbuste et de jeunes arbres. Notons aussi la présence de buissons en crête et de plus vieux arbres en bord de lit.

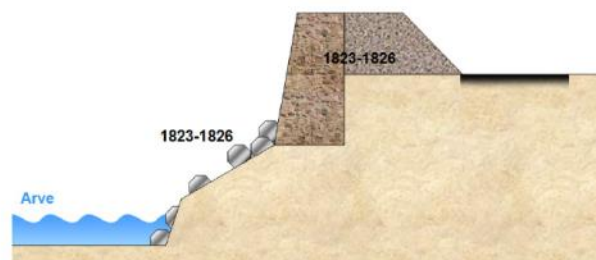
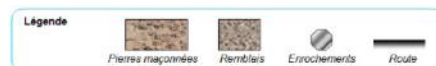


Figure 29 : Trésor Public T01 - Schéma structurel



Figure 30 : Trésor Public T01 - Talus érodé sub-vertical



Figure 31 : Trésor Public T01 - Arborescence destructurant le mur en place

3.3.3.1.8 DIGUE DE LA LISIERE DU CLOS

L'étude historique ainsi que les recoupements faits avec les observations de terrain font état des caractéristiques suivantes :

- Dates de construction : 1825-1827 / 1847 / 1863 / 1874 / 1931
- Cours d'eau : Arve rive droite
- Limite amont : Angle de la rue Quai d'Arve
- Limite aval : 316m en aval
- Le linéaire total est de 316 m pour une hauteur maximum de 1,80m et un fruit du talus 3H/4V. La hauteur moyenne sur l'ensemble du linéaire est d'environ 1,00m.
- Présence d'un chemin piéton en crête, peut également servir à la circulation de petits et moyens engins.
- Végétation dense sur le talus aval, composée d'arbres et d'arbustes avec parfois une haie en crête. Le talus amont mis à jour récemment est parfaitement visible (Figure 32).

La digue est constituée d'enrochements, surmontés d'un petit merlon en matériaux terreux et d'un cheminement piéton. Ce nouvel ouvrage se décline en deux modules différents :

- Sur les 85 mètres amont : enrochements liaisonnés, de pente 2/3 ;
- Sur les 135 mètres aval : enrochements libres, de pente 2/5.

Dans les deux cas, l'enrochement recouvre une bâche géotextile anti-contaminant, et le pied de celui-ci est supporté par un sabot réalisé en enrochements non liaisonnés.

Trois profils type sont présents d'amont en aval :

- Partie A1 sur 85m
- Partie A2 sur 135m
- Partie B sur les 96m restants

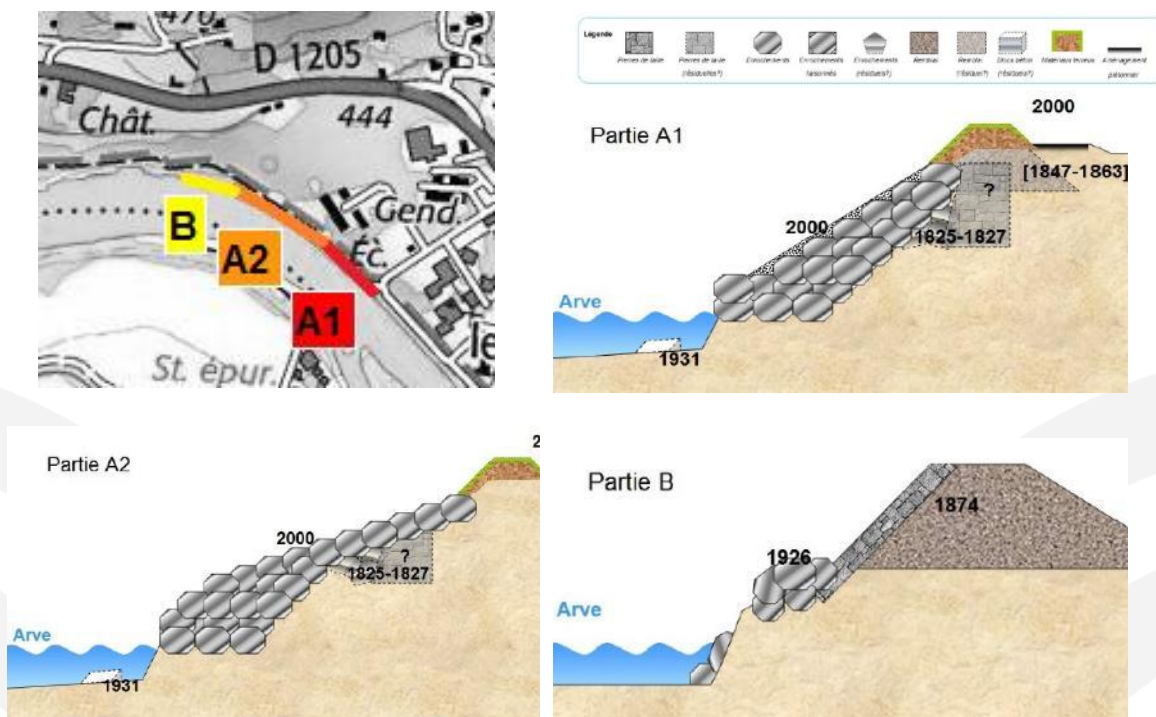


Figure 32 : Découpage structural de la digue de la Lisière du Clos

Aujourd'hui, la partie amont de la digue de la Lisière du Clos est composée de deux modules d'enrochements dont seules les pentes diffèrent (Figure 32 parties A1 et A2). Il est probable que les grandes quantités d'enrochements utilisées lors de sa construction au XIXe siècle, et lors des réparations successives, ne persistent que sous forme de résidus au fond du lit. La nouvelle digue construite en 2000 a effacé une grande partie des constructions anciennes. L'érosion du lit ayant continué depuis, le sabot de ce nouvel ouvrage, auparavant enterré, est désormais visible, au fil de l'eau. Le profil aval est composé d'un simple talus en remblais perreyé.



Figure 33 : Digue Lisière du Clos - Profil de digue

3.3.3.1.9 Conclusion sur la géométrie externe des ouvrages existants

Les tableaux suivants présentent les principales caractéristiques géométriques de chaque portion de système et la composition générale des protections.

DIGUE	PK amont	PK aval	Hauteur moyenne aval (m)	Charge	LARGEUR MOYENNE EN CRETE (m)	Risberme
RD19	32.85	29.10	2.00	Q10	15 à 20 m 1 m Merlon en amont de la zone	Non (bancs Végétalisés)
LE BOUCHET -T02	29.10	28.90	2.00	Q10	2 à 3 m (1m à l'amont)	Bancs mobilisables de 3 à 20m
LE BOUCHET -T01	28.88	27.70	2.00	Q10	2 à 3 m (1m à l'amont)	Bancs mobilisables de 3 à 20m
CENTRE - T02 JEAN BAPTISTE REY	27.70	27.40	0.80	Entre Q10 et Q100	1 à 2 m	2m
CENTRE - T01 POSTE	27.40	27.28	1.00	Q100	1m	3m
TRESOR PUBLIC-T02	26.74	26.57	1.50	Q10	6 à 9 m	Non
TRESOR PUBLIC-T01 LES REVEES	26.57	26.08	1.50	Entre Q10 et Q100	Amont : 5 à 7 m Aval : 1.5 à 2 m	Non
LISIERE DU CLOS	26.08	25.78	1.00	Q200	1 à 3m	4.00

Tableau 11 : Résumé des caractéristiques géométriques externes des ouvrages existants

IDENTIFIANT_SIRS	DIGUE	Hauteur moyenne amont	Pente AM	Pente AV	Revetement AM	Revetement AV
ARVE-RD-AYZE-28.89	RD19	7.00	3/2 à 1/1	3/2 à 1/1	Enrochements	Terre
ARVE-RD-BONNE-28.89	LE BOUCHET -T02	6.00	1.5/1 à 2/1	1/1 à 1.5/1	Terre en partie supérieure Vestige de Perré en partie inférieure Enrochements vers ZI	Terre
ARVE-RD-BONNE-27.68	LE BOUCHET -T01	6.00	1.5/1 à 2/1	1/1 à 1.5/1	Terre en partie supérieure Perré en pied	Terre
ARVE-RD-BONNE-27.41	CENTRE - T02 JEAN BAPTISTE REY	7.00	3/2 à 1/1	3/1 à quelques%	Enrochements en pied +Perré	Terre
ARVE-RD-BONNE-27.23	CENTRE - T01 POSTE	6.00	1/1 au niveau des perrés	subvertical	Perré	Mur
ARVE-RD-BONNE-26.59	TRESOR PUBLIC-T02	8.00	1/1 à 1/2 voire subverticale	3/1 à quelques%	Enrochements en pied	Terre
ARVE-RD-BONNE-26.09	TRESOR PUBLIC-T01 LES REVEES	6.00	1.5/1 à 2/1	1/1 à 1.5/1	Terre en partie supérieure Perré en pied	Terre
ARVE-RD-BONNE-25.79	LISIERE DU CLOS	6.00	3/2 à 1/1	2/1 à 3/1	Amont :Enrochement en pied Aval : Dalles béton	Terre

Tableau 12 : Résumé des caractéristiques géométriques externes des ouvrages existants (bis)

3.3.3.2 Etat projet

3.3.3.2.1 Sectorisation en linéaires de digues – digues de l'Arve

Les travaux présentés concernent les digues de l'Arve rive droite.

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 ont conduit à définir 9 tronçons en rive droite. La localisation de ces tronçons homogènes est rappelée dans le tableau suivant et la figure suivante.

Tableau 13 : Sectorisation des digues en tronçons homogènes et type d'intervention retenu dans l'AVP optimisé au droit de chaque secteur

Digue	Tronçons homogène	PK Amont	PK Aval	Linéaire (m)	Type d'intervention
Rive droite					
RD19	RD19	30.30	29.10	1200	Sans travaux
T02 – Digue du Bouchet	Bouchet T02	29.10	28.90	300	Sans travaux
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)
	RD-T5	27.775	27.710	65	Reprise intégrale de la digue
Centre T02 JB Rey	Centre T02 JB Rey	27.70	27.40	260	Sans travaux
Centre T01 Poste	Centre T01 Poste	27.40	27.28	126	Sans travaux
T02 – Digue du Trésor public	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)
La Lisière du Clos	Lisière du Clos	26.125	26.060	25.79	Sans travaux

La localisation des tronçons homogènes **faisant l'objet de travaux** est donnée dans la figure suivante :

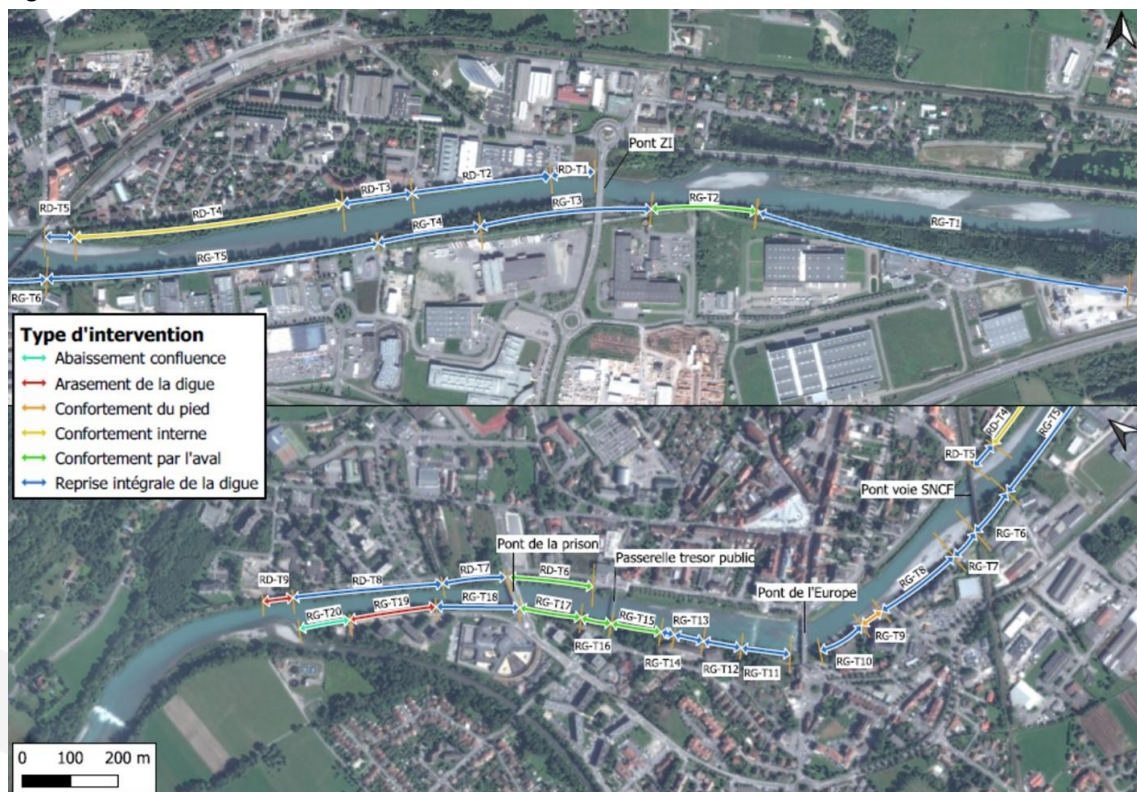


Figure 34 : Vues en plan de la sectorisation des digues en tronçons homogènes (rive gauche et rive droite de l'Arve)

Il est à noter que les tronçons suivants ne font pas l'objet de travaux de confortement (hors mission de maîtrise d'œuvre de confortement des digues de l'Arve lancé par le SM3A). Ces secteurs sont considérés en bon état avec un niveau de sureté centennal (voir recommandations du document B) :

- RD19
- Le Bouchet T02
- Centre – T01 POSTE
- Centre - T02 JP REY
- La Lisière du Clos (en aval du PK 26.06)

3.3.3.2 Intégration de la RD19 dans le système d'endiguement

Intégration de la RD19 dans le système d'endiguement (analyse 2023) :

Le tronçon nommé « RD19 » dans l'étude de dangers de CNR de 2019 est constitué d'un remblai large, surmonté d'une voirie. Il s'agit de la route départementale D1205 (route de Cluses à trois voies de circulation).

