

CONSULTING

SE2 - Mise à jour de l'Etude de  
Dangers 2019 / travaux de  
Securisation du SE2.2 aval et SE 2.4

Document B analyse des risques et justification des performances



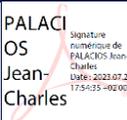
Numéro du Projet : 19CRA150

Intitulé du Projet : Mise à jour de l'EDD du SE 2 pour travaux

Intitulé du Document : Document B

La traçabilité des signatures est assurée en interne. Ce formulaire peut être communiqué au client à sa demande

<a href="#">Contrôle données entrée</a>	<a href="#">Réunion de démarrage</a>	<a href="#">RACI Agrément</a>	<a href="#">Check List</a> (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	JOUVE Vincent 	PESTEL Arnaud	PALACIOS Jean-Charles 		Version initiale
B	BOUSSAA Farid WIRTZ--SUSINI Rémi 	PESTEL Arnaud	A.PE STEL 		Prise en comptes des remarques DREAL

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)

## Sommaire

4.....	Caractérisation des aléas naturels .....	8
4.1	Hydrologie et hydraulique .....	8
4.2	Risque géologique et hydrogéologie.....	18
4.3	Les séismes.....	21
4.4	Risques de mouvements de terrain .....	24
4.5	Risques retenus pour le diagnostic approfondi .....	27
5.....	Description du système d'endiguement .....	28
5.1	Implantation des ouvrages .....	28
5.2	Ouvrages existants.....	32
5.3	Ouvrages à construire ou à modifier .....	49
5.4	Description des raccordements entre les tronçons homogènes et des raccordements avec les éléments naturels.....	63
5.5	Description fonctionnelle du système d'endiguement .....	64
5.6	Analyse fonctionnelle interne de l'ouvrage .....	65
5.7	Analyse fonctionnelle externe.....	72
6.....	Retour d'expérience concernant la zone protégée et le système d'endiguement.....	74
6.1	Liste et description des incidents et accidents survenus sur l'ouvrage .....	74
6.2	Accidentologie générale des systèmes d'endiguement de Chambéry .....	77
6.3	Exemples connus d'incidents et d'accidents survenus sur des ouvrages de même type.....	79
6.4	Scénarios de défaillance probables.....	84
7.....	Diagnostic approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement et tenue des ouvrages .....	90
7.1	Investigations géotechniques et géophysiques.....	91
7.2	Méthode de vérification de la tenue des ouvrages .....	104
7.3	Ruptures initiées par surverse .....	111
7.4	Ruptures initiées par glissement .....	112

7.5	Ruptures initiées par érosion externe .....	123
7.6	Ruptures initiées par érosion interne .....	126
7.7	Ruptures initiées par un séisme .....	134
7.8	Autres aléas.....	136
7.9	Qualification de la tenue des éléments naturels entre des tronçons homogènes ou à l'extrémité d'un tronçon .....	137
7.10	Synthèse des proba de rupture.....	138
7.11	Synthèse des niveaux de protection des éléments du système d'endiguement 139	
8.....	Etude de risques de venues d'eau dans et en dehors des zones protégées .....	140
8.1	Modélisation hydraulique la Leysse .....	141
8.2	Choix des scénarios étudiés .....	143
8.3	Profil en long de la ligne d'eau.....	144
8.4	Scénario de Fonctionnement nominal du système d'endiguement.....	145
8.5	Scénario de défaillance fonctionnelle du SE2 (scénario 2).....	148
8.6	Scénario de défaillance structurelle des digues du SE2 (scénario 3).....	150
9.....	Présentation et analyse de l'organisation mise en place par le gestionnaire pour l'exercice de ses missions .....	158
9.1	Généralités.....	158
9.2	Localisation des systèmes d'endiguement .....	160
9.3	Objet de la consigne.....	160
9.4	Objet du contrôle et de la surveillance des ouvrages .....	161
9.5	Disposition à prendre par le gestionnaire local en cas d'évènement exceptionnel, d'anomalie ou de non-conformité .....	170
9.6	Périodicité des visites .....	171
9.7	Conditions de réalisation des visites et contenu des rapports .....	173
9.8	Maintenance courante.....	175
9.9	Formation et mise à jour .....	176
9.10	Annexes aux consignes.....	178

<b>9.11 Analyse critique et recommandations de l'organisme agréé qui réalise l'étude de dangers .....</b>	<b>211</b>
<b>10... Cartographie .....</b>	<b>212</b>
<b>10.1 Carte administrative .....</b>	<b>212</b>
<b>10.2 Cartes des venues d'eau .....</b>	<b>213</b>
<b>11... Bibliographie .....</b>	<b>230</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>231</b>
Annexe A1 : EDD 2019 et choix structurants .....	232
Annexe A6 : Etudes historiques.....	233
Annexe A7 : Documents de diagnostic .....	234
Annexe A8 : Etudes hydrauliques.....	235
Annexe A9 Consignes et documents d'organisation.....	236
Annexe A10 : Cartographies.....	237

## Liste des figures

Figure 1 : Débit moyen mensuel de la Leysse au pont du Tremblay (Source : Banque Hydro.....	9
Figure 2 : Hydrogrammes Hydrolac pour la Q100 de la Leysse.....	10
Figure 3 : Graphique Gumbel comparant l'hydrologie utilisée par HydroCosmos et les données Hydrolac propagées sur le modèle CNR (pont du Tremblay).....	11
Figure 4 : Pluies lors des 3 crues majeures de la Leysse .....	12
Figure 5 : Vue en plan des débordements de la crue de 1918.....	12
Figure 6 : Cote des fonds historiques de la Leysse, sous le pont SNCF dans la zone industrielle de Bissy à Chambéry13	
Figure 7 : Extrait carte géologique, feuille Chambéry au 1/50 000 – Source Infoterre.....	18
Figure 8 : Coupe longitudinale des eaux souterraines du bassin chambérien. Source : Nicoud, Maillet-Guy, Paillet.....	19
Figure 9 : Mouvements de terrain répertoriés (en vert) et mouvements de terrain non localisés.....	20
Figure 10 : Zonage sismique en France (entrée en vigueur le 1er mai 2011) (d'après l'article D.563-8-1 du code de l'environnement.....	22
Figure 11 : Zone de sismicité régionale en vigueur au 1 <sup>er</sup> mai 2011 .....	23
Figure 12 : Mouvements de terrain répertoriés (en vert) et mouvements de terrain non localisés.....	25
Figure 13 : SE 2 (en vert) - SE6 (en rouge) et localisation des versants les plus proches (en jaune).....	26
Figure 14: Localisation du dispositif de protection concerné par l'étude de dangers (SE 2.4 et SE2.2 aval objet des travaux de la présente EDD). .....	28
Figure 15: études et coupes spécifiques réalisées sur les tronçons homogènes .....	29
Figure 16: Profil en long Crête RD et niveau zone protégée.....	30
Figure 17 - profil en long en RG .....	31
Figure 18:Vue générale du SE 2.1 depuis l'aval.....	32
Figure 19:Vue générale de la partie amont du SE 2.1 .....	32
Figure 20:Merlon de fermeture amont du SE 2.1.....	33
Figure 21:Vue en plan et chemin d'accès SE 2.1 .....	33
Figure 22:vue chemin d'accès SE 2.1 .....	34

Figure 23:Endiguement en amont du pont du CD16a -2020.....	35
Figure 24:Endiguement en aval du pont du CD16a -2020.....	35
Figure 25:Vue en plan et chemin d'accès amont SE 2.2 amont.....	36
Figure 26:Vue en plan et chemin d'accès intermédiaire SE 2.2 amont.....	37
Figure 27:Vue en plan et chemin d'accès aval SE 2.2 amont.....	38
Figure 28:Accès SE 2.2 amont depuis l'aval du pont A41.....	39
Figure 29 : Coupe en travers des reprises de digue en RD (Alpes, Rapport G3 - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE PROFIL P97 NT3-A1410059B).....	39
Figure 30 : Coupe en travers justification stabilité (Alpes, Mission G3 pour Famy NT2 A1410059B - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE ENTRE LES PROFILS P107 ET P110).....	40
Figure 31 : Raccordement du SE 2.2 amont au TN.....	40
Figure 32: Photo et profil en travers topographique – Ouvrage d'alimentation du bras de décharge.....	41
Figure 33: Profil CD49 Récolement FAMY 130 m3/s et revanche 73cm.....	43
Figure 34: Vue en plan récolement FAMY partie aval du bras de décharge.....	43
Figure 35: Vue en plan récolement FAMY partie amont du bras de décharge.....	44
Figure 36:Profil type de la digue du tronçon 2.3.....	44
Figure 37:Vue en plan et chemin d'accès SE 2.3.....	45
Figure 38: Accès SE 2.3 – Absence de contrainte d'accès.....	45
Figure 39 : Déversoir des Marquis réalisé en 2019 et chemin d'accès par « chemin de pré-marquis ».....	46
Figure 40:Accès SE 2.4 via « chemin de pré-marquis ».....	46
Figure 41 : Vue en plan de l'aménagement du déversoir du Pré-Marquis SE 2.4 (Alpes, Mission G3 - STABILITE DES DIGUES AU PROFIL P126, 2016).....	47
Figure 42 : Coupe en travers DCE Modification SE 2.4 (Alpes, Mission G3 - STABILITE DES DIGUES AU PROFIL P126, 2016).....	47
Figure 43 : Coupe en travers AVP déversoir.....	48
Figure 44 : Raccordement au terrain naturel en amont du SE 2.4.....	48
Figure 45:Photos SE 2.2 aval avant travaux.....	51
Figure 46:Vue en plan et chemin d'accès amont SE 2.2 aval.....	52
Figure 47:Vue en plan et chemin d'accès SE 2.2 aval.....	53
Figure 48:Vue en plan et chemin d'accès SE 2.2 aval.....	54
Figure 49:Vue en plan et chemin d'accès aval SE 2.2 aval et SE 2.3.....	55
Figure 50: chemin d'accès SE 2.2 aval depuis rond-point de Villarcher.....	56
Figure 51: Vue en plan PRO et implantation des profils en travers.....	56
Figure 52: Coupe en travers PT 7.....	57
Figure 53:Coupe en travers 1 confortement RD (Technosol, Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE DROITE - AF 15.538-002, Sept 2022).....	57
Figure 54: Coupe en travers PT 47.....	57
Figure 55: Coupe en travers PT 82.....	58
Figure 56:Coupe en travers 2 confortement RD (Technosol, Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE DROITE - AF 15.538-002, Sept 2022).....	58
Figure 57 : Coupe en travers justification stabilité (Alpes, Mission G3 pour Famy NT2 A1410059B - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE ENTRE LES PROFILS P107 ET P110).....	58
Figure 58: SE 2.4– secteur aval.....	61
Figure 59: Vue en plan PRO et implantation des profils en travers.....	62
Figure 60: SE 2.4 déversoir de pré Marquis.....	62
Figure 61: SE 2.4 Coupe 5 (Technosol, Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE GAUCHE - AF 15.538-003).....	62
Figure 62 : extrait de "Les tertres dans les systèmes d'endiguement de la Loire" 2019 (S. Patouillard, 2019) permettant de définir la notion de « tertre » en fonction du gradient hydraulique.....	64
Figure 63 : dates des crues significatives concernant le SE 2.....	74
Figure 64: Brèches aux digues 2.1 et 2.2 lors des crues de 1864, 1870, 1896, 1899, 1909, 1910 et 1918 (Geoportail.gouv.fr. & ACTHYS).....	76
Figure 65: Plus forts séismes ressentis sur les départements Savoie et Haute Savoie depuis 1992.....	77
Figure 66 : Meylan, Ile d'Amour et Isère amont, courbe de Charlet (photos : AD Isère).....	80
Figure 67 : Rupture de la digue en rive gauche.....	82
Figure 68 : Début de renard hydraulique RG en amont de la brèche.....	83
Figure 69:Logigramme des Modes de rupture associés.....	84

Figure 70 : Schéma de principe d'une rupture par surverse .....	85
Figure 71 : Schéma de principe d'une rupture par érosion externe.....	85
Figure 72 : Schéma de principe d'une rupture par effet de renard hydraulique .....	86
Figure 73 : Schéma de principe de rupture d'ensemble.....	87
Figure 74 Essais caractérisation issus du DOE des travaux FAMY 2015 .....	93
Figure 75 Essais perméabilité issus du DOE des travaux FAMY 2015 .....	94
Figure 76 : Extrait du plan d'implantation des sous-systèmes investigués par KAENA .....	95
Figure 77 : Extrait du plan d'implantation des profils de tomographie électrique .....	97
Figure 78 : Profils de tomographie électrique – Source INNOGEO .....	97
Figure 79 - Coupe courante courbure de Villarcher .....	100
Figure 80 - Coupe particulière 1 .....	100
Figure 81 - Coupe particulière 2 .....	101
Figure 82 - Coupe particulière 3 .....	101
Figure 83 - Coupe n°1 rive gauche.....	102
Figure 84 - Coupe courante rive gauche .....	102
Figure 85 : Arbre type de probabilité .....	105
Figure 86 : Arbre de défaillance associé à la rupture par glissement de talus (digue en remblai) .....	107
Figure 87: Profil en long : zone de revanche la plus faible sur SE 2.2=24 cm .....	111
Figure 88 - profil en long en RG - SE 2.4 .....	112
Figure 7-89 : Arbre de défaillance associé à la rupture par glissement de talus (digue en remblai) .....	113
Figure 90: hypothèses de justification des confortements du SE 2 (mission G3 Confluence 2016).....	117
Figure 91: profil du confortement de SE 2 (mission G3 Confluence 2016).....	117
Figure 92: résultats de justification des confortements du SE 2 (mission G3 Confluence 2016) .....	118
Figure 93: Traduction en probabilité de glissement des calculs G3 2016 (le coefficient 1.02 correspond à la sollicitation sismique pour un coefficient de modèle de 1.2 sans charge routière).....	118
Figure 94: Coupe courante au niveau de la zone de courbure de la Leysse à Villarcher .....	119
Figure 95: Coefficients de modèle G2PRO 2022.....	119
Figure 96: Coupe courante au niveau de la zone de courbure de la Leysse à Villarcher – Stabilité au glissement .....	119
Figure 97: Coupe particulière 1 : changement de lithologie .....	120
Figure 98: Coupe particulière 1 : changement de lithologie – Stabilité au glissement .....	120
Figure 99: Coupe particulière 2 : raidissement du talus amont .....	121
Figure 100: Coupe particulière 2 : raidissement du talus amont stabilité au glissement.....	121
Figure 101: Probabilité de glissement associées aux coefficients de sécurité calculées G2PRO.....	122
Figure 102 - Arbre de défaillance du phénomène d'érosion externe .....	123
Figure 103: Tableau de synthèse des risques d'érosion interne pour SE 2.1 .....	129
Figure 104: Tableau de synthèse des risques d'érosion interne pour SE 2.2 amont .....	129
Figure 105: Tableau de synthèse des risques d'érosion interne pour SE 2.3.....	130
Figure 106: Analyse risque d'érosion interne et soulèvement dans le cadre de la G3 – Confluence 2016 .....	130
Figure 107: Traduction en probabilité de de rupture à partir des coefficients issus des modélisations. ....	135
Figure 108: Fonctionnement hydraulique du Système d'endiguement .....	141
Figure 109: Répartition des débits entre Leysse aval et bras de décharge en fonction du débit de la Leysse amont... 141	141
Figure 110 : Vue en plan du modèle hydraulique et de ses frontières .....	142
Figure 111: Profil en long des lignes d'eau (Sc1, Sc2 et Sc3).....	144
Figure 112: Cotes au pont du Tremblay .....	144
Figure 113 - scénario 1 - rive gauche - Q15 .....	146
Figure 114 : Scénario 1 – rive droite – Q100.....	147
Figure 115: Débitance de l'ouvrage de décharge par surverse seulement (avec hypothèse conservative).....	148
Figure 116: Hauteur d'eau maximale pour le scénario 2.....	148
Figure 117: Ecart entre la ligne d'eau du Sc2 et la ligne d'eau du Sc1. ....	149
Figure 118: Crête à plus de 241.75 sur 150 m minimum à l'amont du clapet.....	149
Figure 119 : Lieu choisi pour la brèche du scénario 3 .....	150
Figure 120: Hydrogrammes pour la Q200 de la Leysse.....	151
Figure 121: Détail des temps des extractions réalisées.....	151
Figure 122: Hydrogramme au pont du Tremblay (Q200 – Sc3) avec le repérage des 4 extractions temporelles.....	152
Figure 123: Hauteur d'eau à t=99000s (pour le scénario 3).....	152

Figure 124:Hauteur d'eau à t=102600s (pour le scénario 3).....153  
Figure 125: Hauteur d'eau à t=106200s (pour le scénario 3).....153  
Figure 126: Eaux dangereuses du scénario 3 .....157  
Figure 127 : Périmètre d'intervention du CISALB (bassin hydrographique du Lac du Bourget) – source : cisalb.fr .....212

## 4. CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS

Ce chapitre traite notamment les aspects qui ont un impact direct sur les niveaux des écoulements, à différencier selon les circonstances propres au système d'endiguement :

1. L'hydrologie, l'hydraulique et la morphodynamique globale du cours d'eau ou du secteur hydro sédimentaire maritime à l'échelle du système d'endiguement, en tenant compte, le cas échéant, de la présence de l'aménagement hydraulique autorisé conjointement avec le système d'endiguement ;
2. L'hydrologie, l'hydraulique et la morphodynamique locale au droit de chaque élément composant le système d'endiguement, en tenant compte, le cas échéant, de la présence de l'aménagement hydraulique autorisé conjointement avec le système d'endiguement ;
3. Les embâcles et leurs effets potentiels ;
4. Les transports solides lorsqu'ils ont un impact significatif ;
5. Pour les systèmes d'endiguement contre la mer, les impacts combinés des niveaux marins, de la houle, des vagues, des dépressions atmosphériques et du vent, sur le littoral (les hypothèses de combinaison qui sont retenues doivent être explicitées) ;
6. Les laves torrentielles et leurs effets potentiels, si leur survenue est plausible.

Ce chapitre traite également des séismes et de leurs effets potentiels et des phénomènes géologiques ou géotechniques pouvant influencer la fondation des ouvrages (présence de karsts, qualité des terrains de fondation...), tels que ces effets et phénomènes ont été mis en évidence par le diagnostic approfondi des ouvrages.

### 4.1 Hydrologie et hydraulique

#### 4.1.1 Données hydrologiques

L'hydrologie 2013 Hydrolac prise en compte pour l'EDD 2019 a été reconduite pour cette mise à jour pour travaux.

L'EDD 2019 adresse l'ensemble des sujets du §4 dans son chapitre 6.

Les hypothèses seront reprises à l'identique, cela concerne en particulier les débits de la Leysse, des affluents et la cote de lac correspondante (condition aval du modèle hydraulique).

La cote du lac correspondant à la crue de la Leysse est rappelée dans le tableau ci-dessous :

Période de retour	Evènement / source	Niveau du Lac du Bourget à la confluence avec la Leysse (m IGN 69)
30 à 50 ans	Crue 1990 / mesure et TRI	233.96
100 ans	Q100 / PPRI et TRI	235.27
1000 ans	Q1000 Rhône / modèle CNR	235.62

La Leysse est une rivière alpine située dans le département français de la Savoie en région Auvergne-Rhône-Alpes.

Elle prend sa source dans le massif des Bauges, sur la commune de Déserts, au col de Plainpalais, à 1 176 m d'altitude, qu'elle quitte au niveau de la commune de Saint-Alban-Leysse. Elle traverse ensuite la ville de Chambéry du sud vers le nord, et termine sa course en se jetant dans le lac du Bourget sur la commune du Bourget-du-Lac, à l'ouest de l'aéroport de Chambéry-Aix-les-Bains. On peut néanmoins la considérer comme un sous-affluent du Rhône.

De 28,5 km de longueur, la Leysse prend sa source à l'extrémité est du massif des Bauges, plus précisément derrière le Nivolet sur la commune des Déserts. Elle contourne le mont Peney jusqu'à se retrouver à son pied au niveau de la commune de Saint-Jean-d'Arvey, avant de continuer sa course sur les replats du bassin de Chambéry jusqu'au lac du Bourget, situé à une

vingtaine de kilomètres plus au nord. Une fois dans le lac, les eaux mettront 7 à 10 ans pour atteindre le Rhône.

Durant son parcours, la Leysse collecte les eaux de plusieurs cours d'eau, dont principalement la Doria à la lisière des Bauges à Saint-Alban-Leysse, l'Albanne et l'Hyères, respectivement au sud et au nord de Chambéry.

Le cours de la Leysse est naturel et à caractère torrentiel depuis la commune des Déserts jusqu'au lieudit du Bout du Monde de la commune de Saint-Jean-d'Arvey, il est ensuite entièrement artificiel et en grande partie endigué jusqu'à son débouché dans le lac du Bourget.

La Leysse prenant sa source dans les montagnes, elle peut atteindre un débit très élevé en hiver et surtout au printemps, lors de la fonte des neiges. Le niveau a d'ailleurs atteint des seuils critiques d'inondation au début des années 1990. Mais a contrario, la rivière ne draine que très peu d'eau durant l'été. Son régime hydrologique est dit pluvio-nival.

Le bassin versant de la Leysse couvre pour sa part une superficie de 306 km<sup>2</sup>. La Leysse traverse les trois zones hydrographiques « la Leysse » (V131), « le lac du Bourget - canal de Savières » (V133), « le lac du Bourget de la Leysse à la Sierre » (V130).

A l'instar de la pluviométrie, l'hydrologie de la Leysse est marquée par une période de déficit depuis 2002 allant jusqu'à 40% en 2011.

La station « La Leysse à la Motte-Servolex [Pont du Tremblay] » (V1315020) est gérée par la DREAL Rhône-Alpes et mesure les débits puis 1969. La variation mensuelle du débit de la Leysse à cette station est présentée sur la Figure 1. Les débits caractéristiques estimés sont fournis à titre d'information dans le ci-après.

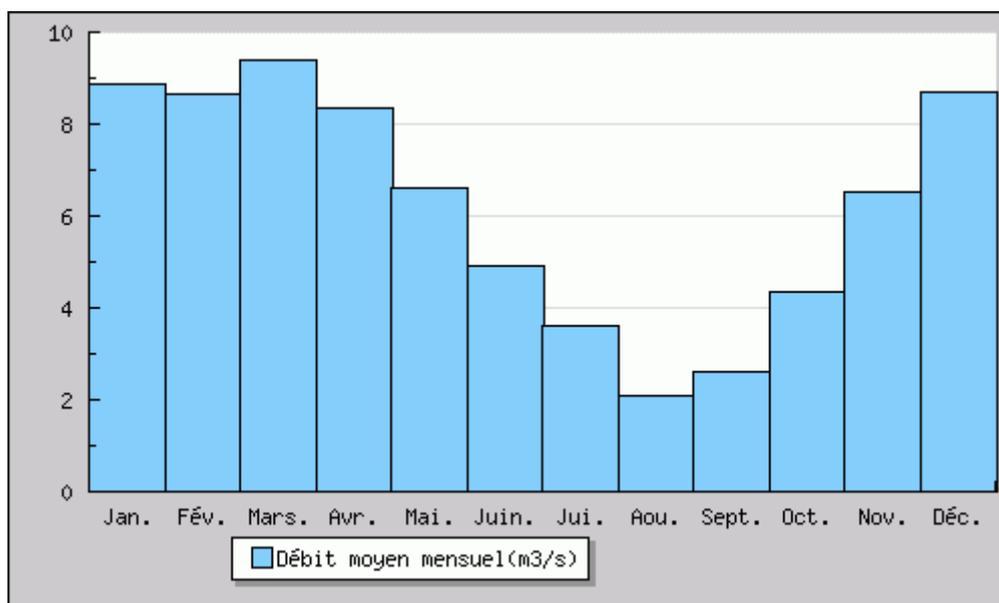


Figure 1 : Débit moyen mensuel de la Leysse au pont du Tremblay (Source : Banque Hydro)

Tableau 1 : Débits caractéristiques de crue de la Leysse au pont du Tremblay (Source : Banque Hydro – loi de Gumbel, septembre à août, données calculées sur 52 ans : 1969-2021)

Fréquence	QIX (m3/s)
Xo	90.400
Gradex	28.000
Biennale	100.0 [ 94.00;110.0 ]
Quinquennale	130.0 [ 120.0;150.0 ]
Décennale	150.0 [ 140.0;180.0 ]
Vicennale	170.0 [ 160.0;200.0 ]
Cinquantennale	200.0 [ 180.0;240.0 ]
Centennale	Non calculée

Les hydrogrammes Hydrolac pour la Q100 de la Leysse sont rappelés sur la figure suivante :

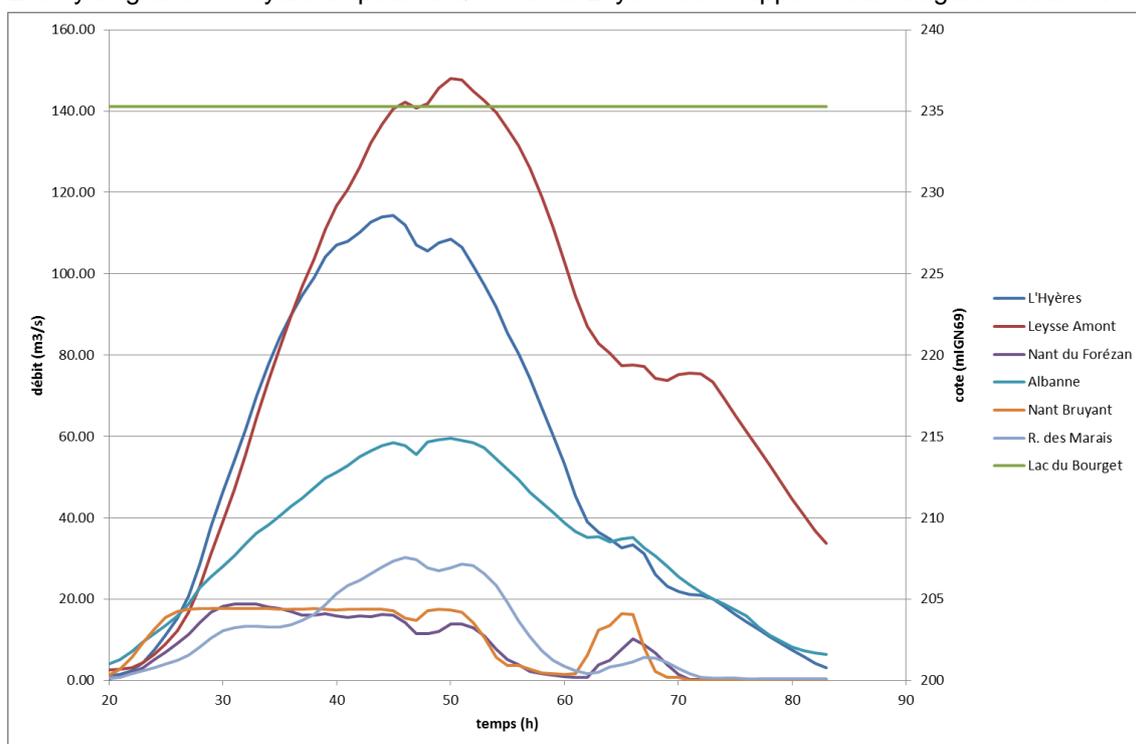


Figure 2 : Hydrogrammes Hydrolac pour la Q100 de la Leysse

Ces données Hydrolac correspondent aux dernières études hydrologiques disponibles, mais elles mériteraient à l'avenir d'être mises à jour pour intégrer également les données de crues récentes. Ces données Hydrolac semblent plutôt conservatives et sont basées sur l'épisode pluvieux de février 1990 multiplié par un facteur de 1.2.

Dans le cadre de l'étude de dangers, l'hydrologie a été revue. Les débits de pointe des crues sont précisés ci-contre :

Tableau 2 : Débits de pointe des crues caractéristiques (« nouvelle hydrologie »)

Période de retour [ans]	Marais [m³/s]	Leysse (A41) [m³/s]	Leysse (Tremblay) [m³/s]
10	16.12	177.6	191

30	22.92	278.9	295
50	26.02	308.60	327
100	30.21	355.75	379*

\*Sortie du modèle CNR

Le graphique suivant compare les données hydrologiques d'HydroCosmos (étude utilisée pour le bras de décharge, dit « ancienne hydrologie ») aux nouveaux débits estimés en propageant les données Hydrolac sur le modèle CNR utilisé dans le cadre de la présente EDD (dit « nouvelle hydrologie »). Les débits Q10 et Q100 changent à la marge mais les débits des périodes de retour intermédiaires sont plus élevés. La correspondance entre les périodes de retour (2, 5, 10... 75 et 100 ans) et la variable de Gumbel est affichée au niveau des points de la courbe orange (« ancienne hydrologie »).

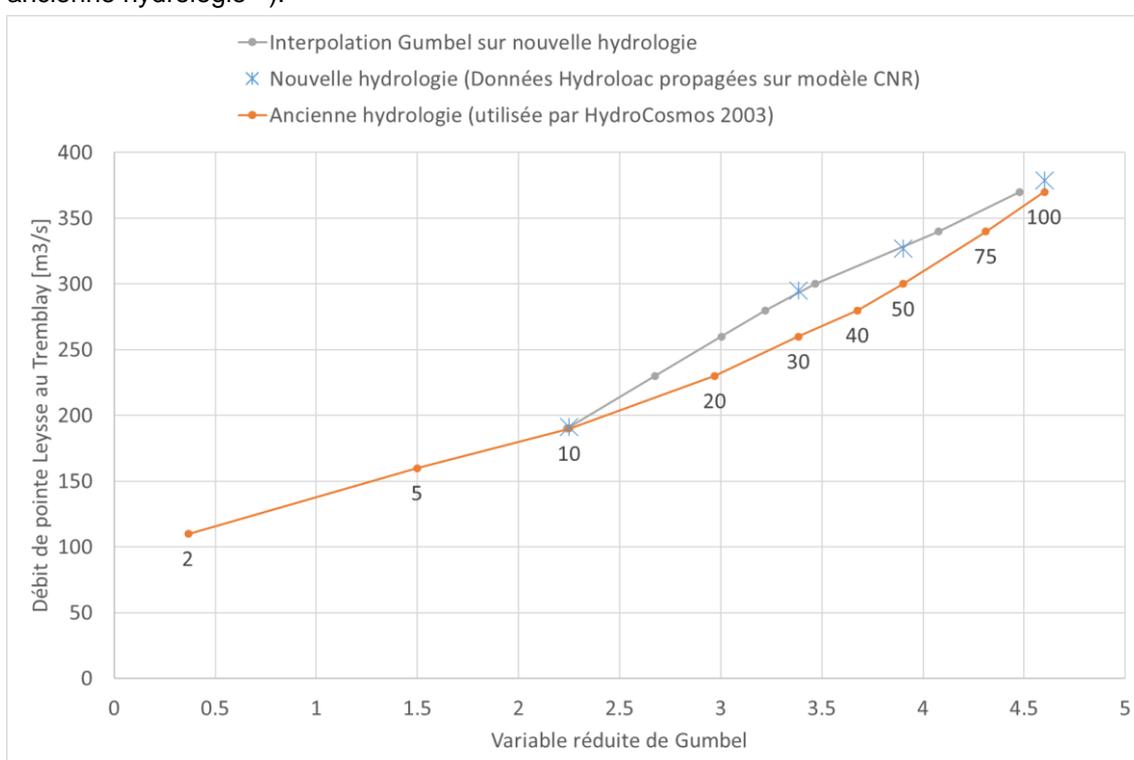


Figure 3 : Graphique Gumbel comparant l'hydrologie utilisée par HydroCosmos et les données Hydrolac propagées sur le modèle CNR (pont du Tremblay)

#### 4.1.2 Evolution géomorphologique de la Leysse

Depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, la rivière de Leysse a connu plusieurs crues de grande ampleur. Parmi elles, on peut citer notamment les crues de janvier 1875, janvier 1910 et février 1990.

La dernière grande crue de février 1990 n'a pas provoqué de dégâts comparables à celles de 1875 et 1910 malgré d'importantes inondations.

Or, la comparaison des intensités de pluie de ces trois crues (tableau ci-dessous) indique que l'évènement de 1990 est bien plus important que les deux autres :

Evènement	Quantité de pluie	Durée
Janvier 1875	75 mm	2 jours
Janvier 1910	200 mm	6 jours
Février 1990	230mm	24h

Figure 4 : Pluies lors des 3 crues majeures de la Leysse

Les crues du début de 1875 et 1910 étaient probablement plus débordantes que la crue de 1990, comme peut en témoigner le plan historique des débordements de la crue de 1918.

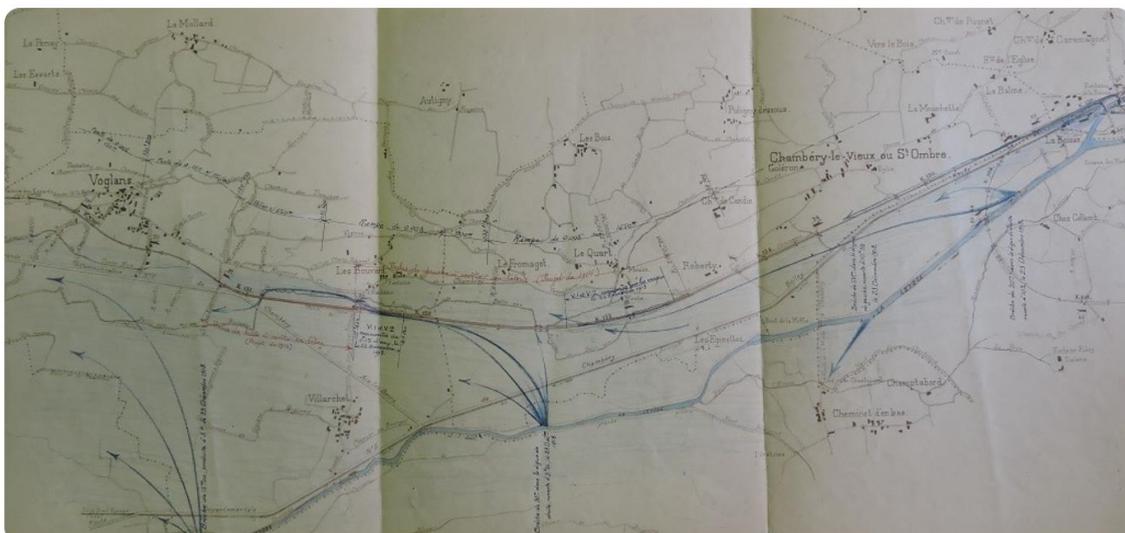


Figure 5 : Vue en plan des débordements de la crue de 1918

En effet, en 1918 la Leysse a débordé en plusieurs points :

- En rive droite en amont du pont SNCF ;
- En amont du coude de Villarcher ;
- En amont du pont du Tremblay ;
- Et en rive gauche en amont du pont de la Motte.

Les débordements ont été de moins grande ampleur en 1990.

Ces observations amènent à penser que les inondations de 1875 et 1910 ont été provoquées par un lit plus engravé et plus haut de la Leysse.

Des données topographiques historiques ont ainsi été comparées avec des données actuelles du niveau du fond de la Leysse sur la base d'archives de 1875, 1913, 1918 et 1947. Ces cotes historiques du fond du lit de la Leysse comparées aux cotes actuelles au niveau des ponts afin d'avoir un référentiel stable dans le temps semblent indiquer qu'un enfoncement de la Leysse de 50 cm à 3 m s'est développé entre 1875 et aujourd'hui. La Leysse présente donc une incision a priori importante sur le secteur Chambérien.

Par exemple, on peut constater sur la photo ci-dessous, sous le pont SNCF dans le secteur de la zone industrielle de Bissy à Chambéry qu'entre 1913 et aujourd'hui, le fond s'est enfoncé de 2.5 m.



Figure 6 : Cote des fonds historiques de la Leysse, sous le pont SNCF dans la zone industrielle de Bissy à Chambéry

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer ce phénomène d'incision du lit de la Leysse :

- Avec la déprise agricole, la forêt a considérablement progressé sur le bassin versant de la Leysse. Cette végétation a eu pour effet de réduire l'érosion des flancs de montagne et à réduire la production de matériaux alluvionnaires ;
- De nombreuses opérations de curages ont été entrepris sur la Leysse entre 1875 et la fin des années '80. Ces extractions de matériaux alluvionnaires ont eu pour effet de descendre artificiellement le lit de la Leysse.
- Enfin, une analyse sommaire des chroniques de débits de la Leysse montre que les crues au débit supérieur à 70 m<sup>3</sup>/s sont moins fréquentes qu'auparavant. Ce phénomène « climatique » a pour effet de ralentir le moteur permettant de transporter les matériaux de l'amont vers l'aval.

Aussi, la morphologie du site a été estimée précisément dans le cadre de l'étude d'avant-projet Leysse-Hyères [source : CNR]. Les évolutions morphologiques du lit décrites ci-dessous sont extraites de cette étude.

#### Tracé de la Leysse

La Leysse actuelle est positionnée en lit perché par rapport au talweg de la plaine et de la nappe alluviale. Cette situation n'est pas due à un sur-alluvionnement mais à une implantation sur la marge ouest de la vallée, largement au-dessus des points bas topographiques.

Le ruisseau de Belle-Eau pourrait correspondre au tracé relictuel de la Leysse originelle.

La position perchée de la Leysse explique la fréquence des débordements vers la basse plaine à l'est. D'autre part, cette position étant corrélative d'une pente longitudinale plus faible du lit le long de certains tronçons, elle a vraisemblablement favorisé la sédimentation alluviale, du moins lorsque la production de granulats par le bassin versant, autrefois très déboisé, était beaucoup plus intense que de nos jours.

#### Stock en place

Sur le bassin chambérien, il n'existe plus aujourd'hui qu'une seule source notable de production alluviale grossière primaire externe : le haut bassin des Merderet, affluent rive droite de l'Hyères. Cette évolution a été beaucoup plus marquée dans le temps et ce jusqu'à 1950. S'en est suivi

une période de curage important de la Leysse puis l'urbanisation et la végétalisation du bassin versant ont progressivement tari ces apports extérieurs de matériaux. Les crues actuelles ne conduisent plus à un phénomène massif de sédimentation comme ce fut le cas par le passé.

En ce qui concerne les sources sédimentaires internes, un important stock de granulats est présent au fond du lit des cours d'eau du bassin chambérien, de l'Hyères et de la Leysse notamment.

#### **Caractéristique et mouvement du fond du lit**

Un tri granulométrique des fonds de la Leysse et de l'Hyères s'est organisé formant une armature qui peut être désagencée de manière assez fréquente (période de retour annuelle ou biennale).

Le calcul de la force tractrice confirme bien l'existence d'un transport solide notable par charriage pour des crues d'intensité minimale de l'ordre de l'occurrence quinquennale (Q5).

La vitesse de propagation de ce charriage est assez mal connue. On retiendra une évolution lente d'environ 30 à 200 mm. Cette évaluation est faite à partir des quelques données relatives aux vitesses de déplacement des granulats dans le cas de cours d'eau à charge grossière d'un type analogue à la Leysse.

Par ailleurs, d'après l'étude géotechnique menée par KAENA en 2021 sur le volet géomorphologie (Annexe A\_7) :

- A proximité des digues, les terrains sont relativement plats et sont constitués par des anciennes plaines agricoles aujourd'hui occupées en partie nord par Savoie Technolac.
- En dehors des digues, les terrains sont remodelés par des terrassements en déblais/remblais liés aux aménagements de la zone d'activité de Savoie Technolac en dehors des plaines agricoles.
- Les digues ne présentent pas de signes particuliers d'instabilité liés à des phénomènes géomorphologiques.

Le niveau de protection et le niveau de dangers retenus sont des valeurs altimétriques physiques absolues. Elles ne sont donc pas modifiées par les conditions et les mouvements du lit du cours d'eau et par les zones de dépôts ou d'incision. Cependant, le transport solide peut jouer sur la probabilité d'occurrence estimative de la crue en mesure d'atteindre ces niveaux aux droits des TH qualifiés comme les plus fragiles. Ainsi en cas de dépôt significatif, l'occurrence estimative du niveau de protection peut se retrouver diminuée significativement.

Également, il y a possibilité que les zones de dépôts ne soient pas uniformes le long de la Leysse, ainsi le niveau de protection pourrait être atteint pour l'occurrence estimative précisée dans le cadre de l'EDD au droit du lieu de référence mais ce dernier pourrait être supérieur pour des occurrences estimatives inférieures en cas de dépôt au droit des tronçons homogènes (le suivi de plusieurs lieux de référence différents peut permettre d'atténuer ce risque, cf. préconisation d'ajout de points de référence)

Des mesures préventives doivent être mises en œuvre afin de limiter le risque d'augmentation de la ligne d'eau. En particulier, il convient de mettre en place un suivi régulier de l'évolution des fonds (hypothèse de fonds fixes prise dans l'étude hydraulique).

On précise cependant que le lit pavé de la Leysse aval témoigne d'un niveau de fond assez fixe et que les signes d'érosion traduisent plutôt une capacité érosive du cours d'eau qu'un dépôt de matériaux.

Nota : il convient de noter qu'une surveillance est déjà bien en place. Aussi, en 2018 et 2022, 2 opérations d'entretien du lit ont été effectuées, en particulier devant la prise d'eau du bras de décharge.

Pour information, les matériaux avaient été majoritairement déplacés/réinjectés vers l'aval pour une reprise par la rivière lors des crues.

De plus, le CISALB est intervenu ponctuellement au droit des clapets (4 ou 5 fois depuis la mise en service de l'ouvrage).

Il est à préciser que le CISALB dispose du matériel (Canne GPS avec abonnement) et des moyens humains (3 personnes formées aux levés topographiques avec le matériel) pour réaliser le suivi en régie, ce qui garantit une bonne réactivité et la possibilité d'un suivi régulier des fonds.

### 4.1.3 Données historiques

Les plus fortes crues de la Leysse se produisent généralement en hiver ou à la suite d'orages d'été, au mois de juillet ou septembre principalement.

Avant 1980, les plus fortes crues observées se sont produites en :

- 18 février 1812 ;
- 18 janvier 1875 ;
- Janvier 1910 ;
- Janvier 1955 ;
- Septembre 1960 ;
- Décembre 1961 ;
- Décembre 1968 et d'avril 1970.