Ce tronçon est situé entre PK 29.1 et PK 32.7.

Entre le PK 30.3 et le PK 32.7, l'analyse hydraulique et topographique du tronçon montre les caractéristiques suivantes :

- Hauteur moyenne du remblai par rapport au terrain naturel : 90 cm ;
- Largeur du remblai : 30 m à 40 m ;
- Absence de mise en charge en crue centennale de l'Arve : -0.8 m ponctuellement et -1.9 m en moyenne → hors au droit de la déchetterie (présence d'un bassin de gestion des EP).

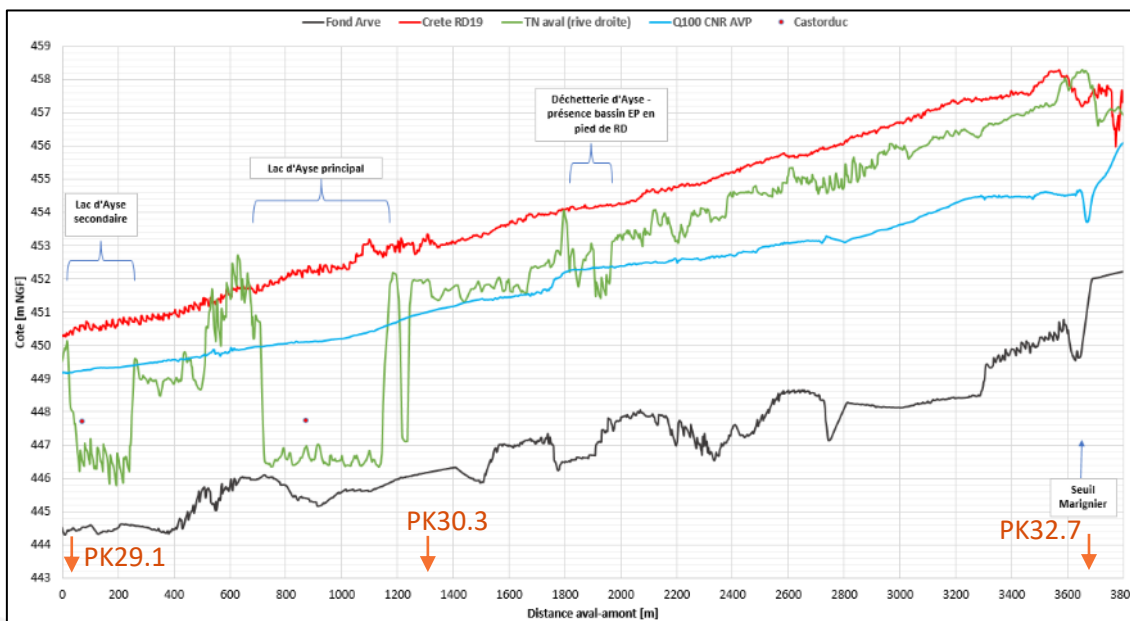


Figure 35 - Profil en long du tronçon de la RD19

En considérant une charge maximale sur ce remblai de grande largeur (en cas de crue extrême supérieure à la Q1000), le rapport B/H est de 30 (au minimum). Ce gradient est largement inférieur au gradient hydraulique permettant de mettre en mouvement les sables fins (matériaux défavorables), fortement érodables. Par conséquent, le rapport largeur sur hauteur d'eau maximale permet d'associer ce tronçon à la notion de « terre », dont le risque rupture est considéré comme « nul ». [3]

La « RD19 » n'est pas retenue dans le système d'endiguement entre le PK 30.3 et le PK 32.7. Ce point est validé par le SM3A.

Entre le PK 29.1 et le PK 30.3, la route est toujours large mais la présence des Lacs d'Ayze ne permet pas d'écarter ce tronçon du système d'endiguement en rive droite de l'Arve (le remblai participe à la protection contre les inondations de l'Arve).

3.3.3.2.3 Rappel sur le 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 secteurs du Bouchet en rive droite, et des Bordets en rive gauche.

3.3.3.2.4 Objectif de protection

La conception intègre sur l'Arve les niveaux suivants :

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. AVP).

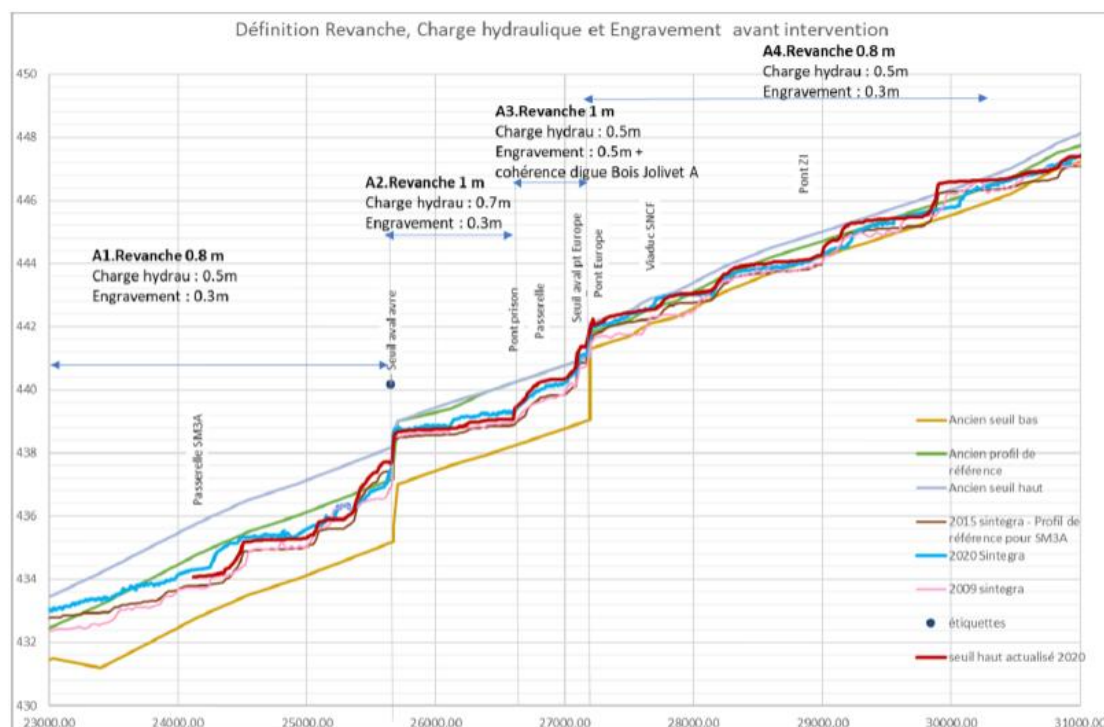


Figure 36 : Profil en long - définition des crêtes de digue

Ci-après la description des travaux sur les digues de l'Arve rive droite, par secteur homogène.

Sur l'ensemble des coupes de description des tronçons, on retrouve les lignes d'eau suivantes :

	$Z_{Q100} + \text{revanche}$	Niveau de danger
	Z_{Q100}	Niveau de protection
	$Z_{\text{moy, juillet}}$	Niveau hydraulique des eaux moyennes de juillet
	Z_{module}	Niveau hydraulique du module

3.3.3.2.5 Digue rive droite – RD-T1 à RD T3, et 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 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 :
 - Pentés 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. § 3.3.3.14) 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).

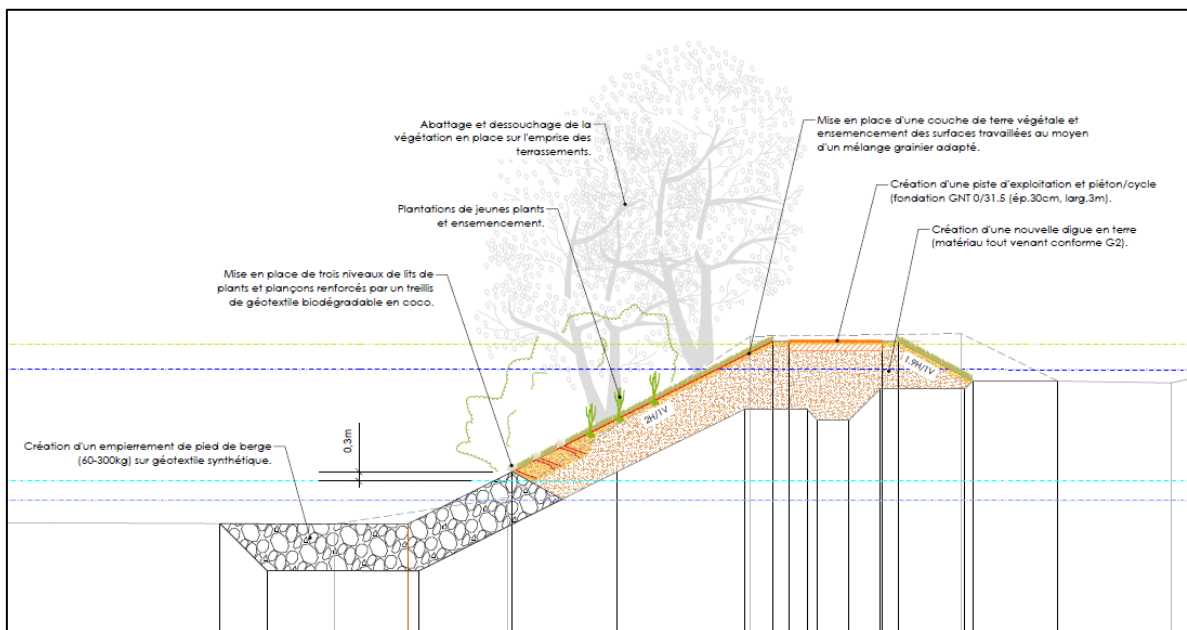


Figure 37 : Profil type RD-T1.

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.

3.3.3.2.6 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 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.

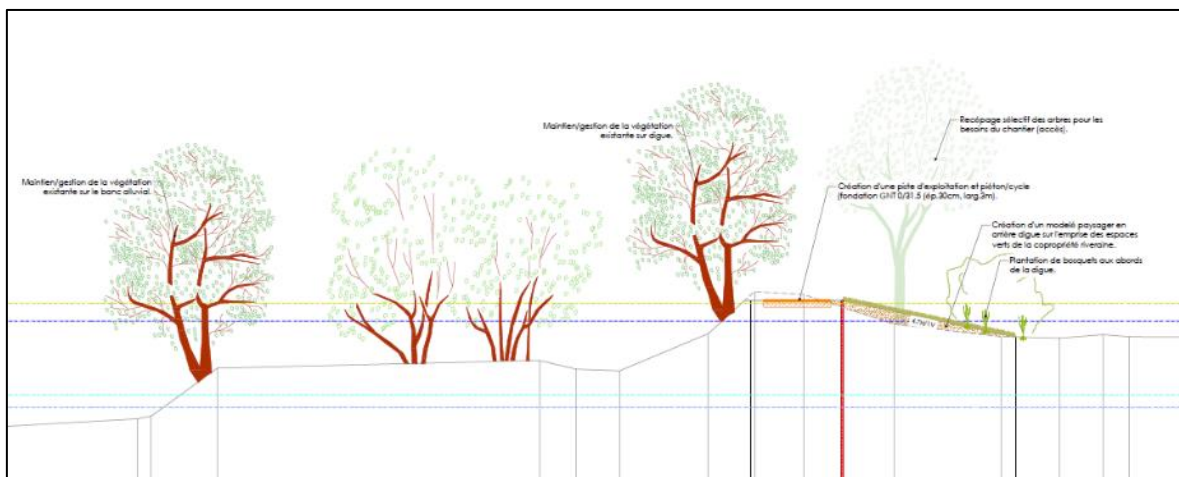


Figure 38 : Profil type RD-T4.

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.**

3.3.3.2.7 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 chapitre 7.2.3 du document B. 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.

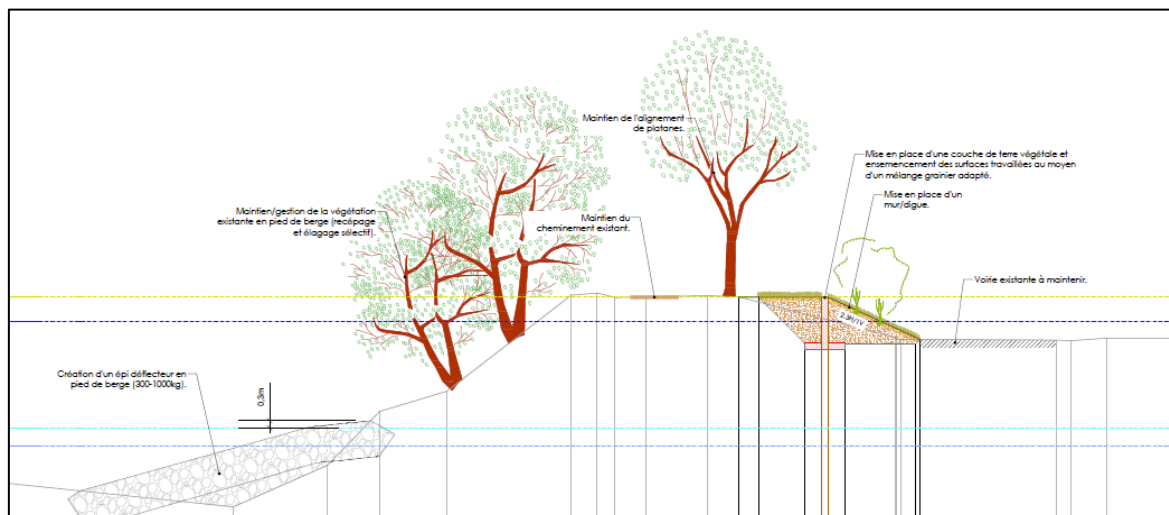


Figure 39 : Profil type RD-T6

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. 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.