Depuis 1980, les plus fortes crues observées sont celles de février 1990 et décembre 1991, résultant de fortes précipitations. L'évènement de novembre 1992, d'intensité moindre, s'est caractérisé par des précipitations soutenues sur 3 mois précédant l'évènement. Le tableau suivant présente les débits maximaux de crue observés à certaines stations caractéristiques pour ces trois évènements.

**Tableau 3 : Débits des crues de 1990, 1991 et 1992 des cours d'eau sur le bassin chambérien**

		Débit		
		m3/s		
		févr-90	déc-91	nov-92
<b>Leysse</b>	<b>Pont du Tremblay</b>	220	210	145
<b>Leysse</b>	<b>Bout du monde</b>	-	115	-
<b>Leysse</b>	<b>Quai de la Rize</b>	146	-	-
<b>Leysse</b>	<b>Doria</b>	12	-	-
<b>Albanne</b>	<b>Buisson Rond</b>	33	43.5	2.7
<b>Hyères</b>	<b>Cognin</b>	94	-	-
<b>Belle-Eau</b>		-	-	3.37

La loi d'ajustement de Gumbel a permis d'estimer la période de retour de la crue de 1990 :

- Période de retour d'environ 50 ans sur la Leysse amont et sur l'Hyères ;
- Période de retour d'environ 30 ans au pont Tremblay.

Un détail des crues historiques est donné dans le §3.4.

#### 4.1.4 Risques de chablis

Un chablis est l'arrachement d'un arbre penché sur le talus amont de la digue à la suite d'une crue entraînant l'emportement d'une partie de la digue et créant une brèche.

Les ouvrages récents et entretenus concernés par la présente EDD ne sont pas sujets au risque de Chablis.

#### 4.1.5 Morphodynamique

La morphologie du site a été estimée précisément dans le cadre de l'étude d'avant-projet Leysse-Hyères (Etude d'avant-projet – Volet hydraulique et hydro-morphologique – Projet d'aménagement hydraulique de la zone de confluence Leysse-Hyères – Hydrolac pour Chambéry Métropole – 2009 (CNR, 2009)). Les évolutions morphologiques du lit décrites ci-dessous sont extraites de cette étude.

##### **Tracé de la Leysse**

La Leysse actuelle est positionnée en lit perché par rapport au talweg de la plaine et de la nappe alluviale. Cette situation n'est pas due à un sur-alluvionnement mais à une implantation sur la marge ouest de la vallée, largement au-dessus des points bas topographiques.

Le ruisseau de Belle-Eau pourrait correspondre au tracé relictuel de la Leysse originelle.

La position perchée de la Leysse explique la fréquence des débordements vers la basse plaine à l'est. D'autre part, cette position étant corrélative d'une pente longitudinale plus faible du lit le long de certains tronçons, elle a vraisemblablement favorisé la sédimentation alluviale, du moins lorsque la production de granulats par le bassin versant, autrefois très déboisé, était beaucoup plus intense que de nos jours.

##### **Stock en place**

Sur le bassin chambérien, il n'existe plus aujourd'hui qu'une seule source notable de production alluviale grossière primaire externe : le haut bassin des Merderet, affluent rive droite de l'Hyères. Cette évolution a été beaucoup plus marquée dans le temps et ce jusqu'à 1950. S'en est suivie une période de curage important de la Leysse puis l'urbanisation et la végétalisation du bassin versant ont progressivement tari ces apports extérieurs de matériaux. Les crues actuelles ne conduisent plus à un phénomène massif de sédimentation comme ce fut le cas par le passé.

En ce qui concerne les sources sédimentaires internes, un important stock de granulats est présent au fond du lit des cours d'eau du bassin chambérien, de l'Hyères et de la Leysse notamment.

##### **Caractéristique et mouvement du fond du lit**

Un tri granulométrique des fonds de la Leysse et de l'Hyères s'est organisé formant une armature qui peut être désagencée de manière assez fréquente (période de retour annuelle ou biennale).

Le calcul de la force tractrice confirme bien l'existence d'un transport solide notable par charriage pour des crues d'intensité minimale de l'ordre de l'occurrence quinquennale (Q5).

La vitesse de propagation de ce charriage est assez mal connue. On retiendra une évolution lente d'environ 30 à 200 mm. Cette évaluation est faite à partir de quelques données relatives aux vitesses de déplacement des granulats dans le cas de cours d'eau à charge grossière d'un type analogue à la Leysse.

#### 4.1.6 Les embâcles et leurs effets potentiels

En période de crue, il est fréquent que de grandes quantités de bois soient arrachées aux berges et dans les lits, puis transportées par flottaison. En particulier, au passage de sections ou de ponts aux arches trop étroites, ces flottants peuvent s'amonceler et former des embâcles, provoquant ou aggravant le débordement du torrent et les évolutions morphologiques.

L'arrêt de flottants s'accompagne en général d'un amoncellement de matériaux à l'arrière. Des surverses peuvent alors survenir à proximité des amas d'arbres et augmenter les phénomènes d'affouillements si ces amas surviennent à proximité du parement de digue.

Le caractère aléatoire de la formation d'embâcles pousse à évaluer ce risque sur l'ensemble des ouvrages de franchissement, par mesure de sécurité.

Les sous-systèmes du SE2 au droit desquels se trouvent des ouvrages de franchissement sont :

- Le SE 2.2 amont :
  - Pont de la RD16a ;
  - Passerelle du pont de la Motte
  - Le pont de l'échangeur autoroutier de Chambéry nord
  - Pont de l'autoroute A 41
- Le SE 2.2 aval
  - Pont du Tremblay
- Le SE 2.3 avec les ouvrages suivants :
  - Pont Ruffier ;
  - Pont de la route d'Aix-les-Bains ;
  - Pont de la RD1504.

Pour chacun de ces ouvrages, les distances entre culées sont au minimum de 25 m sans piles intermédiaires. Le risque d'embâcle est donc très limité. Il peut tout de même se former d'éventuelles accumulations au niveau des culées (probabilités très faible) induisant une réduction de la section d'écoulement et donc une augmentation de la ligne d'eau.

Toutefois, la Leysse au niveau de chacun de ces ouvrages présente une trajectoire rectiligne. La morphologie du cours d'eau n'est pas favorable à la formation d'embâcles au niveau des berges. Cette morphologie rectiligne du cours d'eau est aussi valable sur une grande partie de la Leysse aval et intermédiaire au droit des autres systèmes d'endiguement.

Les ouvrages traversants (réseaux) identifiés lors de la VTA ne présentent pas d'avancée significative dans le lit ni d'ouvrages en génie civil de taille suffisamment importante pour retenir d'éventuels embâcles. La configuration rectiligne de la Leysse et la configuration du lit (largeur importante) est également défavorable à l'accumulation d'embâcles au droit de ces réseaux.

Également, vis-à-vis du risque d'embâcles au droit de l'ouvrage répartiteur du bras de décharge. L'ouvrage est constitué de 2 vannes clapets déversant de 1.5 m de hauteur par 7.5 m de largeur. Les dimensions des passes restent donc limitées (principalement en hauteur) et le risque d'embâcle est donc possible en cas de forte crue (attire important vers le bras de décharge et ligne d'eau plus haute). Dans le cadre de la présente EDD le Scénario 2 pris en compte avec un blocage des clapets de vidange pour une occurrence où ils auraient dû s'ouvrir correspond aussi à une occurrence de formations d'embâcles à l'entonnement de l'ouvrage.

Toutefois, compte-tenu de la durée des crues de la Leysse, il est peu probable qu'un stock suffisant de bois flottants puisse influencer de manière significative sur les écoulements (répartition des bois entre la Leysse aval et le bras de décharge).

Par ailleurs, le CISALB assure un suivi des ouvrages y compris de la prise d'eau visant à vérifier les dépôts de sédiments éventuels ainsi que la présence d'embâcles notamment en post-crue. Les embâcles sont évacués dès lors qu'ils sont repérés. Ce suivi permet également de réduire le risque.

Nous considérons donc que le risque d'embâcles pouvant altérer l'état des ouvrages du SE2 est négligeable à l'exception de l'ouvrage de prise d'eau du bras de décharge pour lequel les conditions ne sont pas favorables. Toutefois, la mise en œuvre d'un plan de gestion de la végétation limiterait encore plus l'apparition d'embâcles (cf. Annexe A\_8) associé à un suivi régulier des embâcles qui peuvent se former au droit de cet ouvrage.

### 4.1.7 Les laves torrentielles et leurs effets potentiels

Sans objet.

Les laves torrentielles sont absentes dans le bassin versant de la Leysse.

## 4.2 Risque géologique et hydrogéologie

### 4.2.1 Les sols de fondation

D'après la carte géologique, Feuille de CHAMBERY, au 1/50 000, les ouvrages étudiés se situent dans un contexte de formations alluvionnaires récentes recouvrant le fond de vallée liées au système fluvial de la Leysse.

Les versants de la vallée sont constitués de part et d'autre de formations morainiques recouvrant un substratum rocheux calcaire crétacé et molassique miocène.

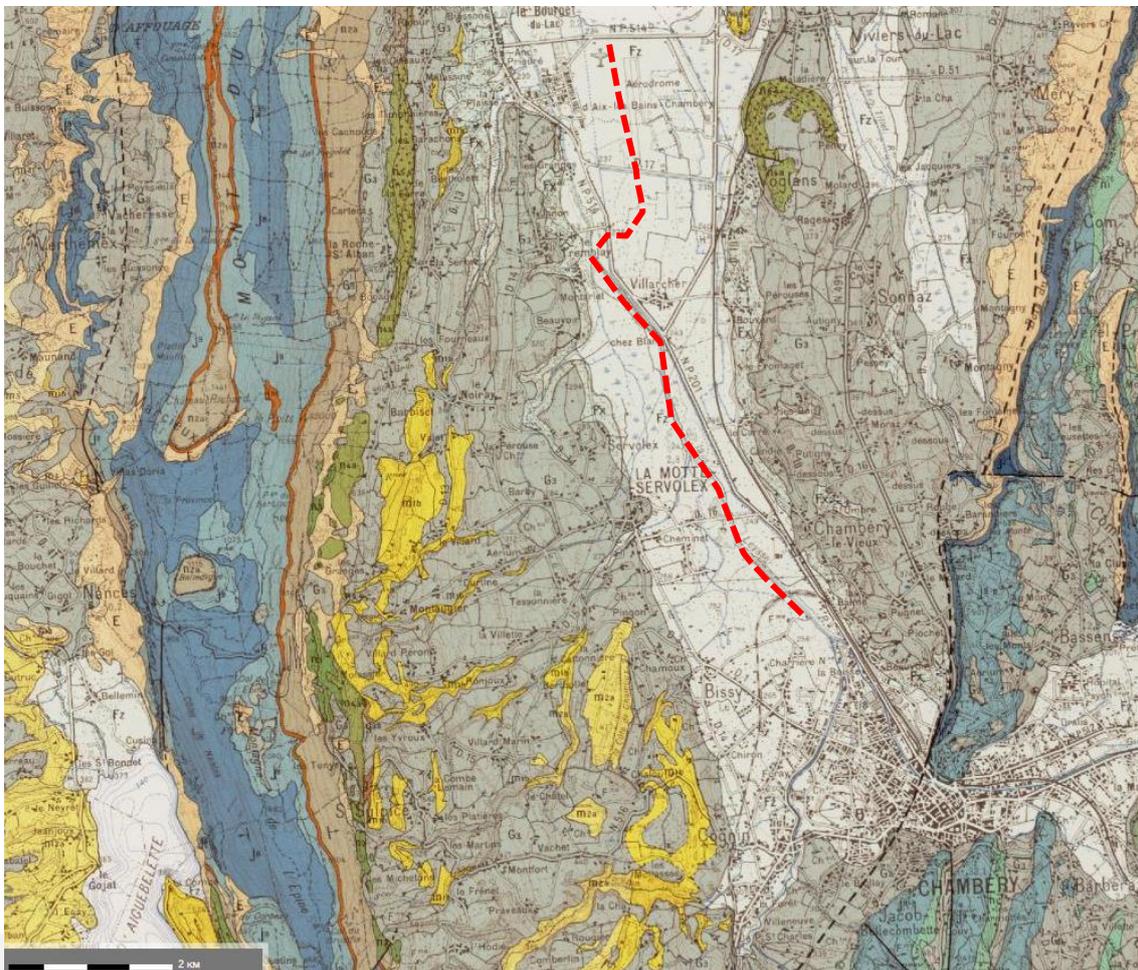


Figure 7 : Extrait carte géologique, feuille Chambéry au 1/50 000 – Source Infoterre

Les parties amont du bassin versant (plateau de la Leysse, Epine, vallée de Couz, flanc nord du massif de la Chartreuse) sont constituées des successions marnocalcaires caractéristiques des Préalpes. La plaine est constituée de dépôts alluviaux.

Il n'y a pas de risque karstique au droit des ouvrages du SE.

## 4.2.2 Hydrogéologie

La nappe, quant à elle, se divise en deux parties comme le présente la figure ci-dessous :

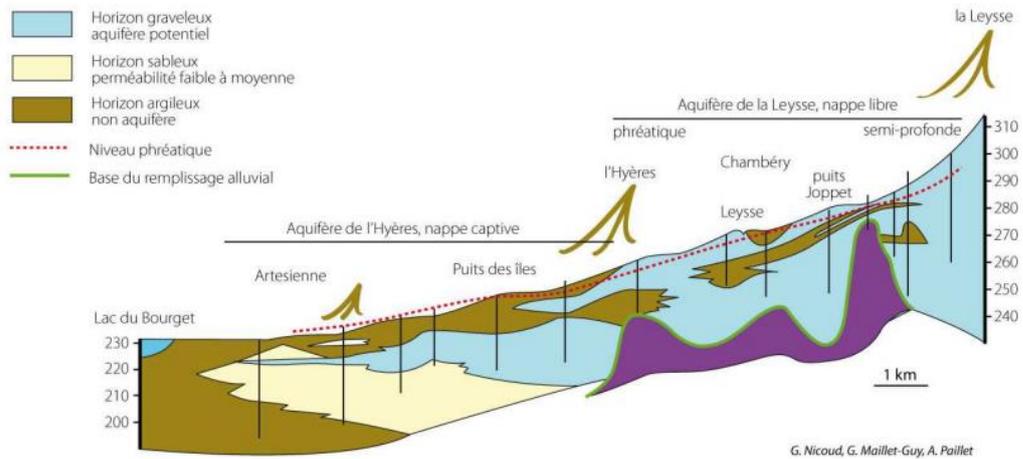


Figure 8 : Coupe longitudinale des eaux souterraines du bassin chambérien. Source : Nicoud, Maillet-Guy, Paillet.

L'aquifère de la Leysse démarre au débouché de la Leysse dans la plaine, au niveau de Saint-Alban-Leysse. Il englobe l'aquifère de l'Albanne qui rejoint la Leysse au niveau de Chambéry. Cette partie est libre et principalement composée d'horizons graveleux.

L'aquifère de l'Hyères prend la suite de celui de la Leysse au niveau de la confluence des deux cours d'eau. Cette partie est captive du fait des horizons argileux en surface. Il est composé d'horizons graveleux et sableux.

A noter que la nappe devient artésienne dans sa partie aval.

## 4.2.3 Risques de mouvements de terrain

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques m<sup>3</sup> et quelques millions de m<sup>3</sup>. Les déplacements peuvent être lents ou très rapides.

Les communes du Bourget-du-Lac et de La Motte-Servolex sont exposées au risque de glissement de terrain et de chute de pierres. Les digues du SE2 sont situées dans une zone pouvant être concernée par ces risques de mouvements de terrain. Ces derniers pourraient provenir du versant Est du Mont du Chat.

Les mouvements de terrains dont il est question ici concernent les versants de montagnes. Historiquement, les digues du SE2 n'ont pas été concernées par un tel mouvement de terrain. Une liste des événements survenus sur les communes est donnée ci-après (aucun de ces événements n'est survenu au droit de la zone d'étude).

Compte-tenu des informations historiques et des événements survenus, nous considérons que les digues du SE2 ne sont pas concernées directement par le risque mouvement de terrain.

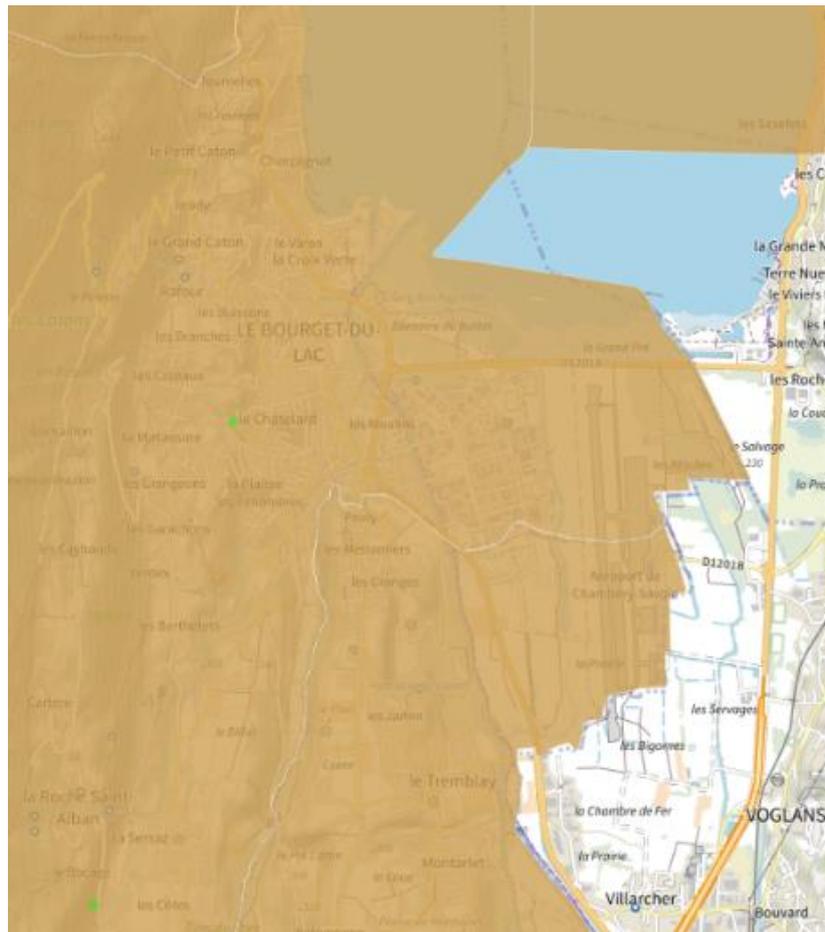


Figure 9 : Mouvements de terrain répertoriés (en vert) et mouvements de terrain non localisés

Tableau 4 : Historique des événements survenus sur les communes concernées (Source : Géorisques)

Identifiant	Nom	Type
<a href="#">22300538</a>	VILLARD-PERRON	Glissement
<a href="#">50002230</a>	AUTOROUTE A43 LYON-CHAMBERY	Coulée
<a href="#">50002231</a>	CD 916	Glissement
<a href="#">50002232</a>	TORRENT DE LA LEYSSE	Coulée
<a href="#">50002225</a>	LE NANT BRUYANT	Coulée
<a href="#">50002227</a>		Coulée
<a href="#">50002228</a>	"VILLARD-PERON"	Chute de blocs / Eboulement
<a href="#">50002229</a>	"LA CAVE", CD 916	Glissement
<a href="#">50002226</a>	AU SUD DE "VILLARD-MARUI"	Coulée

Identifiant	Nom	Type
<a href="#">50001813</a>	RN 6 PK 141,000 à 186,870	Chute de blocs / Eboulement
<a href="#">12200052</a>	En bordure de la VC n°5	Chute de blocs / Eboulement

Il est à noter que les ouvrages du SE2 sont situés dans la plaine aval de la Leysse amenant sur le lac du Bourget. Les deux versants les plus proches sont :

- Le Mont du Chat à l'Ouest dont le pied est situé à une distance de 2 km des ouvrages du SE2
- Le Mont Revard à l'Est dont le pied est situé à une distance de plus de 5 km des ouvrages du SE2

Il est donc très peu probable qu'un glissement de ces versants puissent impacter directement les ouvrages.

Une surveillance rapide et visuelle des versants peut toutefois être opérée pour le Mont du Chat après des épisodes pluvieux importants.

Les risques liés au glissement de terrain capable pouvant apporter massivement des matériaux dans le lit est plutôt situé sur les portions amont de la Leysse au niveau de Saint-Jean-d'Arvay située plus de 13km en amont par rapport au SE2. Nous considérons très peu probables les impacts liés à un glissement dans la Leysse. En effet, les fortes cassures de pente s'effectuent dans les secteurs où la Leysse a été aménagée dans l'arrivée de l'agglomération chambérienne à plus de 12 km en amont. La majorité des dépôts seront donc stockés dans cette arrivée et non au droit du SE2 qui est avec le SE6 le système d'endiguement situé le plus en aval.

Également la Leysse est dans un lit beaucoup plus restreint sur ces secteurs amont, il est donc possible qu'un glissement massif entraîne plutôt une sortie du cours d'eau de son lit sur ces zones.

## 4.3 Les séismes

L'impact d'un séisme sur les ouvrages est étudié au titre des obligations de l'arrêté de 2008.

### 4.3.1 Position des ouvrages vis-à-vis des séismes

Un séisme se traduit en surface par des vibrations du sol. Ce phénomène résulte de la libération brusque d'énergie accumulée par les déplacements et les frictions des différentes plaques lithosphériques. Un séisme est caractérisé par son intensité (exprimée dans l'échelle MSK) et par sa magnitude (exprimée dans l'échelle de Richter).

D'après le zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1er mai 2011 (voir figures ci-dessous), le territoire national est divisé en 5 zones de sismicité, allant de 1 (zone d'aléa très faible) à 5 (zone d'aléa très fort).

La réglementation impose l'application de règles parasismiques pour les constructions neuves, qui varient selon la taille et la nature des bâtiments. Les vibrations subies en cas de tremblement de terre peuvent dégrader ou détruire des bâtiments, produire des décalages de la surface du sol de part et d'autre des failles. Il peut aussi provoquer des glissements de terrain, des chutes de blocs ou bien une liquéfaction des sols meubles imbibés d'eau.

Un séisme peut avoir un effet important sur une digue. L'événement redouté associé à un séisme est la simultanéité de ce dernier avec une crue.

Cette situation est critique car elle peut impliquer la liquéfaction du corps de la digue ou de sa fondation sous l'effet combiné de la saturation d'eau et de la secousse sismique ou bien la rupture de la digue par glissement des talus. Néanmoins, la concomitance d'une crue rare avec un séisme (de période de retour de 475 ans (MEDDTL-DGPR, 2010)) est très improbable, de l'ordre de  $10^{-8}$  par an. Cette situation n'est donc pas retenue pour la suite de l'étude dans la définition des scénarios de défaillance du SE.

La figure suivante présente les échelles de magnitudes, d'intensité et le zonage sismique en vigueur en France jusqu'au 22 octobre 2010, ainsi que la carte du nouveau zonage depuis cette date. La carte suivante présente les zones de sismicité au niveau de Rhône Alpes suivant cette nouvelle réglementation. En référence à cette carte on note que le secteur de Chambéry se situe dans une zone de sismicité moyenne.

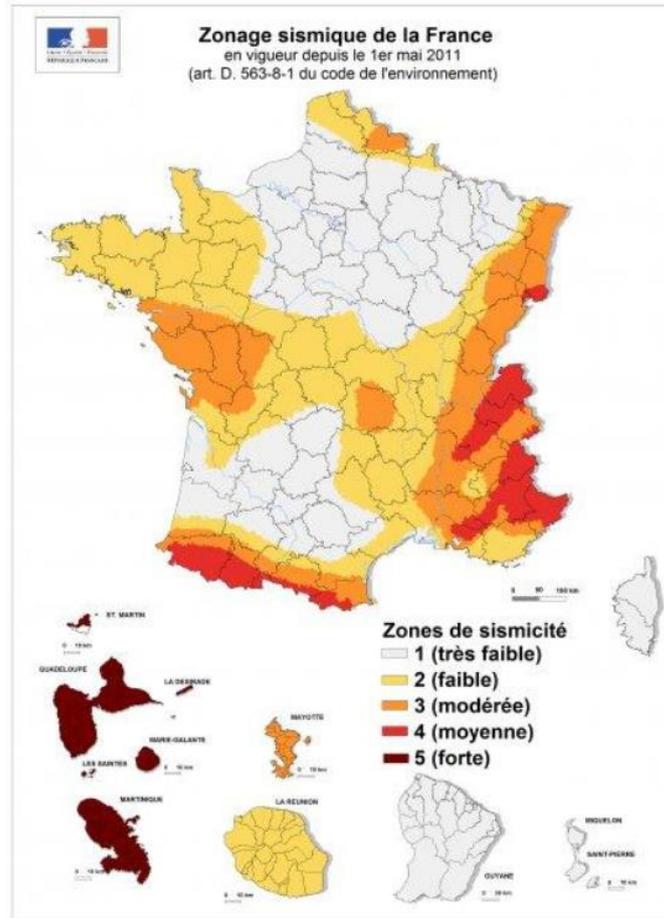


Figure 10 : Zonage sismique en France (entrée en vigueur le 1er mai 2011) (d'après l'article D.563-8-1 du code de l'environnement)

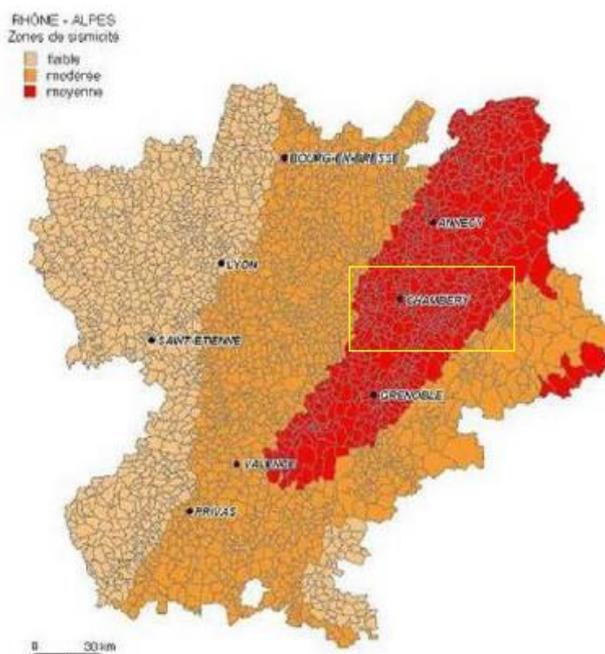


Figure 11 : Zone de sismicité régionale en vigueur au 1<sup>er</sup> mai 2011

### 4.3.2 Stabilité des digues au séisme

A l'heure actuelle, aucune note de calcul ne permet de justifier de la stabilité des digues de protection de la Leysse au séisme.

Notons cependant que l'évènement redouté associé au séisme doit conjuguer l'apparition d'une crue avec celle d'un séisme qui entraîne la rupture d'une digue. Cet évènement redouté semble, de fait, très peu probable sans que nous puissions en évaluer précisément la probabilité faute de données.

Par ailleurs, suivant les données du site France séismes, les séismes ressentis à proximité de la zone d'étude, depuis 20 ans, en Savoie, sont récapitulés dans le tableau suivant :

Date	Localisation épicroentrale	Intensité épicroentrale (MSK)	Autres départements touchés
03/02/1994	WNW Chambéry (départ.73)	3.6	Ain et Isère
28/08/1995	E Chambéry (départ.73)	3.3	
04/09/1995	WSW Albertville (départ.73)	4	
04/09/1995	WNW Albertville (départ.73)	3.8	Haute Savoie et Isère
15/05/1997	Sud Modane (départ.73)	3.9	
25/05/2003	Sud-Ouest de Modane (départ.73)	3.6	
12/06/2004	Séisme d' Albertville (départ.73)	3.2	Haute Savoie
10/04/2005	Nord-Ouest de Modane (départ.73)	3.4	
31/10/2005	Séisme d'Albertville (départ.73)	3.6	
17/02/2008	Séisme ENE Albertville (départ.73)	3.5	
30/08/2010	NE de Saint-Jean-de-Maurienne (départ.73)	4.3	
14/12/1994	ENE Annecy (départ.74)	4.6	Ain, Savoie, Drôme, Haute Savoie, Ardèche, Isère, Jura, Rhône
15/07/1996	NNW Annecy (départ.74)	5.2	Savoie, Drôme, Haute Savoie, Hautes Alpes, Isère, Jura, Loire, Rhône, Saône et Loire
08/09/2005	Séisme de Vallorcine (départ.74)	4.9	Ain, Doubs, Savoie, Drôme, Haute Savoie, Hautes Alpes, Ardèche, Isère, Territoire de Belfort, Haut Rhin, Côte d'Or, Rhône, Haute Saône, Saône et Loire

Tableau 5 : Plus forts séismes ressentis sur les départements Savoie et Haute Savoie depuis 1962

**Aucun de ces séismes n'a affecté les digues. On note aussi qu'aucune crue recensée n'a eu lieu au cours de ces événements.**

On précise toutefois que le CISALB possède un dispositif de suivi des aléas sismiques :

En cas de séisme de magnitude supérieure à 5 sur l'échelle de Richter dans un rayon de moins de 100km, les ouvrages feront l'objet de visites et de campagnes de mesures immédiates ou différées. Les actions à entreprendre pourront être de deux types :

- Une inspection visuelle des digues,
- Des tournées d'auscultation et de surveillance avec appui d'experts si nécessaire (bureaux d'étude extérieurs).

Si les dégâts importants sont décelés, les actions entreprises et les constatations font l'objet d'un compte-rendu adressé au service de contrôle.

### 4.3.3 Evolution de la réglementation

Un projet d'arrêté ministériel fixe des prescriptions techniques auxquelles doivent satisfaire les barrages et les digues afin que leur sûreté soit assurée dans les cas de charge et d'exploitation prévisibles. Parmi les cas de charge et d'exploitation prévisibles, est abordé notamment le séisme. Ceci amènera le CISALB à compléter l'approche de la question sismique qui est faite dans ses études de dangers. Notamment, la concomitance des phénomènes crues et séismes sera analysée pour évaluer la probabilité d'occurrence de l'évènement redouté.

## 4.4 Risques de mouvements de terrain

Les mouvements de terrain regroupent un ensemble de déplacements, plus ou moins brutaux, du sol ou du sous-sol, d'origine naturelle ou anthropique. Les volumes en jeu sont compris entre quelques m<sup>3</sup> et quelques millions de m<sup>3</sup>. Les déplacements peuvent être lents ou très rapides.

Les communes du Bourget-du-Lac et de La Motte-Servolex sont exposées au risque de glissement de terrain et de chute de pierres. Les digues du SE2 sont situées dans une zone pouvant être concernée par ces risques de mouvements de terrain. Ces derniers pourraient provenir du versant Est du Mont du Chat.

Les mouvements de terrains dont il est question ici concernent les versants de montagnes. Historiquement, les digues du SE2 n'ont pas été concernées par un tel mouvement de terrain. Une liste des événements survenus sur les communes est donnée ci-après (aucun de ces événements n'est survenu au droit de la zone d'étude).

Compte-tenu des informations historiques et des événements survenus, nous considérons que les digues du SE2 ne sont pas concernées directement par le risque mouvement de terrain.

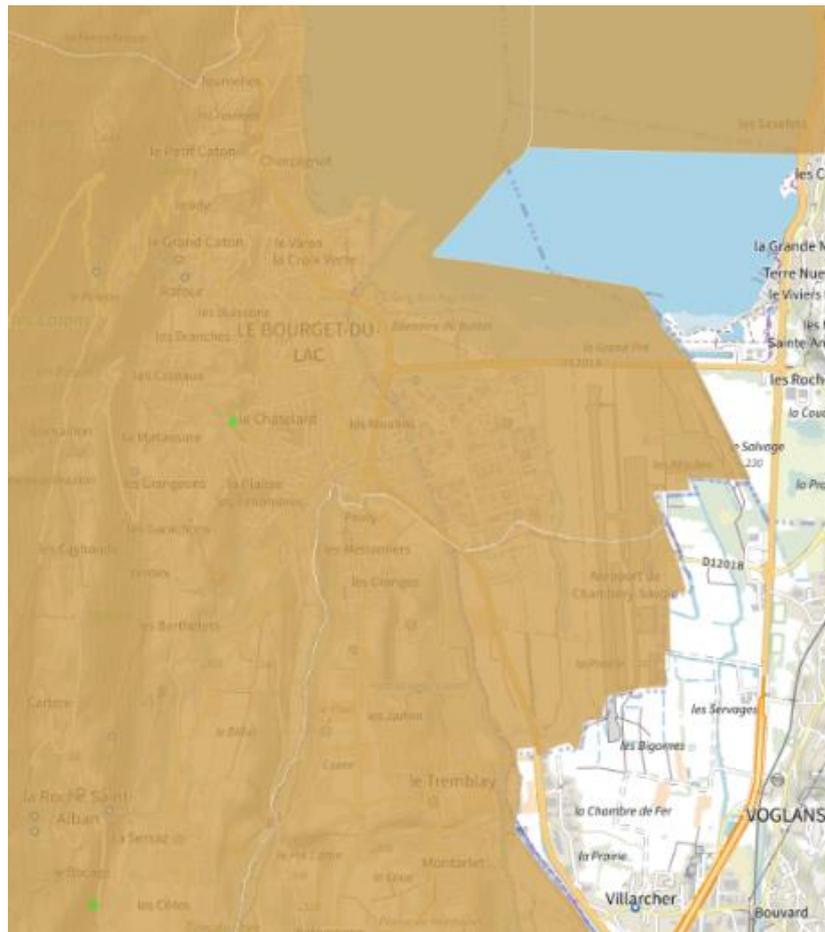


Figure 12 : Mouvements de terrain répertoriés (en vert) et mouvements de terrain non localisés

Tableau 6 : Historique des événements survenus sur les communes concernées (Source : Géorisques)

Identifiant	Nom	Type
<a href="#">22300538</a>	VILLARD-PERRON	Glissement
<a href="#">50002230</a>	AUTOROUTE A43 LYON-CHAMBERY	Coulée
<a href="#">50002231</a>	CD 916	Glissement
<a href="#">50002232</a>	TORRENT DE LA LEYSSE	Coulée
<a href="#">50002225</a>	LE NANT BRUYANT	Coulée
<a href="#">50002227</a>		Coulée
<a href="#">50002228</a>	"VILLARD-PERON"	Chute de blocs / Eboulement
<a href="#">50002229</a>	"LA CAVE", CD 916	Glissement
<a href="#">50002226</a>	AU SUD DE "VILLARD-MARUI"	Coulée

Identifiant	Nom	Type
<a href="#">50001813</a>	RN 6 PK 141,000 à 186,870	Chute de blocs / Eboulement
<a href="#">12200052</a>	En bordure de la VC n°5	Chute de blocs / Eboulement

Il est à noter que les ouvrages du SE2 sont situés dans la plaine aval de la Leysse amenant sur le lac du Bourget. Les deux versants les plus proches sont :

- Le Mont du Chat à l'Ouest dont le pied est situé à une distance de 2 km des ouvrages du SE2
- Le Mont Revard à l'Est dont le pied est situé à une distance de plus de 5 km des ouvrages du SE2

Il est donc très peu probable qu'un glissement de ces versants puissent impacter directement les ouvrages.

Une surveillance rapide et visuelle des versants peut toutefois être opérée pour le Mont du Chat après des épisodes pluvieux importants.



Figure 13 : SE 2 (en vert) - SE6 (en rouge) et localisation des versants les plus proches (en jaune)

Les risques liés au glissement de terrain capable pouvant apporter massivement des matériaux dans le lit est plutôt situé sur les portions amont de la Leysse au niveau de Saint-Jean-d'Arvey située plus de 13km en amont par rapport au SE2. Nous considérons très peu probables les impacts liés à un glissement dans la Leysse. En effet, les fortes cassures de pente s'effectuent dans les secteurs où la Leysse a été aménagée dans l'arrivée de l'agglomération chambérienne à plus de 12 km en amont. La majorité des dépôts seront donc stockés dans cette arrivée et non au droit du SE2 qui le système d'endiguement situé le plus en aval.

Également la Leysse est dans un lit beaucoup plus restreint sur ces secteurs amont, il est donc possible qu'un glissement massif entraîne plutôt une sortie du cours d'eau de son lit sur ces zones.

## 4.5 Risques retenus pour le diagnostic approfondi

Le présent chapitre a permis d'écarter les risques naturels suivants dans le diagnostic approfondi du chapitre 7 :

- Embâcles,
- Les risques de mouvements de terrain,
- Les risques de transport solide.

Les risques naturels retenus pour le diagnostic approfondi sont les suivants :

- Aléa Hydrologique et hydraulique,
- Aléa Séisme.

## 5. DESCRIPTION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

### 5.1 Implantation des ouvrages

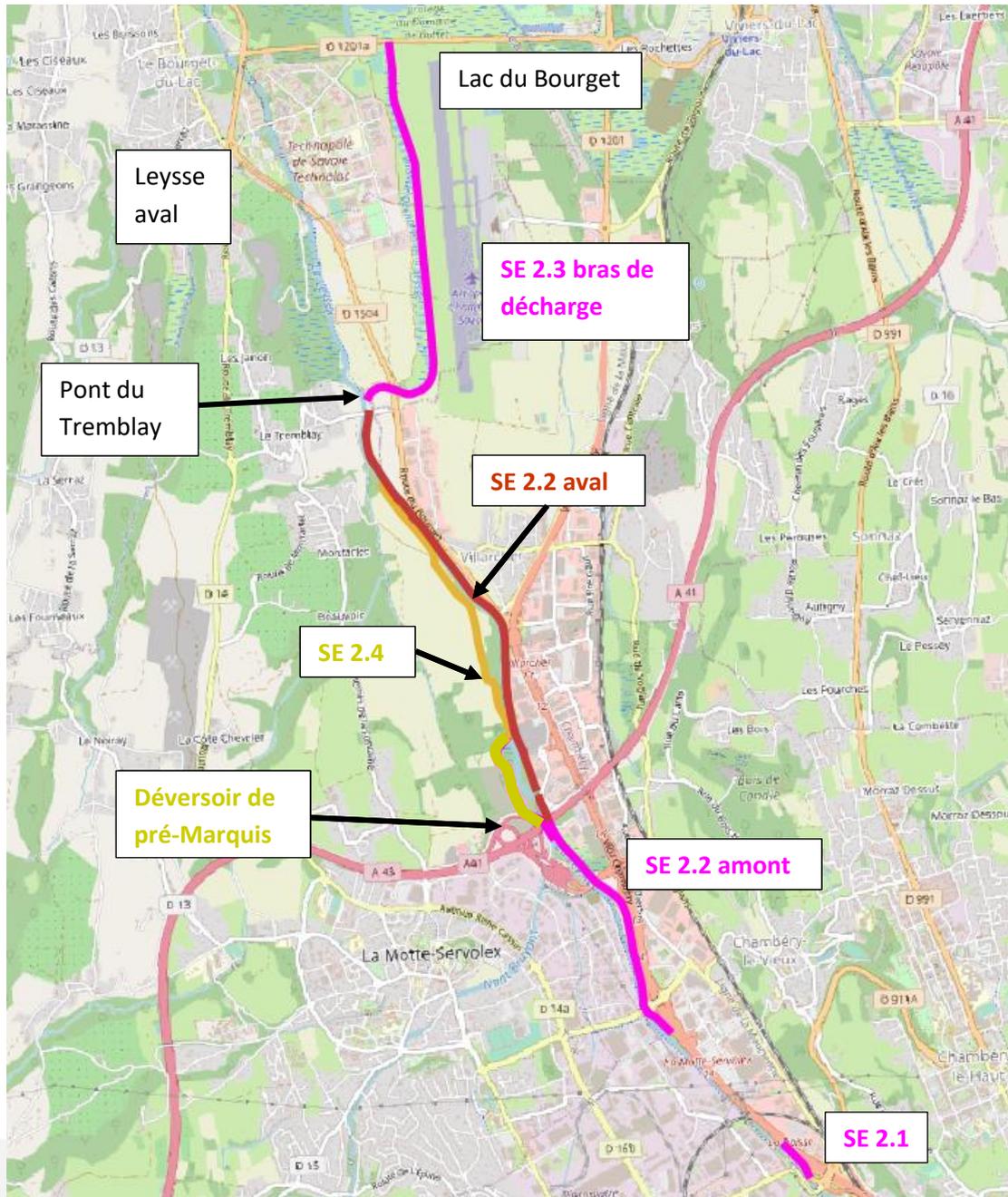


Figure 14: Localisation du dispositif de protection concerné par l'étude de dangers (SE 2.4 et SE2.2 aval objet des travaux de la présente EDD).

Les 5 sous-systèmes du SE 2 sont considérés comme des « tronçons homogènes », et donneront pour chacun la définition d'un niveau de sureté et d'un niveau de danger. Dans le cadre des projets de confortements et pour prendre en compte les spécificités locales, des calculs de justification ont été menés dans les études de confortement, ces études ont été réalisées en :

- « Secteurs topographiques » pour la justification des travaux 2019 et leur intégration dans l'EDD associée
- « Profils » pour l'AVP 2022 objet des travaux associés à la présente EDD

	SE	Nom profil étudié	Etude Stab glissement et érosion interne	Etude sismique	Etude Erosion externe	Etude Surverse pour Q100
Confortés 2019 ou construites avant	2.1	STTP57	X (EDD)		X (EDD)	Dimensionnement Q100 + 30 cm
		STTP59	X (EDD)		X (EDD)	Dimensionnement Q100 + 30 cm
	2.2 amont	Profil P108	X (EDD)		X (EDD)	Dimensionnement Q100 + 30 cm
	2.3	Section type	X (G3 Famy)	X (G3 Famy)	X (G3 Famy)	130 m3/s + 70° cm
Projet 2023	2.2 aval	Profil 7a Pont de l'autoroute – raidissement de talus amont	X (Coupe 3 G2PRO Technosol)	X (Coupe 3)	7 (RG) + 12 (RD) sections de justification des dispositifs de confortement en fonction des vitesses (AVP Safege)	Dimensionnement Q100 + 30 cm
	2.2 aval	Profil 63 Courbure de la Leysse à Villarcher	X (Coupe 1 G2PRO Technosol)	X (Coupe 4 G2PRO Technosol)		Dimensionnement Q100 + 30 cm
	2.2 aval	Profil P108a Aval courbure de la Leysse à Villarcher Chgt Lithologie	X (Coupe 2 G2PRO Technosol)			Dimensionnement Q100 + 30 cm
	2.4	section fragile	X (Coupe 6 G2PRO Technosol)			Dimensionnement Q100 + 30 cm

Figure 15: études et coupes spécifiques réalisées sur les tronçons homogènes

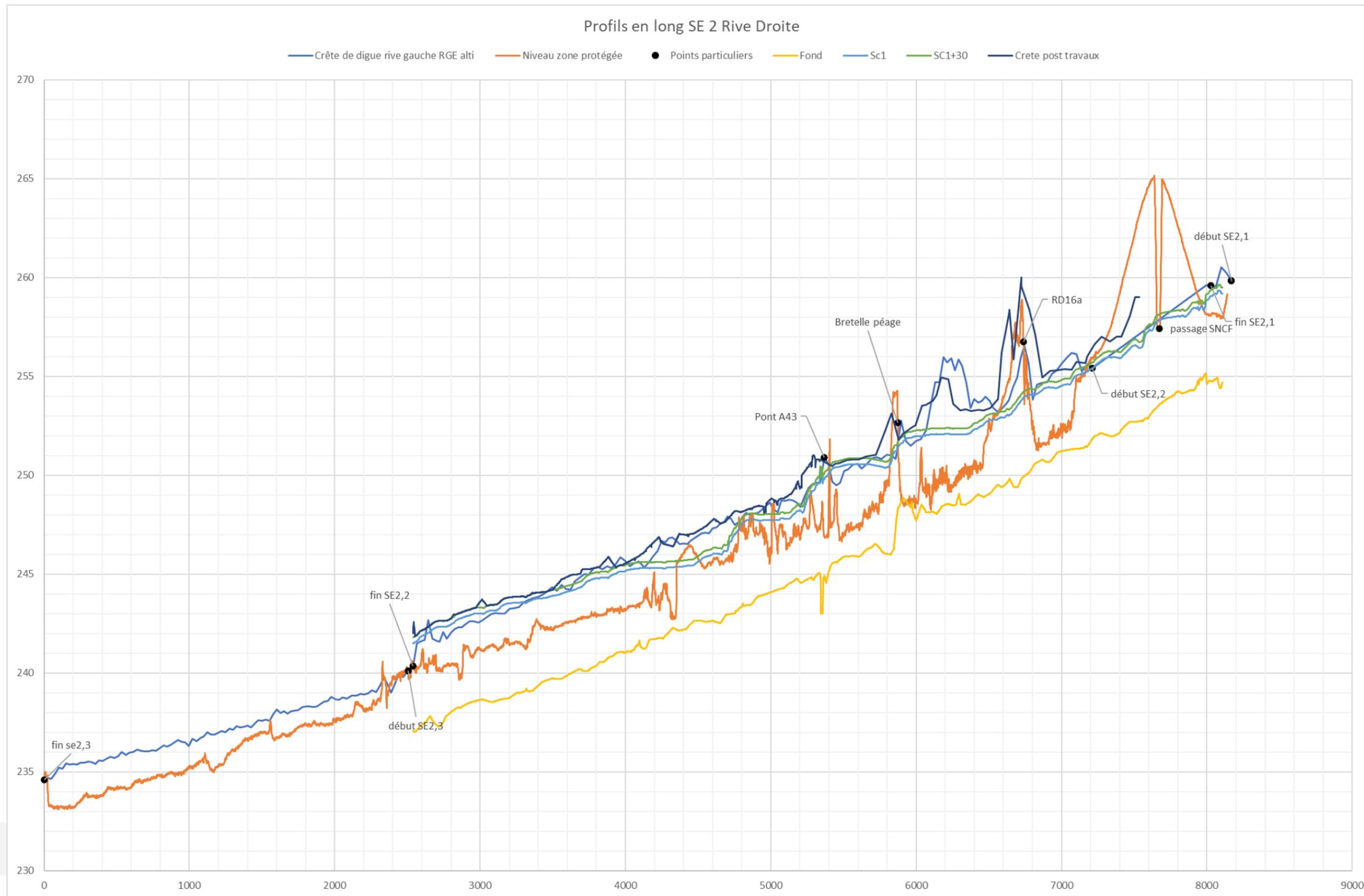


Figure 16: Profil en long Crête RD et niveau zone protégée

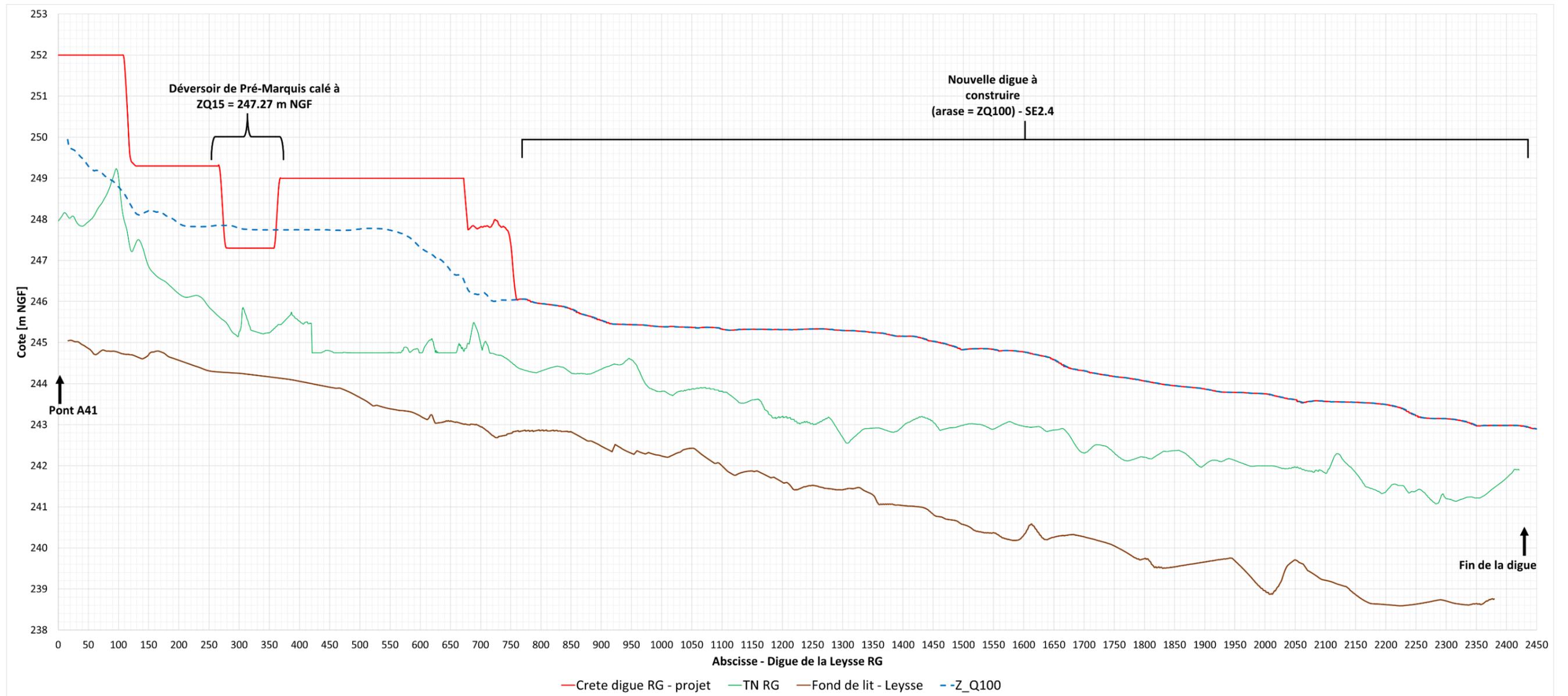


Figure 17 - profil en long en RG

Les ouvrages projetés sont calés à la cote Q100+30cm à minima, ou au niveau de la crête de digue actuelle.

Au droit des seuils et des raccords, des écarts ponctuels entre ces niveaux existent par la contrainte de la linéarité de la crête de digue, du fait de sa fonction de piste cyclable qui nécessite toute rupture brusque.

## 5.2 Ouvrages existants

Chaque composant du système fait l'objet d'une description technique précise adaptée à l'importance du système d'endiguement et au rôle que joue le composant dans le système :

- a) localisation et caractéristiques des digues et ouvrages contributifs faisant office de digues (par exemple, remblais d'infrastructures, murs) existants ainsi que l'indication de leurs voies d'accès ;
- b) localisation et caractéristiques des dispositifs de régulation des écoulements hydrauliques tels que vannes et stations de pompage existants ainsi que l'indication de leurs voies d'accès.

### 5.2.1 SE 2.1

Le SE 2.1 est constitué d'amont en aval :

- D'un merlon de terre raidi par un muret côté bretelle (5 m de large hauteur/TN environ 1 m)
- D'un merlon de terre végétalisé (15 à 20 m de large hauteur/TN environ 1 m)
- D'un merlon de terre avec géomembrane dans la partie étroite dans la zone d'extrémité aval



Figure 18: Vue générale du SE 2.1 depuis l'aval



Figure 19: Vue générale de la partie amont du SE 2.1



Figure 20: Merlon de fermeture amont du SE 2.1

#### Raccordement au Terrain naturel aux extrémités

- A l'amont le merlon se raccorde naturellement au TN
- A l'aval la bretelle d'accès à Chambéry depuis la VRU entaille le talus aval de la digue. Le talus est raidi et tenu localement par un muret en béton qui ne présente pas de signe de désordres (fissures, traces d'écoulement...). Ce profil a été intégré par le Maître d'œuvre agréé digue dans le cadre de la réfection de l'ouvrage en 2018. C'est pourquoi une géomembrane étanche a été disposée sur le parement aval de l'ouvrage.



Figure 21: Vue en plan et chemin d'accès SE 2.1



Figure 22:vue chemin d'accès SE 2.1

Contraintes d'accès : Sans

Des réseaux sont présents sur le tronçon.

PK	Réseau longitudinal	Réseau traversant	Catégorie	Type	Diamètre	Écoulement	Utilisation
8.9	-	FD 200	RHF Réseau Hydraulique Fermé	Conduite d'eau	200	Sous pression	Eau de Distribution
8.8	-	Conduite gaz Ø400mm	RTE Réseau de Télécom et d'Énergie	GDF	250		

Lors de nos visites de terrain, nous n'avons pas relevé de désordre particulier au droit.

Lors de la réalisation de l'EDD SE2 CNR de 2019 en référence I.00846.001 – DI-ECS 2016-184-02, les vérifications réalisées notamment le respect des critères de Lane montraient un risque de rupture relativement limité, d'autant que les conduites sont enfouies sous la fondation de la l'ouvrage.

### 5.2.2 SE 2.2 amont

Sur le tronçon SE 2.2 amont traité depuis l'extrémité amont jusqu'au pont de l'A41, le tronçon de digue présente un profil type en trapèze avec des talus réguliers à 3h pour 2V. Il s'agit d'une digue en remblai constituée d'un noyau argileux compacté et pourvu sur son parement aval d'une clef drainante en matériaux perméables. L'ensemble de l'ouvrage est équipé de grillages anti-fouisseurs.

La largeur en crête est très variable sur ce secteur réhabilité. En effet d'une largeur minimum de 4m, elle peut se trouver portée à plus de 10m entre le pont du CD16a et le pont de l'échangeur autoroutier de Chambéry nord. Ce secteur était caractérisé par des remblais issus de la construction de la VRU de Chambéry dans les années 80. Le projet Leysse a permis l'évacuation d'une partie de ces remblais au bénéfice de la rivière permettant une surlargeur à cet endroit. Sur ce secteur, le massif de remblais existant et maintenu, sert d'appui à l'ouvrage hydraulique dont

l'étanchéité est garantie d'une part par la grande largeur de remblai et d'autre part par la mise en place d'un corroi en argile étanche et compacté.

Entre le pont de l'échangeur et le pont de l'A41, le profil coté rivière est resté inchangé. En revanche le parement coté val a été rechargé par un épaulement de 3 mètres en crête en matériaux drainants faisant office de clef drainante.

L'intégralité des réseaux a été extrait de la digue lors de son confortement.

Le traitement de la végétation vise à faucher le parement aval installé avec des herbacées permettant l'inspection visuelle et évitant les risques d'érosion interne. Le parement coté rivière est géré de manière à supprimer à terme la végétation en inadéquation avec la présence de l'ouvrage digue. Seuls les sujets présents en pied d'ouvrage et de faible hauteur pourront être conservés. Depuis la fin des travaux 2 interventions d'entretien ont permis de soulager le parement interne de manière significative.



Figure 23:Endiguement en amont du pont du CD16a -2020



Figure 24:Endiguement en aval du pont du CD16a -2020

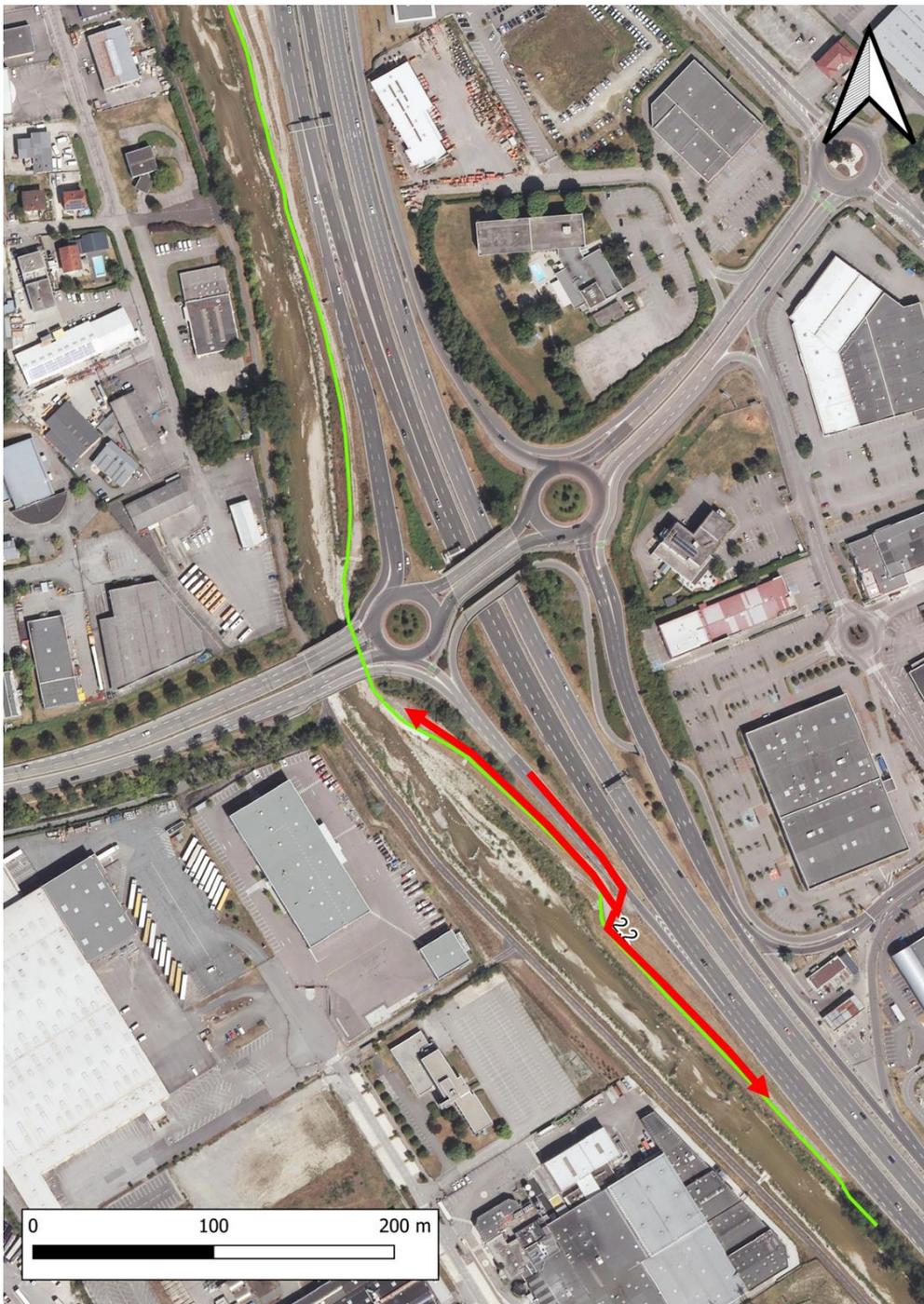


Figure 25: Vue en plan et chemin d'accès amont SE 2.2 amont



Figure 26: Vue en plan et chemin d'accès intermédiaire SE 2.2 amont

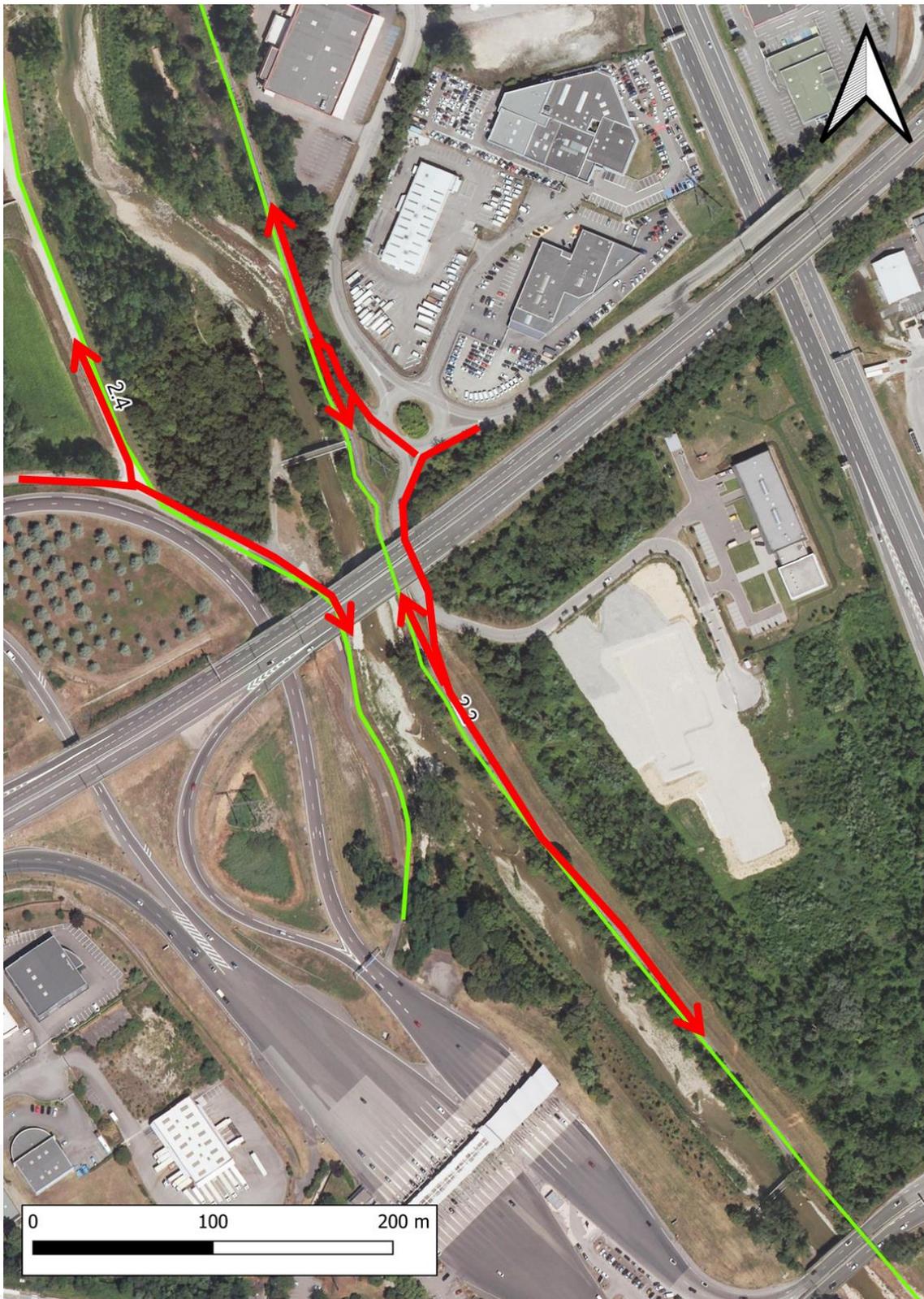


Figure 27: Vue en plan et chemin d'accès aval SE 2.2 amont

Contraintes d'accès : Sans



Figure 28: Accès SE 2.2 amont depuis l'aval du pont A41

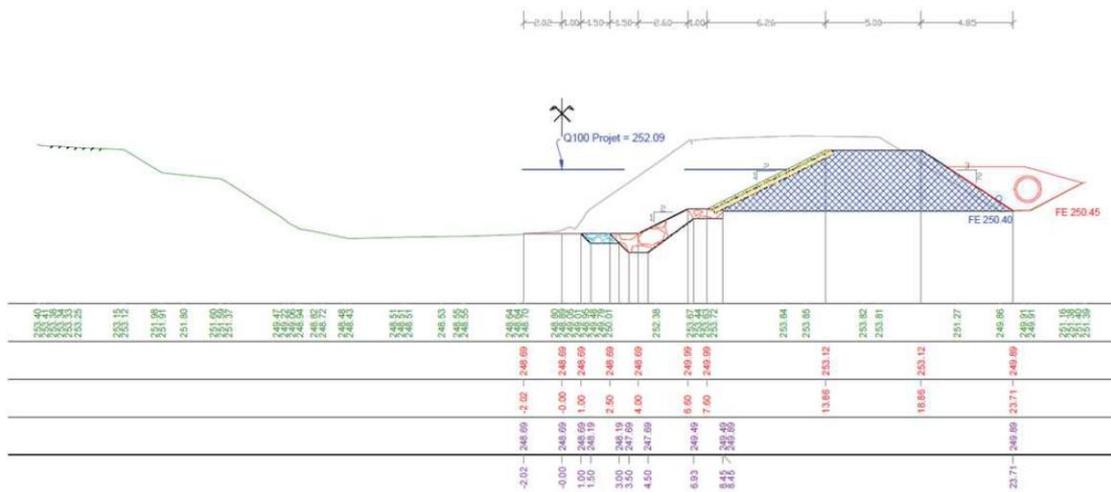


Figure 4 : Extrait du profil en travers RD97 (doc 308B LOT2 IER PT – TC1 P88 P110)

Figure 29 : Coupe en travers des reprises de digue en RD (Alpes, Rapport G3 - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE PROFIL P97 NT3-A1410059B)

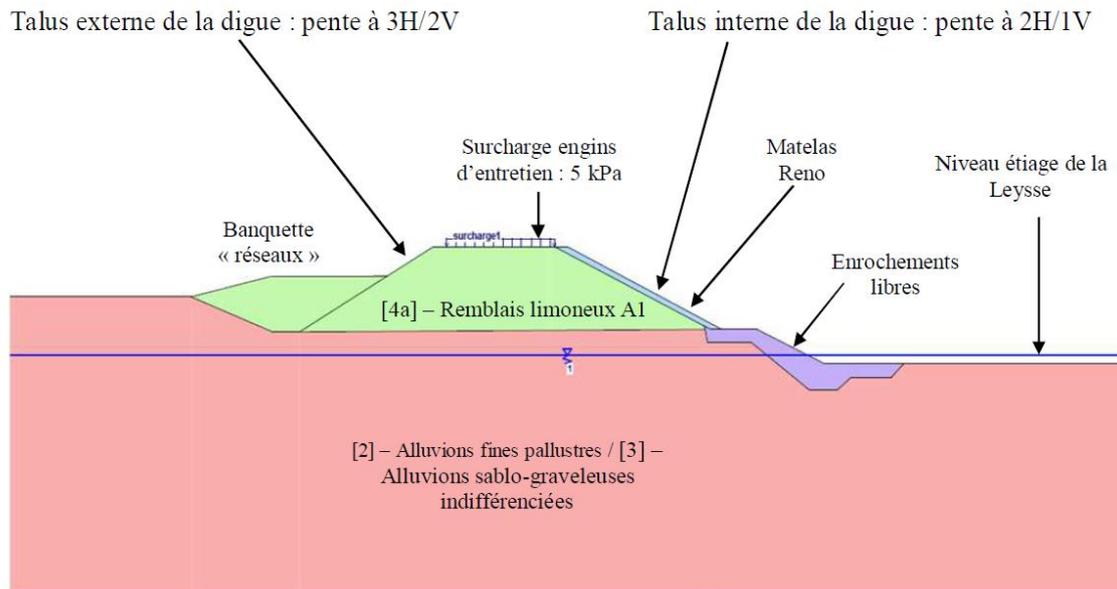


Figure 5 : Profil de calculs situation durable de la digue Rive droite

Figure 30 : Coupe en travers justification stabilité (Alpes, Mission G3 pour Famy NT2 A1410059B - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE ENTRE LES PROFILS P107 ET P110)

Le SE 2.2 amont se raccorde au SE 2.2 aval dans la continuité sous le pont de l'A41. Côté amont le SE 2.2 se raccorde au terrain naturel « en sifflet ».



Figure 31 : Raccordement du SE 2.2 amont au TN

### 5.2.3 Ouvrage annexe : Clapet

Un ouvrage d'alimentation d'un bras de décharge a été réalisé en aval du pont Tremblay (entre les systèmes SE2.2 et SE2.3), l'objectif du bras étant de diminuer les débits dans la Leysse en aval, et ainsi mieux protéger la zone de Savoie Technolac. L'ouvrage est constitué de 2 vannes clapets déversant de 1.5 m de hauteur par 7.5 m de largeur. Les clapets initialement en position haute, s'abaissent automatiquement et progressivement à partir d'un débit de 280 m3/s dans la Leysse au pont du Tremblay afin de maintenir au maximum 240 m3/s dans la Leysse en aval du bras de décharge.

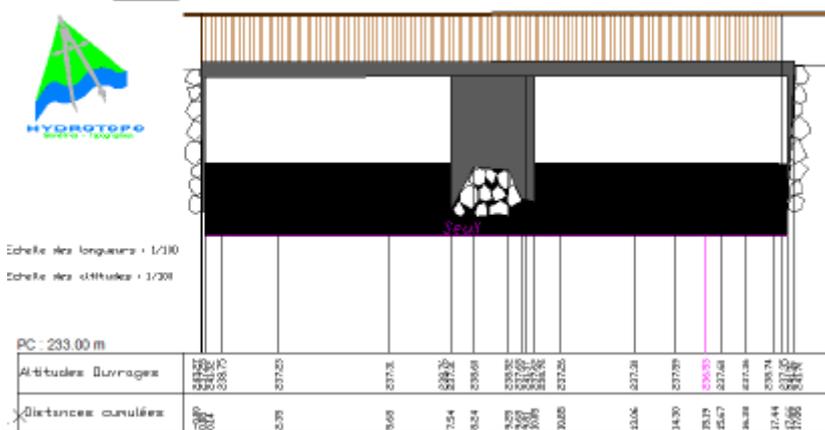


Figure 32: Photo et profil en travers topographique – Ouvrage d'alimentation du bras de décharge

Afin de répondre aux différentes situations pouvant se présenter lors de l'exploitation et la maintenance de cet équipement, plusieurs modes de fonctionnement sont prévus :

- En automatique

Dans ce mode de fonctionnement les manœuvres des vannes clapets sont réalisées automatiquement en fonction des consignes préalablement établies et des mesures de niveaux. L'ensemble de ces données sont intégrées par un automate programmable qui déclenche les ouvertures et fermetures des clapets.

Le fonctionnement des deux vannes clapets peut être simultané ou alterné avec un alignement automatique de leurs positions afin de conserver un écoulement uniforme sur tout le barrage.

Toute anomalie en crue et hors crue est notifiée au gestionnaire via des alertes SMS.

- En manuel

Dans ce mode de fonctionnement, les vannes clapets sont manœuvrées volontairement par un opérateur par l'intermédiaire de l'armoire de commande.

- En secours

En cas d'avarie sur le système de contrôle commande, il est possible d'abaisser les vannes clapets en libérant les vérins par action sur des robinets d'huile situés sur la centrale hydraulique.

- En sécurité anti-crue

En cas d'avarie sur le système de commande ou de régulation, le barrage est équipé de deux flotteurs anti-crue dont la fonction est d'abaisser les vannes clapets si le niveau amont est supérieur à une consigne préalablement définie et ceci sans intervention extérieure ni apport d'énergie.

- Répartition des débits

Le tableau ci-dessous présente la répartition des débits entre la Leysse et le Bras de décharge pour différentes périodes de retour de crue.

Débit de la Leysse amont	Débit dans le chenal de décharge (surverse seulement)	Débit de la Leysse aval
(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
110	0.5	110
160	11	149
190	18	172
230	30	200
260	39	221
280	45	235
300	45	255
340	45	295
370	45	325

Tableau 7 : Débitance de l'ouvrage de décharge par surverse seulement (avec hypothèse conservative)

### 5.2.4 SE 2.3

Digue en matériaux limoneux de 1.5 m à 2 m de hauteur, pour une largeur en crête moyenne de l'ordre de 3 à 4 m en moyenne.

Le raccordement au terrain naturel se fait par arrivée dans le Lac en partie aval et par connexion au remblai des clapets côté amont, l'ensemble ne présente pas de signe de dysfonctionnement.

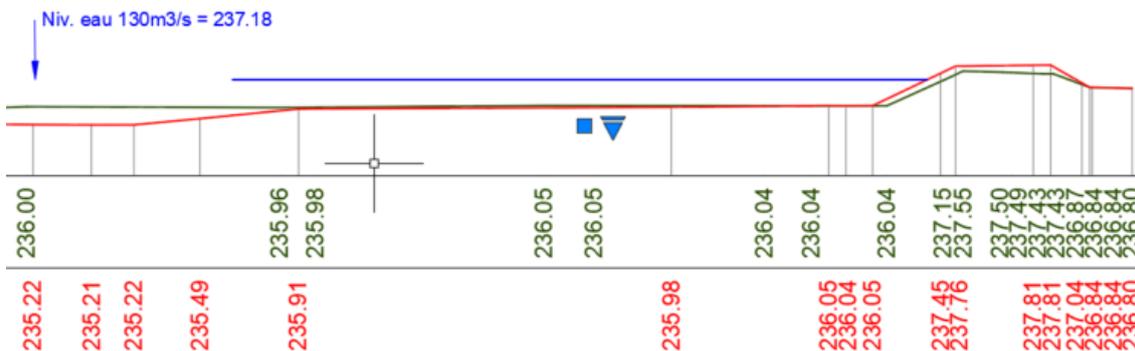


Figure 33: Profil CD49 Récolement FAMY 130 m3/s et revanche 73cm

Nota : Comme évoqué dans le chapitre précédent le mode de fonctionnement des clapets n'amène à alimenter le bras de décharge qu'avec des débits de l'ordre de 45 m3/s revenant soit une quasi-absence de mise en charge de la section présentée ci-dessus.

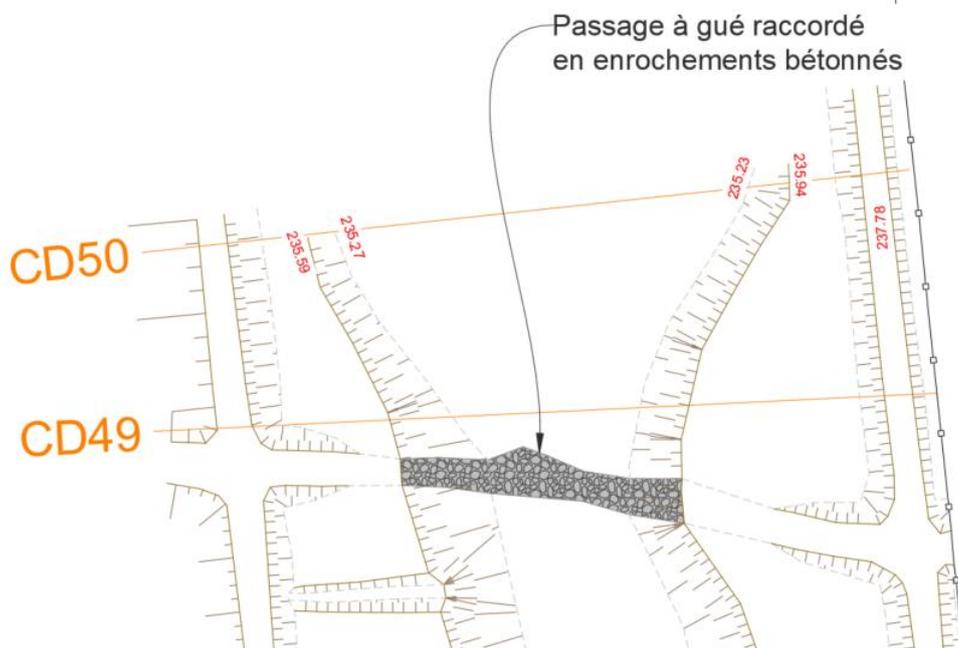


Figure 34: Vue en plan récolement FAMY partie aval du bras de décharge

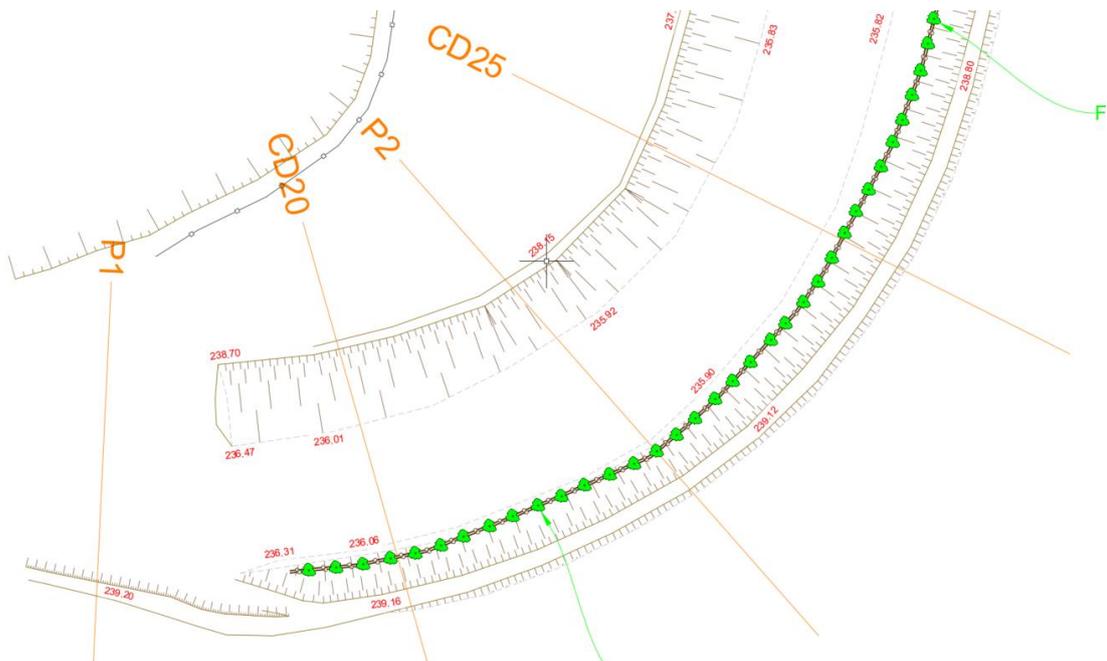


Figure 35: Vue en plan récolement FAMY partie amont du bras de décharge



Figure 36: Profil type de la digue du tronçon 2.3

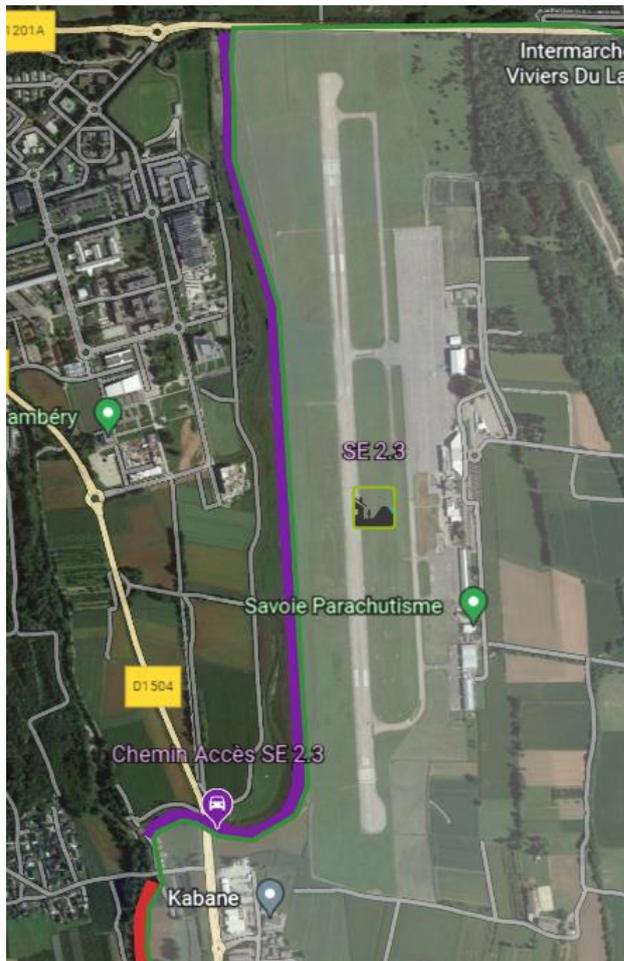


Figure 37: Vue en plan et chemin d'accès SE 2.3



Figure 38: Accès SE 2.3 – Absence de contrainte d'accès

Des réseaux de drainage béton traversants étaient présents dans le corps de digue mais ont été depuis déposés par le CISALB.

### 5.2.5 SE 2.4

Le SE 2.4 a fait l'objet d'une phase de travaux en 2019 consistant en la réalisation du déversoir des marquis.



Figure 39 : Déversoir des Marquis réalisé en 2019 et chemin d'accès par « chemin de pré-marquis »



Figure 40: Accès SE 2.4 via « chemin de pré-marquis »

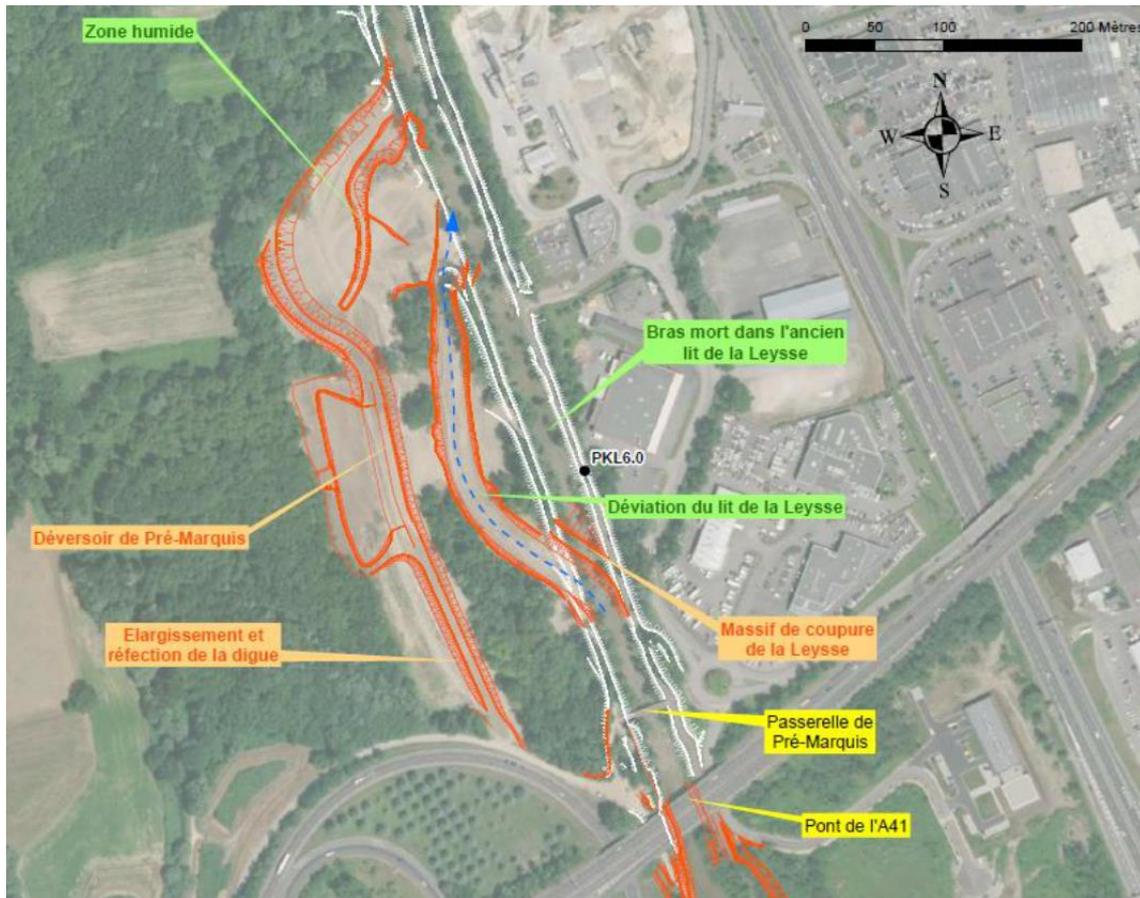


Figure 41 : Vue en plan de l'aménagement du déversoir du Pré-Marquis SE 2.4 (Alpes, Mission G3 - STABILITE DES DIGUES AU PROFIL P126, 2016)

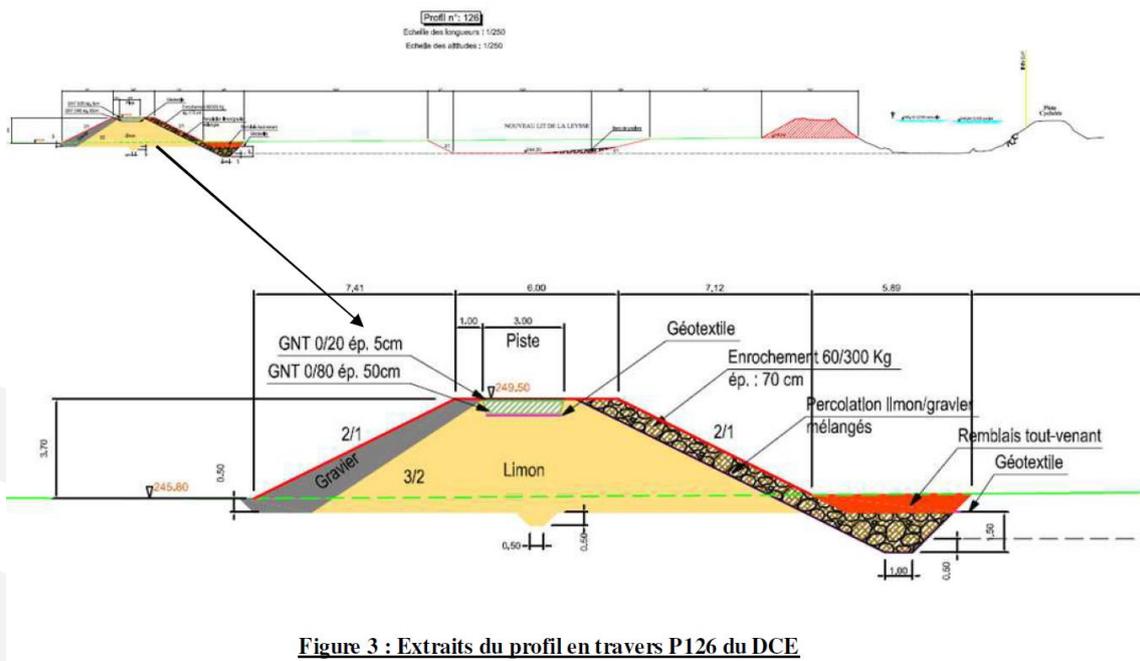


Figure 3 : Extraits du profil en travers P126 du DCE

Figure 42 : Coupe en travers DCE Modification SE 2.4 (Alpes, Mission G3 - STABILITE DES DIGUES AU PROFIL P126, 2016)

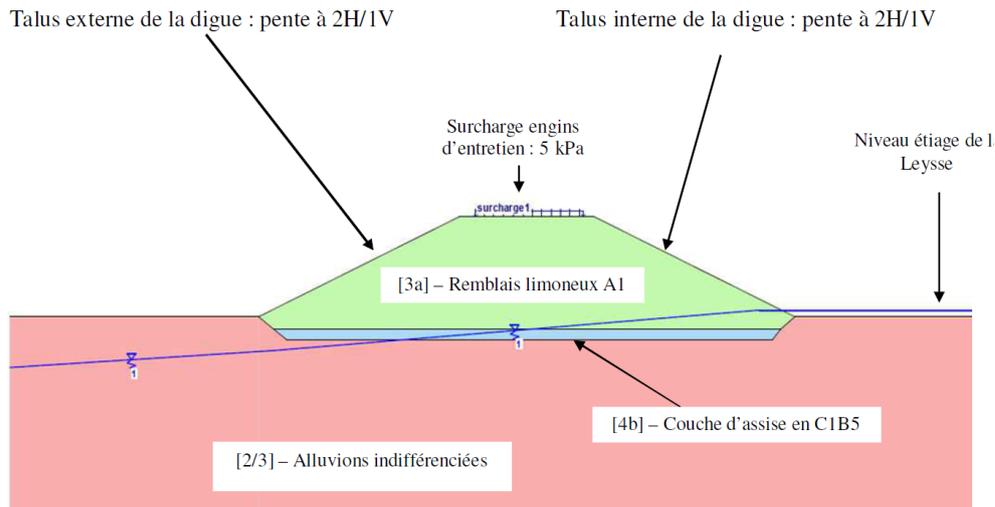


Figure 43 : Coupe en travers AVP déversoir

Le raccordement au terrain naturel se fait par arrivée dans le Lince en partie aval et par connexion au remblai des clapets côté amont, l'ensemble ne présente pas de signe de dysfonctionnement.