3.3.3.2.8 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 chapitre 7.2.3 du document B.

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,
- Pentes 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.

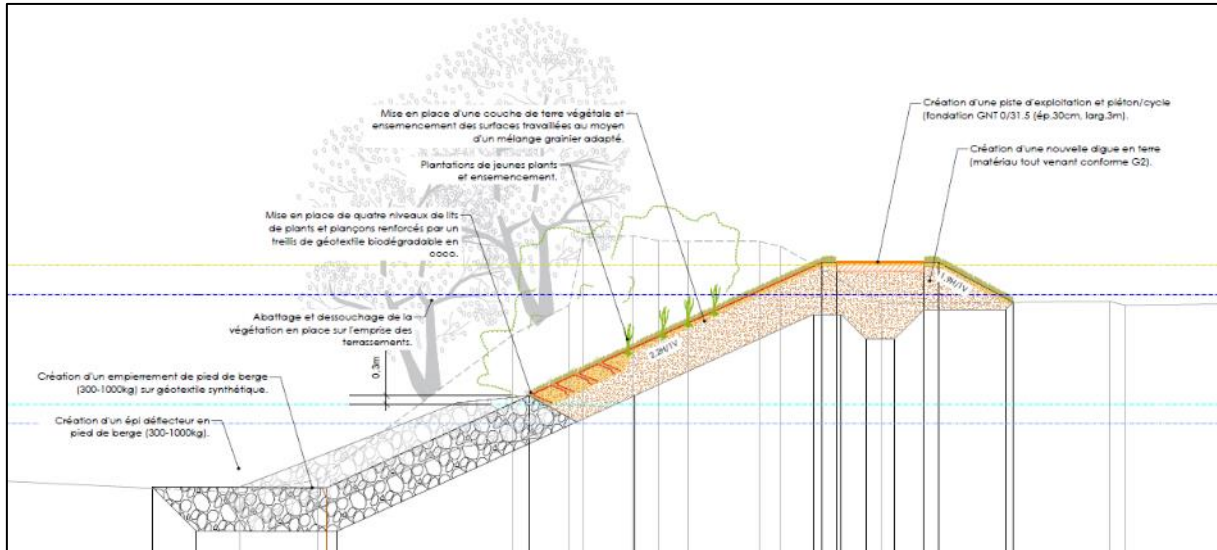


Figure 40 : Profil type RD T7

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.

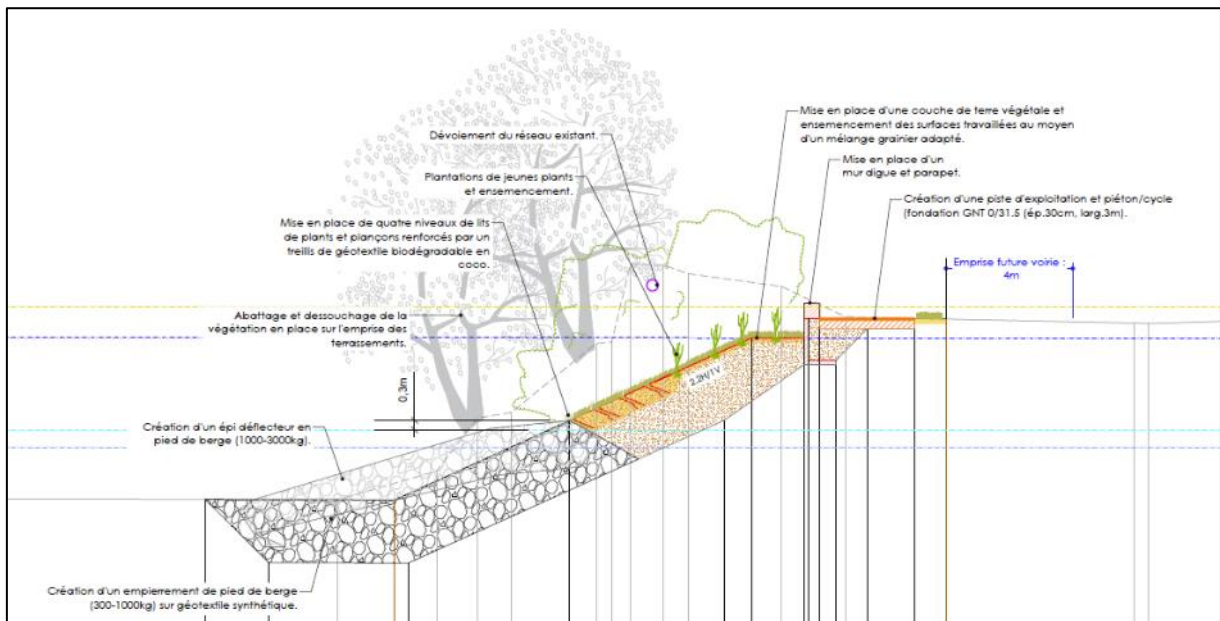


Figure 41 : Profil type RD T8.

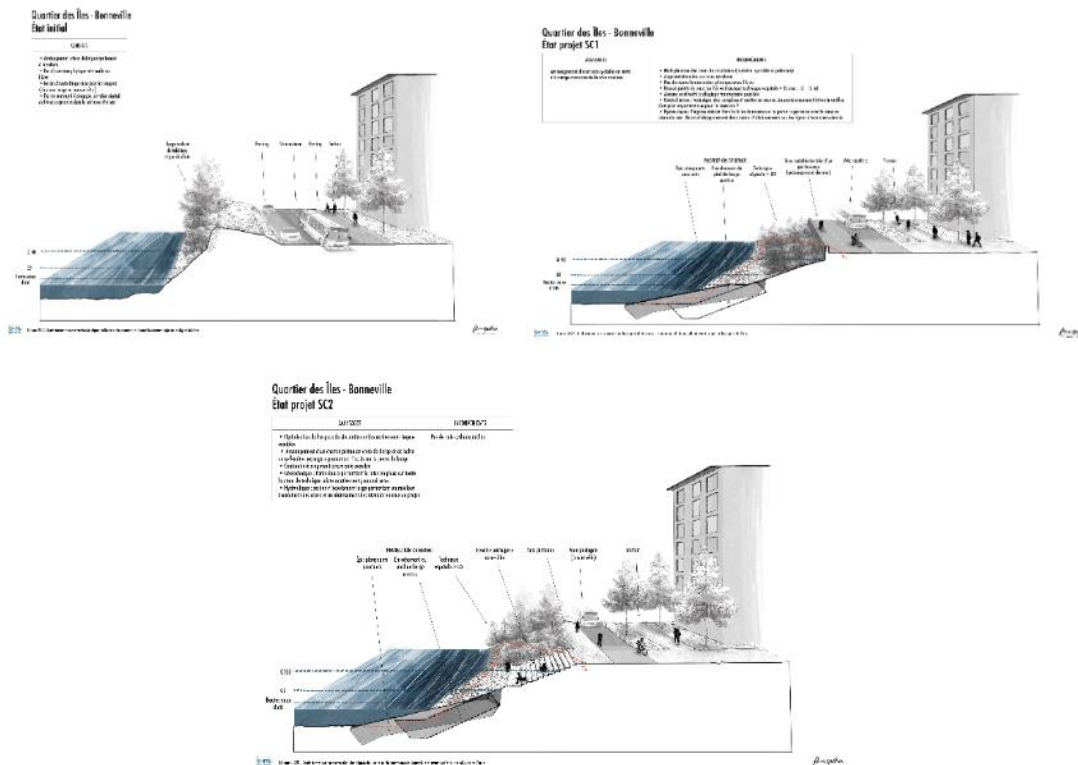
Le tronçon suivant (RD-T9) constitue le raccordement entre la digue du RD-T8 et la berge de la Lisière du clos laissée en l'état. Le TN y est supérieur au niveau de $Q_{100} +$ revanche. Le talus de la berge est traité de façon identique à celui du RD-T7. Un mur béton pourra être mis en place en crête 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 proposés 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 retenu. 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 enrobé, mais pourra être du stabilisé renforcé.



3.3.3.2.9 Pistes d'exploitations

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

- 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,

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).

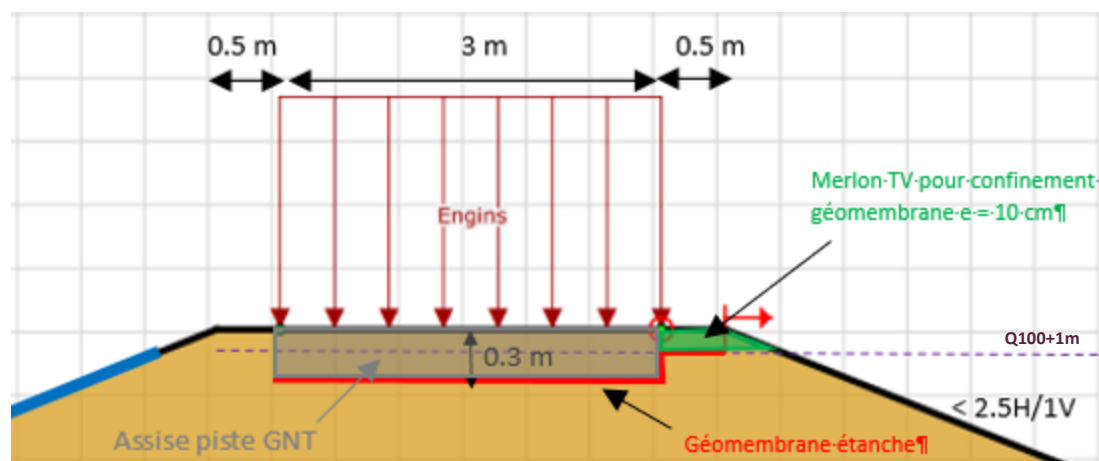


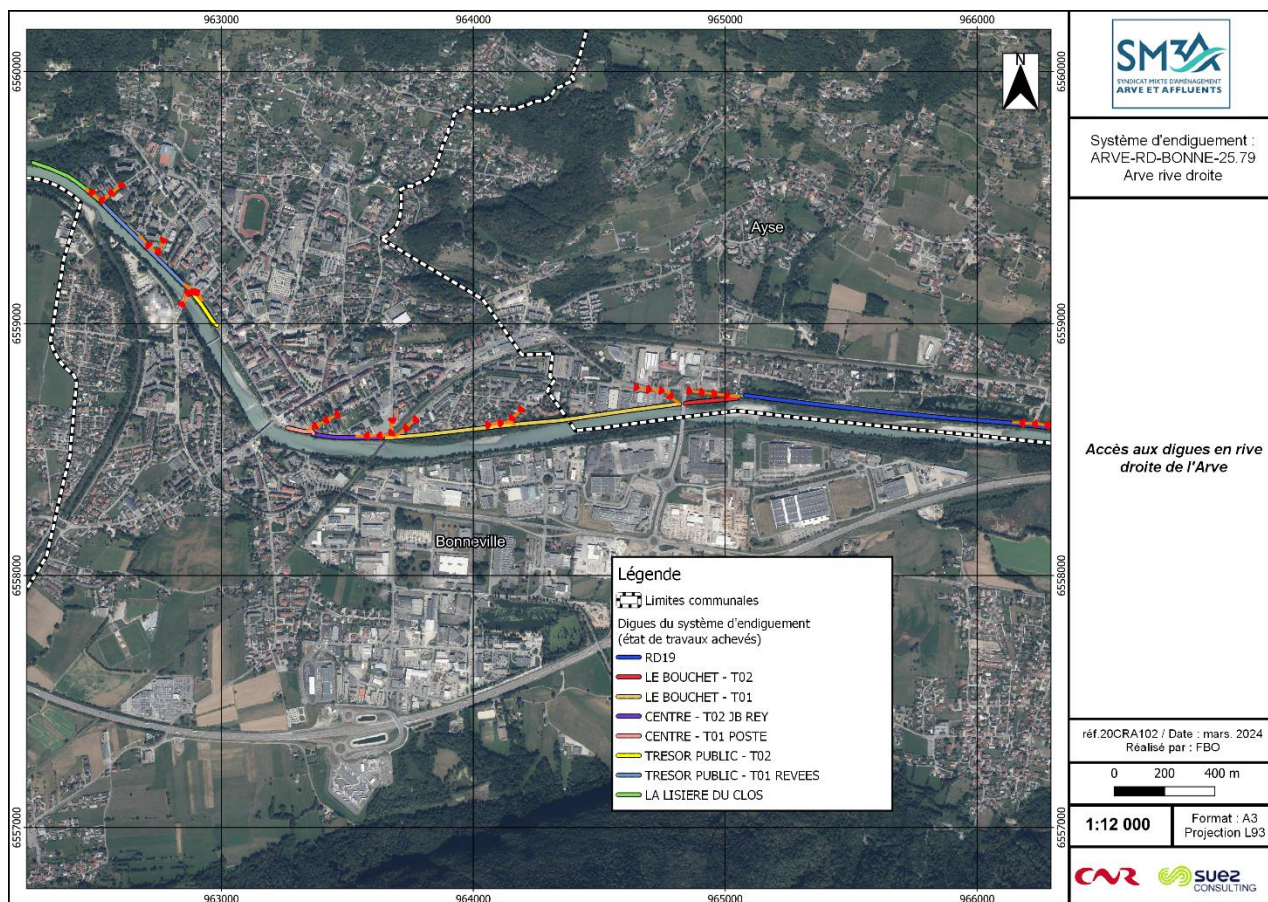
Figure 42 : Etanchéité au droit des pistes d'exploitation.

3.3.3.2.10 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 hélophytique, 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 côte 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 mesurera environ 3 mètres.

3.3.4 Voie d'accès aux digues du système d'endiguement

La largeur des digues projetées est de minimum 3 m afin de permettre le passage des engins d'entretien du SM3A. Les principales voies d'accès aux digues de l'Arve rive droite sont représentées avec la couleur orange sur la figure suivante :



Les rampes permettant l'accès aux digues avec des engins ou des VL sont intégrées au programme de travaux. Certaines sont déjà existantes.