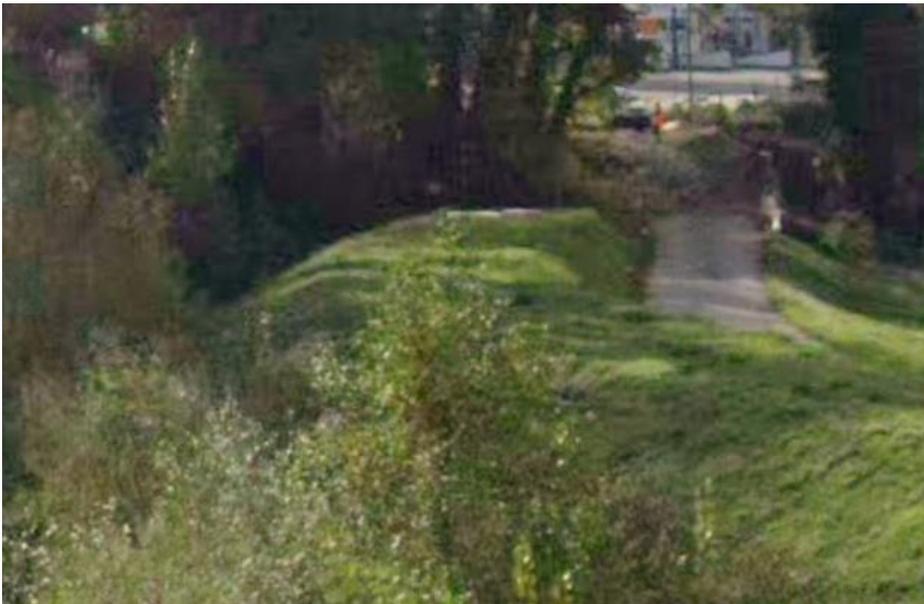


Figure 44 : Raccordement au terrain naturel en amont du SE 2.4

Un réseau enterré est présent longitudinalement dans le corps de digue du pont de l'Autoroute au Pk 5.6, au droit des travaux récents du déversoir de pré marquis. Ce réseau a été intégré dans la conception des travaux du SE2.2 amont, notamment du déversoir pré cité.

## 5.3 Ouvrages à construire ou à modifier

Ce sous-chapitre, en s'appuyant sur l'avant-projet des travaux de digues à construire ou à modifier (tel qu'il figure dans le dossier de demande d'autorisation) comporte :

- a) La description fonctionnelle des dispositifs de régulation des écoulements hydrauliques, y compris les canaux de dérivation, à créer ou des dispositifs existants qui font l'objet de modification ;
- b) La mise à jour des documents fournis au 5.1 reflétant la nouvelle configuration dans laquelle le système d'endiguement se trouvera une fois les travaux achevés ;
- c) Les mesures prises pendant la réalisation des travaux pour limiter les conséquences des crues ou des tempêtes pouvant survenir pendant les travaux.

### 5.3.1 Données d'entrée

La conception du projet s'appuie sur l'ensemble des diagnostics et études antérieures, à savoir :

- Etude d'Avant-Projet modificatif, Mission de maîtrise d'œuvre pour les travaux de protection contre les inondations et de restauration de la Leysse aval, notice référencée X.001085.001-DIGP 2020-680A, du groupement Suez/ CNR - Sépia et Tereo sous-traitants ;
- La note de calcul- stabilité confortement digues, référencé DIGP 2020-0470-01, de CNR, de mai 2020 ;
- L'étude géotechnique de conception – G2 PRO réalisé par le groupement KAENA / TECHNOSOL ;
- [DA1] Chambéry Métropole – Aménagement de la Leysse aval à Chambéry (73) – Notice avant-projet SE2.2 – CNR – DI-IEH 2016-512-02 ;
- [DA2] Chambéry Métropole – Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien – Etude de danger système d'endiguement SE2 – CNR – DI-ECS 2016-184-02 ;
- [DA3] SICEC – Renaturation de la Leysse et du ruisseau des marais en aval de l'autoroute A43 – Avant-Projet, Rapport technique – Biotec, Hydrolac, Malavoi – 03.103-AVP-101 – 2005 ;
- [DA4] Phase 1 du TRI « Réalisation des Prestations nécessaires à l'élaboration des cartes de surfaces inondables pour la cartographie des inondations dans le cadre de la directive inondation » – Hydrolac pour DDT Savoie – octobre 2013 ;
- BanqueHydro, station V1315020 « La Leysse à la Motte-Servolex (Pont du Tremblay), dernière consultation : août 2020 ;
- Chambéry Métropole – Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien – Etude Historique – Acthys diffusion, 2015. + Fonds d'archives associé, ;
- IGN – Photographies aérienne historiques ;
- Archives Départementales de la Savoie – Mapped originale (plan cadastral) de la commune de La Motte-Monfort.

Mais également :

- Les données topographiques :
  - DREAL – Levé Lidar du secteur de Chambéry – IMAO – 2013 ;
  - Chambéry Métropole – Cours d'eau de l'agglomération de Chambéry – Plan topographique – Rivière la Leysse – Pont de l'A43 au Pont du Tremblay, GEODE, 2015 ;
  - Chambéry Métropole – Levé topographique de la Leysse PKL6.015 à PKL0.01 – Hydrotopo – 2015 ;

- CISALB – Levé topographique par photogrammétrie, Rivière Leysse – Société VR3D-SAS – VR377 – 2020.
- Les données géotechniques et géophysiques :
  - Chambéry Métropole – Étude du système d'endiguement de la Leysse et de l'Hyères, Reconnaissances Géotechnique Digos 2.2 et 2.3 et 5 – Rapports d'étude Géotechniques Mission G1 – C.15.52066 – Hydrogéotechnique – 2016 ;
  - Chambéry Métropole – Auscultation des digues de la Leysse et de l'Hyères – Résultats des reconnaissances géophysiques, Système d'endiguement S2.2 et S5 – IMG – 15/G/038 – 2016.

### 5.3.2 Objectifs de sureté hydraulique

Les résultats des modélisations hydrauliques sur l'état actuel laissent apparaître un certain nombre de points de débordement pour la crue de projet, ce qui engendre un risque inacceptable concernant la digue rive droite (ouvrage classé B, SE2.2).

Afin de garantir une cohérence à l'échelle du bassin chambérien, le niveau de protection du projet exigé par le MOA pour la rive droite est le suivant :

**Niveau de protection homogène sur l'ensemble de la rive droite :  
Niveau de la ligne d'eau en crue de projet Q100 (\*) avec une revanche de 30 cm**

(\*) Débit de la Leysse au pont du Tremblay = 365 m<sup>3</sup>/s

Cette revanche de 30 cm est équivalente à l'ordre de grandeur de l'incertitude sur les niveaux en sortie du modèle hydraulique. En intégrant les sujétions liées au traitement de la crête de digue (couche de fondation de la piste cyclable notamment), d'ancrage supérieur des GSB (épaisseur de la couche de confinement), et la topographie, les caractéristiques suivantes ont été retenues, en concertation avec le maître d'ouvrage :

- Altimétrie de l'ouvrage fini équivalente au niveau de Q100 + 30 cm, ou supérieure lorsque cette altimétrie est supérieure à ce niveau dans l'état actuel ;
- Etanchéité des ouvrages portés jusqu'au niveau de Q100 sans revanche.

Pour les scénarios qui prévoient la réfection de l'endiguement rive gauche (SE5, classé D transformé en SE 2.4), il a été décidé en concertation avec le maître d'ouvrage de fixer le niveau suivant :

**Niveau de la crête de digue rive gauche :  
Niveau de la ligne d'eau en crue de projet Q100 (\*) sans revanche**

(\*) Débit de la Leysse au pont du Tremblay = 365 m<sup>3</sup>/s

Cette absence de revanche implique un risque de déversement lié aux incertitudes du modèle et aux phénomènes transitoires pouvant apparaître pour un débit inférieur à celui de Q100. Ce choix vise à assurer une sécurité supplémentaire de la digue rive droite en provoquant la rupture par déversement en rive gauche, plus précocement qu'en rive droite. En outre ce choix permet :

- De s'inscrire en cohérence avec les choix d'aménagement antérieurs d'une plaine agricole inondable mais protégée pour les faibles crues ( $Q < 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ;
- De protéger les terres agricoles des vitesses d'écoulement par déversement latéraux jusqu'à la crue de projet.

### 5.3.3 SE 2.2 aval

Le linéaire de la digue rive droite est décrit selon 5 tronçons qui présentent des caractéristiques particulières, de l'amont vers l'aval :

- À l'amont du PKL5.65 ; hors secteur d'étude (digue reprise dans le cadre des travaux d'aménagement de la confluence Leysse-Hyères à Chambéry).
- PKL5.65 à PKL5.40 – Secteur avec piste en crête de digue (chemin de la grande prairie) (250 ml) :
  - Morphologie assez régulière comparativement au reste du linéaire.
- PKL5.40 à PKL4.63 – Secteur sans piste en crête de digue, le long des secteurs boisés (760 ml) :
  - Morphologie très hétérogène,
  - Largeur importante à l'intérieur du coude de Villarcher, alternant avec des secteurs très étroits,
  - Présence d'un mur de soutènement (gabions puis béton).
- PKL4.63 à PKL3.90 – Secteur le long des terrains agricoles (730 ml) :
  - Digue assez étroite,
  - Plusieurs points bas.
- PKL3.90 à PKL3.74 – Amont de la confluence du ruisseau des marais (160 ml) :
  - Au droit de boisements,
  - Digue très étroite,
  - Nombreux points bas.

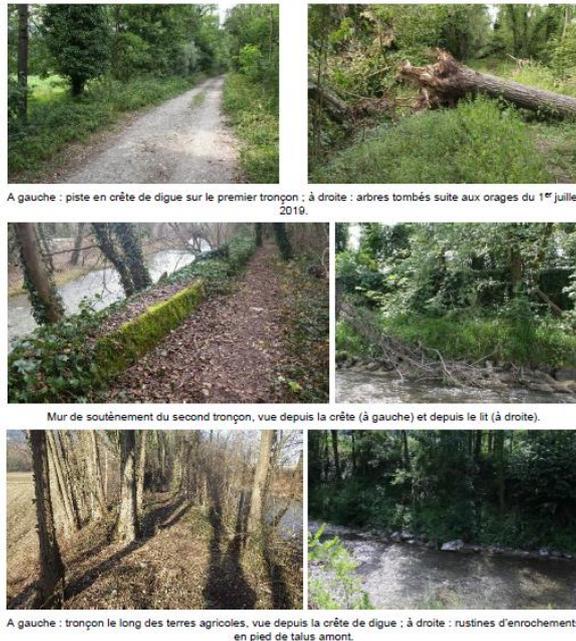


Figure 45: Photos SE 2.2 aval avant travaux



Figure 46: Vue en plan et chemin d'accès amont SE 2.2 aval

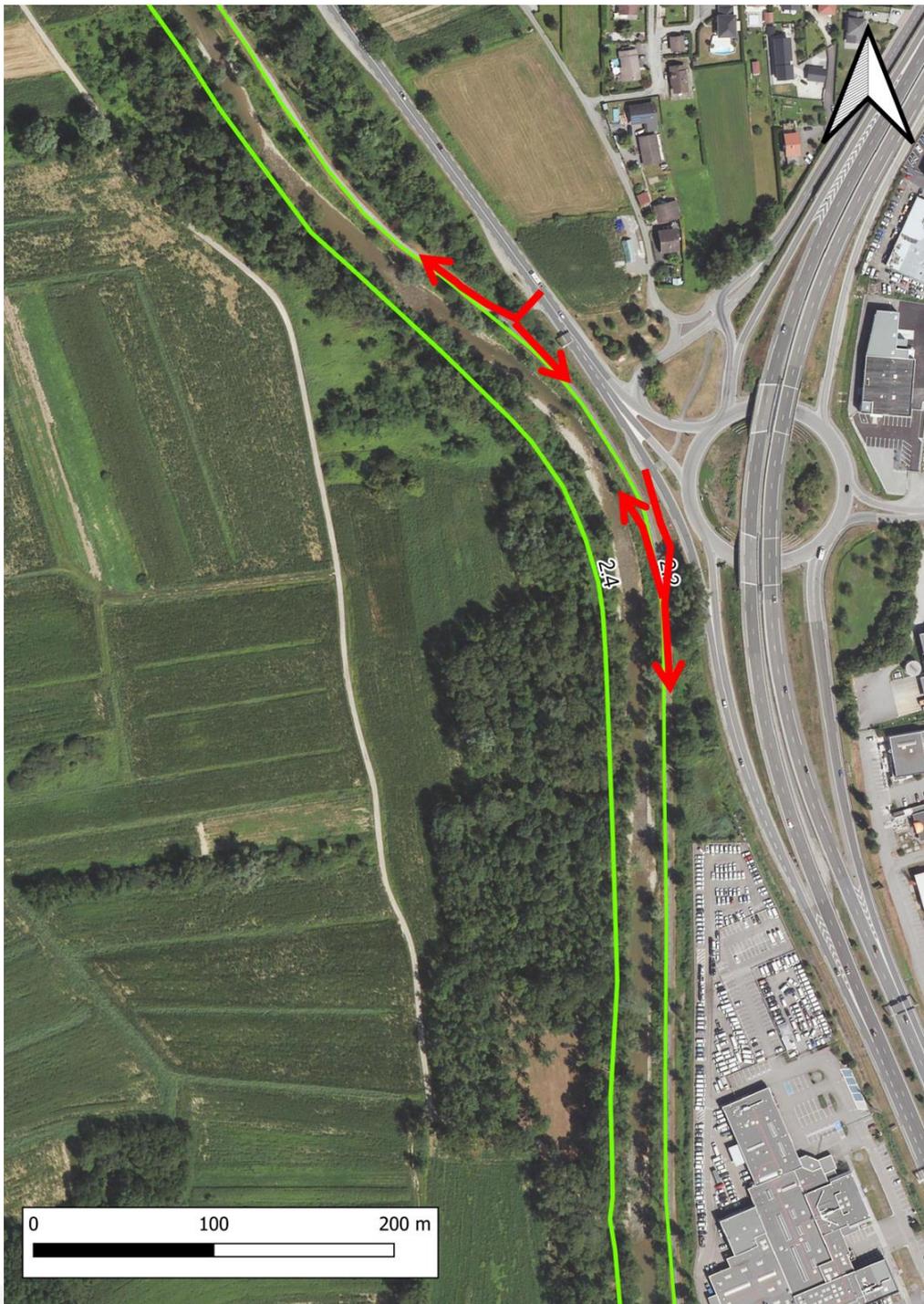


Figure 47: Vue en plan et chemin d'accès SE 2.2 aval

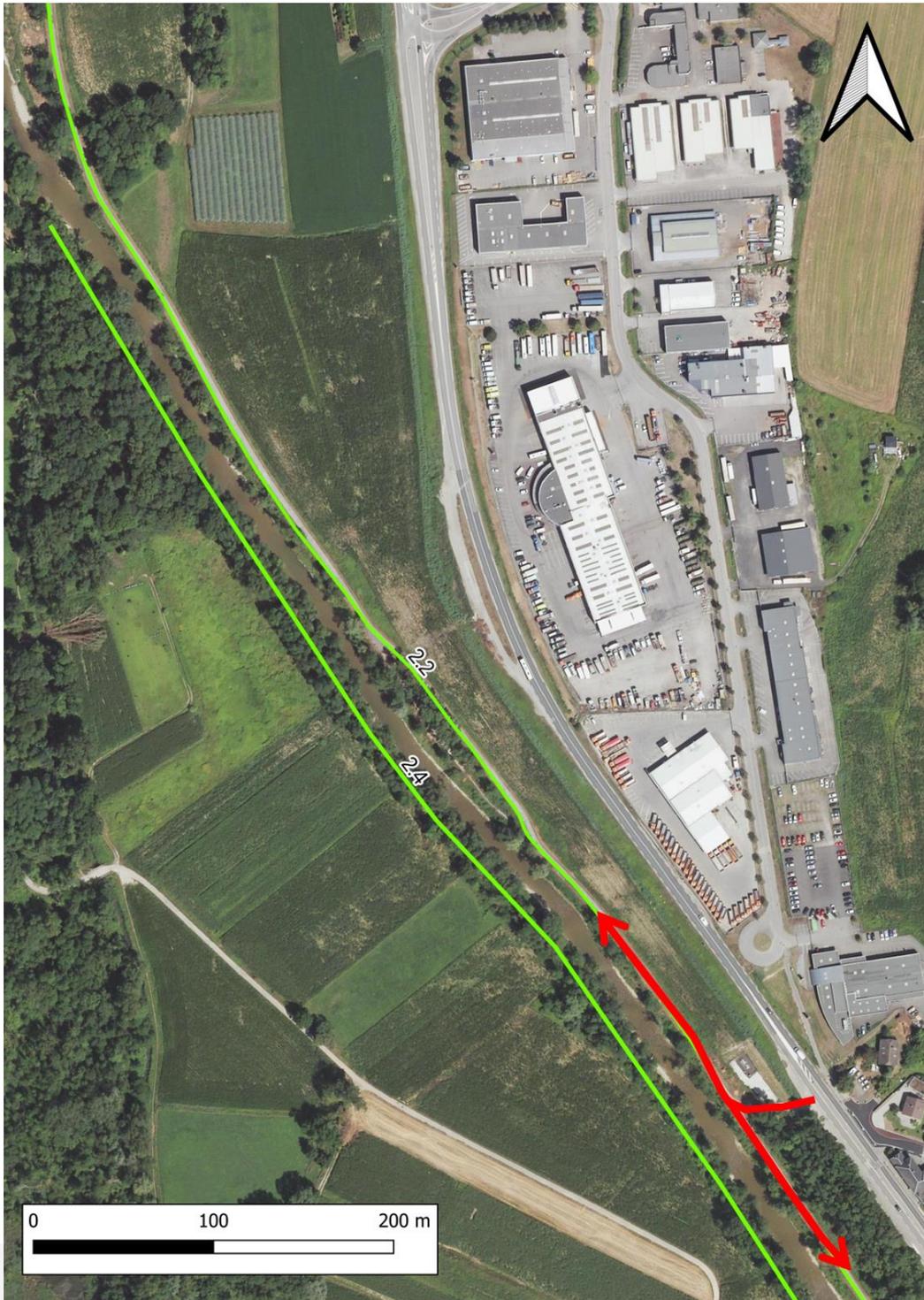


Figure 48: Vue en plan et chemin d'accès SE 2.2 aval

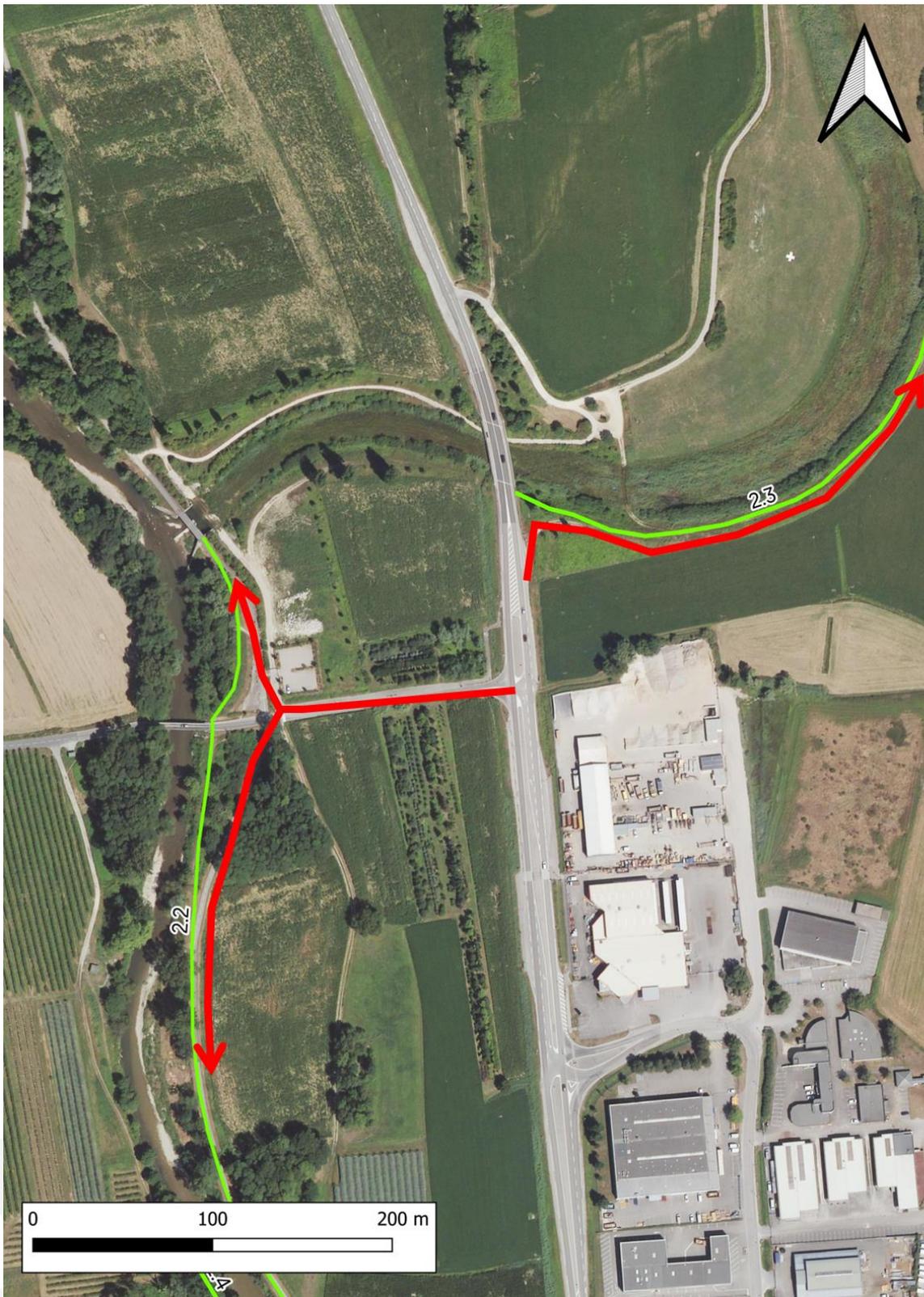


Figure 49: Vue en plan et chemin d'accès aval SE 2.2 aval et SE 2.3



Figure 50: chemin d'accès SE 2.2 aval depuis rond-point de Villarcher

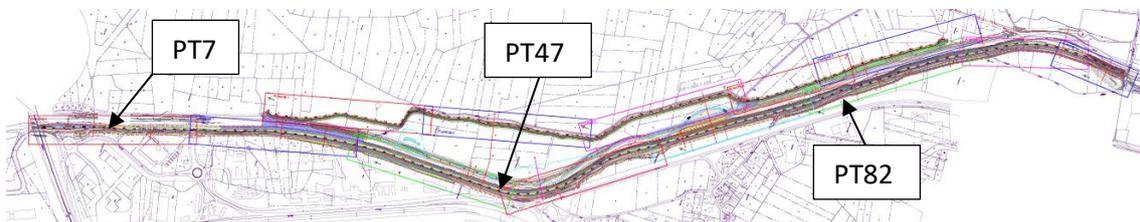


Figure 51: Vue en plan PRO et implantation des profils en travers

Détails de conception :

Du profil 7 au profil 65 la largeur de la digue est légèrement élargie mais les calculs montrent qu'elle nécessite qu'on mette en place une GSB sur la hauteur comprise entre la côte Q100 et le TN aval, cette hauteur sera minorée à 1m sur les secteurs où le delta est inférieur à 1m

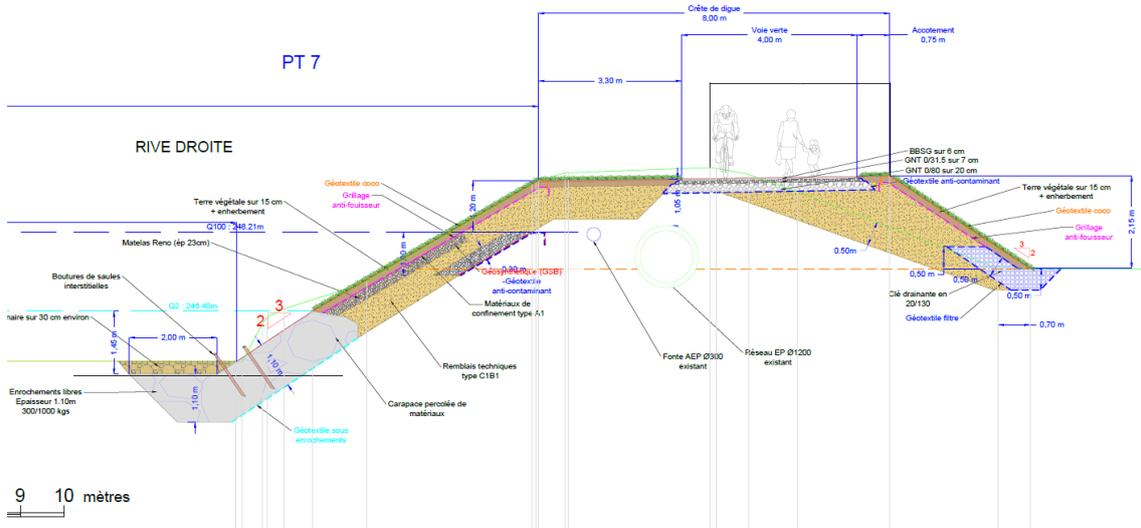


Figure 52: Coupe en travers PT 7

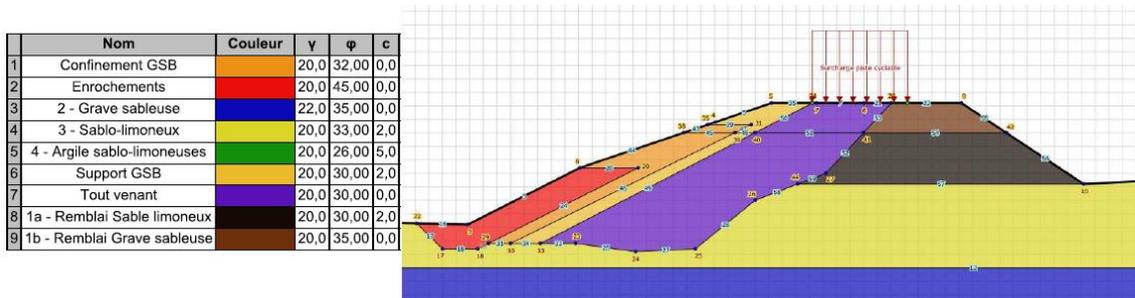


Figure 53: Coupe en travers 1 confortement RD (Technosol, Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE DROITE - AF 15.538-002, Sept 2022)

Sur le secteur de Jean Lain (pt47, 138ml), du fait d'un TN aval altimétriquement plus haut que la côte Q100, on ne met pas d'étanchéité et on comble totalement le fossé en pied de digue pour supprimer totalement l'effet digue

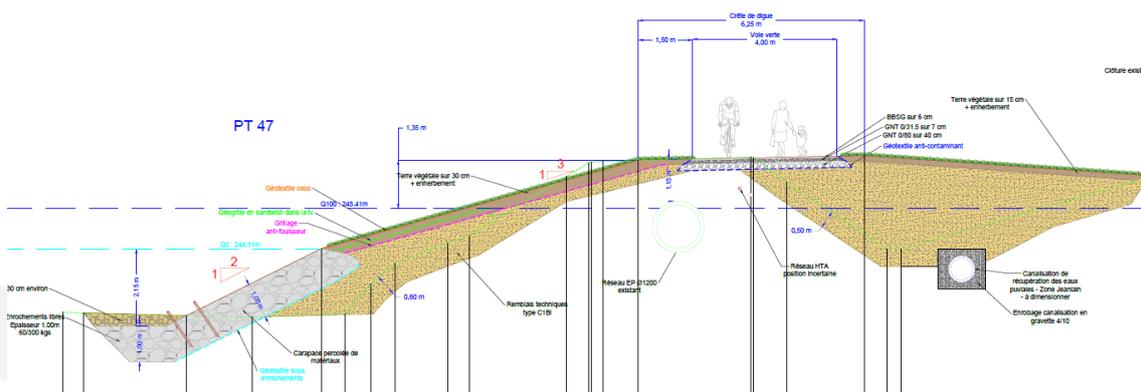


Figure 54: Coupe en travers PT 47

A l'aval de Villarcher, un élargissement de la digue avec massif drainant permet de s'affranchir de la présence d'une GSB.

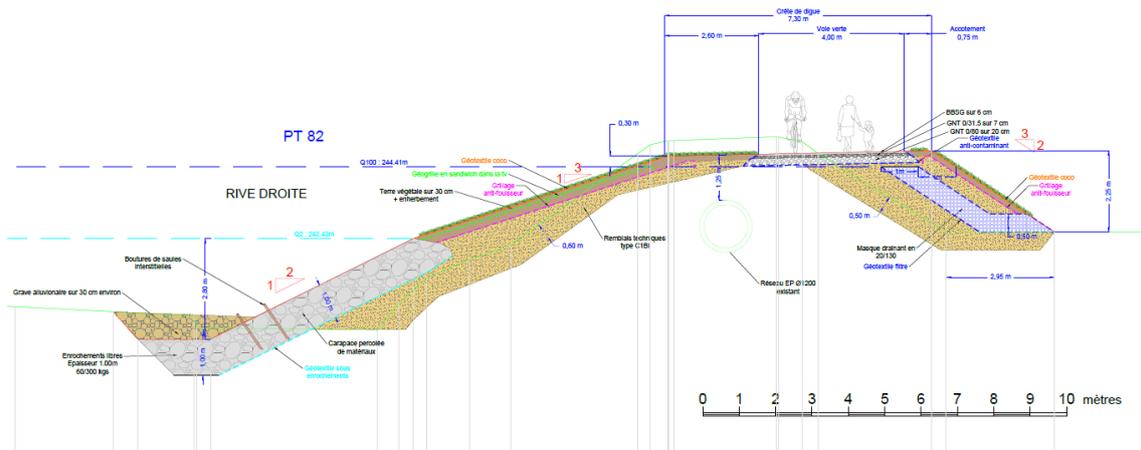


Figure 55: Coupe en travers PT 82

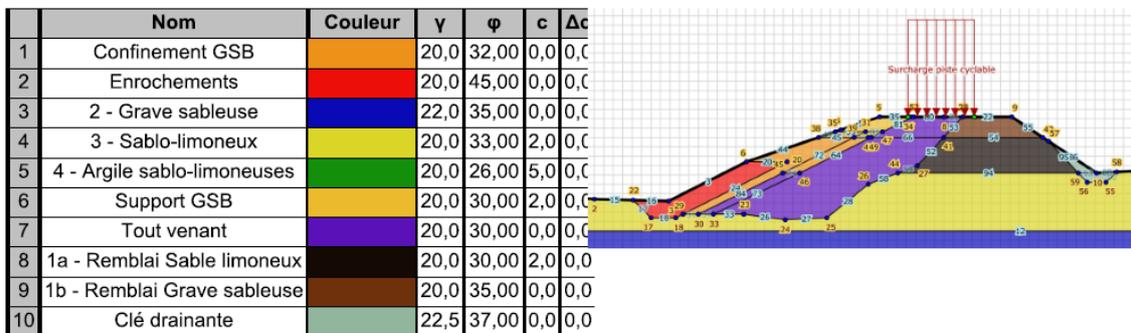


Figure 56: Coupe en travers 2 confortement RD (Technosol, Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE DROITE - AF 15.538-002, Sept 2022)

Le raccordement au TN à l'aval se fait au droit d'un remblai pour passerelle, la zone sera traitée.



Figure 57 : Coupe en travers justification stabilité (Alpes, Mission G3 pour Famy NT2 A1410059B - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE ENTRE LES PROFILS P107 ET P110)

Des réseaux sont présents sur le SE2.2 aval.

Ils sont repris dans le tableau ci-dessous :

P K	Ré se au lon git udi nal	R és ea u tr av er sa nt	C at é g or ie	T y p e	D ia m è tr e	Ec oul em ent	Ut ili sa ti on
4.4	-	Branche ment poteau incendie	RHF Réseau Hydrauli que Fermé	Cond uite d'eau		Gravitaire	Eau de Distributi on
4.2	-	Ø400 (certaine ment sous le lit de la rivière)	RTE Réseau de Télécom et d'Energi e	GDF	400		
4.1 à 7.5	B Ø1200m m	traversa nt au PKL 4.1	RHF Réseau Hydrauli que Fermé	Cond uite d'eau	1200	Gravitaire	Eau usée assainiss ement
5.8 à 7.3	FG300	semi traversa nt (talus aval) au PKL 5.8	Réseau Hydrauli que Fermé	Cond uite	300	Sous pression	Eau de distributi on
4.9 à 5.8	MT 3*240 + 25 alu	semi traversa nt (talus aval) au PKL 4.9	Réseau de Télécom et d'Energi e	EFT ligne EdF et/ou pTd	-	-	-
5.2 à 5.34	B Ø800	-	Réseau Hydrauli que Fermé	Cond uite	800	Gravitaire	Eau pluviale

Sur le secteur du SE 2, la Leysse est parcourue par des réseaux longitudinaux. Il s'agit principalement de réseaux de surface type télécom ou électrique, longitudinaux, de

faibles diamètres et non impactant pour la structure de la digue. Ces réseaux ne présentent pas de risque particulier pour la stabilité des ouvrages.

En revanche il est noté la présence d'un réseau d'eaux usées appelé aussi « émissaire », de diamètre 1200 mm, en béton armé, situé longitudinalement dans le corps de digue sur une grande partie de son linéaire.

Comme indiqué au 7.8.1, ce réseau fait l'objet de surveillance régulière de la part du service des eaux de la régie de Chambéry.

### 5.3.4 SE 2.4

Etat avant travaux

D'une manière générale, la largeur en crête des digues est de l'ordre de 4 à 5 m, pour une hauteur de l'ordre de 2 m à 4 m, à l'exception de l'extrémité aval où la largeur de digue est fortement réduite (parfois à moins de 1 m, avec quelques points bas). Absence de véritable ségonnal.



Figure 58: SE 2.4– secteur aval

Les travaux qui sont planifiés sur le SE 2.4 sont les suivants :

- Tronçon 1, du PKL5.680 au PKL5.645 (linéaire = 85 m)

La digue existante est décalée d'environ 6 m vers l'ouest afin de compenser l'emprise du confortement en rive droite sur la section hydraulique, tout en maintenant une section de contrôle afin de minimiser l'incidence sur les niveaux à l'amont et le fonctionnement du déversoir de Pré-Marquis. Sur ce tronçon seulement, la digue actuelle n'est pas intégralement déblayée ; la nouvelle digue est recrée par déblai du talus amont et épaulement du talus aval. Sur ce linéaire une protection en enrochement (300/1000 kg) du talus amont jusqu'au niveau de Q<sub>2</sub> est nécessaire (cf. § 5.4.3). La partie supérieure des talus est protégée par des matelas Réno entre les niveaux du Q<sub>2</sub> et Q<sub>10</sub>.

A l'amont, la nouvelle digue vient se raccorder sur la digue aménagée dans le cadre des travaux de la tranche 2 de la confluence Leysse-Hyères. En altimétrie, le raccordement avec cet ouvrage positionné à Q<sub>100</sub>+30 cm, s'effectue avec une pente de 5% sur 10 m.

Sur ce secteur la piste agricole (chemin de Pré Marquis) est maintenue en crête de l'ouvrage.

- Tronçon 2, du PKL5.645 au PKL5.330 (linéaire = 320 m)

La nouvelle digue est recrée en arrière des boisements présents en pied de la digue actuelle, soit 10 à 40 m à l'ouest de la digue actuelle sur l'amont, puis 120 m sur la partie aval.

Sur ce secteur la piste agricole (chemin de Pré-Marquis) est maintenue en crête de l'ouvrage, avant de quitter la digue via une rampe côté aval aménagée au bout du tronçon.

- Tronçon 3, du PKL5.330 au PKL4.630 (linéaire = 640 m)

La nouvelle digue est accolée à la piste agricole existante (chemin de Pré-Marquis), soit 30 à 130 m derrière la digue actuelle, avant de rapprocher du lit de la Leysse. L'usage de cette dernière est maintenu en pied du talus aval.

Une rampe d'accès au lit de la Leysse est à prévoir côté talus amont.

- Tronçon 4, du PKL4.630 au PKL3.900 (linéaire = 730 m)

La nouvelle digue est recréée en arrière immédiat de la digue actuelle démantelée. Elle se termine par une aire de retournement. Une géogrille tridimensionnelle sera mise en œuvre sur le talus amont sur ce secteur.

Une rampe d'accès est prévue côté aval aux environs du PK430.

- Tronçon 5, du PKL3.900 au PKL3.740 (linéaire = 160 m)

Sur ce linéaire, à l'amont de la confluence du ruisseau des marais, la digue actuelle est déposée sans réfection d'une nouvelle digue.

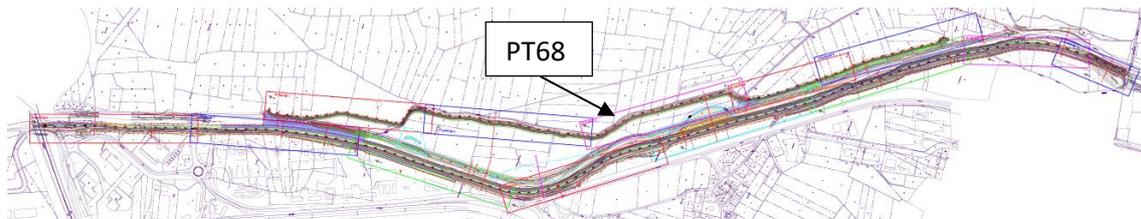


Figure 59: Vue en plan PRO et implantation des profils en travers

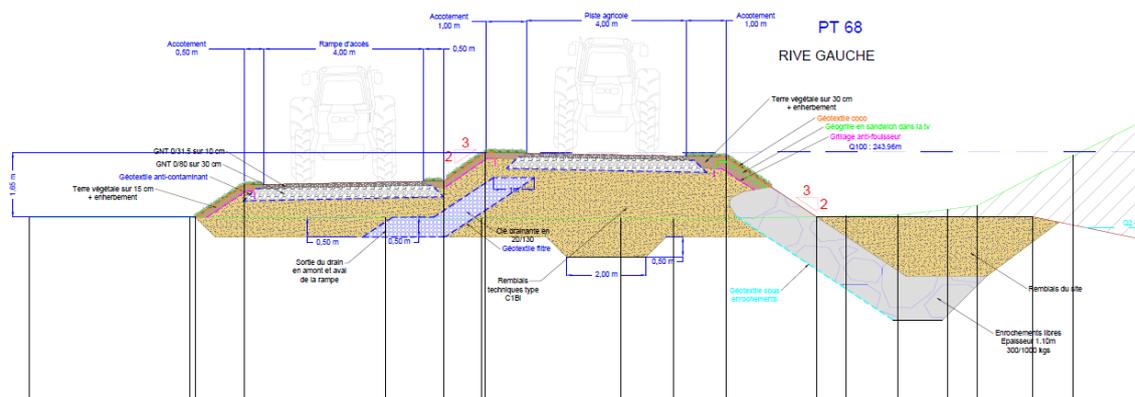


Figure 60: SE 2.4 déversoir de pré Marquis

	Nom	Couleur	$\gamma$	$\phi$	c
1	Confinement GSB		20,0	32,00	0,1
2	Enrochements		20,0	45,00	0,0
3	2 - Grave sableuse		22,0	35,00	0,0
4	3 - Sablo-limoneux		20,0	33,00	2,0
5	4 - Argile sablo-limoneuses		20,0	26,00	5,0
6	Support GSB		20,0	30,00	2,0
7	Tout venant		20,0	30,00	0,0
8	1a - Remblai Sable limoneux		20,0	30,00	2,0
9	1b - Remblai Grave sableuse		20,0	35,00	0,0
10	GNT ciment		21,0	35,00	150,0
11	GNT 0/63		21,0	35,00	0,0

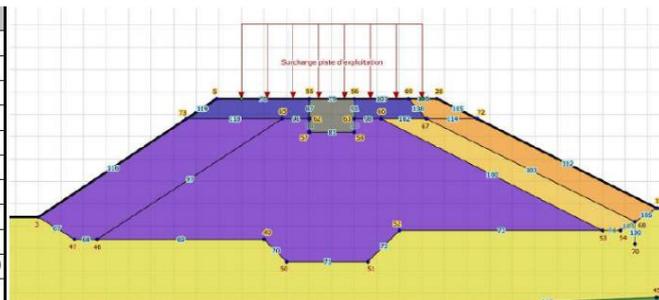
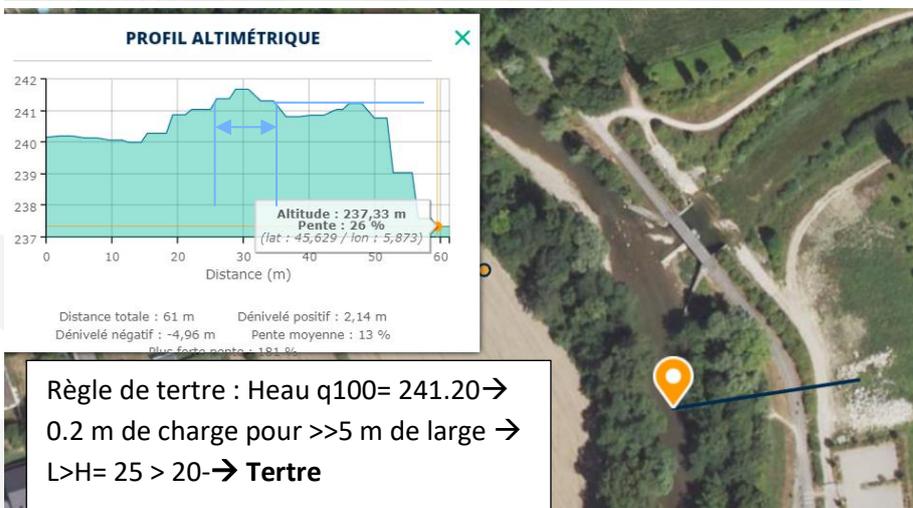


Figure 61: SE 2.4 Coupe 5 (Technosol, Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE GAUCHE - AF 15.538-003)

## 5.4 Description des raccordements entre les tronçons homogènes et des raccordements avec les éléments naturels

	Raccordement amont	Raccordement aval
SE 2.1	Berge	Berge
SE 2.2 amont	Berge	SE 2.2 aval
SE 2.2 aval	SE 2.2 amont	Remblai routier et terre
SE 2.3	Remblai routier et terre	Berge du lac
SE 2.4	Berge	Berge



### Conditions de transformation d'une digue en tertre

Un tertre artificiel, adossé à une levée existante, devrait être initialement dimensionné et conçu de façon à résister aux principaux mécanismes de dégradation ou de rupture des digues.

Pour l'érosion interne, l'adoption d'une largeur suffisamment grande de l'ensemble « digue + tertre » permet de ramener le gradient hydraulique en crue à un niveau suffisamment faible pour que la probabilité de brèche y devienne extrêmement faible. À titre d'exemple et quelle que soit la nature de la fondation, une largeur d'une centaine de mètres pour une levée de 5 mètres de hauteur confère à l'aménagement « digue + tertre » un gradient hydraulique inférieur à 0,05 lorsque le niveau d'eau du fleuve tangente la crête de digue ; c'est-à-dire de l'ordre de la moitié du gradient auquel même les sables très fins - fortement érodables - résistent.

Figure 62 : extrait de "Les tertres dans les systèmes d'endiguement de la Loire" 2019 (S. Patouillard, 2019) permettant de définir la notion de « tertre » en fonction du gradient hydraulique

A l'amont, la nouvelle digue du SE 2.4 vient se raccorder sur la digue aménagée dans le cadre des travaux de la tranche 2 de la confluence Leysse-Hyères. En altimétrie, le raccordement avec cet ouvrage positionné à Q<sub>100</sub>+30 cm, s'effectue avec une pente de 5% sur 10 m.

## 5.5 Description fonctionnelle du système d'endiguement

Ce sous-chapitre comporte une étude hydraulique des écoulements qui se produisent, en tenant compte du système d'endiguement, autour de la zone protégée sans y pénétrer jusqu'au niveau de protection.

Pour des systèmes d'endiguement très étendus, elle intègre les différents niveaux de protection qui sont définis pour les différentes parties de la zone protégée.

Les tableaux ci-dessous présentent les différents composants du système d'endiguement associés à leurs fonctions structurelles :

Tableau 8 : Analyse fonctionnelle interne du système d'endiguement – Granularité 1

Système	Fonction principale	Fonction technique
SE2	Protection des zones protégées	Assurer la réalisation de la fonction principale et la durabilité du système

Tableau 9 : Analyse fonctionnelle interne du système d'endiguement – Granularité 2 - Fonctions structurelles des constitutifs du système d'endiguement

Système d'endiguement	Fonction techniques hydrauliques*
SE 2.1	Empêcher l'entrée d'eau dans le val jusqu'au niveau de protection correspondant à une occurrence de crue Q100
SE 2.2 amont	Empêcher l'entrée d'eau dans le val jusqu'au niveau de protection correspondant à une occurrence de crue Q100

SE 2.2 aval	Empêcher l'entrée d'eau dans le val jusqu'au niveau de protection correspondant à une occurrence de crue Q100
SE 2.3	Empêcher l'entrée d'eau dans le val jusqu'au niveau de protection correspondant à une occurrence de crue Q100
SE 2.4	Empêcher l'entrée d'eau dans le val jusqu'au niveau de protection correspondant à une occurrence de crue Q15
	Permettre l'inondation maîtrisée de la plaine entre Q15 et Q100
	Décharger les digues rive droite par rupture des digues du SE 2.4 pour Q100
Prise d'eau du bras de décharge	Empêcher l'entrée d'eau dans le bras de décharge jusqu'au niveau atteint par une occurrence de crue estimative Q2
	Réguler le passage d'une partie du débit des écoulements de la Leysse en crue dans le bras de décharge selon un fonctionnement défini.

\*Les occurrences de crues sont celles de la Leysse amont

## 5.6 Analyse fonctionnelle interne de l'ouvrage

Tableau 10 : Analyse fonctionnelle interne du système d'endiguement – Granularité 3 - Fonctions structurelles des constitutifs du système d'endiguement

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
2.1	Corps de digue et berges de la Leysse	Remblai en matériaux granulaires	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Etanchéité</b> : Limiter les écoulements en travers de la digue</p> <p><b>Autofiltration</b> : Empêcher la migration des particules</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
		Parement côté cours d'eau en enrochements déversés	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le corps de digue</p> <p><b>Stabiliser</b> le parement côté cours d'eau</p>
		Couronnement végétalisé	<p><b>Assurer</b> une revanche</p> <p><b>Résister</b> aux agressions liées à la pluviométrie</p> <p><b>Permettre</b> le passage du gestionnaire dans le cadre de la surveillance des ouvrages</p>

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
		Protection du pied de berge en enrochements	<b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le pied de digue des affouillements
		Parement côté zone protégée en terre + herbe	<b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue <b>Assurer</b> un dénivelé avec le terrain naturel
	Fondation	Matériaux de fondation	<b>Transmettre</b> les efforts de la digue au sol <b>Servir</b> de support à la digue <b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques et hydrauliques internes <b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme
	Réseaux traversants (non concerné)	-	-

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
2.2 amont	Corps de digue et berges de la Leysse	Remblai en matériaux granulaires	<b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue <b>Etanchéité</b> : Limiter les écoulements en travers de la digue <b>Autofiltration</b> : Empêcher la migration des particules <b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme
		Parement côté cours d'eau en matelas Réno / Enrochements bétonnés	<b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le corps de digue <b>Stabiliser</b> le parement côté cours d'eau
		Couronnement végétalisé	<b>Assurer</b> une revanche <b>Résister</b> aux agressions liées à la pluviométrie <b>Permettre</b> le passage du gestionnaire dans le cadre de la surveillance des ouvrages
		Protection du pied de berge en enrochements	<b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
			le pied de digue des affouillements
		Parement côté zone protégée en terre + herbe	<b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue <b>Assurer</b> un dénivelé avec le terrain naturel
	Fondation	Matériaux de fondation	<b>Transmettre</b> les efforts de la digue au sol <b>Servir</b> de support à la digue <b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques et hydrauliques internes <b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme
	Réseaux traversants (non concerné)	-	-

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
2.2 aval	Corps de digue et berges de la Leysse	Remblai en matériaux granulaires	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Etanchéité (gsb)</b> : Limiter les écoulements en travers de la digue</p> <p><b>Autofiltration</b> : Empêcher la migration des particules</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
		Parement côté cours d'eau en matelas Réno	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le corps de digue</p> <p><b>Stabiliser</b> le parement côté cours d'eau</p>
		Couronnement Piste cyclable	<p><b>Assurer</b> une revanche</p> <p><b>Résister</b> aux agressions liées à la pluviométrie</p> <p><b>Permettre</b> le passage du gestionnaire dans le cadre de la surveillance des ouvrages</p>
		Protection du pied de berge en enrochements	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le pied de digue des affouillements</p>
		Parement côté zone protégée en terre + herbe Massif Drainant	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Assurer</b> le drainage des eaux d'infiltration</p>
	Fondation	Matériaux de fondation	<p><b>Transmettre</b> les efforts de la digue au sol</p> <p><b>Servir</b> de support à la digue</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques et hydrauliques internes</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
	Réseaux traversants (non concerné)	-	-

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
Prise d'eau du bras de décharge	Génie civil	Radier béton	<b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques liées aux écoulements à travers l'ouvrage de prise d'eau <b>Soutenir</b> les équipements mobiles (clapets)
		Murs/Bajoyers	<b>Contenir</b> les écoulements pour les rediriger vers le bras de décharge <b>Assurer</b> une revanche <b>Soutenir</b> les équipements mobiles (clapets)
		Pile intermédiaire	<b>Soutenir</b> la passerelle <b>Répartir</b> en 2 passes via 2 clapets les écoulements à travers la prise d'eau <b>Soutenir</b> les équipements mobiles (clapets)
		Passerelle mixte bois/métal	<b>Permettre</b> le passage des usagers (piétons et cyclistes) au-dessus de la prise d'eau
		Remblais	<b>Soutenir</b> les bajoyers
	Organes hydromécaniques	Clapets	<b>Alimenter</b> le bras de décharge
			<b>Réduire</b> les écoulements dans la Leysse en redirigeant dans le bras de décharge une partie de ces derniers
			<b>Réguler et contrôler</b> le débit se déversant dans le bras de décharge
	Fondations	Matériau de fondations de l'ouvrage de prise d'eau	<b>Transmettre</b> les efforts de l'ouvrage au sol <b>Servir</b> de support à l'ouvrage <b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques <b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
2.3	Corps de digue et berges du bras de décharge	Remblai en matériaux limoneux	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Etanchéité</b> : Limiter les écoulements en travers de la digue</p> <p><b>Autofiltration</b> : Empêcher la migration des particules</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
		Parement côté cours d'eau végétalisés	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le corps de digue</p> <p><b>Stabiliser</b> le parement côté cours d'eau</p>
		Couronnement végétalisé	<p><b>Assurer</b> une revanche</p> <p><b>Résister</b> aux agressions liées à la pluviométrie</p> <p><b>Permettre</b> le passage du gestionnaire dans le cadre de la surveillance des ouvrages</p>
		Protection du pied de berge en enrochements	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le pied de digue des affouillements</p>
		Parement côté zone protégée en terre + herbe	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Assurer</b> un dénivelé avec le terrain naturel</p>
	Fondation	Matériaux de fondation	<p><b>Transmettre</b> les efforts de la digue au sol</p> <p><b>Servir</b> de support à la digue</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques et hydrauliques internes</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
	Réseaux traversants (non concerné)	-	-

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
2.4 déversoir de pré marquis	Corps de digue et berges de la Leyse	Remblai en matériaux granulaires	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Etanchéité (gsb)</b> : Limiter les écoulements en travers de la digue</p> <p><b>Autofiltration</b> : Empêcher la migration des particules</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
		Parement côté cours d'eau en matelas Réno	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le corps de digue</p> <p><b>Stabiliser</b> le parement côté cours d'eau</p>
		Couronnement GNT	<p><b>Assurer</b> un déversement à Q15</p> <p><b>Résister</b> aux agressions liées à la pluviométrie</p> <p><b>Permettre</b> le passage du gestionnaire dans le cadre de la surveillance des ouvrages</p>
		Protection du pied de berge en enrochements	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le pied de digue des affouillements</p>
		Parement côté zone protégée en terre + herbe Massif Drainant	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Assurer</b> le drainage des eaux d'infiltration</p>
	Fondation	Matériaux de fondation	<p><b>Transmettre</b> les efforts de la digue au sol</p> <p><b>Servir</b> de support à la digue</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques et hydrauliques internes</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
	Réseaux traversants (non concerné)	-	-

Tronçon homogène	Composant	Sous-composant	Fonction des composants
2.4	Corps de digue et berges de la Leysse	Remblai en matériaux granulaires	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p> <p><b>Etanchéité (gsb)</b> : Limiter les écoulements en travers de la digue</p> <p><b>Autofiltration</b> : Empêcher la migration des particules</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
		Parement côté cours d'eau végétalisé	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le corps de digue</p> <p><b>Stabiliser</b> le parement côté cours d'eau</p>
		Couronnement Cheminement GNT	<p><b>Assurer</b> un déversement à Q100</p> <p><b>Résister</b> aux agressions liées à la pluviométrie</p> <p><b>Permettre</b> le passage du gestionnaire dans le cadre de la surveillance des ouvrages</p>
		Protection du pied de berge en enrochements	<p><b>Protection</b> : Résister à l'érosion externe pour protéger le pied de digue des affouillements</p>
		Parement côté zone protégée en terre + herbe	<p><b>Stabilité</b> : Assurer la stabilité mécanique de la digue</p>
	Fondation	Matériaux de fondation	<p><b>Transmettre</b> les efforts de la digue au sol</p> <p><b>Servir</b> de support à la digue</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques et hydrauliques internes</p> <p><b>Résister</b> aux sollicitations mécaniques induites par un séisme</p>
Réseaux traversants (non concerné)	-	-	-

## 5.7 Analyse fonctionnelle externe

Le but de cette méthode d'analyse est de représenter graphiquement l'interaction 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.

### 5.7.1 Milieux extérieurs

Ont été identifiés les milieux extérieurs suivants :

- ▷ Endiguements SE 6 ;
- ▷ Plaines des Landiers, Villarcher et Aéroport (Zone industrielle, Habitation, Voie Ferrée, VRU, piste cyclable) ;
- ▷ Leysse ;
- ▷ Maintenance et surveillance ;
- ▷ Environnement hydrogéologique

### 5.7.2 Sources d'agression

#### 5.7.2.1 Aléa Naturel

Le chapitre 4 décrit les aléas naturels qui sont les principaux facteurs agresseurs du SE.

#### 5.7.2.2 Réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement diamètre 1200 présent dans le SE 2.2 aval constitue une source d'agression potentielle.

Il est géré par le service des eaux de la ville de Chambéry qui réalise régulièrement des

#### 5.7.2.3 Accident routier

Le SE 2.1 longe une bretelle d'une nationale et peut être heurté par un poids lourd.

#### 5.7.2.4 Travaux de réseau

Des travaux « pirates » de mise en place de réseaux sur les digues sont parfois à l'origine de points de faiblesse.

## 6. RETOUR D'EXPERIENCE CONCERNANT LA ZONE PROTEGEE ET LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT

### 6.1 Liste et description des incidents et accidents survenus sur l'ouvrage

Sources :

- CISALB
- *Etude historique – Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien – Rapport principal, FIH par systèmes d'endiguement, note complémentaire et annexes – Acthys Diffusion pour Chambéry Métropole – Octobre 2015* (Diffusion, 2015)

#### 6.1.1 Données historiques sur le comportement hydraulique

##### Crues

L'étude historique a recensé 142 crues sur le système de digues S.2 depuis 1348 jusqu'à nos jours. Parmi ces crues, seize ont été mises en avant par rapport aux dégâts qu'elles ont générés sur le SE 2. Sur ces événements, les débits de pointe n'ont pu être retrouvés. Il est rappelé que les digues, dans leur configuration état initial avant travaux du Projet Leysses/Hyères, dateraient, d'après cette étude, de 1870 pour la plupart des secteurs, date à laquelle une série de redressements a été entreprise. Sur les secteurs ne faisant pas partie de ces travaux, les ouvrages dateraient de 1847. Des rectifications des ouvrages ont aussi été entreprises localement depuis ces dates pour conforter les ouvrages à la suite des brèches observées. Les dates des crues significatives sur le SE 2.2 sont :

29-30/12/1801	15-18/02/1812	25/11/1849	13/03/1867
01/11/1870	10-13/05/1877	25-26/09/1896	14-15/01/1899
02/12/1909	18-19/01/1910	07/12/1913	07-08/03/1914
23/12/1918	13-14/02/1928	19-20/02/1940	14-15/02/1990

Figure 63 : dates des crues significatives concernant le SE 2.

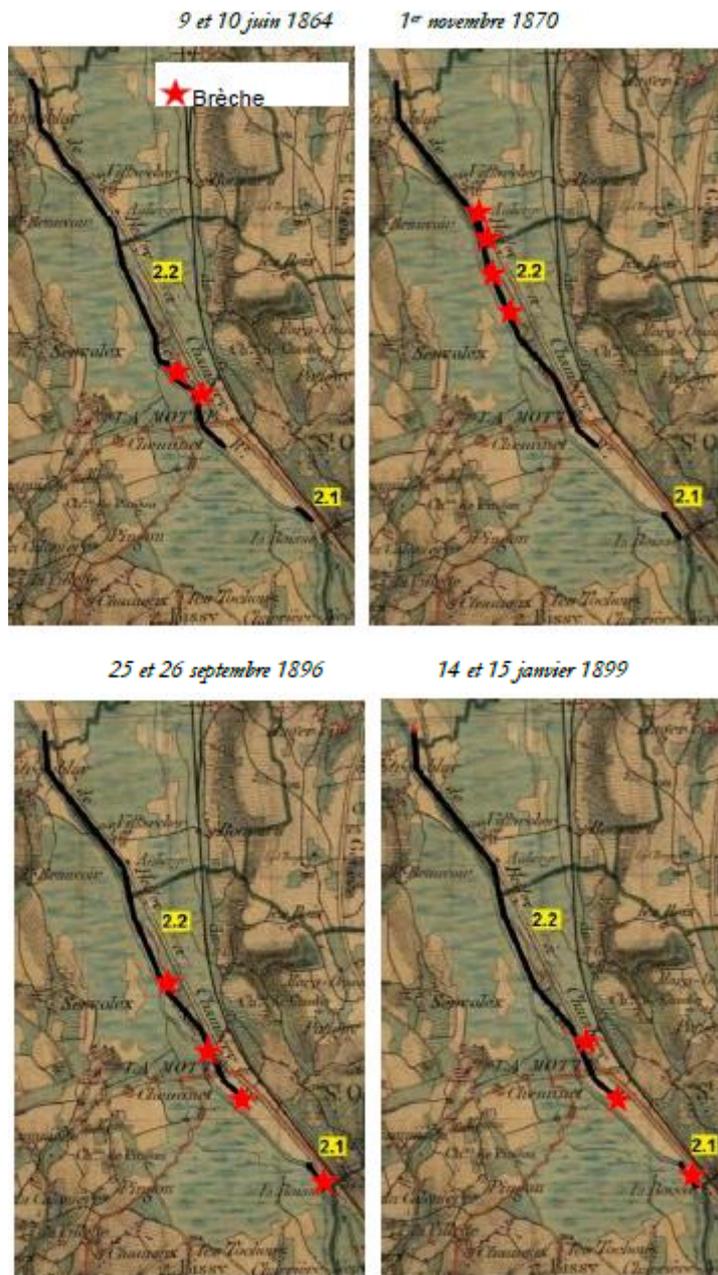
Dans cette liste ne figurent pas les crues de 1991 et 1992 car elles n'ont pas engendré de dégâts sur les ouvrages.

##### Brèches

Les différentes données récoltées sur les Fiches d'Information Historiques (FIH) de l'étude historique ont été traitées afin de recenser les brèches survenues sur le système de digue et plus particulièrement au droit de la zone d'étude. Au total, depuis 1847 (date d'apparition des endiguements) à nos jours, soit sur moins de 200 ans, **42 brèches** ont été recensées sur le système SE 2. Ces 42 brèches ont été dénombrées sur 30 crues parmi 89 crues recensées entre 1847 et nos jours. Les figures suivantes présentent la localisation des brèches (étoile rouge) sur le système SE 2 pour les crues significatives pour lesquelles des informations de localisation ont été retrouvées.

Les emplacements principaux des brèches sur ce système sont :

- En amont et en aval du pont de la Motte (correspondant au pont du CD 16 A actuel) ;
- Au droit de Villarcher, situé en aval du pont de l'A43 ;
- Au droit du pont du Tremblay.



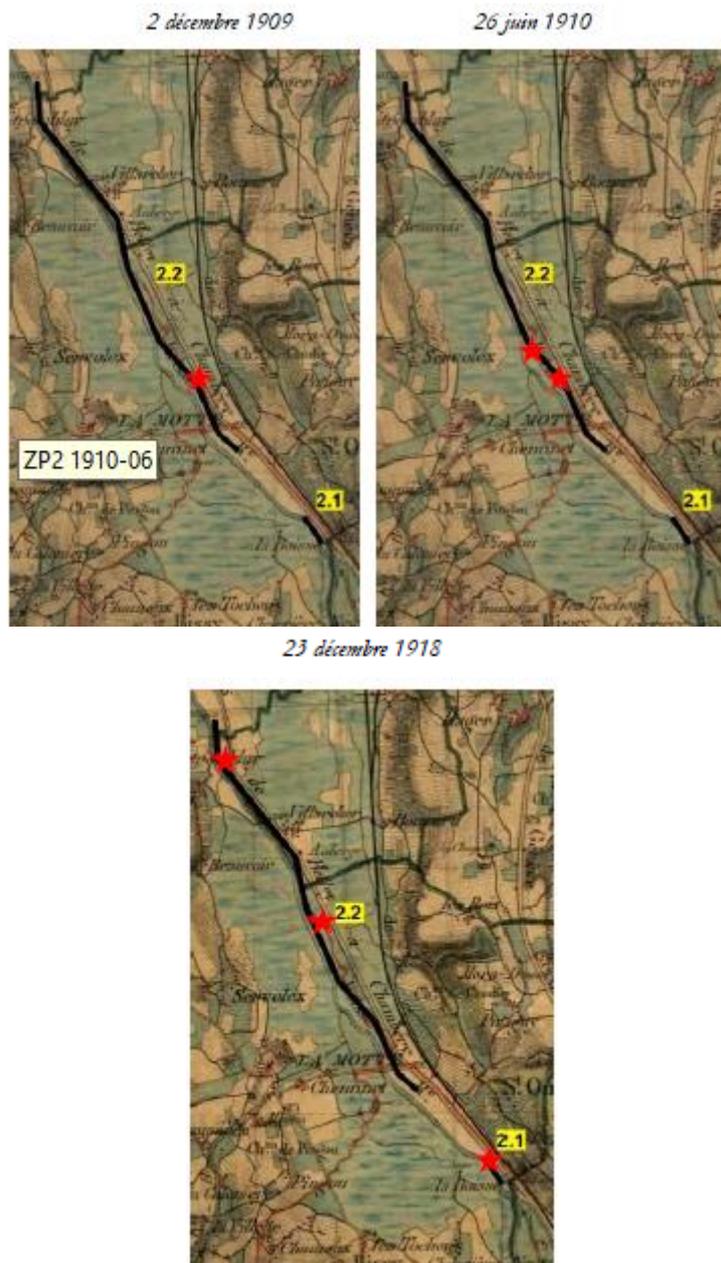


Figure 64: Brèches aux digues 2.1 et 2.2 lors des crues de 1864, 1870, 1896, 1899, 1909, 1910 et 1918 (Geoportail.gouv.fr. & ACTHYS)

## Conclusion

En conclusion, sur le secteur SE2, le linéaire total de brèches recensé est de 975 m. La largeur moyenne des brèches est entre 20 et 25 m. Les brèches sont souvent localisées aux mêmes endroits. Ceci peut s'expliquer par le méandrage de la Leysse mais surtout, sans doute, par l'hétérogénéité des réparations entreprises en urgence à la suite de l'apparition des brèches à la décrue voire en crue.

Les dégâts de ces ruptures sont multiples et plutôt d'ordre matériel :

- Coupures des voies de communications ;
- Ravinement et endommagements des voies de circulations ;
- Inondations des zones d'activités et habitations.

## 6.1.2 Autres Évènements particuliers survenus sur le site

Séismes survenus à proximité de la zone d'étude

Suivant les données du site France séismes, les séismes ressentis à proximité de la zone d'étude, depuis 20 ans, en Savoie, sont récapitulés dans le tableau suivant :

Date	Localisation épiscopentrale	Intensité épiscopentrale (MSK)	Autres départements touchés
03/02/1994	WNW Chambéry (départ.73)	3.6	Ain et Isère
28/08/1995	E Chambéry (départ.73)	3.3	
04/09/1995	WSW Albertville (départ.73)	4	
04/09/1995	WNW Albertville (départ.73)	3.8	Haute Savoie et Isère
15/05/1997	Sud Modane (départ.73)	3.9	
25/05/2003	Sud-Ouest de Modane (départ.73)	3.6	
12/06/2004	Séisme d'Albertville (départ.73)	3.2	Haute Savoie
10/04/2005	Nord-Ouest de Modane (départ.73)	3.4	
31/10/2005	Séisme d'Albertville (départ.73)	3.6	
17/02/2008	Séisme ENE Albertville (départ.73)	3.5	
30/06/2010	NE de Saint-Jean-de-Maurienne (départ.73)	4.3	
14/12/1994	ENE Annecy (départ.74)	4.6	Ain, Savoie, Drôme, Haute Savoie, Ardèche, Isère, Jura, Rhône
15/07/1996	NNW Annecy (départ.74)	5.2	Savoie, Drôme, Haute Savoie, Hautes Alpes, Isère, Jura, Loire, Rhône, Saône et Loire
08/09/2005	Séisme de Vallorcine (départ.74)	4.9	Ain, Doubs, Savoie, Drôme, Haute Savoie, Hautes Alpes, Ardèche, Isère, Territoire de Belfort, Haut Rhin, Côte d'Or, Rhône, Haute Saône, Saône et Loire

Figure 65: Plus forts séismes ressentis sur les départements Savoie et Haute Savoie depuis 1992

Aucun de ces séismes n'a affecté les digues.

## 6.2 Accidentologie générale des systèmes d'endiguement de Chambéry

Les données du présent chapitre proviennent des études de dangers des SE1, 2, 3, 4 et 5 réalisées par la CNR.

Au total 107 défaillances ont été recensées depuis 1707 sur 53 crues parmi 146 crues dénombrées, 100 défaillances sont relatives aux digues, 4 aux ponts et 3 aux seuils.

Toutes les défaillances sont liées à une crue. Pour environ 12% d'entre elles, les défaillances seraient consécutives à une surverse. Les 88 % des défaillances restantes seraient donc associés à une problématique d'érosion externe, d'érosion interne ou glissement. L'érosion externe pourrait être en cause sur environ 12% des cas. Le reste des incidents, soit environ 76%, serait dû à un phénomène d'érosion interne des digues ou à un glissement.

La fonction principale assurée par un endiguement est de retenir l'eau. La principale situation dangereuse pouvant conduire à la perte de cette fonction est a priori liée à la rupture de l'ouvrage par érosion interne (facteur prépondérant sur les digues en terre). Les causes principales sont l'apparition de phénomènes initiateurs comme les fuites, les fontis ou encore les dégradations de l'étanchéité.

Les autres situations dangereuses sont moins fréquentes mais sont liées à des phénomènes d'ampleur plus importante sur l'endiguement avec un risque de rupture si aucune intervention n'est réalisée :

- Le risque de rupture de l'ouvrage par glissement (une partie des 76 %) : les phénomènes identifiés sont des zones de dégradation du remblai (tassement, affaissement, affouillement, effondrement ou glissement) pour lesquels des travaux de rechargement ou d'injection ont été réalisés afin d'éviter que les phénomènes ne conduisent à une rupture par instabilité du remblai.
- Le risque de rupture de l'ouvrage en cas d'érosion externe (12%) : les causes identifiées sont l'effondrement d'une partie du talus amont ou aval (érosion du talus à la suite d'une décrue, un rejet non maîtrisé ou une chute d'arbre).
- Le risque de rupture par surverse (12%) dû à une crue d'occurrence supérieure à la crue de danger de l'ouvrage.

Les brèches représentent environ 71% des incidents survenus sur les digues chambériennes soit 76 défaillances sur les 100 défaillances relatives aux digues. Les autres défaillances survenues sur les digues sont des érosions ou des dégradations partielles n'entraînant pas de brèches.

La largeur des brèches varie entre 7 m (SE 4) et 76 m (SE 5). En moyenne, les largeurs de brèches varient entre 15 et 30 m.

Cela démontre que, d'une part les ouvrages ont une mauvaise stabilité mécanique et qu'ils sont conçus pour contenir les écoulements des crues de période de retour moyenne (surverse dans 12% des ruptures), et d'autre part, que la surveillance et l'auscultation des digues ainsi que les actions de réparations entreprises n'étaient pas suffisantes pour éviter la ruine des ouvrages.

L'analyse accidentologique des événements survenus sur les ouvrages des SE1, 2, 3, 4 et 5 confirme que les mécanismes et causes de rupture des ouvrages (érosion interne, externe, glissement), identifiés par l'accidentologie internationale, sont effectivement observés dans la vie des ouvrages chambériens.

Cette analyse met en évidence que ces mécanismes conduisent à une rupture de l'ouvrage puisque 76 brèches ont été recensées depuis ces 300 dernières années sur les 5 systèmes de digues Chambériennes.

D'une manière générale, les retours d'expérience mettent en évidence les points suivants :

- Les brèches font des dégâts importants, surtout matériels, aux voies de circulation et aux habitations ;
- Le cout des réparations des digues est conséquent ;
- Le risque lié à un mauvais confortement d'une brèche est important. Ce risque a été observé sur les digues Chambériennes, les brèches se produisant majoritairement aux mêmes endroits
- Les digues, dans la plupart des cas, ne sont pas résistantes à la surverse ;
- L'évaluation du risque d'érosion interne est complexe et encore difficile à évaluer surtout sur les digues de protection contre les inondations qui ne sont en charge que peu de jours par an ;

Un entretien régulier des digues allié à une gestion de la végétation raisonnée et une surveillance en crue limite le risque de rupture de l'ouvrage,

Plus précisément, sur les digues chambériennes, les brèches observées sont dues à une structure de digue qui n'était pas adéquate (érosion interne, perte de stabilité avant surverse) du fait :

- Soit à une construction d'ouvrage qui ne répondait pas aux règles de l'art ;
- Soit à des réparations réalisées rapidement en temps de crue ou très rapidement après ;
- Soit à un entretien et une surveillance qui ont fait défaut.

Une meilleure gestion du risque passe donc par :

- Des retours d'expérience entre gestionnaires de digues de protection ;

- L'établissement de diagnostics et une sectorisation des digues dangereuses ;
- La remise en état des ouvrages défectueux suivant un plan de gestion des risques inondation global et raisonné en intégrant la vulnérabilité des sites ;
- L'organisation d'actions d'entretien et de surveillance périodiques et efficaces.

## 6.3 Exemples connus d'incidents et d'accidents survenus sur des ouvrages de même type

Les digues de protection contre les inondations peuvent être un danger réel, à la fois pour les vies humaines et pour les activités économiques. Contrairement aux ruptures de barrage, le phénomène de rupture de digue est moins documenté. Quelques exemples de ruptures de digues du même type (matériaux de curage dans un contexte alpin) peuvent cependant illustrer ce danger. Le retour d'expérience porte particulièrement sur les trois exemples suivants :

- La crue de mai 2015 sur l'Isère ;
- Rupture de la digue en rive gauche à Domène (crue de 2005 sur le Domeynon) ;
- Accidentologie générale des digues composant les autres systèmes d'endiguement de Chambéry étudiée dans le cadre des études de dangers respectives.

### 6.3.1 La crue de mai 2015 sur l'Isère

*Référence : [www.isere-drac-romanche.fr](http://www.isere-drac-romanche.fr) et <http://www.irma-grenoble.com>*

#### 6.3.1.1 Contexte météorologique

L'épisode pluvieux marqué du vendredi 1<sup>er</sup> mai a provoqué une crue généralisée de l'Isère le lendemain.

Le jeudi 30 avril, le SPC – Service de Prévision des Crues – a diffusé un bulletin annonçant qu'une perturbation océanique très active était attendue en fin de nuit et toute la journée de vendredi sur les Alpes du Nord, en particulier sur le bassin de l'Arly. Elle devait être accompagnée d'un redoux marqué et de précipitations abondantes sur une grande partie du bassin de l'Isère le vendredi, la limite pluie-neige étant située autour de 2 500 m.

L'épisode pluvieux du 1<sup>er</sup> mai a effectivement été très marqué, provoquant une crue généralisée de l'Isère et un premier pic de crue le samedi 2 mai. Entre samedi fin d'après-midi et le milieu de la journée du dimanche 3 mai, de nouvelles précipitations ont concerné le bassin de l'Arly et le nord de la Tarentaise. Bien que les cumuls aient été inférieurs à ceux du 1<sup>er</sup> mai, elles ont provoqué un second pic de crue mais avec des niveaux moindres que ceux du 2 mai.

#### 6.3.1.2 Déroulement de la crue

Sur l'Isère amont, le débit a commencé à croître à partir de vendredi 1<sup>er</sup> mai 14 h, le gradient d'environ 55 m<sup>3</sup>/s et par heure s'amenuisant ensuite, après 1 h du matin. A Pontcharra, le pic de crue a été observé dans la nuit de vendredi à samedi, vers 3 h 30. Avec le décalage habituel de 8 h, il a ensuite atteint Grenoble-Bastille le samedi 2 mai à 11 h 30 du matin.

Le débit mesuré alors à cette station – 966 m<sup>3</sup>/s – apparaît comme étant supérieur au pic de crue de la crue de mars 2001 mais inférieur aux 980 m<sup>3</sup>/s de la crue de septembre 1968 qui reste le débit de référence pour une crue d'ordre décennale. Le débit de l'Isère a ensuite décroché jusqu'à 600 m<sup>3</sup>/s dimanche 3 mai à 12 h 30, puis il est remonté jusqu'à 729 m<sup>3</sup>/s dans la nuit de dimanche à lundi, avant de décroître durablement.

En aval de Grenoble, le pic de crue a été observé à la station de Saint-Gervais le 2 mai entre 10 h et 10 h 30, avec un débit estimé à 1 354 m<sup>3</sup>/s. Après un premier fléchissement à 785 m<sup>3</sup>/s, le niveau s'est à nouveau élevé jusqu'à 961 m<sup>3</sup>/s lundi 4 mai avant d'amorcer une nouvelle baisse durable. Le débit d'une crue décennale à Saint-Gervais étant de 1 600 m<sup>3</sup>/s, la crue de début mai 2015 reste donc bien inférieure à ce niveau, ceci grâce au fait que les précipitations ont été bien moindres dans le secteur Drac-Romanche que sur le bassin de l'Isère.

### 6.3.1.3 Dispositions prises par le gestionnaire de digues

Dès le bulletin d'information du SPC du 30 avril, l'AD Isère Drac Romanche a immédiatement déclenché son dispositif alerte-crue. Cela s'est traduit par une notification de mise en alerte de niveau 1 aux entreprises Converso TP et Midali chargées d'effectuer d'éventuels travaux d'urgence en amont de Grenoble, et par l'établissement du planning des équipes de surveillance durant ce long week-end de 3 jours en cas d'atteinte des niveaux d'alerte de l'AD.

Le vendredi 1<sup>er</sup> mai marqué par de fortes précipitations, la surveillance diurne s'est limitée à effectuer un suivi des niveaux de l'Isère amont et de l'Isère aval sur le site Vigicruces. Les seuils d'alerte de niveau 1 et 2 sur l'Isère amont ayant été atteints respectivement vendredi 1<sup>er</sup> mai à 23 h 30 et samedi 2 mai à 7 h du matin et l'alerte de niveau 1 sur l'Isère aval samedi 2 mai à 3 h 30 du matin, le personnel a rejoint les locaux dès 8 h du matin. Après notification aux entreprises Carron et Mandier d'une alerte crue et d'éventuels travaux à effectuer en aval de Grenoble, les 3 équipes de 2 personnes ont rejoint leur secteur de surveillance : deux sur l'Isère amont et une sur l'Isère aval.



Figure 66 : Meylan, Ile d'Amour et Isère amont, courbe de Charlet (photos : AD Isère)

Sur l'Isère amont, le directeur de l'AD Isère Drac Romanche est resté en contact permanent toute la journée avec de nombreux interlocuteurs locaux (agriculteurs, communes) et acteurs de la sécurité civile (SIPC, pompiers, gendarmes) afin de limiter la circulation dans certains secteurs comme autour de la Chantourne de Meylan, ou certaines parties de digues. L'inondation ponctuelle par refoulement de l'Isère dans le canal Cheminade et le fossé de l'Essorton a été réglée par une intervention manuelle pour fermer des vannes (Egis et Moulin TP). Sur demande de l'AD et après concertation avec les représentants du SYMBHI, l'entreprise Guintoli a rehaussé de 50 cm le niveau de la crête de la courbe de Charlet afin d'éviter une surverse et tout risque de rupture de la digue associé.

Le dimanche 2 mai, notre surveillance s'est poursuivie sur l'Isère amont malgré l'atténuation du niveau d'alerte. Puis, le lendemain, des visites « post-crue » ont été organisées afin de préciser les désordres que les ouvrages hydrauliques avaient pu subir par endroits. Depuis, nos observations ont fait l'objet de rapports remis aux services de contrôle.

### 6.3.1.4 Analyse et enseignements

Le retour d'expérience du gestionnaire des digues de l'Isère lors de la crue de mai 2015 traduit l'application des consignes de surveillance des ouvrages, basée sur les différents niveaux d'alerte.

La mobilisation importante des personnels et entreprises impliqués dans le suivi, la surveillance et la gestion des ouvrages de protection a permis de limiter les conséquences de la crue : fermeture ponctuelle de vanne pour limiter les entrées d'eau, intervention d'urgence sur les digues pour éviter la surverse... Par ailleurs, une communication efficace avec les communes et la sécurité civile a eu pour effet de limiter l'accès du public à certaines zones potentiellement dangereuses du fait de la montée des eaux.

Après la crue, la surveillance s'est poursuivie, et les visites post-crues ont eu pour objet d'identifier les éventuels désordres apparus sur les ouvrages.

**Cet exemple traduit l'importance, lorsque la durée de la crue le permet, de suivre et d'anticiper l'évolution de la montée des eaux pour assurer à la fois la sécurisation des ouvrages de protection et la mise en sécurité des personnes.**

### 6.3.2 Crue de 2005 sur le Domeynon

*Référence : <http://www.irma-grenoble.com>*

Le Domeynon est un torrent de montagne. Il descend des lacs du Grand et du Petit Domeynon pour se jeter dans l'Isère à Domène, milieu très urbanisé où le Domeynon est endigué sur une grande partie de son linéaire.

La crue du 22/08/2005 concerne le secteur des Chenevières et l'ensemble sportif Salvador Allende.

#### 6.3.2.1 Observations et déroulé de la crue

La crue de 2005 est une crue torrentielle très violente du Domeynon qui a commencé à grossir vers 17 heures le lundi 22. Le pic de crue a eu lieu dans la nuit du 22 au 23 entre minuit et quatre heures du matin. D'après les habitants, un embâcle s'est formé environ 200 mètres en aval du pont SNCF. Des débordements se sont alors produits en rive droite et en rive gauche jusque vers 3 heures du matin. La digue rive gauche s'est alors rompue et le flot du Domeynon a envahi l'ensemble du lotissement de la Chenevières causant des dégâts très importants mais heureusement sans faire de victime. Dès le matin une pelleteuse travaillait à reconstruire la digue pour ramener le Domeynon dans son lit.

#### 6.3.2.2 Désordres et brèches observés

Environ 200 habitants ont dû être évacués. Environ 70 habitations ont été fortement endommagées. Le transport solide par le torrent (cailloux, galets, blocs...) a été très important comme en témoigne les terrains et les premières maisons engravées, immédiatement en aval de la brèche (sur près de 2 mètres de hauteur). Plus bas le débit était plus liquide et les habitations ont été envahies par l'eau jusqu'à 1,5 mètres de hauteur par endroit (voir les différentes laisses de crues sur les photos). Lorsque l'eau s'est évacuée, il restait partout, dans les rues et les maisons environ 30 à 40 cm d'une boue très épaisse et collante.