3.3.5 Fonctionnement hydraulique du SE (digues de l'Arve RD)

Les profils en longs présentés sur les figures suivantes exposent :

- Les lignes d'eau pour différentes crues ;
- Le talweg de la rivière ;
- Le TN aval ;
- Les crêtes de digues actuelles ;
- Les crêtes de digues projetées.

Il est rappelé que l'arasement des digues de l'Arve, en état de travaux achevés, sera :

A l'amont du pont de l'Europe : Niveau de la ligne d'eau en crue de projet : $Q_{100_Arve} + 0,8$ m (équivalent à une Q_{400} de l'Arve)

A l'aval du pont de l'Europe : Niveau de la ligne d'eau en crue de projet : $Q_{100_Arve} + 1$ m

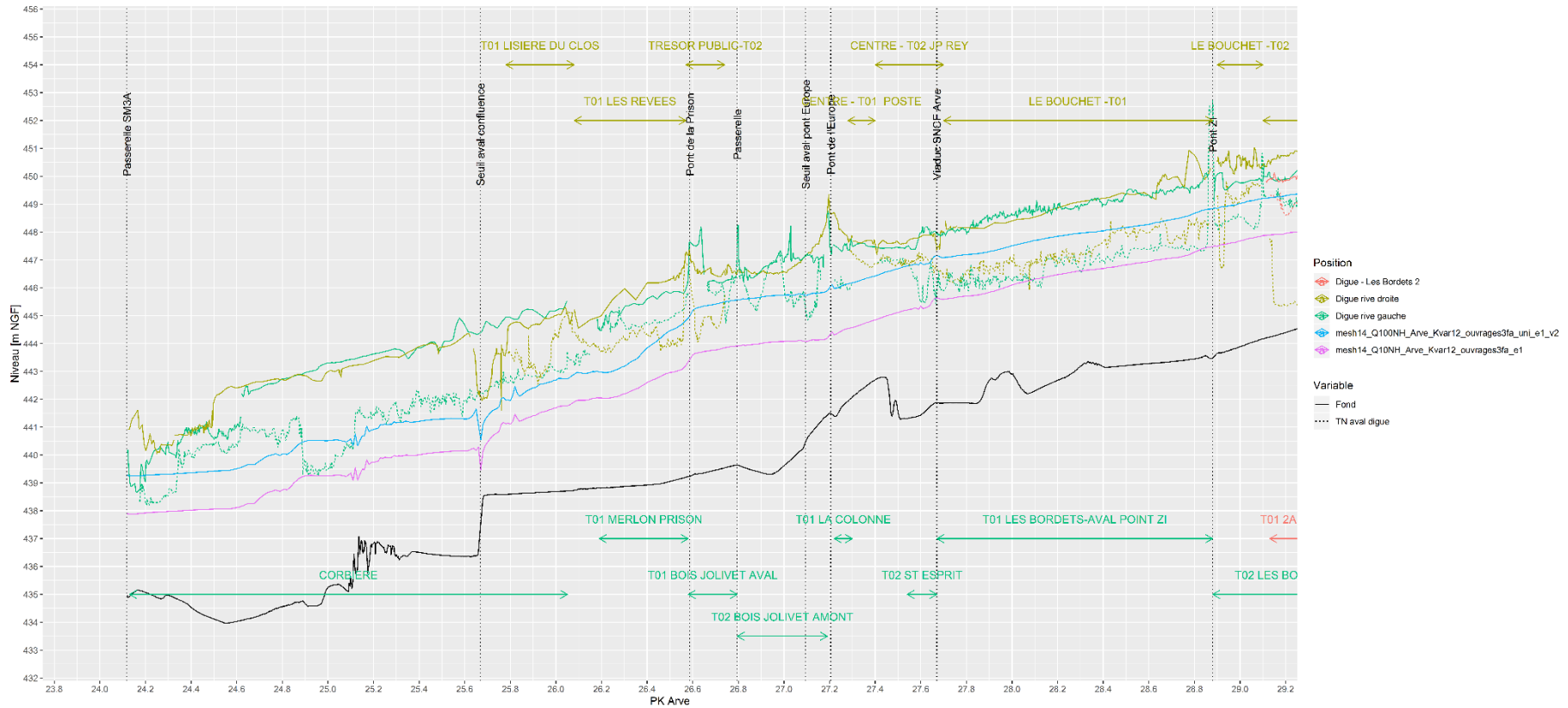


Figure 45 : Profil en long de l'Arve (Source : CNR) – partie 1 - état actuel

Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St-Pierre-en-Faucigny - Système d'endiguement "Bonneville Ayze" Arve-
RD-BONNE-25.79-ARVE RIVE DROITE

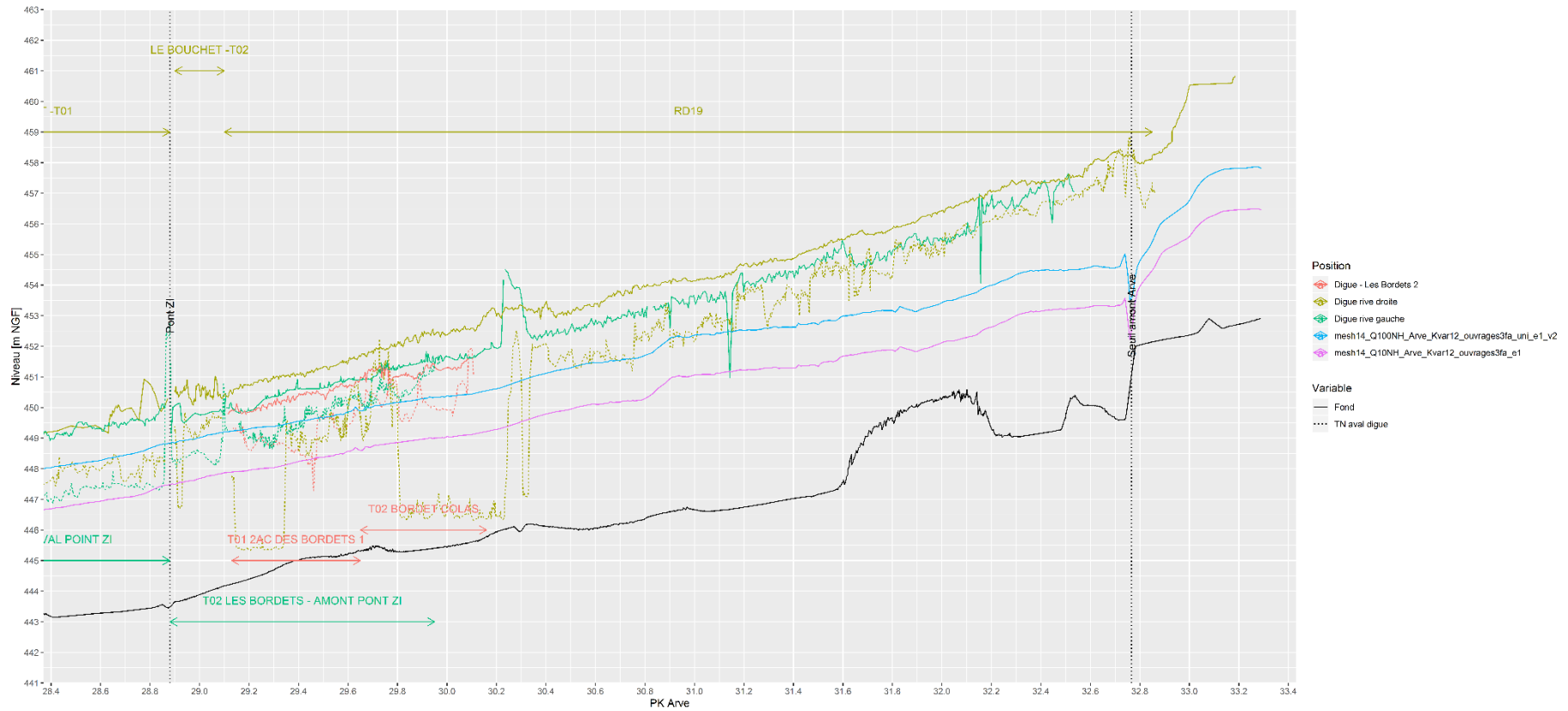


Figure 46 : Profil en long de l'Arve (Source : CNR) – partie 2 – état actuel

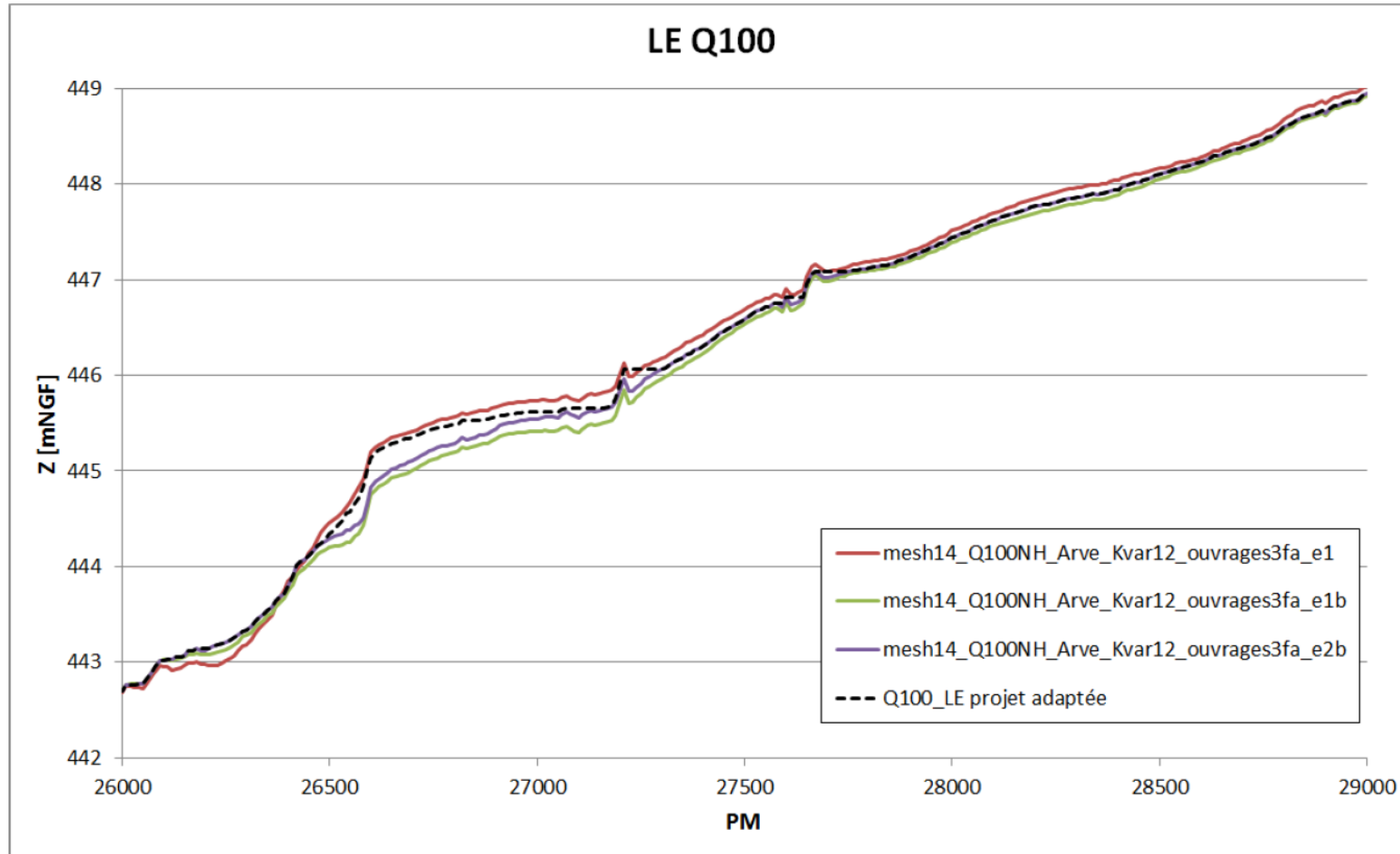


Figure 47 : Profil en long Arve (Source : CNR) – calage des digues projetée (1 m ou 0.8 m au-dessus de la ligne Q100 retenue)

3.3.6 Analyse de la topographie existante

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

- Topographie de la plaine : Grand Genève, Levé Lidar, 2014,
- Topographie des digues et berges (complément) : SM3A, levé Lidar, 2015,
- Ouvrages et topographies des abords : Levé SINTEGRA pour SM3A, Juillet 2015,
- Topographie des digues et berges, bathymétrie du lit : Levé SINTEGRA pour SM3A, Novembre 2017.

NB : Les cotes altimétriques données dans ce rapport sont exprimées dans le système NGF (IGN69).

Une analyse comparative des deux sources de données disponibles (lidar et topographie terrestre), concernant la topographie actuelle des digues du secteur d'étude, a été effectuée par la CNR avant de lancer l'étude hydraulique.

L'analyse, effectuée au droit des 40 profils levés par SINTEGRA en 2015 au droit du secteur d'étude, montre une bonne adéquation entre les deux sources de données, ce qui témoigne de la fiabilité des données utilisées.

3.4 Analyse du fonctionnement du système

Dans ce paragraphe sont résumés les principales causes pouvant être à l'origine d'un disfonctionnement du système, les principales fonctions de ce système et les niveaux de crue pour lequel le système assure le rôle de protection.

3.4.1 Données historiques structurelles

Le dossier d'ouvrage et l'étude historique recensent un nombre important de désordres depuis 1726 sur l'ensemble des digues de Bonneville (environ 135 désordres relatifs aux digues avec plus de 50% des défaillances de type « brèches » et 30% de type « affouillement » le reste étant des ouvrages emportés ou des dépôts solides). Il s'agit de données historiques dont il faut relativiser la fiabilité des sources au regard des données plus récentes plus pertinentes.

L'origine mécanique qui conduit à la rupture n'est pas clairement précisée dans l'ensemble des cas évoqués. Ces brèches peuvent être causées par des phénomènes de glissement, d'érosion interne ou d'érosion externe, seuls ou en concomitance, la surverse étant un événement aggravant. La cause principale de leur ouverture ne peut pas être clairement identifiée.

Le renforcement continu du système d'endiguement associé au différentiel croissant d'altitude entre le fond du lit et la crête de digue conduit à la quasi-disparition du phénomène de surverse qui semblait être l'événement initiateur de nombreux dégâts subis par les digues du secteur d'étude.

Ces situations sont assez mal maîtrisées puisque, d'après les informations disponibles, 80 brèches ont été comptabilisées sur les endiguements de la confluence entre l'Arve et le Borne depuis les années 1726 pour 113 crues recensées.

3.4.2 Fonction structurelle

L'étude de dangers a pour objectif d'exposer les risques que présentent les ouvrages pour la sécurité publique, directement ou indirectement, en cas d'accident, que la cause soit externe ou interne aux ouvrages.

Dans ce cadre, l'analyse fonctionnelle doit permettre de mieux comprendre les relations existantes entre les différents composants des ouvrages afin de déceler les répercussions de leurs défaillances sur le fonctionnement général des ouvrages et de leur environnement.

Le principe de l'analyse fonctionnelle repose sur la décomposition du système selon les fonctions qu'il assure. Elle établit de façon systématique et exhaustive les relations fonctionnelles à l'intérieur et à l'extérieur d'un système.

Une fonction est définie comme les actions d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimés en termes de finalité. Au sens de la même norme, l'analyse fonctionnelle est alors définie comme une démarche qui consiste à recenser, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions.

Le but de cette méthode d'analyse est de représenter le cheminement des fonctions à travers les équipements constituant l'ouvrage. Cela permet de visualiser la contribution de ces équipements vis-à-vis de toutes les fonctions de l'ouvrage.

L'arborescence technique identifiée dans cette analyse fonctionnelle sera ainsi exploitée, de façon systématique, dans l'Analyse Préliminaire des Risques.

L'analyse fonctionnelle externe est présentée graphiquement pour mettre en évidence les interactions des ouvrages avec les éléments extérieurs. Cette analyse permet de déterminer les Fonctions Principales (FP) et les Fonctions de Contraintes (FC) des ouvrages vis à vis des éléments du milieu extérieur.

Ont été identifiés les milieux extérieurs suivants :

- Communes de Bonneville / Ayze ;
- L'Arve ;
- Maintenance et surveillance ;
- Environnement hydrogéologique
- Continuité de protection,
- Réseaux,
- Voies de circulation.

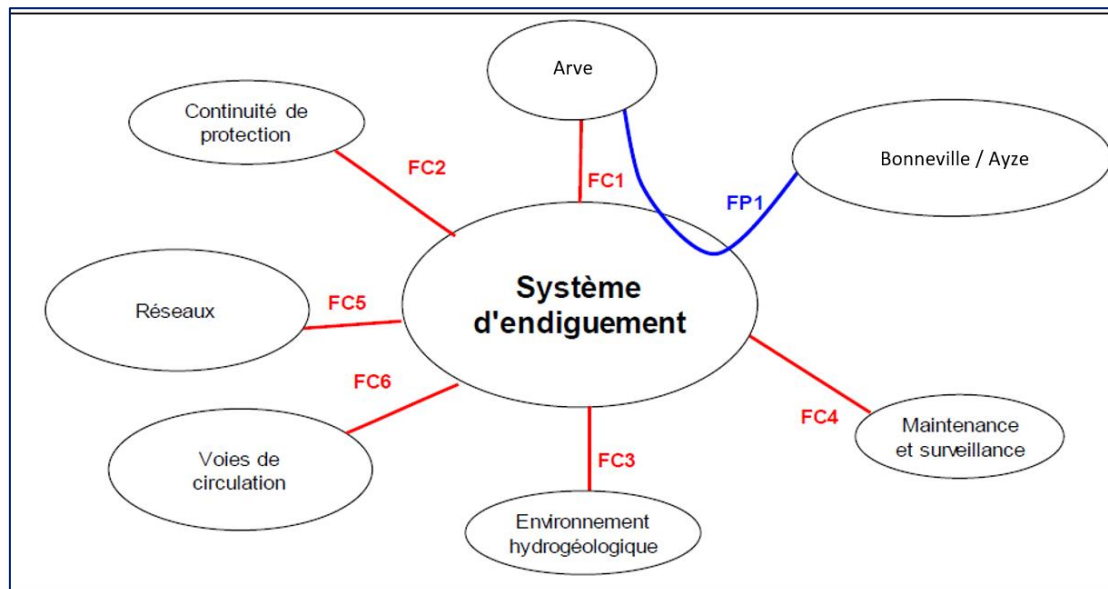


Figure 48 : Analyse fonctionnelle externe

- FP1 L'ouvrage constitue la protection de la zone protégée
- FC1 L'ouvrage de protection résiste aux pressions de l'eau
- FC2 L'ouvrage constitue avec les autres systèmes d'endiguement et remblai une continuité dans la protection contre le risque d'inondations
- FC3 L'ouvrage est solidaire de l'environnement hydrogéologique
- FC4 L'ouvrage est maintenu et surveillé
- FC5 Les réseaux présents dans la digue sont connus et surveillés
- FC6 L'ouvrage supporte la circulation routière

3.4.3 Les niveaux de protection et dangers

3.4.3.1 Définitions

L'article R. 214-119-1 du code de l'environnement : « **Le niveau de protection** d'une zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine est déterminé par la hauteur maximale que peut atteindre l'eau sans que cette zone soit inondée en raison du débordement, du contournement ou de la rupture des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer. Lorsque la taille et les caractéristiques de la zone exposée le justifient, plusieurs niveaux de protection peuvent être déterminés, chacun étant associé à une partie délimitée de la zone protégée ».

L'article 11 de l'arrêté du 07 avril 2017 précisant le plan de l'étude de danger (modifié par l'arrêté du 30 septembre 2019) : « **Le niveau de protection** qui est associé à un système d'endiguement est précisé par un niveau maximal atteint par le niveau des eaux ou par un débit maximum du cours d'eau ou par un niveau marin maximum. Ces paramètres sont mesurés en un **lieu de référence** pertinent au regard de la zone exposée au risque d'inondation ou de submersion marine qui est indiqué dans l'étude de dangers du système d'endiguement ».

En crue, différents niveaux d'eaux sont identifiés réglementairement :

- **Niveau de protection** : Niveau relevant d'un engagement du maître d'ouvrage, ce niveau est inférieur ou égal au niveau de sûreté.
- **Niveau de dangers** : Situation au-delà de laquelle la rupture de l'ouvrage est quasi-certaine (bornée à 50% par la réglementation).

3.4.3.2 Lieux de référence

Les lieux de références pour mesurer les niveaux de crue sont :

- **Sur l'Arve :**
 - Echelle limnimétrique du pont de la ZI ;
 - Station hydrométrique du pont de l'Europe.

3.4.3.3 Niveau de protection

Le niveau de protection du système d'endiguement en état de travaux achevés sur les digues de l'Arve correspond à une crue centennale (Q100) de l'Arve soit, un débit de pointe de 1081,0 m³/s.

Le niveau de danger est défini quant à lui à un débit de 1415,2 m³/s (Q400), un débit du Borne de 113.5 m³/s et un apport du Bronze de 13 m³/s.

Les différents niveaux sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Niveaux de danger et de protection du système d'endiguement

Digue	Lieu de référence	Niveau de protection au point de référence (NGF) et occurrence associée S1		Niveau de danger et occurrence équivalente S3 (50%)	
		Niveau	Crue	Niveau	Crue
ARVE RD état projeté	Pt de la ZI	448.76 mNGF	Q100 Arve (1081.0 m ³ /s) + Q Borne (90.0 m ³ /s) + Q Bronze (13.0 m ³ /s)	449.40 mNGF	Q400 Arve (1415.2 m ³ /s) + Q Borne (113.5 m ³ /s) + Bronze (13.0 m ³ /s)
	Pt de l'Europe	445,65 mNGF		446.24 mNGF	

La localisation des échelles proposée est la suivante :

Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St-Pierre-en-Faucigny - Système d'endiguement "Bonneville Ayze" Arve-RD-BONNE-25.79-ARVE RIVE DROITE



La localisation des échelles proposée est la suivante :

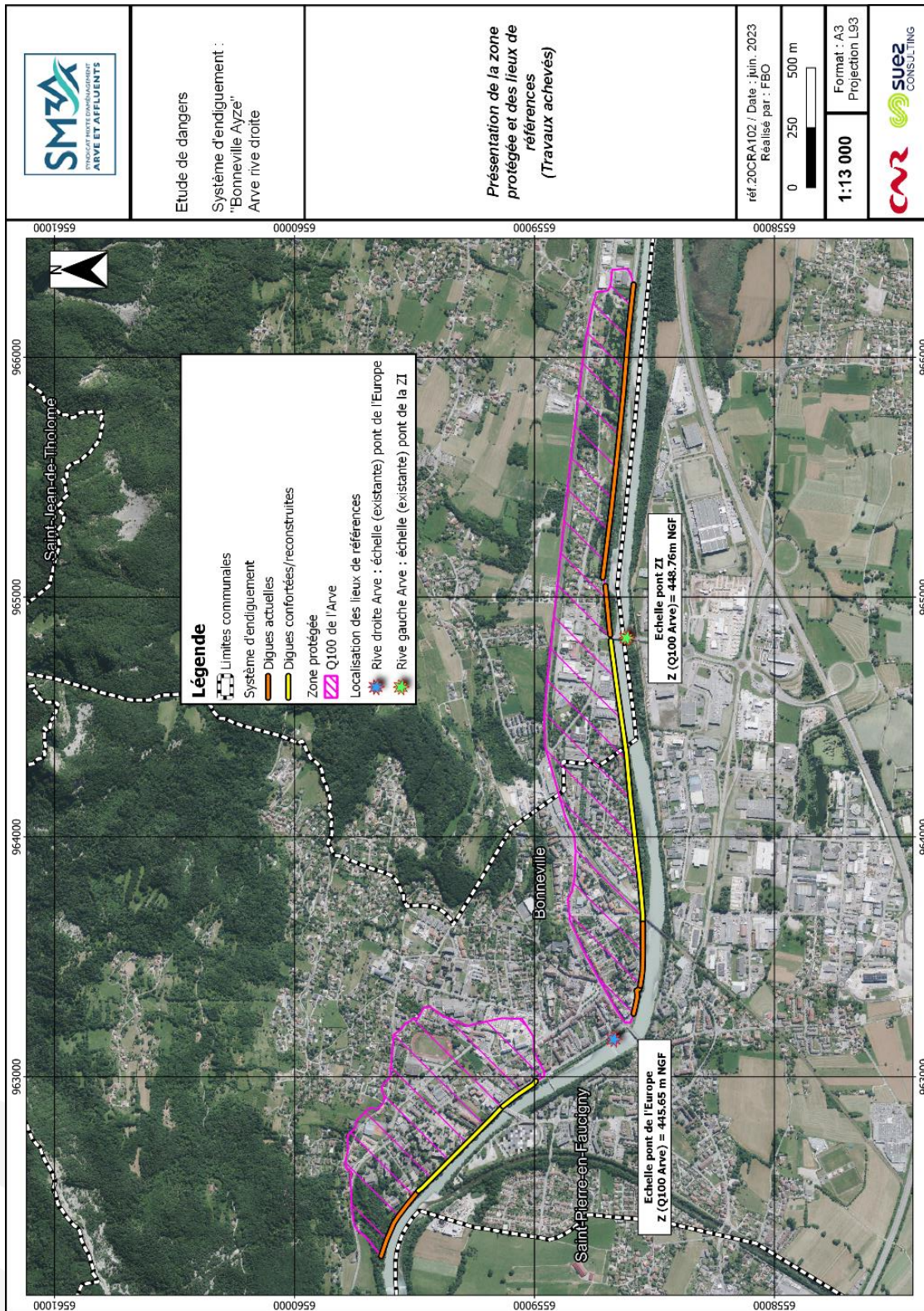


Figure 49 : Localisation des points de référence du système d'endiguement et cotes correspondant aux niveaux de protection

3.5 Situations pouvant survenir pour des niveaux dépassant les performances du système d'endiguement

3.5.1 Phénomènes pouvant être à l'origine d'une défaillance du système d'endiguement

Conformément à l'arrêté du 30 septembre 2019, les phénomènes pouvant être à l'origine d'une défaillance d'un système d'endiguement sont :

- Une crue d'occurrence supérieure à la crue de référence ;
- Une défaillance structurelle d'un ouvrage du SE ;
- Une défaillance fonctionnelle d'un ouvrage hydraulique du SE ;

Les principales situations pouvant survenir lors du dépassement des performances du SE sont des défaillances structurelles :

- Submersion de la digue, pouvant entraîner une érosion externe / interne et des venues d'eau dans la zone protégée ;
- Ouverture de brèches dans le corps de la digue entraînant une inondation de la zone protégée ;
- Défaut d'étanchéité du corps de digue et de la fondation ;
- Défaut de protection mécanique de digue.

Pour les défaillances fonctionnelles, 2 simulations ont été réalisées à la suite du repérage et du diagnostic des réseaux traversants les digues :

- Vanne de fermeture du réseau « Ruisseau de la Madeleine » qui reste en position ouverte pendant la crue centennale de l'Arve ;
- Vanne de fermeture des réseaux « Castorduc » qui reste en position ouverte pendant la crue centennale de l'Arve.

3.5.2 Présentation des scénarios de défaillance

L'analyse des modes de défaillances (chapitres 6 et 7 du document B) permet d'identifier les scénarios de défaillance émergents, et retenus pour l'analyse des conséquences (modélisation hydraulique).