Il semblerait que la brèche ait été provoquée par surverse à la suite de l'obstruction de l'écoulement du Domeynon par des dépôts solides. Cette accumulation de matériaux a complètement détourné le ruisseau de son lit.



© Photothèque IRMa / Sébastien Gomet

Figure 67 : Rupture de la digue en rive gauche



Figure 68 : Début de renard hydraulique RG en amont de la brèche

### 6.3.2.3 Analyse et enseignements

La crue du Domeynon est liée à un événement météorologique intense et très rapide, quasi impossible à anticiper. Le mécanisme à l'origine de la rupture de la digue est la surverse, qui a été provoquée par une obstruction du lit en aval. Une fois la brèche amorcée, le lit s'est comblé et le torrent s'est dévié de son lit originel vers le lit majeur, emmenant avec lui d'importants volumes de matériaux.

Cependant, les photographies fournies montrent également des amorces de renard hydraulique dans la digue, ce qui aurait tout autant pu déclencher la rupture en l'absence de surverse. Les mécanismes potentiels à l'origine de la rupture peuvent être multiples.

Sur ce type de torrent à réaction rapide, la brutalité et la variabilité des épisodes pluvieux, le caractère torrentiel des écoulements et le transport solide potentiel rendent impossible la prédiction des événements et ne permettent pas de mettre en œuvre de façon fiable des mesures d'anticipation ou de suivi de la crue.

**Les mesures de réductions des risques passent donc par l'entretien, la surveillance et le suivi des ouvrages de protection, mais aussi de leurs abords : gestion de la végétation pour limiter les embâcles, gestion du transport solide en amont... Le rôle du gestionnaire de digue est dans ce cadre essentiel.**

## 6.4 Scénarios de défaillance probables

Une analyse primaire des événements pouvant être à l'origine d'une défaillance des ouvrages de protection formant le système d'endiguement est réalisée sur la base des informations mentionnées dans les paragraphes précédents.

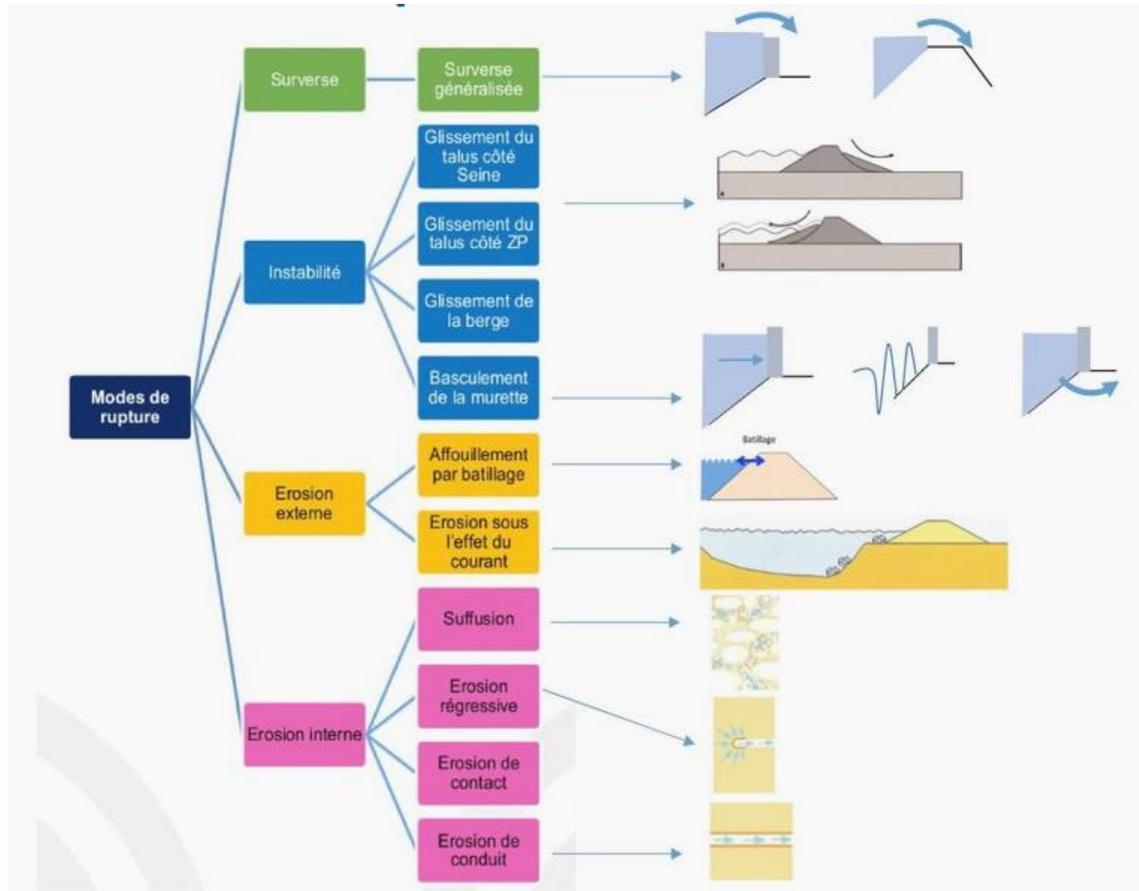


Figure 69: Logigramme des Modes de rupture associés

### 6.4.1 Analyse accidentologique

L'analyse des crues historiques et le retour d'expérience met en avant les scénarios de défaillance possibles sur la Leysse :

- Déversement dans le lit majeur du fait de conditions supérieures à la capacité du système d'endiguement ;
- Rupture d'une digue mal entretenue dont l'origine de la rupture est inconnue (érosion interne ou externe, érosion par surverse, chocs, glissements d'ensemble).

Afin de compléter l'analyse sur les scénarios de défaillance, il est rappelé les scénarios « classiques » observés sur des digues fluviales en terre. Une analyse de ce qui peut être ou non rencontré sur un système d'endiguement de protections contre les crues est proposée ici.

La rupture de la digue peut être la cause de :

- Rupture par surverse ;
- Rupture par érosion externe (affouillement) ;
- Rupture par érosion interne (renard hydraulique, érosion de conduit) ;
- Rupture par glissement d'ensemble (défaut de stabilité).

#### 6.4.1.1 Rupture par surverse

L'ouvrage est submergé par le niveau d'eau du cours d'eau. L'eau déborde sur la digue et érode le parement aval. Les matériaux sont arrachés par la force du courant en pied de digue. S'en suit un affouillement important qui peut conduire à la rupture de l'ouvrage.

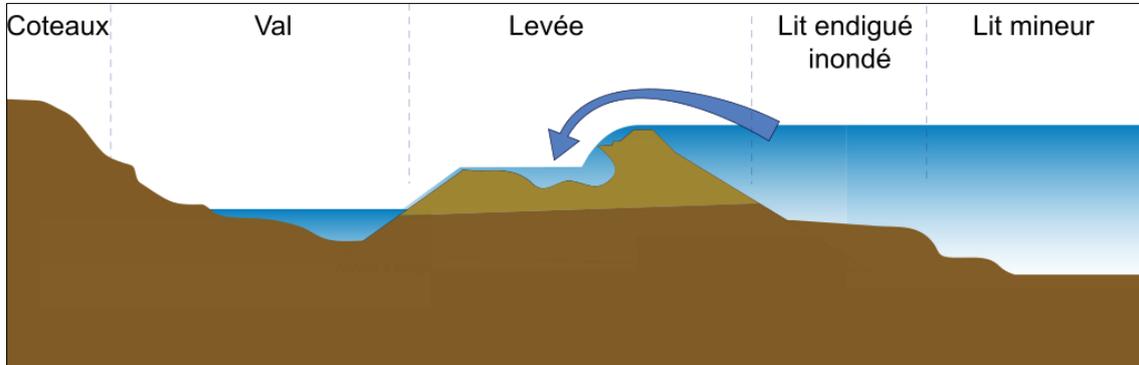


Figure 70 : Schéma de principe d'une rupture par surverse

Les facteurs de sensibilité d'une rupture par surverse sont les suivants :

- Hauteur d'eau / charge ;
- Les vitesses locales : les érosions augmentent avec la vitesse du courant ;
- Caractéristiques géotechniques : la nature des matériaux constitutifs de la digue, leurs homogénéité, compacité, etc. conditionne la rupture et sa rapidité ;
- Protection de la digue au niveau du parement extérieur de la digue ;
- Surélévation du fond du lit augmentant les chances de surverse.

#### 6.4.1.2 Rupture par érosion externe (affouillement)

L'ouvrage est déstabilisé par l'érosion externe par affouillement de sa base (imputable au courant de la rivière) avec affaiblissement des caractéristiques mécaniques du corps de la digue pouvant conduire à la rupture de l'ouvrage.

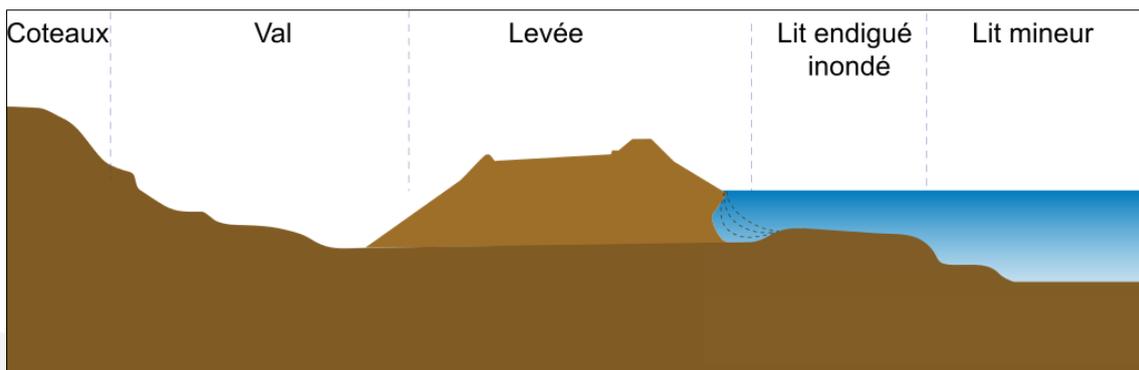


Figure 71 : Schéma de principe d'une rupture par érosion externe

Les facteurs de sensibilité d'une rupture par érosion externe sont les suivants :

- Hauteur d'eau / charge ;
- L'hydromorphologie : au cours de la crue, le fond du cours d'eau peut notamment s'abaisser (incision) et mettre à nu le pied des protections de berge ;
- Les vitesses locales : les érosions augmentent avec la vitesse du courant ;

- Les perturbations hydrauliques locales : la présence de souches, arbres, élargissement brusque, etc. peuvent entraîner des tourbillons favorisant les érosions ;
- Caractéristiques géotechniques : la nature des matériaux constitutifs de la digue, leurs homogénéité, compacité, etc. conditionne la rupture et sa rapidité ;
- Protections de la digue : la présence de protections de berges (type gabions, enrochements, génie végétal) protège contre les érosions.

#### 6.4.1.3 Rupture par érosion interne

Les hétérogénéités de perméabilité dans le corps de la levée peuvent être à l'origine de circulation d'eau. Selon la nature des matériaux et la charge hydraulique, on peut atteindre le gradient hydraulique critique qui provoque localement l'érosion interne. De part en part, cette érosion peut se propager jusqu'à former une vraie galerie qui provoque une brèche dans la levée par effondrement des matériaux.

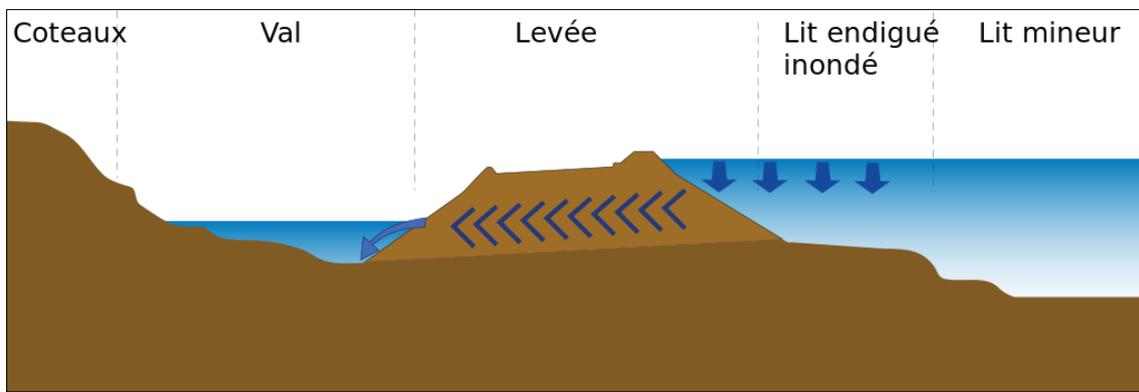


Figure 72 : Schéma de principe d'une rupture par effet de renard hydraulique

Les facteurs de sensibilité d'une rupture par érosion interne sont les suivants :

- La présence de galeries, comme celles que peuvent faire certains animaux comme les ragondins ou les castors ;
- Une mauvaise étanchéité entre couches de remblais ;
- Une hétérogénéité des matériaux ;
- Les racines d'arbres abattus qui, en pourrissant, laissent pénétrer l'eau sous les digues ;

Comme l'indique les profils en long, les digues du SE2 sont mises en charges pour des crues d'occurrences faibles.

A noter également que le phénomène d'érosion interne comprend plusieurs « sous-phénomènes » à savoir :

- L'érosion régressive
- L'érosion de contact
- L'érosion de conduit
- La suffusion

L'ensemble de ces sous phénomènes est détaillé puis analysé dans le cadre du diagnostic approfondi du chapitre 7.

Les profils géométriques des ouvrages n'étant pas particulièrement larges et les matériaux constitutifs des digues n'étant pas étanches/imperméables, les digues du SE2 sont donc soumises au risque de rupture par érosion interne.

La gestion de la végétation de la digue est très importante afin d'éviter la migration de particules vers l'aval à partir des passages préférentiels formés par les racines des arbres. A l'heure actuelle, la végétation est très présente et pourrait favoriser l'apparition de ce phénomène en cas de crue.

#### 6.4.1.4 Défaut de stabilité de la digue et de sa fondation

Une rupture de masse de la levée peut intervenir en cas d'instabilité générale du corps de remblai. On pense qu'une rupture de masse peut intervenir quand les facteurs suivants sont réunis :

- Profil de digue étroit avec pente de talus fortes ;
- Piézométrie élevée dans la digue en absence de drainage.

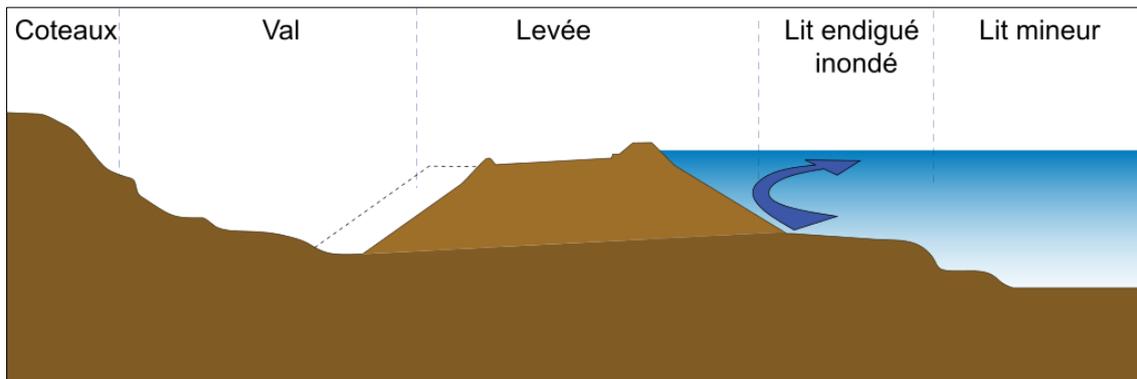


Figure 73 : Schéma de principe de rupture d'ensemble

#### 6.4.1.5 Surverse sans rupture

Dans le cas d'une surverse sans rupture, la capacité du lit est dépassée, la crête de la digue est submergée et la zone protégée est progressivement inondée.

Les facteurs de sensibilité dans le cas d'une surverse sans rupture sont les suivants :

- Hauteur d'eau / charge : plus le niveau d'eau est élevé, plus le débit déversé est important,
- Surélévation du fond du lit du cours d'eau par transport solide ponctuel lors d'une crue ou par dépôt progressif et exhaussement.

La capacité du lit de la Leysse a tendance à augmenter à la suite d'une incision de ce dernier comme l'indique l'analyse géomorphologique de la Leysse. De plus, la construction du bras de décharge a permis d'augmenter le débit total pouvant transiter sans apparition d'une surverse.

#### 6.4.1.6 Dysfonctionnement d'un ouvrage hydraulique

Le bras de décharge est alimenté sur la base d'une prise d'eau comportant deux clapets manœuvrables dont la gestion a été expliquée dans le paragraphe (§4 et §5).

Le dysfonctionnement du dispositif de régulation des écoulements hydrauliques, sans être accompagné est envisageable sans que celui n'entraîne nécessairement une défaillance structurelle du système d'endiguement.

#### 6.4.1.7 Rupture à la suite d'un séisme

Conformément à l'arrêté du 8 août 2022 le maître d'ouvrage a mis en œuvre un dispositif de suivi des séismes et de visite technique approfondie de l'ensemble de ses digues après évènement ce qui lui permet d'engager les éventuels travaux de confortement avant que ne se produise l'évènement crue.

#### 6.4.1.8 Glissement côté rivière en cas de décrue

Les instabilités à considérer sur les talus sont :

- Glissement du talus côté zone protégée : le cas le plus critique est atteint lorsque la ligne piézométrique est la plus haute, au voisinage du pic de la crue,
- Glissement du talus côté fleuve : le cas le plus critique est à la décrue lorsque la ligne piézométrique dans le corps de l'ouvrage est la plus haute et alors que :
  - ▷ Le niveau d'eau amont n'exerce plus une poussée stabilisante,
  - ▷ La cohésion des matériaux est réduite par la saturation,
  - ▷ Le poids des terres est augmenté par la saturation,
  - ▷ De l'eau est éventuellement piégée coté zone protégée à la suite d'une surverse en une défaillance des dispositifs de ressuyage.

Le premier type de glissement est celui qui est potentiellement plus grave en cas de formation de brèche, le niveau d'eau côté fleuve étant plus haut. La stabilité du talus côté Leysse à la décrue est un scénario moins critique puisque ce dernier ne peut conduire à des venues d'eau dangereuses en zone protégée.

Par ailleurs, le contexte hydrologique de la Leysse avec des crues limitées dans le temps (environ 30h) et donc avec une mise en charge sur une durée encore plus réduite n'est pas favorable au développement d'un risque de glissement lié à la décrue. Les endiguements du SE2 ne sont donc pas saturés de manière suffisamment conséquente pour qu'un tel phénomène puisse s'initier, les digues n'étant pas en eau en situation normale. A noter également que la forte présence de végétation sur l'ensemble des talus côté Leysse tend à limiter ce phénomène également (hormis le bras de décharge).

Nous ne considérons donc pas ce risque même si la stabilité au glissement en période d'étiage est effectivement calculée et vérifiée dans le cadre du diagnostic approfondi du chapitre 7.

#### **6.4.1.9 Soulèvement en pied aval**

Le phénomène a été évalué dans le cadre du PRO pour comparer avec les gradients critiques d'entraînement, ce calcul a confirmé que les crues de la Leysse ne sont pas suffisamment longues (30h environ et donc moins de temps pour la mise en charge) pour pouvoir établir des conditions propices à l'apparition de ce phénomène. Par ailleurs, la charge n'est pas constante et la valeur maximale de la charge n'apparaît que peu de temps. A noter également que les hauteurs de charge restent suffisamment limitées pour que ce phénomène n'apparaisse pas. Par ailleurs les matériaux identifiés (cf. chapitre 7) ne semblent pas indiquer la présence d'une couche imperméable reposant sur une couche perméable le long du SE, condition nécessaire à l'initiation d'un tel phénomène.

#### **6.4.2 Synthèse sur les scénarios de défaillance probables**

Les modes de défaillance sont présentés dans le chapitre 7, compte tenu du fait que les digues RD comme rive gauche du SE2.2 seront entièrement remises en état avec comme niveau de protection à Q100 +30 cm à l'issue des travaux nous choisirons la défaillance du scénario 3 comme étant la rupture de la digue dans une zone ayant le plus d'enjeu. Le phénomène de défaillance étant la surverse.

##### **○ Défaillance fonctionnelle :**

- Défaillance liée au dysfonctionnement du dispositif de régulation des écoulements hydrauliques dans le bras de décharge empêchant une manœuvre de ces derniers. En situation normale, les clapets sont relevés. La défaillance fonctionnelle associée impliquerait que l'ouverture de ces clapets n'est pas possible et que ces derniers restent en position levée malgré un niveau de crue supérieures aux consignes de gestion.

##### **○ Défaillance structurelle :**

- Erosion externe en pied de berge entraînant une déstabilisation / glissement du parement de la protection (et combinaison de ces 2 phénomènes) ;

- Erosion interne incluant les sous-phénomènes :
  - ▷ Erosion régressive
  - ▷ Erosion de conduit
  - ▷ Erosion de contact
  - ▷ Suffusion
- Rupture par surverse ;
- Surverse sans rupture à la suite du dépassement du niveau de protection
- Séisme

## 7. DIAGNOSTIC APPROFONDI DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT ET TENUE DES OUVRAGES

Ce chapitre établit le diagnostic approfondi des digues, ouvrages contributifs faisant office de digues et autres ouvrages associés composant le système d'endiguement. Il s'appuie sur les éléments établis dans le chapitre 6. Il détaille l'ensemble des connaissances disponibles sur chacun des éléments qui composent ce système, en présentant le contenu et les résultats des reconnaissances spécifiques et approfondies. Il tient notamment compte de la présence d'ouvrages traversants, d'éventuelles singularités et des éventuels éléments naturels entre des tronçons ou à l'extrémité d'un tronçon.

La justification de la résistance mécanique des ouvrages existants (autres que barrages et assimilés barrages relevant de la rubrique 3.2.5.0) au moins jusqu'au niveau de protection s'appuiera sur :

- les résultats d'un diagnostic approfondi effectué par un organisme agréé ;
- l'ensemble de la documentation afférente aux ouvrages, en particulier le dossier technique constitué en application de l'article R. 214-122, les rapports de surveillance passés et la précédente étude de dangers ;
- l'analyse des moyens mis en œuvre pour assurer l'entretien, la surveillance et les réparations courantes des ouvrages.

Quand les dispositions de l'article R. 214-119-3 s'appliquent, le diagnostic approfondi démontre que les ouvrages y satisfont.

## 7.1 Investigations géotechniques et géophysiques

### 7.1.1 Analyse des données d'entrées

L'ensemble des données d'entrée ont été analysées pour aboutir au présent rapport des diagnostic approfondi.

Lorsque les données étaient insuffisantes des compléments ont été demandés (topographiques, géotechniques ou autre).

### 7.1.2 SE 2.2 amont et SE 2.4 Campagne de 2015-2016

Des campagnes de reconnaissances ont été réalisé en 2016 par la société Hydrogéotechnique pour le compte de Chambéry Métropole. Les sondages et essais réalisés lors de ces campagnes sont les suivants :

- Sur la digue SE 2.4 (ex SE5) en rive gauche :
  - 3 forages carottés, notés S5-SC1 à S5-SC3, descendus jusqu'à 7 m de profondeur ;
  - 4 sondages semi-destructifs à la tarière, S5-TH1 à S5-TH4, descendus jusqu'au refus entre 0.75 et 1.0 m de profondeur ;
  - 3 sondages pénétrométriques, S5-PD1 à S5-PD3, descendus à 7m de profondeur ;
  - 2 sondages pénétrométriques manuels, S5-PDm1 et S5-PDm2, descendus respectivement à 4.3 et 3.9 m de profondeur ;
  - Des essais en laboratoire sur les échantillons intacts prélevés dans les sondages carottés, dont :
    - ▷ 6 mesures de la teneur en eau ;
    - ▷ 6 essais au bleu de méthylène ;
    - ▷ 6 analyses granulométriques ;
    - ▷ 3 analyses sédimentométrique ;
    - ▷ 1 essai de cisaillement à la boîte.
  - Des reconnaissances géophysique par panneaux électriques, avec :
    - ▷ 1 profil longitudinal de 2665 entre les PKL 6.37 et 3.72 ;
    - ▷ 4 profils transversaux aux PKL 5.94, PKL 5.62, PKL 5.42 et PKL 5.0.
- Sur la digue SE2 en rive droite :
  - 6 forages carottés, notés S2-SC1 à S2-SC6, descendus jusqu'à 10m de profondeur pour S2-SC1 et 7m de profondeur pour S2-SC2 à S2-SC6 ;
  - 1 sondage destructif, noté S2-SD2, descendu à 7 m de profondeur ;
  - 2 sondages pénétrométriques, notés S2-PD9 et S2-PD10 ;
  - 4 essais de perméabilité de type Lefranc, menés en S2-SC3 entre 2 et 3m et entre 6 et 7m de profondeur et en S2-SC5 entre 2 et 3m et entre 6 et 7m de profondeur.
  - Des essais en laboratoire sur les échantillons intacts prélevés dans les sondages carottés, dont :
    - ▷ 16 mesures de la teneur en eau ;
    - ▷ 15 essais au bleu de méthylène ;
    - ▷ 16 analyses granulométriques ;
    - ▷ 13 analyses sédimentométriques ;
    - ▷ 7 essais de cisaillement à la boîte ;

- Des reconnaissances géophysique par panneaux électriques, avec :
  - ▷ 1 profil longitudinal de 2950 entre les PKL 6.27 et 3.32 ;
  - ▷ 5 profils transversaux aux PKL 6.21, PKL 5.875, PKL 4.835 et PKL 4.335, PKL 3.97 et PKL 3.47.

### 7.1.3 SE 2.2 aval et 2.4 Campagne de 2022

Dans le cadre de la présente mission, une G2 PRO a été réalisée par le groupement Kaéna Géotechnique et Technosol. Des sondages supplémentaires ont été réalisés pour finaliser l'analyse géotechnique du site. Cette campagne de reconnaissance concerne essentiellement la rive gauche de la Leysse, à l'exception des carottages de chaussée réalisés sur la piste cyclable en rive droite.

Les sondages et essais réalisés lors de ces campagnes sont les suivants :

- Sondages de reconnaissance géologique et essais in-situ :
  - 12 forages carottés, référencés SC0 à SC11, descendus à 6 m de profondeur, excepté les sondages SC10 et SC11 descendus respectivement à 4.0 et 5.5 m de profondeur ;
  - 9 essais de perméabilité de type Lefranc/Nasberg norme NF EN ISO 22282-2 dans les sondages SC1 à SC8 entre 1.5 et 2.5 m de profondeur. En SC2, un 2e essai a été également réalisé entre 4 et 5 m de profondeur ;
  - 3 carottages de chaussée pour des prélèvement d'échantillon d'enrobé ou béton, référencés SC12 à SC14 ;
- Sondages et mesures caractéristiques géomécaniques
  - 8 sondages au pénétromètre statique à la pointe électrique norme NF EN ISO 22476-1 descendus entre <6.9m et 13.1 m de profondeur et référencés, CPTU1 à CPTU8 ;
- Essais d'identification des sols :
  - Des essais d'identification des sols sur des échantillons intacts prélevés dans les forages carottés SC0 à SC9 avec :
    - ▷ Teneur en eau pondérale (NF P94-050) ;
    - ▷ Valeur au bleu de méthylène (NF P94-068) ;
    - ▷ Analyse granulométrique des matériaux - Méthode par tamisage (NF P 94-056) ;
    - ▷ Analyse granulométrique des matériaux - Méthode par sédimentation (NF P 94-057) ;
  - Des essais chimiques pour acceptation des sols en Installation de Stockage de Déchet Inerte sur 2 échantillons de SC9.

### 7.1.4 SE 2.3 (analyse campagne de 2021 réalisée sur le SE 6.6)

En 2015 les digues du bras de décharge ont fait l'objet d'une rehausse par déblai remblai avec un limon silteux brun de type A1m dont la perméabilité a été évaluée par des essais lors de la réalisation des travaux.

Pour le SE 6 ces éléments ont été complétés par des essais réalisés par Kaéna en 2021 et confirmant la composition du remblai.

Compte tenu de ces deux éléments et du bon comportement du remblai en RD constaté par les VTA nous nous appuyons sur ces éléments sans demander de complément géotechnique.

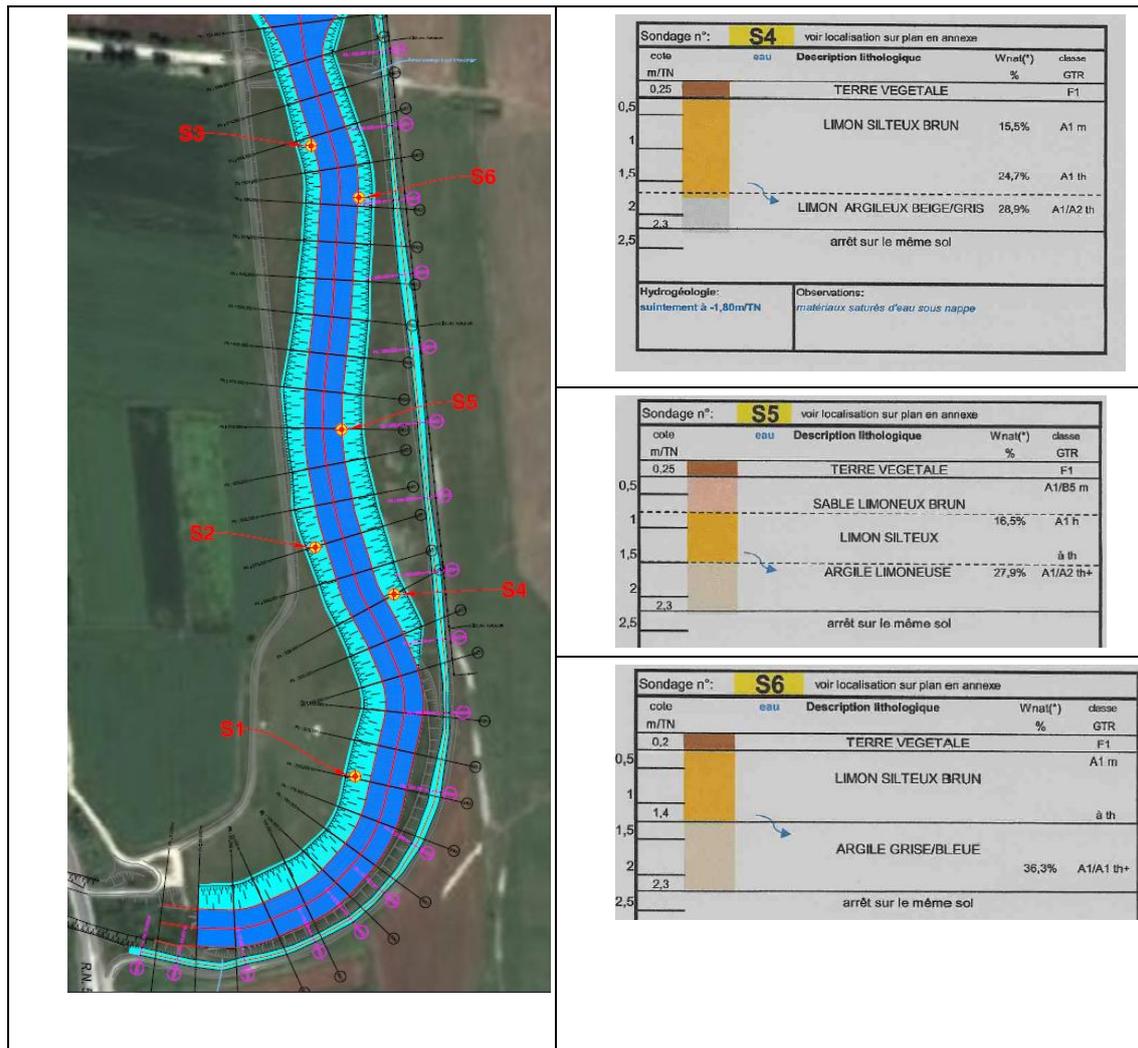


Figure 74 Essais caractérisation issus du DOE des travaux FAMy 2015

<b>Description du sol :</b> MELANGE "LIMON SILTEUX / ARGILE "																					
<b>Classement selon NF P 11.300 :</b> A1 h/th																					
<b>Origine:</b> "BRAS DE DECHARGE"																					
<b>Prélèvement :</b> SONDAGES A LA PELLE HYDRAULIQUE (mélange de matériaux S3/S4 )																					
<b>Opérateur :</b> PR																					
<b>Principe d'essai :</b> L'essai s'effectue sur une éprouvette cylindrique avec des embases inférieures et supérieures munies de disques drainants L'essai s'effectue à partir d'un échantillon représentatif par application de la Loi de Darcy une fois l'éprouvette saturée Il consiste à mesurer la perte de charge hydraulique en fonction du temps écoulé																					
<b>Conditions d'essai :</b> Essai sur éprouvette CBR à partir d'un échantillon remanié issu des sondages à la pelle Mise en place du matériau en couche avec une densification évaluée entre 90% et 95% de l'OPN) Mesures effectuées après mise en saturation de l'échantillon ( 24h)																					
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">DONNEES FIXES</th> </tr> <tr> <td colspan="2">( diamètre du moule = 152mm)</td> </tr> <tr> <td>Section du tube d'essai :s</td> <td>7,85E-05 m2</td> </tr> <tr> <td>Section du moule :S</td> <td>1,81E-02 m2</td> </tr> <tr> <td>Hauteur du moule :H</td> <td>0,117 m</td> </tr> </table>	DONNEES FIXES		( diamètre du moule = 152mm)		Section du tube d'essai :s	7,85E-05 m2	Section du moule :S	1,81E-02 m2	Hauteur du moule :H	0,117 m	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Essai n°1</th> </tr> <tr> <td>h0=</td> <td>1,5 m</td> </tr> <tr> <td>h1=</td> <td>1,31 m</td> </tr> <tr> <td>Delta t =</td> <td>120 secondes</td> </tr> <tr> <td><b>K=</b></td> <td><b>5,7E-07 m/s</b></td> </tr> </table>	Essai n°1		h0=	1,5 m	h1=	1,31 m	Delta t =	120 secondes	<b>K=</b>	<b>5,7E-07 m/s</b>
DONNEES FIXES																					
( diamètre du moule = 152mm)																					
Section du tube d'essai :s	7,85E-05 m2																				
Section du moule :S	1,81E-02 m2																				
Hauteur du moule :H	0,117 m																				
Essai n°1																					
h0=	1,5 m																				
h1=	1,31 m																				
Delta t =	120 secondes																				
<b>K=</b>	<b>5,7E-07 m/s</b>																				
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">DONNEES VARIABLES MESUREES</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Interval de temps :delta t= t1 - t0 en secondes</td> </tr> <tr> <td colspan="2">h0 : CHARGE INITIALE (m)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">h1 : CHARGE FINALE (m)</td> </tr> </table>	DONNEES VARIABLES MESUREES		Interval de temps :delta t= t1 - t0 en secondes		h0 : CHARGE INITIALE (m)		h1 : CHARGE FINALE (m)		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Essai n°2</th> </tr> <tr> <td>h0=</td> <td>1,31 m</td> </tr> <tr> <td>h1=</td> <td>1,15 m</td> </tr> <tr> <td>Delta t =</td> <td>120 secondes</td> </tr> <tr> <td><b>K=</b></td> <td><b>5,5E-07 m/s</b></td> </tr> </table>	Essai n°2		h0=	1,31 m	h1=	1,15 m	Delta t =	120 secondes	<b>K=</b>	<b>5,5E-07 m/s</b>		
DONNEES VARIABLES MESUREES																					
Interval de temps :delta t= t1 - t0 en secondes																					
h0 : CHARGE INITIALE (m)																					
h1 : CHARGE FINALE (m)																					
Essai n°2																					
h0=	1,31 m																				
h1=	1,15 m																				
Delta t =	120 secondes																				
<b>K=</b>	<b>5,5E-07 m/s</b>																				
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">CALCUL DE LA CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE</th> </tr> <tr> <td colspan="2"><math>K=s/S \times H/\text{delta } t \times \ln(h_0/h_1)</math></td> </tr> </table>	CALCUL DE LA CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE		$K=s/S \times H/\text{delta } t \times \ln(h_0/h_1)$		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Essai n°3</th> </tr> <tr> <td>h0=</td> <td>1,15 m</td> </tr> <tr> <td>h1=</td> <td>1,02 m</td> </tr> <tr> <td>Delta t =</td> <td>120 secondes</td> </tr> <tr> <td><b>K=</b></td> <td><b>5,1E-07 m/s</b></td> </tr> </table>	Essai n°3		h0=	1,15 m	h1=	1,02 m	Delta t =	120 secondes	<b>K=</b>	<b>5,1E-07 m/s</b>						
CALCUL DE LA CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE																					
$K=s/S \times H/\text{delta } t \times \ln(h_0/h_1)$																					
Essai n°3																					
h0=	1,15 m																				
h1=	1,02 m																				
Delta t =	120 secondes																				
<b>K=</b>	<b>5,1E-07 m/s</b>																				
<table border="1"> <tr> <td><b>PERMEABILITE (Moyenne de 3 valeurs) :</b></td> <td><b>K = 5E-07 m/s</b></td> <td>(mètre/seconde)</td> </tr> </table>		<b>PERMEABILITE (Moyenne de 3 valeurs) :</b>	<b>K = 5E-07 m/s</b>	(mètre/seconde)																	
<b>PERMEABILITE (Moyenne de 3 valeurs) :</b>	<b>K = 5E-07 m/s</b>	(mètre/seconde)																			

Figure 75 Essais perméabilité issus du DOE des travaux FAMY 2015



Figure 76 : Extrait du plan d'implantation des sous-systèmes investigués par KAENA

Sondage Sous-système	Corps de digue	Profondeur de l'assise (m/Terrain actuel)	Formations d'assise
<b>SC7 SE 6.6</b>	Matériaux remaniés graveleux et limono-argileux à galets	2.45	Argile +/- limoneuse et sableuse à passées graveleuses

Tableau 11 : Résultats des essais de cisaillement

Sondage	Profondeur (m)	Faciès	Nature	Cohésion (kPa)	Angle de frottement (°)
<b>SC7</b>	0,8 à 1,30 m	Corps de digue	Argile limoneuse	7.8	30.7

Sondage	SC7
Profondeur (m)	1.50 à 2.50 m
Description	Grave argilo-limoneuse
Teneur en eau naturelle	19.1
Analyse granulométrique :	
- Tamisat 0,08 mm (%)	35.0
- Dmax (mm)	59.7

Valeur de bleu (VBS, g/100g)	1.56
Teneur en MO (%)	3.6
Classement GTR	F1-C1A1

Sondage	SC7	SC7
Profondeur (m)	3.50 à 4.00 m	0.80 à 1.30 m
Description	Argile limoneuse à éléments coquillés	Argile limoneuse à éléments coquillés
Teneur en eau naturelle	32.8	24.7
Analyse granulométrique :		
- Tamisat 0,08 mm (%)	90.9	97.4
- Dmax (mm)	0.1	0.1
Valeur de bleu (VBS, g/100g)	3.17	4.17
Limite d'Atterberg :		
- Limite de liquidité WI (%)	44.1	53.4
- Limite de plasticité Wp (%)	20.0	25.5
- Indice de plasticité Ip (%)	24.1	27.9
- Indice de consistance	0.47	1.03
Classement GTR	A2th	A3m

Tableau 12 : Résultats des essais de perméabilité in-situ

Sondage Sous-système	Profondeur	Perméabilité (m/s)
SC7 SE 6.6	2.0 à 3.0 m	$8.8 \cdot 10^{-7}$
	6.0 à 7.0 m	$2,2 \cdot 10^{-7}$

### Reconnaitances géophysiques sur le bras de décharge

Au droit du sous-système SE 6.6 situé en rive gauche du bras de décharge, une prospection géophysique de type tomographie électrique a été réalisée en tête de digue par INNOGEO.

Ces investigations consistent en la réalisation de 4 profils de 120 m de long régulièrement répartis sur l'ensemble de la digue et référencés P1 à P4 :



Figure 77 : Extrait du plan d'implantation des profils de tomographie électrique

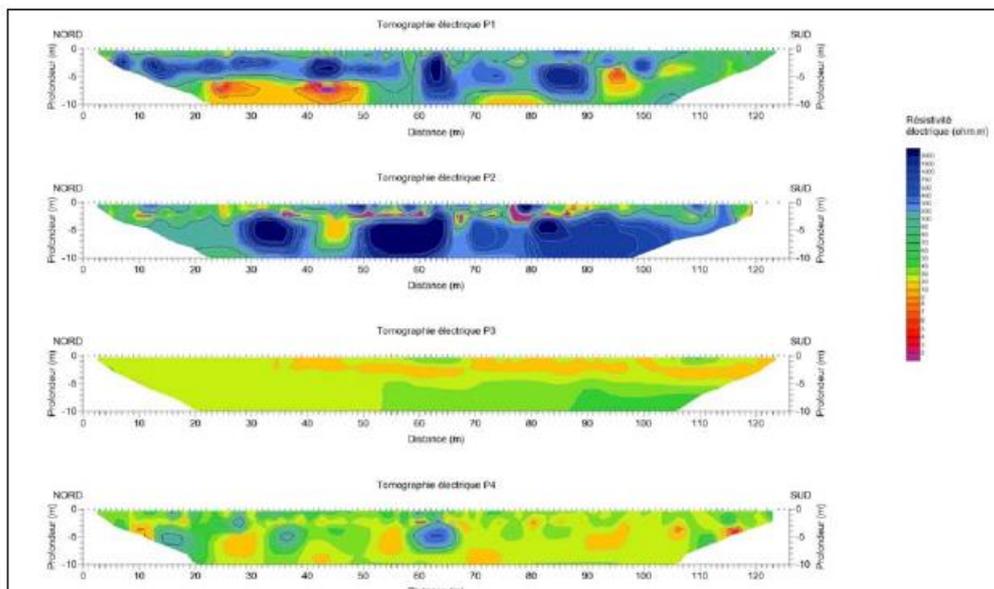


Figure 78 : Profils de tomographie électrique – Source INNOGEO

La description des 4 profils réalisée par INNOGEO les éléments suivants :

- « Profil électrique P1 : les reconnaissances géophysiques mettent en évidence un niveau électriquement résistant d'environ 5 mètres d'épaisseur reposant sur un terrain électriquement conducteur. Nous pouvons noter que les terrains électriquement résistant disparaissent au sud du profil et présentent ponctuellement des hétérogénéités électriquement plus résistantes : PM65 et PM85. Les terrains électriquement résistants pourraient correspondre au corps de digue.