Cette analyse fait ressortir 4 accidents potentiels (défaillances structurelle et fonctionnelle) :

- Rupture par surverse ou par brèche pour des crues supérieures au débit de débordement de l'ouvrage dans la zone protégée amont → SE3.1
- Rupture par surverse ou par brèche pour des crues supérieures au débit de débordement de l'ouvrage dans la zone protégée aval → SE3.2
- Vanne de fermeture du réseau « Ruisseau de la Madeleine » qui reste en position ouverte pendant la crue centennale de l'Arve → SE2.1
- Vannes de fermeture du réseau « Castorduc » qui restent en position ouvertes pendant la crue centennale de l'Arve → SE2.2

3.5.2.1 Scénario de défaillance fonctionnelle

Une simulation a été réalisée à la suite du repérage et du diagnostic des réseaux traversant les digues. La défaillance identifiée :

- Vanne de fermeture du réseau « Ruisseau de la Madeleine » qui reste en position ouverte pendant la crue centennale de l'Arve → SE2.1
- Vannes de fermeture du réseau « Castorduc » qui restent en position ouvertes pendant la crue centennale de l'Arve → SE2.2

Les deux scénarios sont présentés ci-après :

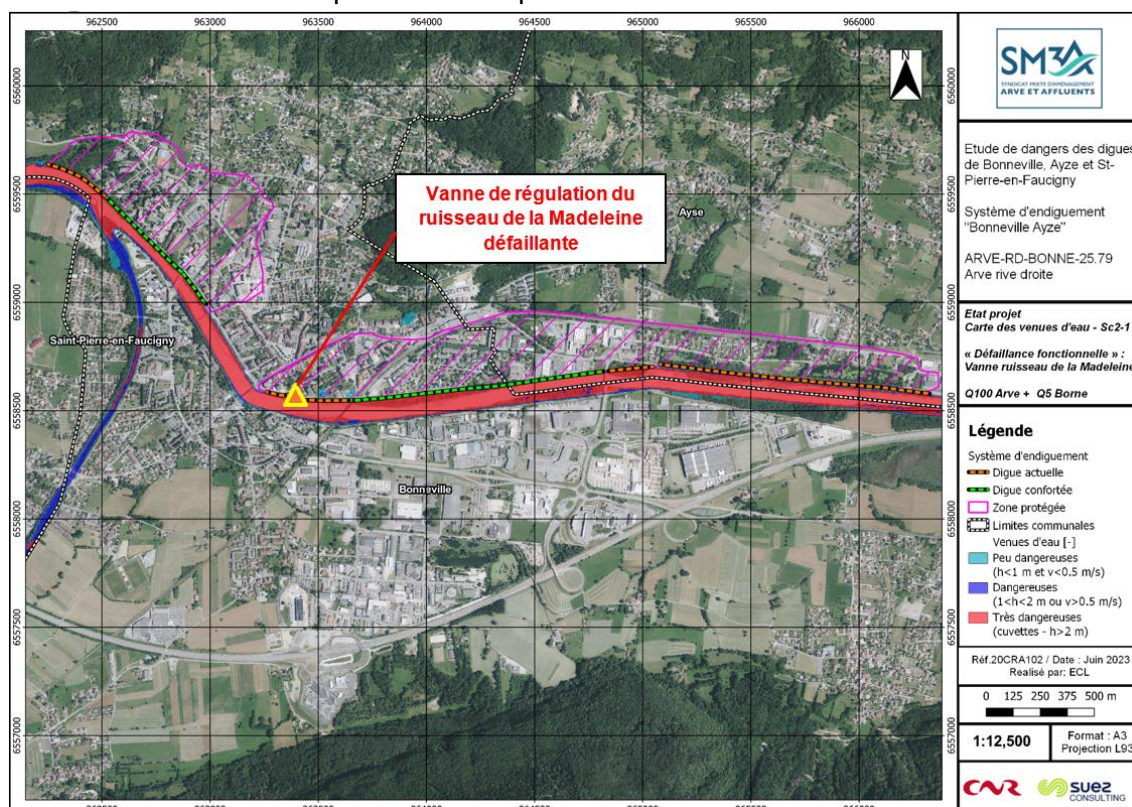


Figure 50 : Défaillance fonctionnelle de la vanne du ruisseau de la Madeleine (S2.1)

La défaillance de cette vanne, pour la crue centennale (équivalent au niveau de protection), entraîne des venues d'eau peu dangereuses et très ponctuelles qui n'impactent pas les zones à enjeux.

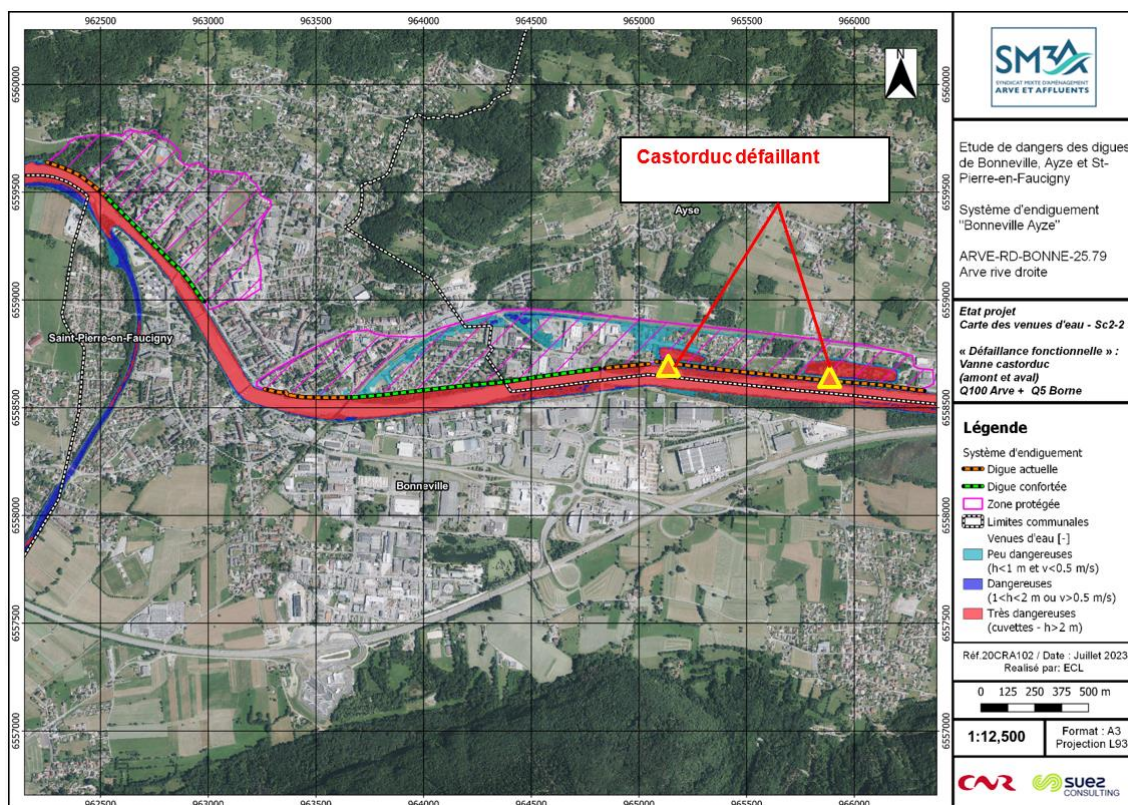


Figure 51 : Défaillance fonctionnelle des vannes des Castorduc des Lacs d'Ayze (S2.2)

La défaillance des deux vannes (vannes qui restent en position ouverte), pour la crue centennale (équivalent au niveau de protection), entraîne des venues d'eau peu dangereuses à dangereuses au droit des habitations.

Ces venues d'eau s'écoulent temporairement sur certains accès (notamment l'avenue Guy Chatel). Les vitesses d'eau sur ces accès restent cependant limitées (<1m).

3.5.2.2 Scénario de défaillance structurelle

Un scénario de défaillance structurelle est représenté par une ouverture de brèche dans le corps de la digue entre le côté eau et le côté zone protégée.

La modélisation d'une rupture est donc définie par plusieurs paramètres :

- Une probabilité de rupture ;
- Un nombre de brèches ;
- Une largeur de brèches ;
- Un instant de rupture ;
- Une cote finale de la brèche ;
- Une durée de formation de la brèche.

Deux simulations ont été réalisées à la suite du diagnostic approfondi :

- **S3.1 : Une brèche pour la Q400 (niveau de danger) de l'Arve au droit du tronçon Centre T02 → S3.1**
- **S3.2 : Une brèche pour la Q400 (niveau de danger) de l'Arve au droit du tronçon RD-T6 → S3.2**

Il est à noter que la modélisation des brèches est basée sur les hypothèses suivantes :

- Amorce de la brèche :
 - Lorsque le débit de pointe atteint le point considéré pour les ruptures par brèches,
 - Lorsque le début de la submersion apparaît pour les ruptures par surverse ;
- Abaissement de la crête jusqu'à l'atteinte du terrain naturel aval ;
- Largeur de la brèche : 100 m ;
- Temps d'effacement complet : 1h. Ces hypothèses rentrent dans l'ordre de grandeur des brèches communément modélisées pour d'autres EDD, à savoir entre 100 et 200 mm/min.

La localisation des brèches répond à l'objectif de maximiser les conséquences en jouant sur les deux critères suivants :

- Hauteur maximale de la digue au-dessus du terrain naturel (TN). Cette configuration est susceptible de maximiser le débit déversé ;
- Zone habitée en aval.

Les deux scénarios sont présentés ci-après :

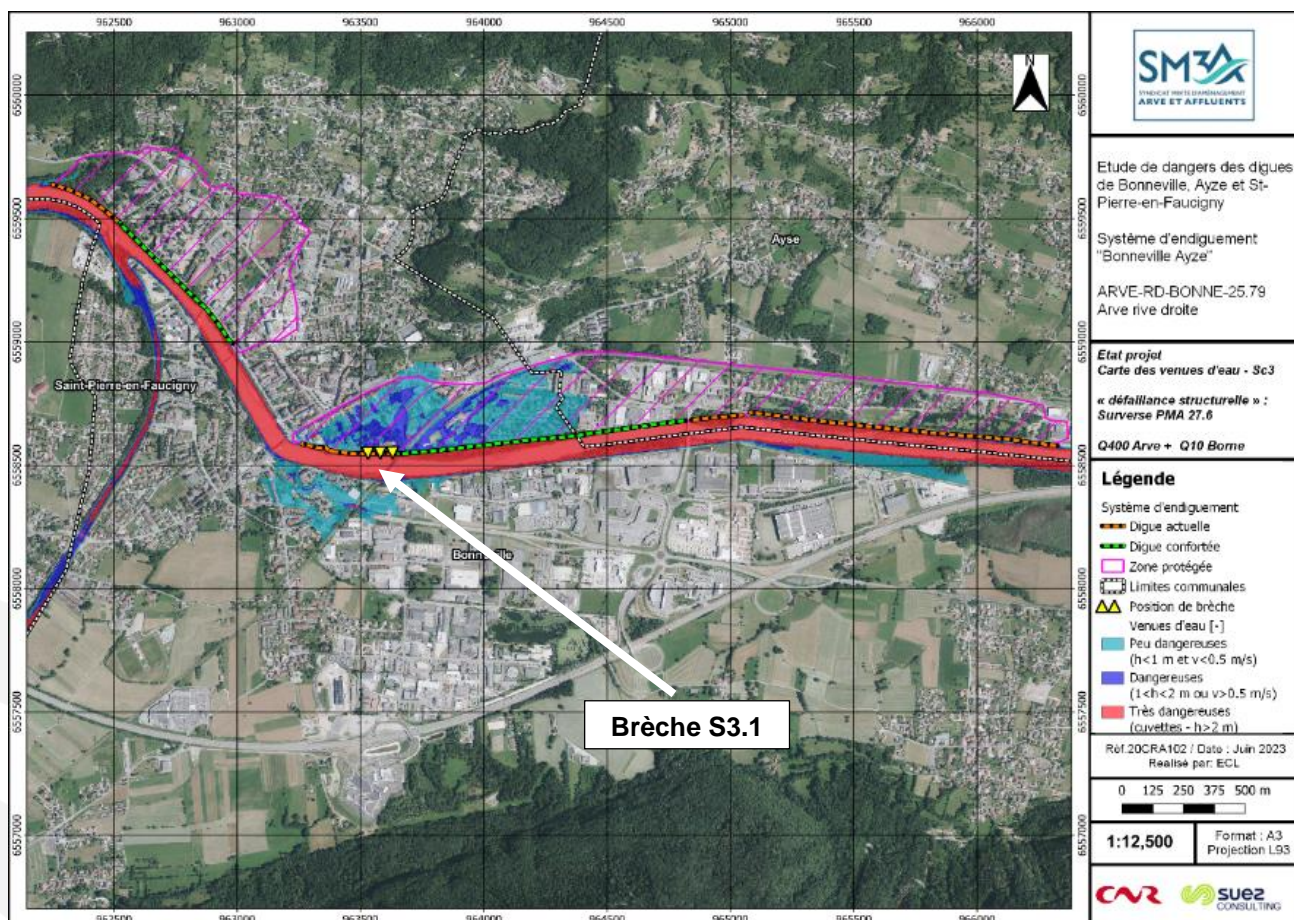


Figure 52 : Défaillance structurelle S3.1 au droit des digues Centre T01 et Centre T02 (en situation projet)

On constate des venues d'eau peu dangereuses à dangereuses en aval et en amont du pont SNCF. Ces venues d'eau impactent directement les enjeux dans la zone protégée « amont ».