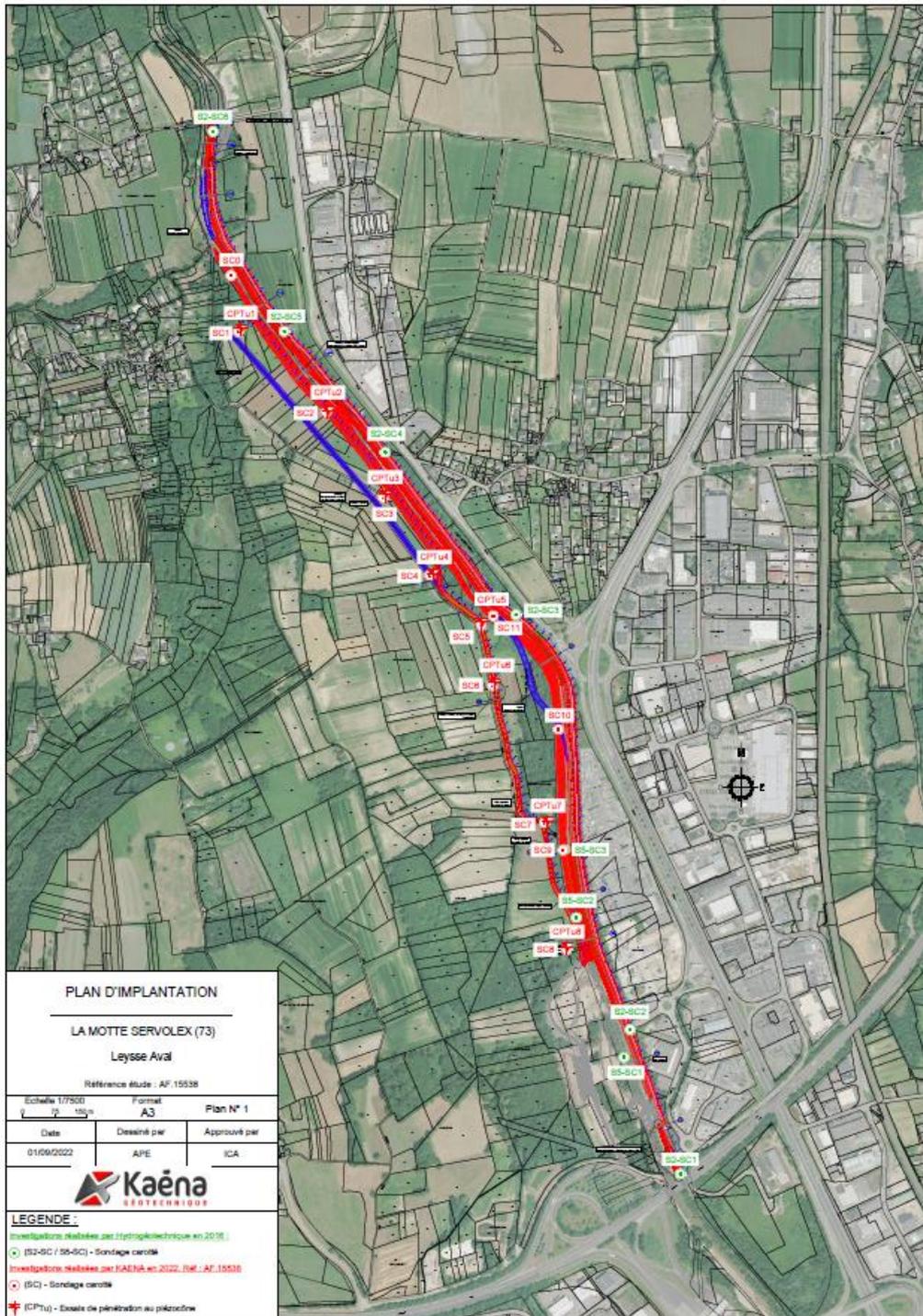
- Profil électrique P2 : les reconnaissances géophysiques mettent en évidence un premier niveau superficiel, de 1 à 2 mètres d'épaisseur, assez hétérogène en termes de résistivité électrique reposant sur des terrains électriquement résistants. Ce second niveau électriquement résistant pourrait correspondre à celui déjà mis en évidence au droit du profil P1. Nous notons que comme pour le profil P1, ce niveau présente ponctuellement des hétérogénéités électriquement plus résistantes : PM35, PM60 et PM85. Les terrains électriquement résistants pourraient correspondre au corps de digue potentiellement plus épais dans cette partie de la zone d'étude.
- Profil électrique P3 : les reconnaissances géophysiques mettent en évidence un niveau électriquement conducteur d'environ 5 mètres d'épaisseur reposant sur un terrain de résistivités électriques comprises entre 20 et 100 ohm.m. Nous pouvons noter que les terrains électriquement conducteurs disparaissent au nord du profil, où les terrains apparaissent très homogènes en termes de résistivité électrique. Les terrains électriquement conducteurs pourraient correspondre au corps de digue.
- Profil électrique P4 : les reconnaissances géophysiques mettent en évidence des terrains hétérogène en termes de résistivités électriques. Nous pouvons noter que les terrains sont globalement électriquement plus résistants au nord qu'au sud et qu'une hétérogénéité électriquement résistante est mise en évidence au niveau du PM65. Le corps de digue ne semble pas être mis en évidence dans cette zone. »

Ces profils montrent des valeurs de résistivité globalement plus importantes au Nord qu'au Sud. Néanmoins, nous observons systématiquement une première tranche de terrains superficiels de résistivité plus faible en surface, d'environ 2.0 m d'épaisseur, avec quelques anomalies ponctuelles notamment au droit du profil P2.

On distingue également un deuxième niveau de contraste de résistivité vers 5.0 m de profondeur, hormis en partie Nord du profil P3, où aucune différence de résistivité est mesurée sur l'ensemble de la profondeur d'investigation.

TH	GTR		Indice de plasticité		Passant à 2 microns		Passant à 80 microns		Qualification de la sensibilité
	CDD	Fondation	CDD	Fondation	CDD	Fondation	CDD	Fondation	
6.6	A3m / F1-C1A1	A2th	27,9	24,1	35	25	97.4	90.9	Non suffusif (CDD et fondation)

### 7.1.5 Synthèse des campagnes



Les coupes lithologiques retenues sont les suivantes :

- Sur la rive droite au droit de la digue existante, 4 coupes sont étudiées :
- Coupe courante au niveau de la zone de courbure de la Leysse à Villarcher, valable sur un linéaire de 2.8km ;

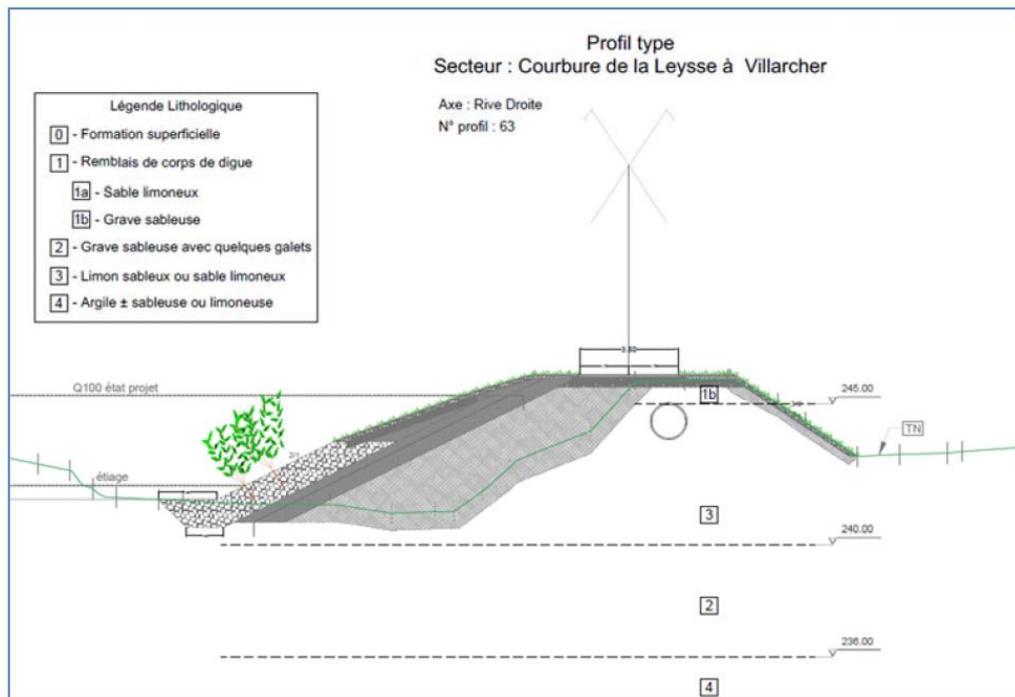


Figure 79 - Coupe courante courbure de Villarcher

- Coupe particulière 1 rencontrée sur 150 ml entre les PKL 4.9 et PKL 3.8 ;

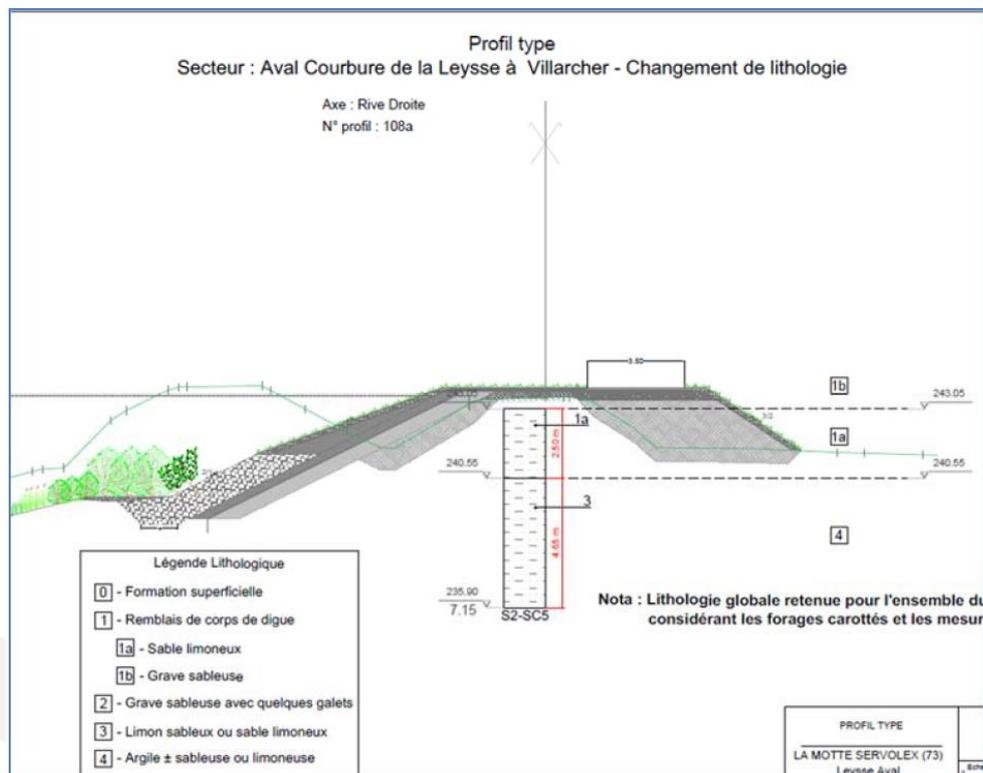


Figure 80 - Coupe particulière 1

- Coupe particulière 2 « raidissement du talus amont », que l'on rencontre sur 130 ml entre les PKL 6.240 et PKL 6.110 ;

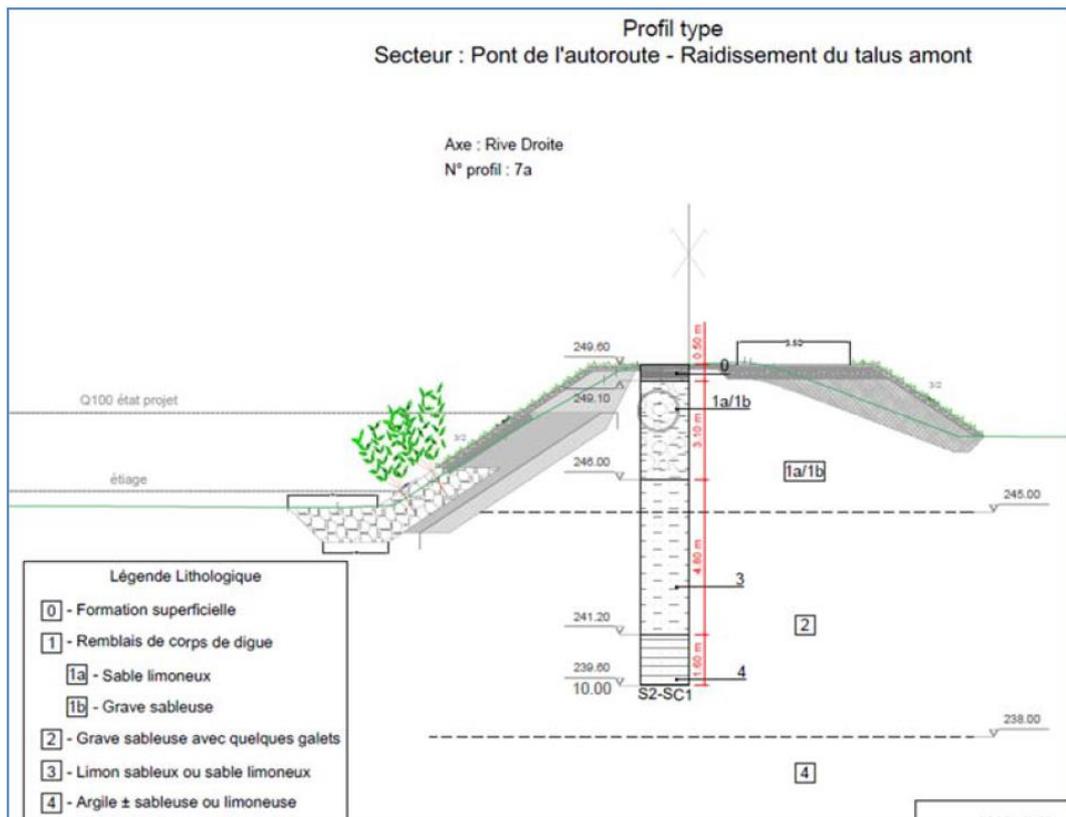


Figure 81 - Coupe particulière 2

- Coupe particulière 3 « mur de soutènement au niveau du bras mort », valable sur 190m entre PKL 6.010 et PKL 5.820 ;

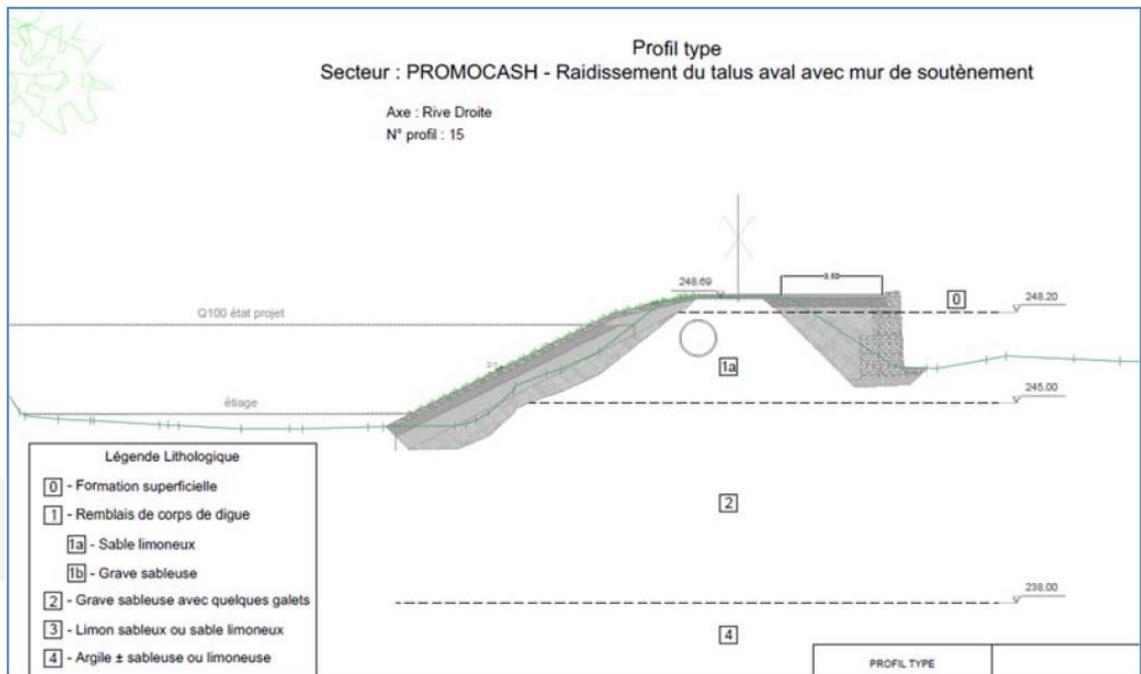


Figure 82 - Coupe particulière 3

- Sur la rive gauche, au droit de la future digue, 2 coupes lithologiques se détachent :

- Coupe « limon sableux surmontant les graves sableuses » valable entre les PKL 4.7 et PKLO 5.2 ;

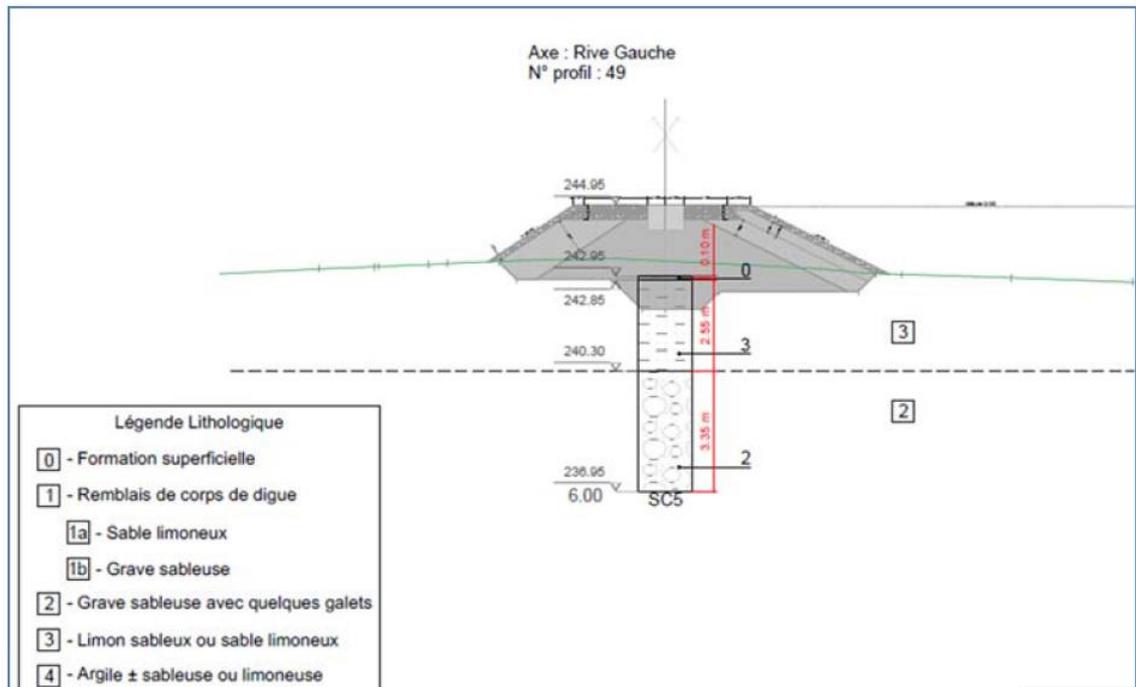


Figure 83 - Coupe n°1 rive gauche

- Coupe « limon sableux surmontant les argiles sableuses » applicable sur le reste de la digue rive gauche.

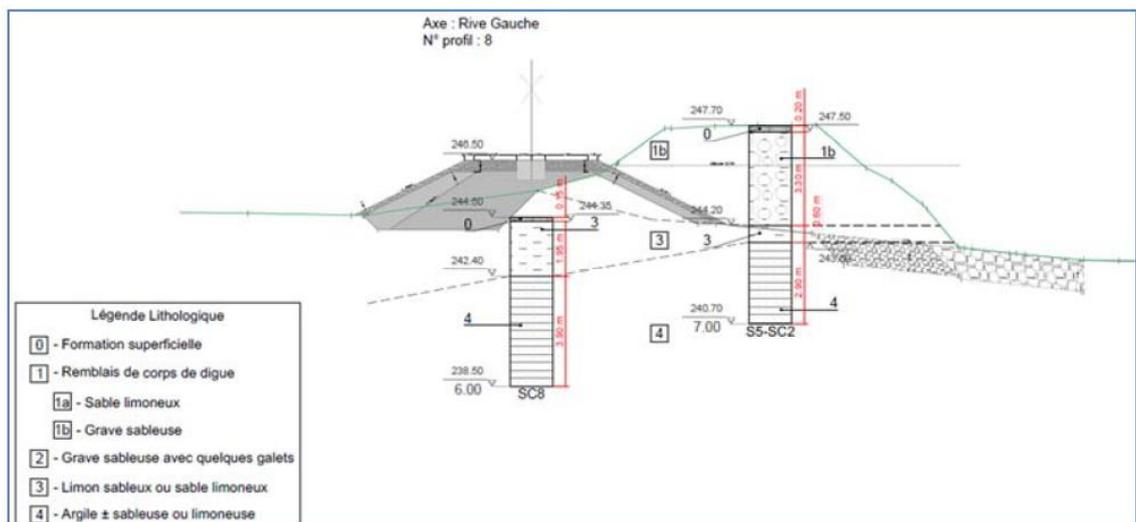


Figure 84 - Coupe courante rive gauche

Les caractéristiques géotechniques et géomécaniques des différentes couches de sol, en place et d'apport, retenues pour les modélisations sont proposées dans le tableau suivant. Ces valeurs sont valables pour chaque rive et quelques soient les coupes de calcul.

Tableau 13 - caractéristiques géotechniques et géomécaniques retenues pour les sols en place

N° horizon	Faciès Lithologie	Caractéristiques géotechniques		Caractéristiques géomécaniques	
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	K (m/s)	C' (kPa)	$\phi'$ (°)
0	Formation de couverture	19.0	$1 \times 10^{-5}$	1.0	28.0
1a	Remblai de corps de digue Sable limoneux	20.0	$1 \times 10^{-5}$	2.0	33.0
1b	Remblai de corps de digue Grave sableuse	20.0	$1 \times 10^{-3}$	0.0	35.0
2	Grave avec quelques galets	22.0	$1 \times 10^{-4}$	0.0	35.0
3	Limon sableux ou sable limoneux	20.0	$1 \times 10^{-5}$	2.0	33.0
4	Argile plus ou moins sableuse ou limoneuse	20.0	$1 \times 10^{-6}$	5.0	26.0

### 7.1.6 Investigation sur les stocks argileux du CISALB

Un stockage de matériaux réemployables (5 000m<sup>3</sup> environ) dans le cadre du chantier est présent au droit de la commune du Viviers-du-Lac. Afin d'évaluer la qualité des matériaux disponibles, des campagnes de prélèvements et d'analyses ont été effectués, il en ressort les points suivants :

- L'ensemble du stock semble être recouvert par 0.5m de couverture graveleuse ;
- Le stock est fortement végétalisé. Le couvert végétal devra être traité préalablement à son emploi. Les sols présentant un important développement du réseau racinaire ne seront pas réemployés.
- Sur les parties prélevées, en dessous des 50cm de graves, les matériaux sont de types A1, A2 et ponctuellement B5.

Le détail de ces prélèvements est fourni en annexe A7 du présent document.

## 7.2 Méthode de vérification de la tenue des ouvrages

### 7.2.1 Pertinence des éléments issus de l'EDD 2019 et des PRO 2023

#### Qualité des éléments géotechniques

Les éléments géotechniques présentés ci-dessus permettent de confirmer la bonne adéquation des données géotechniques avec l'évaluation de la fiabilité du SE.

On notera toutefois que pour le SE 2.3 nous ne disposons pas d'élément géotechnique sinon les éléments repris sur le SE 6.6 qui n'indiquaient pas de

#### Bonne réalisation des travaux

Afin de nous assurer de la pertinence de l'étude 2019 pour la mise à jour de l'évaluation de la sûreté des éléments de digue nous avons réalisé une analyse des VTA du DOE des levés topographiques de contrôle des cotes finales obtenues sur les digues confortées confirmant les points suivants :

- Les travaux ont été réalisés dans les critères de qualité demandés dans le cadre du projet de confortement
- Le comportement des ouvrages post-travaux est sain et ils ne présentent pas de pathologie particulière.

#### Pertinence des profils de calcul

Une analyse critique de AVP 2019 et PRO 2023 nous a permis de confirmer que :

- Les profils de calculs sont bien représentatifs des tronçons de digue
- Le design appelé sur Q100+30 cm pour la crête permet de s'affranchir d'un

## 7.2.2 Arbres de défaillance

Le diagnostic technique approfondi vise à vérifier la tenue des ouvrages jusqu'au niveau de protection. Pour ce niveau de protection, la probabilité résiduelle de rupture acceptable est de 5%.

La probabilité de rupture pour la crue de projet correspondant à la crue centennale est déterminée pour différentes modalités de rupture définies par des scénarios de rupture détaillés en arbre de défaillance, chaque bifurcation correspondant à une étape de rupture de l'ouvrage.

Une probabilité est associée à chaque étape sur la base de l'analyse des connaissances disponibles, le retour d'expérience sur l'ouvrage, le projet prévu, et en intégrant une approche calculatoire.

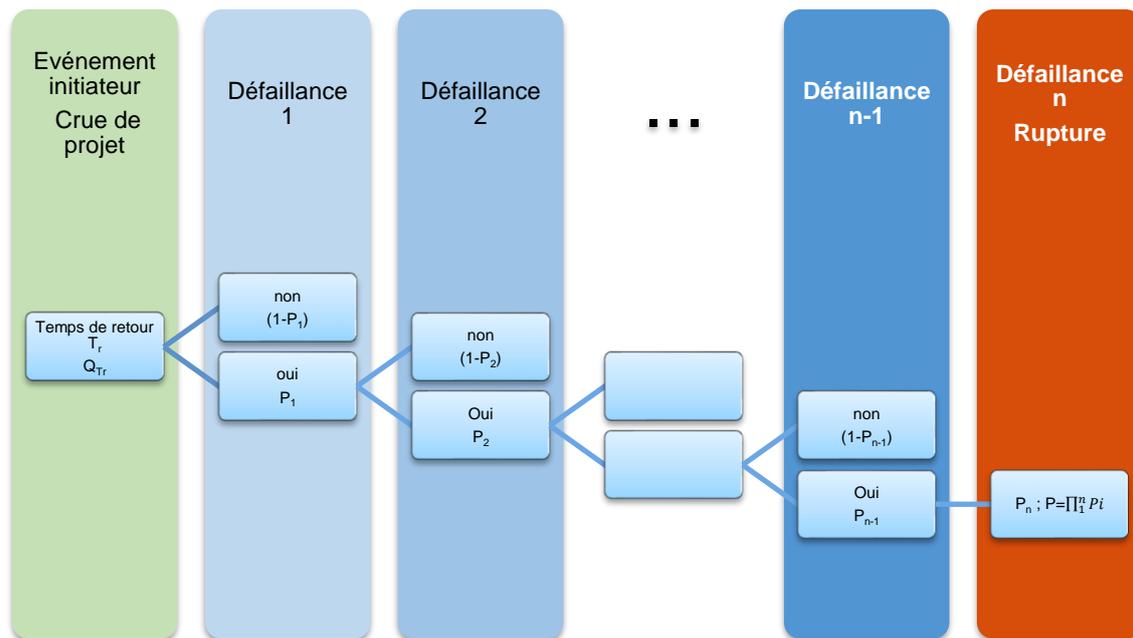


Figure 85 : Arbre type de probabilité

## 7.2.3 Mécanismes de rupture identifiés

Les quatre mécanismes de rupture principaux d'une digue sont l'objet du présent diagnostic approfondi :

- Rupture par surverse,
- Rupture par érosion externe côté cours d'eau,
- Rupture érosion interne du corps de la digue ou de la fondation, en partie courante ou au droit des franchissements,
- Rupture par instabilité.

Ces mécanismes de défaillances sont décrits au chapitre 0 de ce rapport.

## 7.2.4 Appréciation des probabilités de rupture

Les probabilités des différents phénomènes pouvant conduire à un accident (érosion interne, érosion externe, ...) sont rarement quantifiables de manière absolue.

Lorsqu'une quantification numérique de la probabilité d'une étape est envisageable, celle-ci est réalisée. En pratique, cela est rarement le cas (voire jamais) et il est nécessaire de faire appel à des approches expertes des probabilités.

Pour la détermination de ces dernières, nous avons retenu dans le cadre du présent diagnostic les valeurs proposées par Vick 2002 et adaptées par l'United States Bureau of Reclamation (USBR).

L'USBR a adopté un système de qualification verbale pour la plupart des estimations de probabilité subjective, basé principalement sur des expériences rapportées par Reagan et al (1989). Celles-ci montrent que, dans des limites raisonnables, les gens sont assez bien calibrés pour des probabilités connues, à condition :

- D'utiliser des mots que la plupart des gens adopteraient pour leur propre cas,
- Que les probabilités soient plus probables que 1%.

Vick (2002) a résumé ces résultats et a proposé une convention verbale de transformation numérique, indiqué dans le tableau ci-dessous. Les résultats des expériences réalisées par Reagan et al. figurent à côté de ces valeurs. Une des principales conclusions des expériences est que la capacité des gens à quantifier des probabilités ne se prolonge pas très loin à chaque extrémité de l'échelle de probabilité, même si des mots comme "presque impossible" ou "presque certain" sont utilisés. Cela est probablement dû au fait que l'expérience de la plupart des gens ne leur permet pas de conceptualiser des probabilités pour des valeurs extrêmes, et on ne dispose donc pas des termes qui décrivent adéquatement ces valeurs extrêmes.

Qualification verbale de l'évènement	Code couleur	Probabilité suggéré Vick (2002) (Degrees of Belief : Subjective Probability and Engineering Judgment – Steven G. Vick – 2002)	Gamme de probabilités Reagan et al (1989) (Reagan, R. T., Mosteller, F., & Youtz, C. (1989). Quantitative meanings of verbal probability expressions. Journal of Applied Psychology, 74(3), 433–442. <a href="https://doi.org/10.1037/0021-9010.74.3.433">https://doi.org/10.1037/0021-9010.74.3.433</a> )
<b>Très improbable</b> En raison de conditions physiques connues ou des procédés qui peuvent être décrits et qualifiés avec une entière confiance		0.01	0 - 0,05
<b>Improbable</b> Bien que la possibilité ne puisse être écartée		0.1	0,002 – 0,15
<b>Neutre</b> Avec aucune raison de croire qu'un résultat est plus ou moins probable que l'autre		0.5	0,45 - 0,55
<b>Probable</b> Mais sans être complètement certain		0.9	0,75 - 0,90
<b>Très probable</b> En raison de conditions physiques connues ou des procédés qui peuvent être décrits et qualifiés avec une entière confiance		0.99	0,9 - 0,995

Tableau 14 : Probabilité conditionnelle proposée par Vick (2002)

Ces probabilités conditionnelles seront affectées directement à chaque élément de chaque scénario de rupture identifié.

## 7.2.5 Scénarios de rupture initiés par glissement

### 7.2.5.1 Arbre de défaillance pour l'instabilité au glissement

L'arbre de défaillance suivant est proposé pour l'instabilité au glissement d'une digue en remblai. Il s'agit ici d'évaluer une instabilité des deux talus de digue et qui peuvent conduire à une ruine complète de la digue.

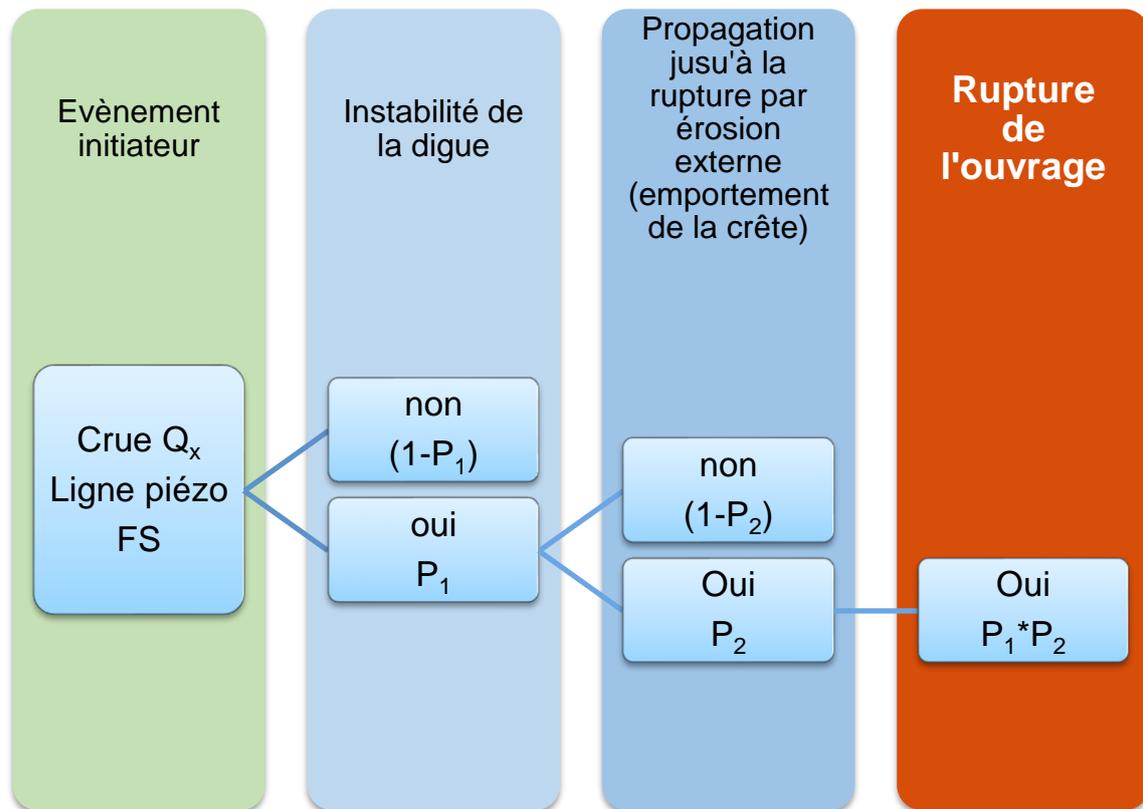


Figure 86 : Arbre de défaillance associé à la rupture par glissement de talus (digue en remblai)

### 7.2.5.2 Evaluation des probabilités conditionnelles

#### Talus à considérer

Les instabilités à considérer sur les talus sont :

- Glissement du talus côté zone protégée : le cas le plus critique est atteint lorsque la ligne piézométrique est la plus haute, au voisinage du pic de la crue,
- Glissement du talus côté fleuve : le cas le plus critique est en étiage ou en décrue lorsque la ligne piézométrique dans le corps de l'ouvrage est la plus haute et alors que :
  - Le niveau d'eau amont n'exerce plus une poussée stabilisante,
  - La cohésion des matériaux est réduite par la saturation,
  - Le poids des terres est augmenté par la saturation,
  - De l'eau est éventuellement piégée coté zone protégée à la suite d'une surverse en une défaillance des dispositifs de ressuyage.

Le premier type de glissement est celui qui est potentiellement plus grave en cas de formation de brèche, le niveau d'eau côté cours d'eau étant plus haut. C'est donc celui qu'on considèrera principalement ici. L'évaluation de la stabilité du talus côté Laysse est faite également mais ce scénario ne peut conduire à des venues d'eau dangereuses en zone protégée.

### Caractéristiques mécaniques des matériaux et modélisation géotechnique

La stabilité est fonction de la géométrie du talus, de la largeur de franc-bord, de la géométrie de la berge, des caractéristiques géotechniques des matériaux de la digue et de la fondation, ainsi que des sollicitations hydrauliques.

L'analyse géotechnique est donnée en annexe A7. Les calculs de stabilités ont été réalisés à l'aide du logiciel GEOSTUDIO, un logiciel de calcul de stabilité des ouvrages géotechniques.

#### Probabilité de glissement : P1

La détermination de la probabilité de glissement consiste à la relier à un facteur de sécurité de stabilité.

Situations	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur $c'$ et $\tan \phi'$	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur le poids volumique	Coefficient de modèle $\gamma_d$
normale d'exploitation	1,25	1	1,2
rare de crue	1,2	1	1,2
transitoire ou rare	1,1	1	1,2
exceptionnelle de crue (PHE)	1,1	1	1,2
extrêmes de crue, sismique ou autres	1	1	1,1

Tableau 15 : Coefficients partiels et de modèle pour le glissement (Source : CFBR, 2015)

Les facteurs de sécurité obtenus par l'analyse sans coefficients partiels peuvent être comparés aux facteurs de sécurité ci-dessous, obtenus par multiplication des coefficients partiels et de modèle préconisé par le CFBR. Une probabilité conditionnelle est ensuite affectée à chaque facteur de sécurité afin d'obtenir une probabilité totale de  $10^{-4}$  pour chaque situation.

Situation	Facteur de sécurité	Probabilité de la situation	Probabilité associée au facteur de sécurité
Normale	$F_S=1,50$ (1,25x1,20)	1	$10^{-4}$
Rare de crue	$F_S=1,44$ (1,20x1,20)	$10^{-1}$	$10^{-3}$
Exceptionnelle de crue	$F_S=1,32$ (1,2x1,10)	$10^{-2}$	$10^{-2}$
Extrême de crue	$F_S=1,10$ (1,1x1,00)	$10^{-3}$	$10^{-1}$

Tableau 16 : Probabilités conditionnelles d'instabilité des talus au glissement d'après le CFBR (pour  $F_S > 1,10$ )

Pour les facteurs de sécurité inférieurs, ces probabilités conditionnelles peuvent être étendues par la grille de Vick :

Bilan de l'analyse du phénomène	Facteur de sécurité	Probabilité suggérée	Probabilité associée au facteur de sécurité
Aucune raison de croire qu'un résultat est plus probable qu'un autre	$F_s=1$	0,50	Neutre
Une certaine confiance dans la probabilité d'occurrence mais la probabilité inverse ne peut être écartée	$F_s=0,9$	0,90	Probable
Les conditions physiques connues et/ou les procédés peuvent être décrits et peuvent qualifier l'occurrence avec une entière confiance	$F_s=0,8$	0,99	Très probable

Tableau 17 : Probabilités conditionnelles d'instabilité des talus au glissement d'après Vicks (Pour  $F_s < 1,10$ )

Vis-à-vis du risque d'instabilité au glissement, il est proposé de retenir la grille de probabilité suivante : en fonction du coefficient de sécurité au glissement calculé :

Facteur de sécurité au glissement	Probabilité de glissement
$F_s=1,5$	$10^{-4}$
$F_s=1,44$	$10^{-3}$
$F_s=1,32$	$10^{-2}$
$F_s=1,1$	$10^{-1}$
$F_s=1$	0,5
$F_s=0,9$	0,9
$F_s < 0,9$	0,99

Tableau 18 : probabilités conditionnelles pour l'instabilité des talus au glissement

### Du glissement à la rupture (P2)

Le glissement de talus affecte un volume limité de remblais. La poursuite du phénomène dépend de la largeur  $L_e$  de digue emportée par le glissement par rapport à la largeur totale  $L$  de la crête. Pour conduire à la rupture, l'entaille dans le talus doit être suffisante pour :

- Soit induire immédiatement la ruine de l'ouvrage en englobant une largeur « suffisante » de crête ;
- Soit réduire significativement sa largeur pour accélérer d'autres mécanismes (notamment par augmentation des gradients hydrauliques).

EDF estime qu'au-delà d'un tiers de largeur  $L$  de crête emportée par glissement, la rupture est très probable ( $P=0,99$ ). Pour des cercles moins impactant, un nouvel état d'équilibre est atteint et peut perdurer sans rupture.

La grille suivante est proposée.