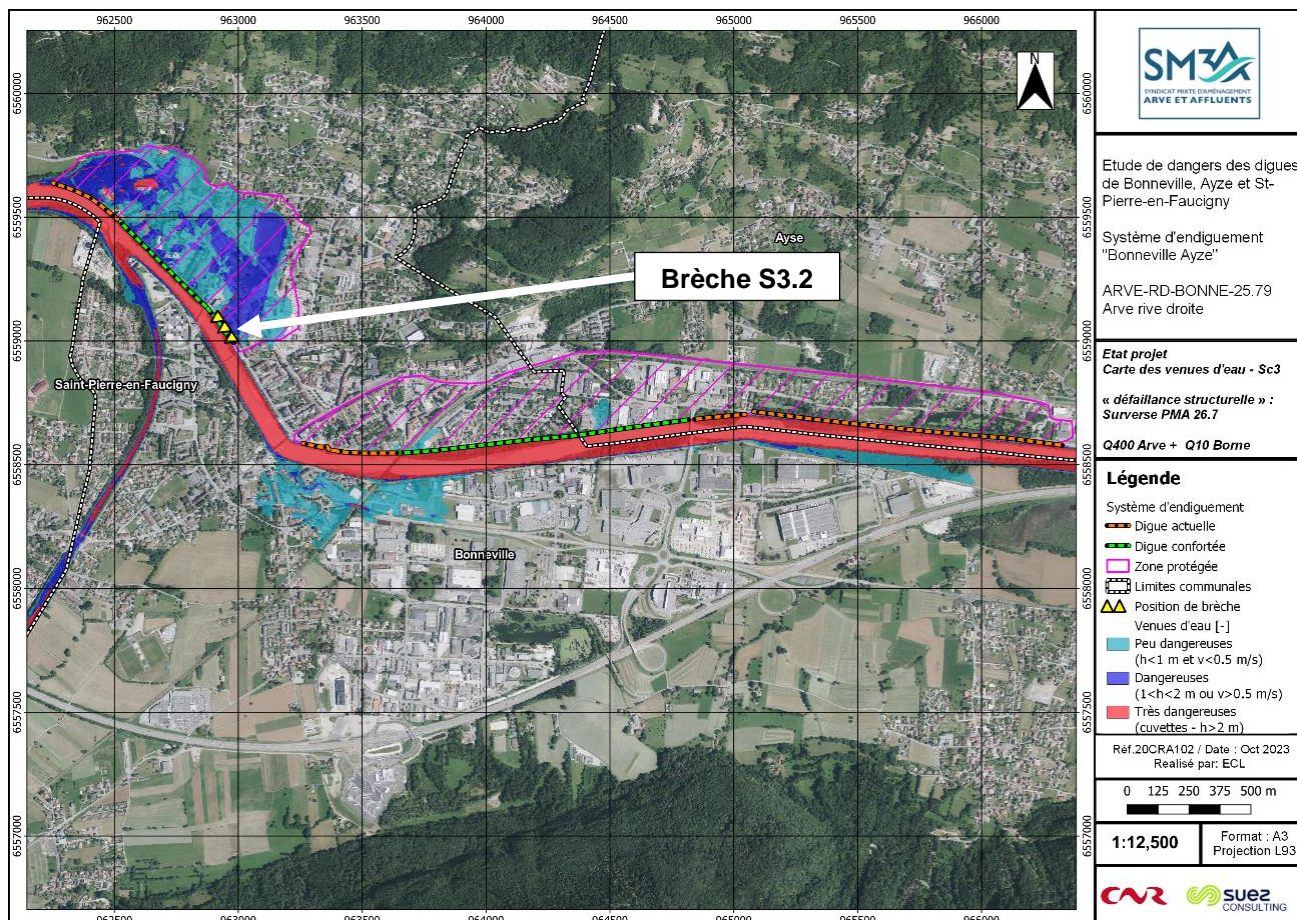


Figure 53 : Défaillance structurelle S3.2 au droit du tronçon RDT6 (en situation projet)

On constate des venues d'eau peu dangereuses à dangereuses (et ponctuellement des venues d'eau très dangereuse au droit de dépressions) dans toute la zone protégée « aval ». Ces venues d'eau impactent directement les enjeux dans la zone protégée.

3.6 Organisation du gestionnaire

L'organisation du gestionnaire est orientée suivant deux grands axes :

- Gestion en crue ;
- Gestion en fonctionnement normal.

Le SM3A est organisé de manière structurée pour répondre en cas de crise, notamment en cas de crue, pour surveiller voire intervenir en cas de désordres. Etant donné l'étendue du périmètre, le SM3A se focalise sur une centaine de points sur l'ensemble de son Bassin versant et prioriser les systèmes d'endiguement en fonction des évènements rencontrés.

Les niveaux de veille, alerte et post-crue sont bien décrits dans les consignes de surveillances générales. Les PCS des communes intègrent aussi l'aspect gestion de crue. Des réunions entre PCS et Communes sont nécessaires pour uniformiser les actions en crue.

Pour ce qui est de l'endiguement en lui-même, 6 échelles seront mises en place en phase projet.

Le SM3A, gestionnaire du système d'endiguement, a édité à l'échelle du bassin versant de l'Arve un document intitulé : « Consignes générales de surveillance et d'exploitation - Ouvrages classés ou à classer constitutifs de systèmes d'endiguement », novembre 2017.

Ce document, qui a été transmis au préfet, précise l'organisation du gestionnaire pour assurer l'exploitation, l'entretien et la surveillance des ouvrages, conformément à l'Article R.214.122 I-2 du Code de l'Environnement. Cette organisation est définie à l'échelle du bassin versant de l'Arve, de façon globale, et non individuelle à l'échelle d'un ouvrage ou d'un système d'endiguement.

Des consignes spécifiques au Système d'Endiguement de la présente étude sont mises en place en complément.

Les éléments repris ci-après présentent donc l'organisation mise en place par le gestionnaire sur l'ensemble de son parc d'ouvrages, à l'échelle du bassin versant, et donc a fortiori sur le système d'endiguement de la présente étude.

3.6.1 Consignes de surveillance et d'exploitation des ouvrages hors période de crise

3.6.1.1 Consignes générales de surveillance

Le SM3A a mis en place une organisation générale de surveillance qui permet une inspection régulière des ouvrages de protection hydrauliques avec une intensité de visite différenciée en fonction du classement des systèmes d'endiguements.

Le tableau ci-dessous décrit les différentes visites sur les digues en fonction du classement des systèmes d'endiguement. Il est à noter que la fréquence des visites peut également être adaptée en fonction de l'état des ouvrages ou tout autre phénomène appelant une surveillance renforcée de l'ouvrage.

	Type	Digue de classe A	Digue de classe B	Digue de classe C
Visites de surveillance de l'état des ouvrages	Passages récurrents	En fonction des passages de surveillance générale assurés par les techniciens RIVIERE sur les cours d'eau		
	Visite spécifique	Au moins 1 fois par an par l'agent de surveillance DIGUE avec production d'un PV		
	Visites Techniques Approfondies (VTA)	Visite réalisée par un prestataire extérieur avec production d'un rapport tous les 3 ans	Visite réalisée par un prestataire extérieur avec production d'un rapport tous les 5 ans	Visite réalisée par un prestataire extérieur avec production d'un rapport tous les 6 ans

3.6.1.1.1 Passages récurrents

Il s'agit de passages réguliers réalisés par les techniciens à l'occasion de leurs différentes tournées sur le terrain. Le technicien s'assure de l'absence de désordre majeur sur les ouvrages (vue macroscopique) mais également apprécie l'environnement de l'ouvrage (évolution morphologique du lit : déplacement des bancs, engrèvement ou incision du lit, dynamique générale, évolution de la végétation...).

La surveillance générale et macroscopique assurée par les techniciens doit permettre :

- De donner l'alerte en cas d'inquiétudes relatives à la sécurité de l'ouvrage et, en cas de danger immédiat, de prendre les mesures nécessaires ;

- De suivre, dans le temps, les actions subies par les ouvrages ;
- De suivre l'évolution du fil d'eau ;
- De signaler tout accident ou incident grave ;
- D'observer les anses d'érosion, et autres glissements, aux abords des ouvrages ;
- D'observer le contournement possible des seuils, pouvant entraîner une déstabilisation de l'ouvrage ;
- De guetter l'apparition éventuelle d'anomalie dans le comportement tant fonctionnel que structurel des ouvrages.

3.6.1.1.2 Visite spécifique de surveillance (visite programmée)

L'ensemble des ouvrages classés en système d'endiguement fait l'objet d'une visite annuelle. Cette visite annuelle pourra être complétée de visites supplémentaires sur les ouvrages de catégorie A mais également sur des tronçons sensibles : soumis à une mise en charge fréquente du fait de configuration particulière (cours d'eau à lit perché), et/ou protégeant des enjeux significatifs.

3.6.1.1.3 Visites Techniques Approfondies (VTA)

Les visites techniques approfondies VTA sont réalisées par un bureau d'études agréé « Digues et petits barrages » et dans les mêmes conditions d'exigences du SM3A s'agissant de la sécurité des agents.

3.6.1.2 Consignes d'exploitation des ouvrages

Les travaux d'entretien et d'exploitation des ouvrages classés en système d'endiguement prennent en compte les différents plans de gestion déjà établis et notamment :

- Plans de gestion des matériaux solides ;
- Plans de gestion des boisements de berges et du bois mort.

3.6.1.2.1 Plans de gestion des matériaux solides

Le SM3A dispose de plans de gestion et de DIG correspondantes sur l'Arve et une partie de ses affluents, travaille à l'élaboration des plans sur les affluents qui en sont actuellement dépourvus, et à leur renouvellement le cas échéant.

La gestion des matériaux solides a pour objectif de répondre à des problèmes ponctuels tout en tenant compte du fonctionnement global du transport solide sur l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de l'Arve.

Les plans de gestion des matériaux solides du bassin versant de l'Arve ont pour objet le respect d'un profil qui permet à la fois de répondre aux problèmes d'inondation et de maintenir un équilibre global pour la rivière ainsi que la mise en œuvre d'opérations permettant de répondre spécifiquement aux enjeux du territoire.

Ces plans de gestion doivent permettre au SM3A d'appliquer toutes les modalités techniques de gestion du transport solide nécessitées par le respect d'un « profil référence » du cours d'eau, tout en respectant les contraintes d'ordre réglementaire et juridique.

L'objectif est d'élargir le champ de réflexion des interventions de gestion du lit à des tronçons homogènes plus larges et d'avoir une vue globale des interventions sur l'ensemble du bassin.

Ces plans de gestion s'appuient sur des diagnostics de la situation actuelle et prévisionnelle pour l'ensemble des cours d'eau du bassin versant de l'Arve. Des

modalités de suivi du lit sont également définies sur l'ensemble du cours afin de connaître les écarts par rapport au « profil de référence » et de motiver des interventions d'entretien ou de stabilisation adaptées à l'évolution morpho dynamique du lit.

Pour rappel, la revanche importante entre la ligne d'eau Q100 et la crête de digue aménagée permet d'intégrer des potentiels oscillation de fond de lit liées à des apports ou reprises de matériaux par charriage.

Un suivi topographique (bisannuel) du fond de lit est nécessaire (profils en long, lidar...). Également, les échelles limnimétrique permettront de suivre les niveaux du fond de lit lors des reconnaissances terrain par les techniciens.

Il est important de coupler le plan de gestion des matériaux solides au plan de gestion de la végétation (voir ci-dessous). Cela concerne par exemple les bancs alluviaux qu'il faut maintenir en situation mobile (limiter la végétation, scarifier...).

3.6.1.2.2 Plans de gestion des boisements de berge

Le plan de gestion des boisements de berge et du bois mort concourt à restaurer le bon état des berges par des travaux simples sur les boisements, afin de réguler les risques hydrauliques (inondations, érosions) tout en améliorant les fonctions paysagères et écologiques du milieu.

Plusieurs types d'intervention sont possibles selon les situations : abattage d'arbres instables, élagage des branches gênantes, débroussaillage, dégagement d'embâcles dangereux, recépage, bouturage, etc.

La méthode utilisée pour définir les plans de gestion des boisements de berge et du bois mort s'appuie sur les principes suivants :

- Adapter le niveau d'entretien aux enjeux concernés, que ces derniers soient situés sur le tronçon lui-même (ex : fonctionnement hydro morphologique, incisions) sur un secteur situé en aval (ex : risque d'obstruction d'un ouvrage par des corps flottants) ou plus globalement (amélioration du fonctionnement biologique par une gestion de boisement adaptée, préservation de milieux remarquables) ;
- Prendre en compte de manière équilibrée tous les éléments qui concourent à l'élaboration d'un plan de gestion à l'échelle de la rivière :
 - Risque hydraulique lié à l'état de la végétation et à l'encombrement du lit ou des ponts par du bois mort ;
 - Impact des incisions sur les infrastructures et habitations proches ;
 - Prise en compte du patrimoine faunistique et floristique par la préservation ou la mise en valeur du milieu naturel et des sites remarquables.

3.6.1.2.3 Travaux de gestion de la végétation

La gestion de végétation se fait par travaux d'entretien, mécaniques ou manuels, et par abattage d'arbres.

Le confortement de la digue (talus de berge) se fera par technique mixte. Ainsi, il est important de savoir comment gérer la végétation sur cet ouvrage.

En présence de végétation boisée à différents stades de développement, une gestion planifiée peut être envisagée. En effet, une gestion au coup « par coup » peut s'avérer couteuse et peu efficace. Un plan de gestion de la végétation doit être mis en place. Il permettra une gestion raisonnée et simplifiée en termes de temps, d'objectifs et de dépenses. Cet outil est appuyé sur des prescriptions sylvicoles en adéquation avec la sécurisation des digues.

Le plan de gestion de la végétation définit les objectifs et le programme de travaux pour une durée de 10 à 15 ans. Il assure des fonctions de communication, de négociation, un appui technique, écologique et financier en lien avec les différents acteurs concernés de près ou de loin par les ouvrages de protection contre les inondations.

Le plan de gestion a pour base la sectorisation et la priorisation des actions, il a pour but de :

- Diagnostiquer et cartographier la végétation, les enjeux de biodiversité et sociétaux ;
- Fixer des objectifs atteignables par la gestion /modalité de gestion mise en place
- Définir des consignes, des actions et les prioriser ;
- Définir, décrire et assurer une cohérence des actions ;
- Répartir les coûts ;
- Avoir une traçabilité des travaux effectués et à effectuer.

En sachant que la digue est colonisée par la végétation, ce qui présente un risque considérable sur la stabilité de l'ouvrage (érosion interne et glissement), il est possible de proposer les modalités et les consignes suivantes afin de diminuer la densité du boisement et rajeunir ce dernier :

- Sur la digue : coupe d'éclaircies ;
- Sur le franc-bord : diminuer la densité, le diamètre et la hauteur des arbres ;
- Sur la berge : les grands arbres sont à proscrire ; seule une végétation souple et basse est autorisée. A noter que les saules mis en œuvre dans le cadre des travaux de génie végétal en font partie.

La végétation a été répartie selon trois types correspondant à diverses méthodes entretiens comme le présente les parties ci-après :

- **Arbres avec un diamètre de 25 cm** : l'entretien de ces individus correspond à des opérations forestières consistant à élaguer, démonter, abattre et dessoucher. L'abattage des arbres doit avoir lieu avant qu'ils n'atteignent un diamètre de 25 cm à la souche. L'abattage est suivi du dessouchage et d'une remise en état de la portion de digue concernée (cf. tableau ci-dessous).

Tableau 15 : Technique de confortement de digue après dessouchage

Méthode	Position	Description
Remblaiement ponctuel	Val	Mise en place d'un remblai correctement compacté après abatage ou dessouchage.
Recharge étanche	Rivière	Mise en place d'une recharge en matériaux très peu perméables directement après l'abatage ou le dessouchage.
Coupure étanche	Parements	Mise en place de palplanches ou d'une paroi au coulis après le pourrissement des racines (maximum 10 ans après l'abatage).

- **Végétation arbustive** : La végétation arbustive pourra être conservée, mais toujours entretenue de façon à ne pas gêner l'inspection visuelle de l'ouvrage ou causer des désordres. Les opérations sont du fauchage mécanique, du débroussaillage mécanique ou manuel et de l'élagage.
- **La végétation herbacée** : Les interventions d'entretien sur ce type de végétation peuvent se réaliser par des fauchages mécanique (épareuse) lorsque le site est accessible et la surface grande. Sinon il peut être utilisé des techniques manuelles (débroussailleuse portée) lorsque la pente est importante ou qu'il y a de nombreux obstacles. Les opérations de fauche se pratiquent de façon annuelle pour les herbacées hautes et plus fréquemment en présence d'herbacée à développement rapide ou pour des besoins de surveillance (post crue, VTA, etc.).

L'entretien et le suivi de la végétation sont primordiaux les trois premières années qui suivent la plantation afin de s'assurer de la bonne reprise des plants. L'entreprise qui effectue les plantations doit délivrer une garantie de recouvrement et de reprise sur 2 à 3 ans (deux cycles phénologiques). Les arbustes défectueux seront remplacés. Les tailles nécessaires seront réalisées. Un contrôle des espèces végétales invasives (Renouée du Japon, Buddléia de David, etc.) sera effectué. Ensuite, il est important de réaliser un entretien régulier de la végétation (tous les 2 à 4 ans). Le premier entretien aura donc lieu environ 6 ans après les plantations. Il s'effectuera pendant la période de repos de la végétation. Cet entretien consiste en :

- Élagage des branches basses pour les plantations en haut de berge ;
- Coupe d'éclaircie pour favoriser la diversité et la croissance des arbres préalablement sélectionnés ;
- Dédoublage des cépées, les branches et troncs de largeur importante étant à éviter en berge de rivière ;
- Recépage des arbres morts et de la végétation vieillissante ;
- Dégagement des jeunes semis ou plants ;
- Débroussaillage des ronciers.

3.6.1.2.4 Travaux de réparation

Pour les travaux d'entretien et de confortement des digues du bassin versant de l'Arve, le SM3A dispose de marchés sous forme d'accords-cadres par lots géographiques. Les modalités de réalisation des différents types de travaux sont annexées aux consignes générales d'exploitation et de surveillance des ouvrages.

3.6.2 Consignes de surveillance des ouvrages en période de crise

Le dispositif existant s'appuie sur des procédures en cascade :

- Une veille quotidienne ;
- Une surveillance soutenue ;
- Une direction des opérations ;
- Une surveillance terrain ;
- Un dispositif d'intervention en gestion de crise ;
- Un dispositif d'intervention post-crise ;
- Un dispositif de sortie de crise (dresser un bilan).

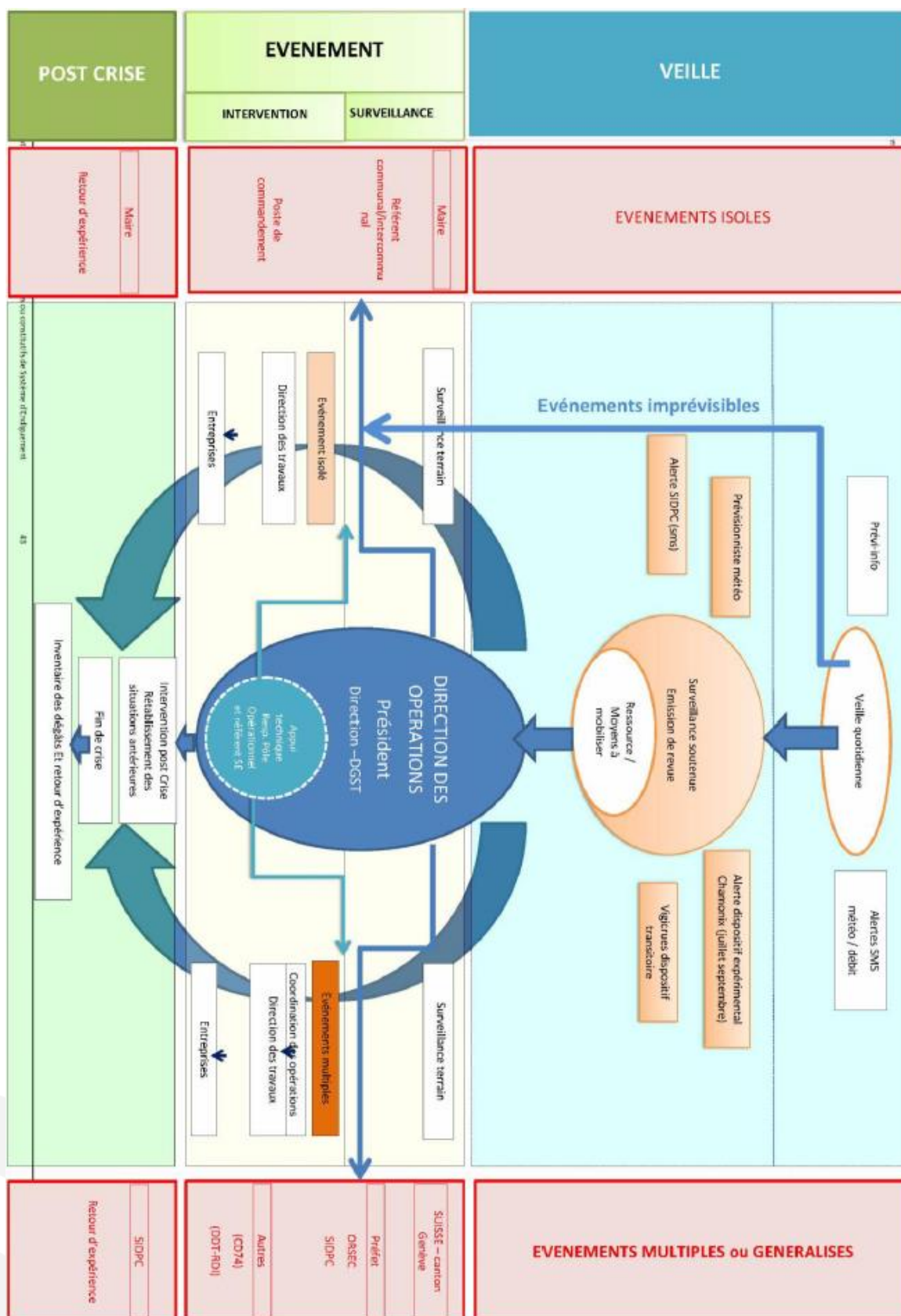


Figure 54 : Dispositif de surveillance et d'intervention du SM3A pendant la crise

3.6.2.1 Une veille quotidienne

Une veille est assurée quotidiennement par l'ensemble des agents techniques du SM3A :

- Vigicrues par le SPC alpes du nord ;
- Service de prévision météorologique et hydraulique en temps réel (abonnement « Hydrique » : en prestation auprès de EDF-DTG).

Outre ces dispositifs, la veille quotidienne s'appuie également sur les réseaux de mesure pluviométrique et hydrométrique et sur différents sites internet notamment Suisse.

Le SM3A, par retour d'expérience sur les crues passées, a défini des seuils de mise en vigilance par cours d'eau pour différents types ou combinaison de paramètres (prévision de pluviométrie, prévision d'évolution de l'isotherme °C, hauteurs d'eau mesurées...).

3.6.2.2 Surveillance soutenue des évolutions météorologiques et hydrologiques

Quand nécessaire, la Direction active une surveillance plus soutenue de l'évolution météorologique et des niveaux hydrologiques des cours d'eau. Cette surveillance est assurée par le pôle prévention des inondations avec l'appui du responsable du pôle opérationnel. Cette surveillance s'appuie sur les mêmes outils que la veille quotidienne. Elle complète également son analyse en faisant appel aux services d'un prévisionniste disponible H24 et 7j/7 (prestataire EDF-DTG).

A ce stade, la Direction et les responsables de pôles établissent la liste des ressources humaines pouvant être disponibles, leur affecte les véhicules opérationnels, et informe les agents concernés et le Président d'un éventuel événement.

3.6.2.3 Direction des opérations et communication entre les intervenants

En fonction de l'évolution défavorable des conditions météorologiques, la direction (DGS et DGST), sous l'autorité du Président du SM3A, assure la direction des opérations (DO).

En fonction des délais impartis pour mettre en œuvre les moyens du SM3A, la DO est soit restreinte, soit élargie. La DO élargie est composée :

- Du Président du SM3A, responsable de la DO. Il est en relation avec les élus et le préfet. En fonction de la liste des agents disponibles établis précédemment par la Direction, le Président peut suspendre les congés du personnel concerné, il met en situation « gestion de crise » l'ensemble des agents concernés : plage horaire travaillée allongée ;
- De la direction DGS, qui coordonne les moyens et le déploiement des équipes sur le terrain. Elle est également en relation avec le SDIS, SPC, le canton de Genève et tous autres services de secours. Elle assure la remontée d'information auprès du SIDPC (points de situation réguliers) et est le seul interlocuteur direct. La direction assure le suivi de l'évolution météorologique et hydrologique et tient la main courante des événements ;
- Du DGST, responsable du pôle « prévention des inondations », assurant le rôle de cadre technique des agents de terrain. Il réceptionnera leurs appels et apporte l'expertise technique des interventions à distance et arbitre avec la Direction et le Président si besoin les choix retenus d'intervention. Il met en astreinte et coordonne également les entreprises pour les interventions. Il veille à la sécurité des agents sur le terrain. Le responsable du pôle peut occasionnellement assurer un renfort sur le terrain sur des événements de grande ampleur ;
- De la direction DGA pour suppléer au DGS ou DGST en cas d'absence ;

- En fonction de l'ampleur, un appui technique peut être assuré soit par le responsable du pôle opérationnel ou par le référent du service « système d'endiguement » qui assureront un soutien logistique au cadre technique (surveillance de l'évolution des conditions climatiques et hydrologiques, tenue d'une main courante...) et pourront renforcer les équipes sur le terrain.

Il est à noter qu'actuellement, les postes de DGS et de DGST sont confondus car ils sont assurés par la même personne. Cette dernière est responsable du pôle « prévention des inondations ».

La DO est située physiquement dans les locaux du SM3A à Saint Pierre en Faucigny disposant de l'ensemble des éléments papiers et informatiques pour appliquer les consignes du présent document. Les dossiers d'ouvrage y sont stockés.

3.6.2.4 Surveillance terrain

Une fois la DO en place, elle active la surveillance sur le terrain en déployant les moyens humains.

Les agents de terrain surveillent les points de vigilance spécifiques de leur territoire et retransmettent l'évolution sur le terrain au cadre technique en cas de DO élargie ou à la Direction en cas de DO restreinte.

3.6.2.5 Ressuyage de la zone protégée

La zone protégée par le système d'endiguement ARVE-RG-BONNE-26.24 est située en milieu urbain.

La commune de Bonneville dispose de réseaux d'eaux pluviales et unitaires denses et bien réparties sur la zone protégée. Ces derniers se déversent dans l'Arve et le Borne. Par ailleurs, ces réseaux d'eaux pluviales existants serviront pour le ressuyage de la zone protégée.

3.6.2.6 Travaux d'urgence

Le SM3A fera état de l'article R214-44 du code de l'environnement pour engager des travaux d'urgence. Il peut s'agir d'empêcher la formation d'une brèche dans les ouvrages classés Système d'Endiguement.

Le SIDPC sera averti par la direction des opérations DO au préalable.

Le SM3A dispose en interne de moyens d'ingénierie qui permettront de suivre les opérations d'urgence.

3.6.2.7 Modalité de mise en œuvre des fins d'alerte

Sur la base des informations délivrées par le SPC, le SIDPC ou le constat du SM3A sur le terrain, la direction des opérations organise la fin des interventions ou de la surveillance.

Elle peut :

- Soit passer en fin d'alerte par secteur concerné dans la mesure où la durée de la décrue s'annonce sur certains cours d'eau ;
- Soit lever l'alerte généralisée dans la mesure où elle estime définitif le retour à la normale, sans risque d'une reprise du phénomène.

La fin de l'alerte conduit à :

- Notifier la levée de l'alerte aux entreprises ;

- Engager la mise en œuvre des consignes post-crue ;
- Avertir le service de la préfecture.

Attention, une fin d'alerte peut se caractériser par une surveillance maintenue pendant quelques jours afin de confirmer l'absence de désordre à la décrue.

3.6.2.8 Rapport de crue

Une note de synthèse sur le déroulement de la crue sera réalisée en interne par le SM3A et transmis conformément à la réglementation en vigueur dans les meilleurs délais au service de contrôle pour toute crue supérieure à la décennale sollicitant le système d'endiguement.

CONSULTING

**SAFEGE SAS - Savoie Technolac
Agence Savoies - Dauphiné
48 avenue du Lac du Bourget
BP 30318
73377 LE BOURGET DU LAC
Tel. : + 33 (0)4 79 26 46 00**