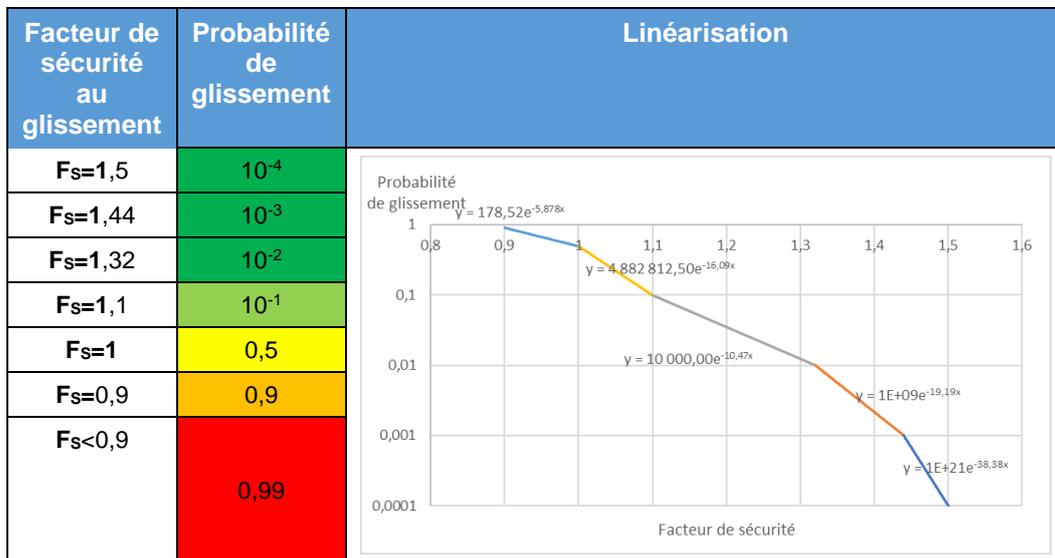


Tableau 19 - probabilités conditionnelles pour l'instabilité des talus au glissement

## 7.3 Ruptures initiées par surverse

### 7.3.1 SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.3 [EDD 2019 et travaux]

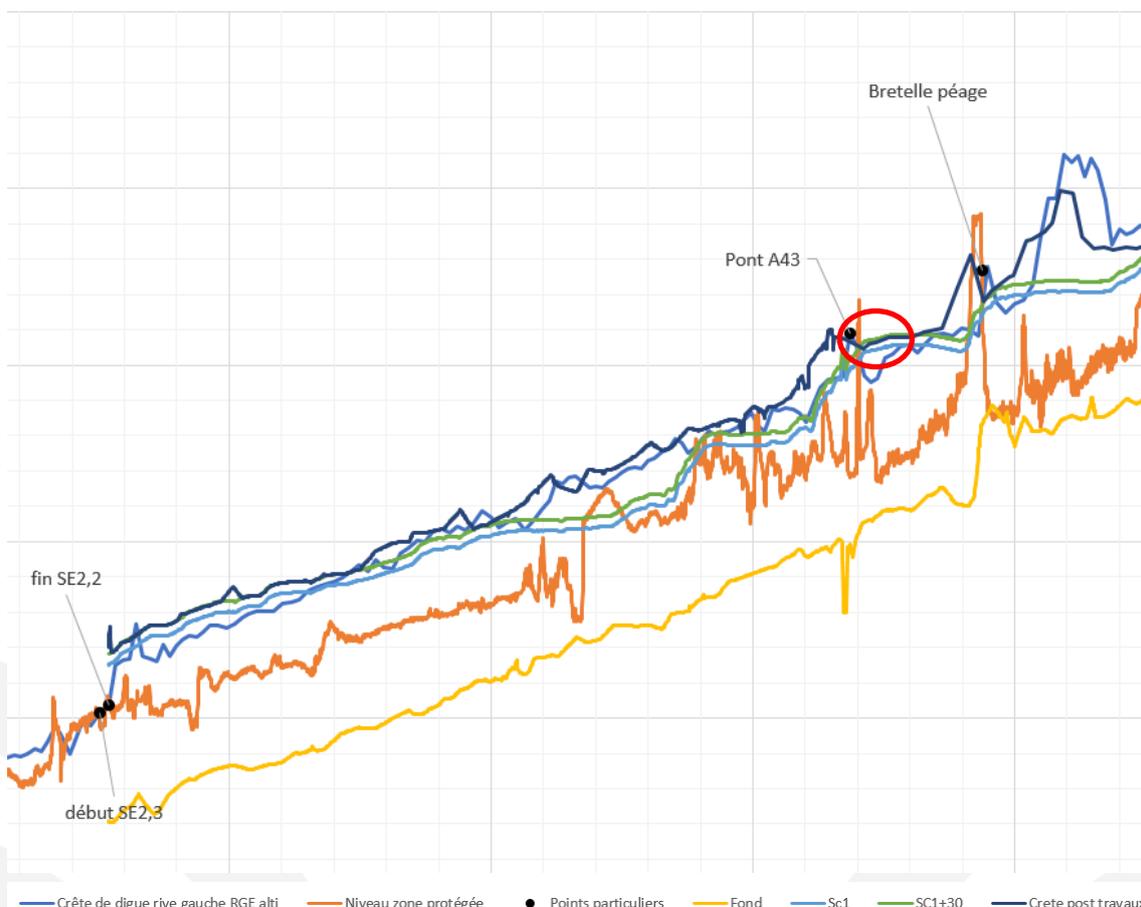
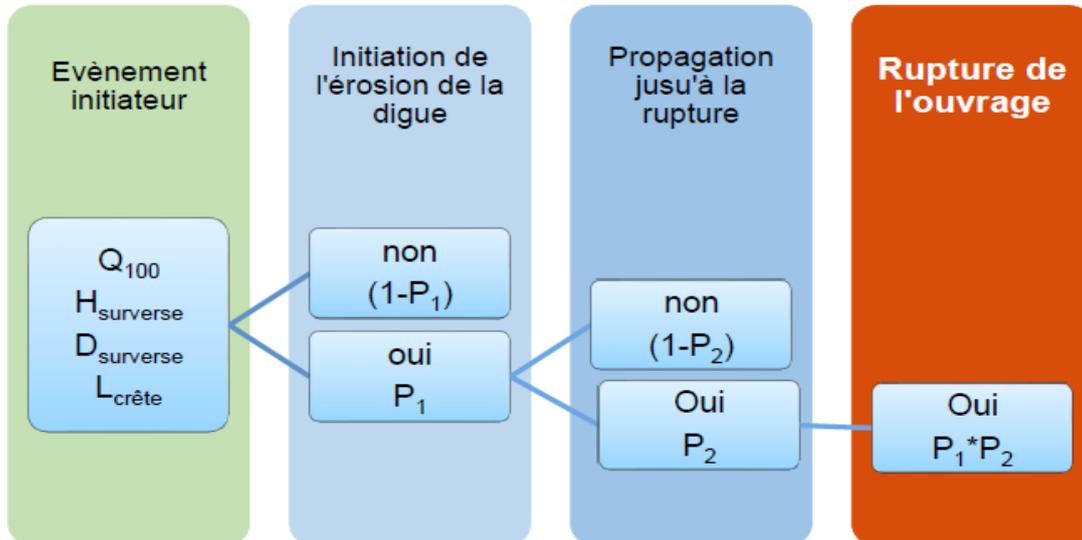


Figure 87: Profil en long : zone de revanche la plus faible sur SE 2.2=24 cm

L'analyse de la topographie des crêtes de digues issues des levés topo permet d'assurer que pour les ouvrages repris la revanche minimale de 30 cm est respectée avec toutefois un point

bas avec une revanche de 24 cm sur le SE2.2. L'ensemble permet de conclure que le risque de surverse pour l'évènement Q100 est inférieur à 5%.

Les confortements ne sont pas destinés à supporter une surverse nous considérons que la surverse amène à un risque de rupture de 50%, le point bas décrit ci-dessus correspondant à une zone de faiblesse qui majore les enjeux d'une rupture, nous le choisirons pour le scénario 3.

### 7.3.2 SE 2.2 aval et SE 2.4 [Travaux objet du présent dossier d'autorisation]

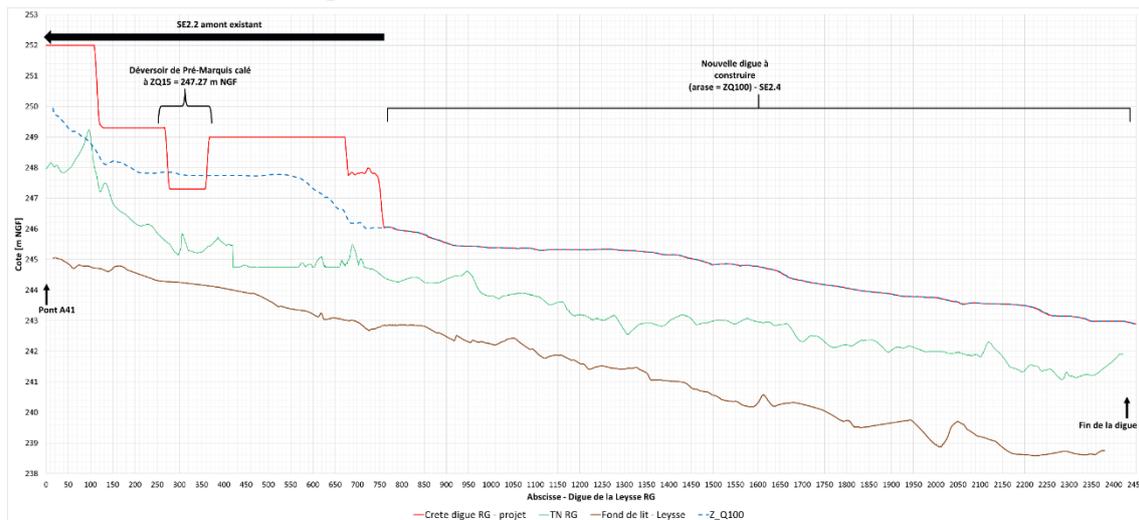


Figure 88 - profil en long en RG - SE 2.4

Comme pour les sous-systèmes ayant déjà fait l'objet de travaux le dimensionnement pour Q100 avec une revanche de 30 cm permet d'assurer pour le scénario Q100 une probabilité de surverse de moins de 5%.

Les confortements ne sont pas destinés à supporter une surverse nous considérons que la surverse amène à un risque de rupture de 50%, les enjeux à l'aval étant moindres que pour le S3 envisagé dans le chapitre précédent nous ne simulerons pas une brèche dans ces SE.

## 7.4 Ruptures initiées par glissement

### 7.4.1.1 Arbre de défaillance pour l'instabilité au glissement

L'arbre de défaillance suivant est proposé pour l'instabilité au glissement d'une digue en remblai. Il s'agit ici d'évaluer une instabilité des deux talus de digue et qui peuvent conduire à une ruine complète de la digue.

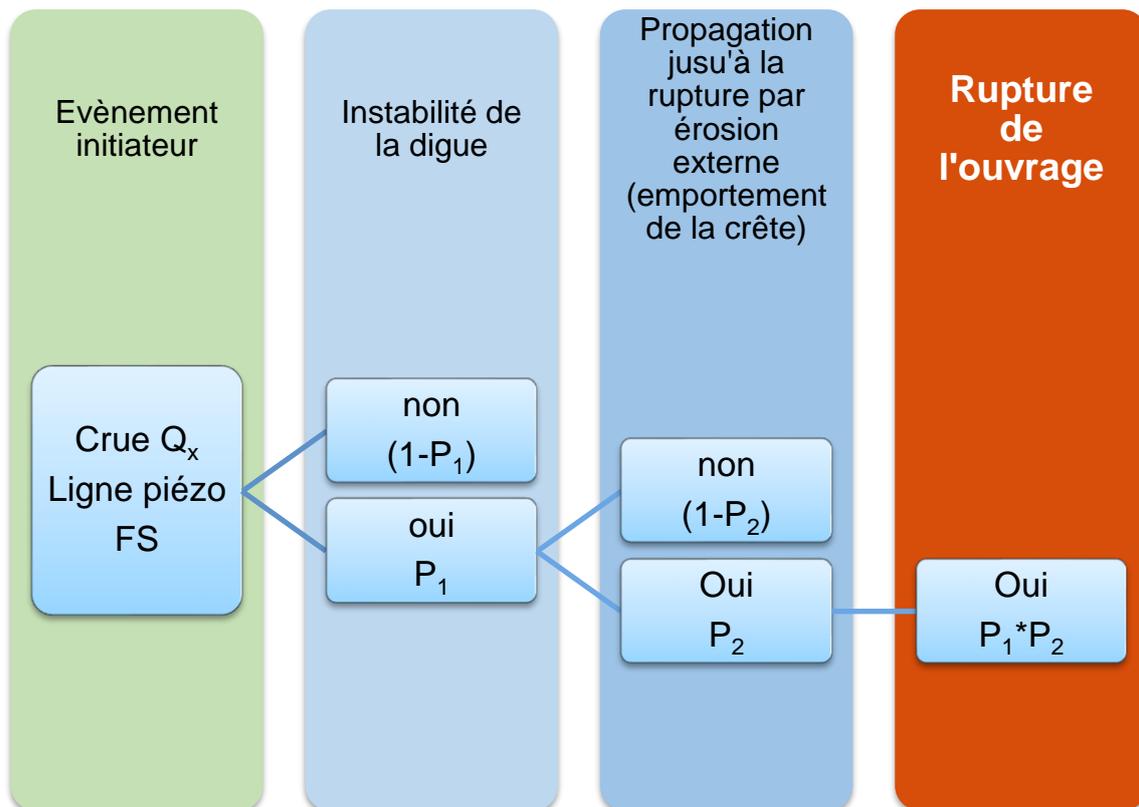


Figure 7-89 : Arbre de défaillance associé à la rupture par glissement de talus (digue en remblai)

#### 7.4.1.2 Evaluation des probabilités conditionnelles

##### Talus à considérer

Les instabilités à considérer sur les talus sont :

- Glissement du talus côté zone protégée : le cas le plus critique est atteint lorsque la ligne piézométrique est la plus haute, au voisinage du pic de la crue,
- Glissement du talus côté fleuve : le cas le plus critique est en étiage ou en décrue lorsque la ligne piézométrique dans le corps de l'ouvrage est la plus haute et alors que :
  - Le niveau d'eau amont n'exerce plus une poussée stabilisante,
  - La cohésion des matériaux est réduite par la saturation,
  - Le poids des terres est augmenté par la saturation,
  - De l'eau est éventuellement piégée coté zone protégée à la suite d'une surverse en une défaillance des dispositifs de ressuyage.

Le premier type de glissement est celui qui est potentiellement plus grave en cas de formation de brèche, le niveau d'eau côté cours d'eau étant plus haut. C'est donc celui qu'on considèrera principalement ici. L'évaluation de la stabilité du talus côté Leyse est faite également mais ce scénario ne peut conduire à des venues d'eau dangereuses en zone protégée.

##### Caractéristiques mécaniques des matériaux et modélisation géotechnique

La stabilité est fonction de la géométrie du talus, de la largeur de franc-bord, de la géométrie de la berge, des caractéristiques géotechniques des matériaux de la digue et de la fondation, ainsi que des sollicitations hydrauliques.

L'analyse géotechnique est donnée en annexe A7. Les calculs de stabilités ont été réalisés à l'aide du logiciel GEOSTUDIO, un logiciel de calcul de stabilité des ouvrages géotechniques.

### Probabilité de glissement : P1

La détermination de la probabilité de glissement consiste à la relier à un facteur de sécurité de stabilité.

Situations	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur $c'$ et $\tan \phi'$	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur le poids volumique	Coefficient de modèle $\gamma_d$
normale d'exploitation	1,25	1	1,2
rare de crue	1,2	1	1,2
transitoire ou rare	1,1	1	1,2
exceptionnelle de crue (PHE)	1,1	1	1,2
extrêmes de crue, sismique ou autres	1	1	1,1

Tableau 20 : Coefficients partiels et de modèle pour le glissement (Source : CFBR, 2015)

Les facteurs de sécurité obtenus par l'analyse sans coefficients partiels peuvent être comparés aux facteurs de sécurité ci-dessous, obtenus par multiplication des coefficients partiels et de modèle préconisé par le CFBR. Une probabilité conditionnelle est ensuite affectée à chaque facteur de sécurité afin d'obtenir une probabilité totale de  $10^{-4}$  pour chaque situation.

Situation	Facteur de sécurité	Probabilité de la situation	Probabilité associée au facteur de sécurité
<b>Normale</b>	$F_S=1,50$ (1,25x1,20)	1	$10^{-4}$
<b>Rare de crue</b>	$F_S=1,44$ (1,20x1,20)	$10^{-1}$	$10^{-3}$
<b>Exceptionnelle de crue</b>	$F_S=1,32$ (1,2x1,10)	$10^{-2}$	$10^{-2}$
<b>Extrême de crue</b>	$F_S=1,10$ (1,1x1,00)	$10^{-3}$	$10^{-1}$

Tableau 21 : Probabilités conditionnelles d'instabilité des talus au glissement d'après le CFBR (pour  $F_S > 1,10$ )

Pour les facteurs de sécurité inférieurs, ces probabilités conditionnelles peuvent être étendues par la grille de Vick :

Bilan de l'analyse du phénomène	Facteur de sécurité	Probabilité suggérée	Probabilité associée au facteur de sécurité
Aucune raison de croire qu'un résultat est plus probable qu'un autre	$F_s=1$	0,50	Neutre
Une certaine confiance dans la probabilité d'occurrence mais la probabilité inverse ne peut être écartée	$F_s=0,9$	0,90	Probable
Les conditions physiques connues et/ou les procédés peuvent être décrits et peuvent qualifier l'occurrence avec une entière confiance	$F_s=0,8$	0,99	Très probable

Tableau 22 : Probabilités conditionnelles d'instabilité des talus au glissement d'après Vick (Pour  $F_s < 1,10$ )

Vis-à-vis du risque d'instabilité au glissement, il est proposé de retenir la grille de probabilité suivante : en fonction du coefficient de sécurité au glissement calculé :

Facteur de sécurité au glissement	Probabilité de glissement
$F_s=1,5$	$10^{-4}$
$F_s=1,44$	$10^{-3}$
$F_s=1,32$	$10^{-2}$
$F_s=1,1$	$10^{-1}$
$F_s=1$	0,5
$F_s=0,9$	0,9
$F_s < 0,9$	0,99

Tableau 23 : probabilités conditionnelles pour l'instabilité des talus au glissement

### Du glissement à la rupture (P2)

Le glissement de talus affecte un volume limité de remblais. La poursuite du phénomène dépend de la largeur  $L_e$  de digue emportée par le glissement par rapport à la largeur totale  $L$  de la crête. Pour conduire à la rupture, l'entaille dans le talus doit être suffisante pour :

- Soit induire immédiatement la ruine de l'ouvrage en englobant une largeur « suffisante » de crête ;
- Soit réduire significativement sa largeur pour accélérer d'autres mécanismes (notamment par augmentation des gradients hydrauliques).

EDF estime qu'au-delà d'un tiers de largeur  $L$  de crête emportée par glissement, la rupture est très probable ( $P=0,99$ ). Pour des cercles moins impactant, un nouvel état d'équilibre est atteint et peut perdurer sans rupture.

La grille suivante est proposée.

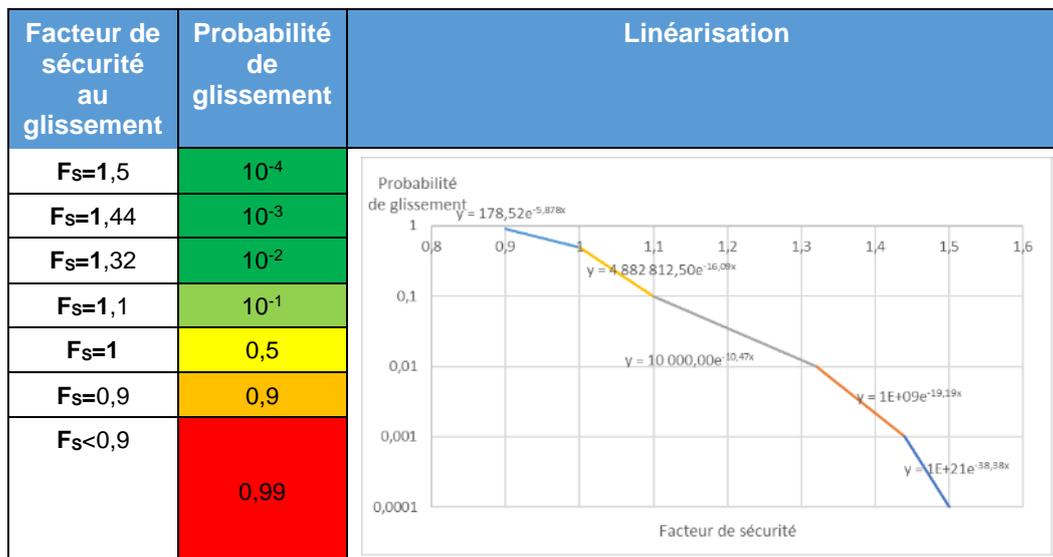


Tableau 24 - probabilités conditionnelles pour l'instabilité des talus au glissement

Dans la section type correspondant à l'ensemble du linéaire (voir §7.2.2) le calcul de stabilité donne un facteur de sécurité 2.169, le schéma ci-dessus permet alors d'assurer une **probabilité d'initialisation du glissement à 0.001**

Au point particulier du passage routier avec son profil « routier » (rampes routières très douces) il n'y a pas de problème de stabilité.

### 7.4.2 SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.3 [EDD 2019 et travaux]

Nous reprenons ci-dessous les éléments de l'EDD 2019 qui justifient dans le cadre de l'analyse de risque que les probabilités de rupture sur les différents phénomènes envisagés sont inférieures à 5% pour les SE 2.1,2.2 amont et 2.3.

Concernant la probabilité de 50% les ouvrages n'ont pas été dimensionnés pour supporter une surverse.

	Action ou paramètre	Symbole	Approche 3
<b>A1/A2</b>	Surcharge permanente défavorable	$\gamma_{Gsup}$	1.0
	Surcharge variable défavorable	$\gamma_{Qsup}$	1.3*
<b>M1/M2</b>	Poids volumique $\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.0
	Angle de frottement $\tan \phi'$	$\gamma_{\phi'}$	1.25
	Cohésion $c'$	$\gamma_{c'}$	1.25
	Cohésion non drainée $C_u$	$\gamma_{cu}$	1.4
<b>R3</b>	Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture	$\gamma_{R,e}$	1.0
	Modèle	$\gamma_{R,d}$	1.2

Figure 90: hypothèses de justification des confortements du SE 2 (mission G3 Confluence 2016)

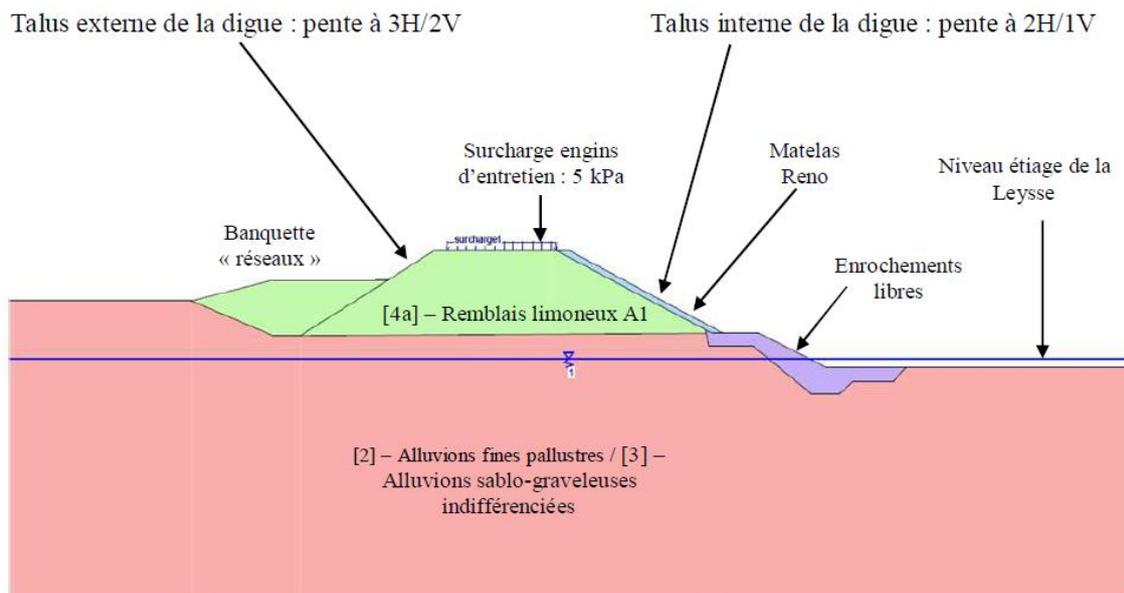


Figure 5 : Profil de calculs situation durable de la digue Rive droite

Figure 91: profil du confortement de SE 2 (mission G3 Confluence 2016)

Digue rive droite profil P108					
Talus étudié	Stabilité	Situation	Approche	Fmin	Figure
Talus externe	Générale	Durable	3	3.01	P97-a
		Séisme pesant		2.26	P97-b
		Séisme allégeant		2.34	P97-c
		Crue centennale		2.71	P97-d
		Vidange rapide		2.74	P97-e
Talus interne	Générale	Durable	3	1.45	P97-f
		Séisme pesant		1.02	P97-g
		Séisme allégeant		1.16	P97-h
		Crue centennale		1.74	P97-i
		Vidange rapide		1.22	P97-j

Figure 92: résultats de justification des confortements du SE 2 (mission G3 Confluence 2016)

On en déduit les probabilités maximales de glissement suivantes pour Q100

Coupe	Phase	Talus	Coefficient de modèle CM	Facteur de sécurité issu calcul FS	FS*CM	Proba vis-à-vis S1 [5%]
Digue RD	G3	externe	1,2	2,26	2,712	● 0,0%
		interne	1,2	1,02	1,224	● 2,7%

Figure 93: Traduction en probabilité de glissement des calculs G3 2016 (le coefficient 1.02 correspond à la sollicitation sismique pour un coefficient de modèle de 1.2 sans charge routière)

### 7.4.3 SE 2.2 aval et SE 2.4 [Travaux objet du présent dossier d'autorisation]

#### SE 2.2 Aval

Comme l'ont montré les études précédentes (EDD ainsi que le retour d'expérience concernant les circulations d'eau) le point de plus fragile du SE 2.2 aval est la digue en remblai autour du rond-point de Villarcher, c'est pour cette raison que les profils de calcul ont été réalisés en prenant comme coupe courant la géométrie et la géotechnique de la zone de courbure de la Leysse à Villarcher.

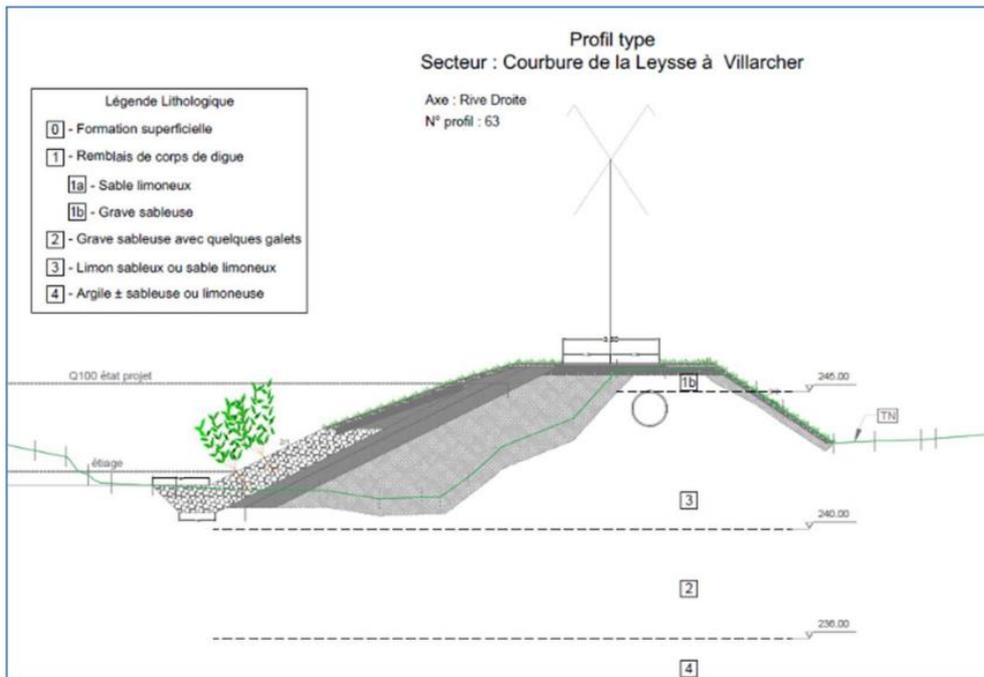


Figure 94: Coupe courante au niveau de la zone de courbure de la Leysse à Villarcher

Technosol a introduit les coefficients de modèle suivant dans leurs calculs

Situation	Niveau nappe correspondant	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur $c'$ et $\tan\phi'$	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur le poids volumique	Coefficient de modèle $\gamma_d$
Normale d'exploitation	Niveau constant, début phase de crue	1,25	1	1,2
Exceptionnelle de crue (PHE)	Q100	1,1	1	1,2

Figure 95: Coefficients de modèle G2PRO 2022

#### 9.1. Coupe 1 - Courbure de Villarcher

N° coupe	Phase	Talus	Coefficient de sécurité	Commentaires
1	Etiage	Aval	1,35 > 1,0	
	Fin de la montée - Q100	Aval	1,14 > 1,0	
	Etiage	Amont	1,19 > 1,0	
	Fin de la décrue - Q100	Amont	1,22 > 1,0	

Figure 96: Coupe courante au niveau de la zone de courbure de la Leysse à Villarcher – Stabilité au glissement

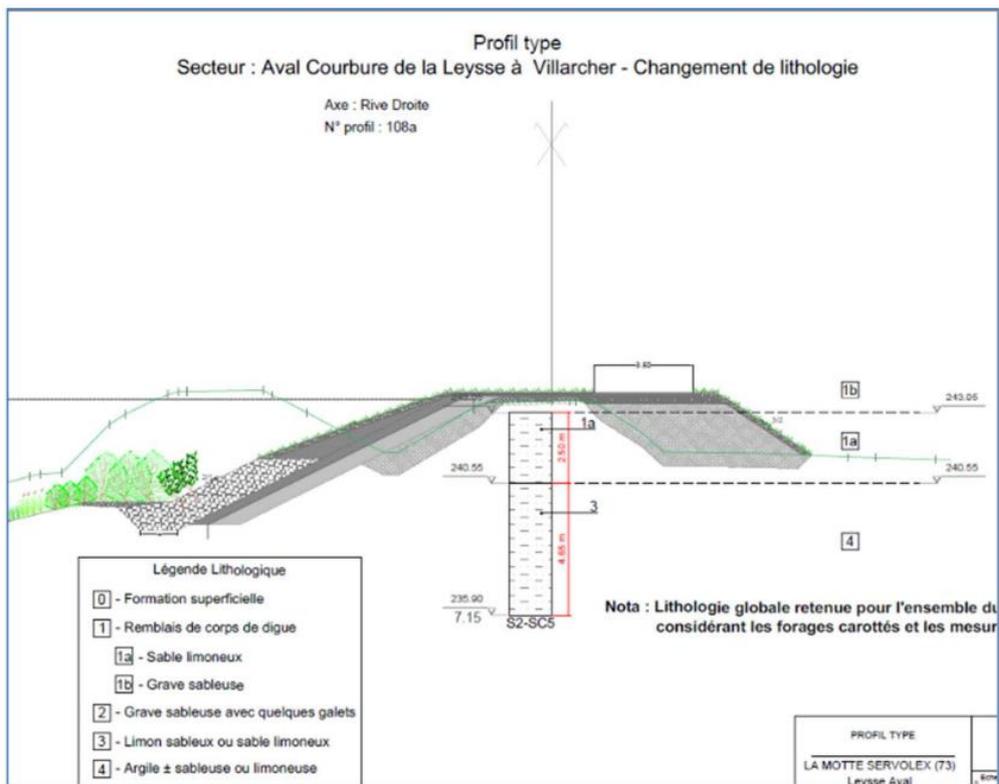


Figure 97: Coupe particulière 1 : changement de lithologie

### 9.2. Coupe 2 – Changement de lithologie

N° coupe	Phase	Talus	Coefficient de sécurité	Commentaires
2	Etiage	Aval	1,16 > 1,0	
	Fin de la montée - Q100	Aval	1,09 > 1,0	
	Etiage	Amont	1,42 > 1,0	
	Fin de la décrue - Q100	Amont	1,11 > 1,0	

Figure 98: Coupe particulière 1 : changement de lithologie – Stabilité au glissement

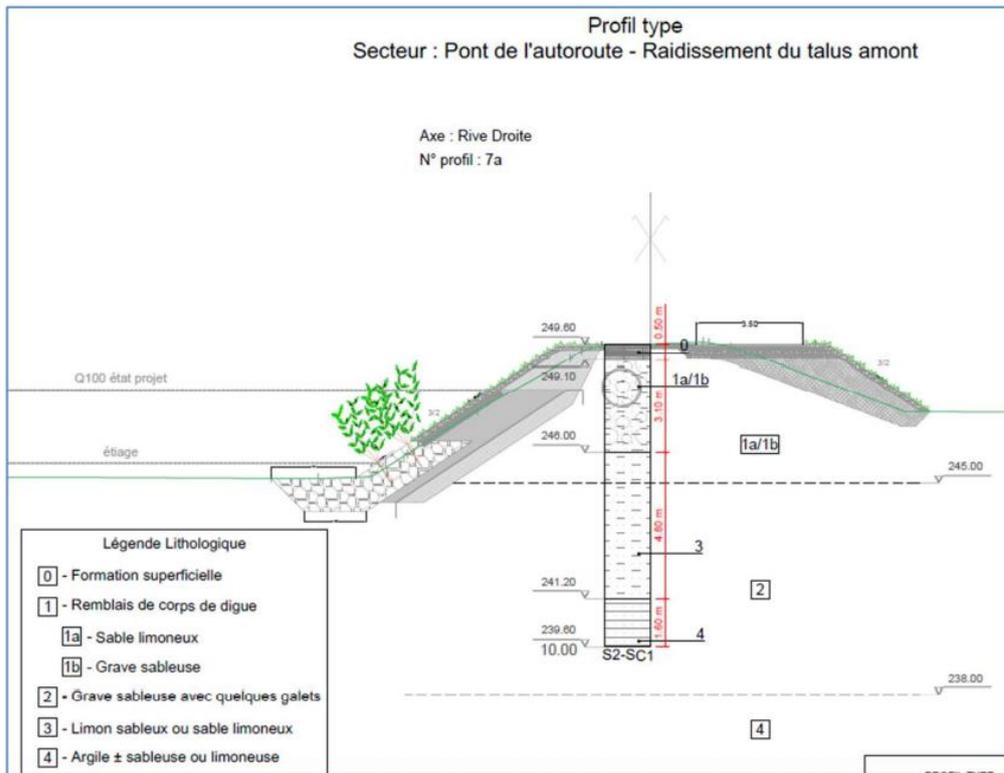


Figure 99: Coupe particulière 2 : raidissement du talus amont

### 9.3. Coupe 3 – Raidissement du talus amont

N° coupe	Phase	Talus	Coefficient de sécurité	Commentaires
3	Etiage	Aval	1,28 > 1,0	
	Fin de la montée - Q100	Aval	1,33 > 1,0	
	Etiage	Amont	1,00 ≥ 1,0	
3	Fin de la décrue - Q100	Amont	1,02 > 1,0	Réhausse de la couverture en enrochements

Figure 100: Coupe particulière 2 : raidissement du talus amont stabilité au glissement

On en déduit les risques de glissement suivants

	Phase	Talus	Coef. modèle CM	Facteur de sécurité issu calcul FS	FS*CM	Proba vis-à-vis S1 [5%]		Phase	Talus	Coefficient de modèle CM	Facteur de sécurité issu calcul FS	FS*CM	Proba vis-à-vis S1 [5%]
<b>Courbure de Villarcher 1</b>							<b>Courbure de Villarcher 2</b>						
	Etiage	Aval	1,2	1,35	1,62	● 0,0%		Etiage	Aval	1,2	1,16	1,392	● 0,3%
	Fin de montée	Aval	1,2	1,14	1,368	● 0,4%		Fin de montée	Aval	1,2	1,09	1,308	● 1,1%
	Etiage	Amont	1,2	1,19	1,428	● 0,1%		Etiage	Amont	1,2	1,42	1,704	● 0,0%
	Fin de décrue	Amont	1,2	1,22	1,464	● 0,0%		Fin de décrue	Amont	1,2	1,11	1,332	● 0,8%
<b>Courbure de Villarcher 3</b>													
	Etiage	Aval	1,2	1,28	1,536	● 0,0%							
	Fin de montée	Aval	1,2	1,33	1,596	● 0,0%							
	Etiage	Amont	1,2	1	1,2	● 3,5%							
	Fin de décrue	Amont	1,2	1,02	1,224	● 2,7%							

Figure 101: Probabilité de glissement associées aux coefficients de sécurité calculées G2PRO

### SE 2.4

L'analyse de la stabilité des digues du SE 2.4 présentant une piste agricole en crête ont pris en compte une surcharge d'exploitation de 10 kPa dans la G2 PRO en dehors des périodes de crue.

La section la plus « fragile » correspond à celle de la coupe 6.

#### 4.2. Coupe 6 - Limons sur Graves

N° coupe	Phase	Talus	Coefficient de sécurité	Commentaires
6	Etiage	Aval	1,16 > 1,0	
	Fin de la montée - Q100	Aval	1,05 > 1,0	
	Etiage	Amont	1,41 > 1,0	
	Fin de la décrue - Q100	Amont	1,13 > 1,0	

Selon les résultats des calculs de stabilité sur la coupe 6, les risques de glissements lors des phases de crue sont acceptables.

On en déduit pour le cas le plus défavorable (FS=1.05) une probabilité de rupture pour le scénario S1 de moins de 5%. Comme le montre le tableau ci-dessous.

Phase	Talus	Coef. modèle CM	Facteur de sécurité issu calcul FS	FS*CM	Proba vis-à-vis S1 [5%]
SE 2,4					
Q100 fin montée	Aval	1,2	1,04	1,248	2,1%

La conception assure pour le scénario S1 une probabilité de rupture inférieure à 5%

## 7.5 Ruptures initiées par érosion externe

L'arbre de défaillance suivant est proposé pour le mode de défaillance « érosion externe par écoulement tangentiel ».

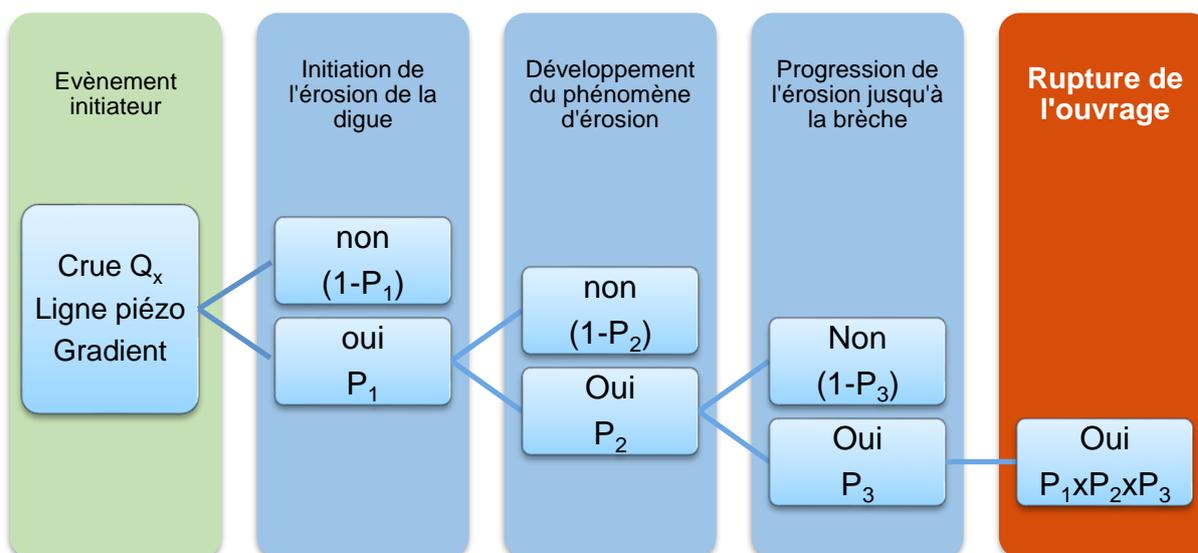


Figure 102 - Arbre de défaillance du phénomène d'érosion externe

### 7.5.1 SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.3 [EDD 2019 et travaux]

#### Initiation de l'érosion externe (P1)

L'appréciation de la probabilité d'initiation relève d'une comparaison entre :

- La sollicitation : Vitesse d'écoulement, force tractrice ;
- La résistance : Protection de talus et de la berge, présence de végétation, etc.

L'initiation de l'érosion externe (P1) correspond aux premiers départs de matériaux sous la force de l'écoulement.

#### Définition de la sollicitation

Sur une berge immergée, la force de pesanteur s'ajoute à la force tractrice pour la mise en mouvement des matériaux. Ainsi, plus la berge est inclinée, plus il est facile de mettre les particules en mouvement.

Lorsque cette contrainte atteint un seuil critique, elle est responsable de la mise en mouvement des matériaux du fond du lit ou de la berge. Nous parlons alors de « contrainte tractrice critique ».

La contrainte tractrice critique sera basée sur des valeurs issues du guide Geniealp évaluant les contraintes tractrices limites liées aux techniques végétales ainsi qu'aux enrochements :

Les confortements sont réalisés avec mise en place de gabion et d'enrochements bétonnés

Tab. 1 - Contraintes tractrices calculées pour des crues données pour diverses techniques de génie végétal.

Technique	Contrainte tractrice [N/m <sup>2</sup> ]		
	À la réalisation	1 à 2 ans après	3 ou 4 ans après
Enherbement	4 <sup>(3)</sup> -20 <sup>(3)</sup>	25-30 <sup>(3)</sup>	30 <sup>(3)</sup> -100 <sup>(2)</sup>
Boutures	10 <sup>(3)</sup>	60 <sup>(3)</sup> -150 <sup>(1)</sup>	60 <sup>(3)</sup> -165 <sup>(1)</sup>
Boudin d'hélophytes	10 <sup>(3)</sup> -30 <sup>(2)</sup>	20-30 <sup>(3)</sup>	50 <sup>(3)</sup> -60 <sup>(1)</sup>
Clayonnages	10 <sup>(2,3)</sup>	10-15 <sup>(3)</sup>	10 <sup>(3)</sup> -120 <sup>(1)</sup>
Fascines	20 <sup>(3)</sup> -60 <sup>(2)</sup>	50 <sup>(3)</sup> -60 <sup>(3)</sup>	80 <sup>(2)</sup> -250 <sup>(4)</sup>
Saules		50-70 <sup>(4)</sup>	100-140 <sup>(4)</sup> 800 (20 ans) <sup>(2)</sup>
Plantation d'arbre	20 <sup>(2)</sup>		120 <sup>(2)</sup>
Lit de plants et plançons	20 <sup>(2,3)</sup>	120 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(2,3)</sup>
Couche de branches à rejet	50 <sup>(2,3)</sup> -150 <sup>(3)</sup>	150 <sup>(2)</sup> -300 <sup>(3)</sup>	300 <sup>(2,3)</sup> -450 <sup>(3)</sup>
Caissons végétalisés	500 <sup>(3)</sup>	600 <sup>(3)</sup>	600 <sup>(3)</sup>
Enrochements	Végétalisés	100 <sup>(3)</sup> -200 <sup>(2)</sup>	100 <sup>(2)</sup> -300 <sup>(3)</sup>
	Nus	250 <sup>(2)</sup>	250 <sup>(2)</sup>

1 : Faber 2004 ; 2 : Schiechl et Stern 1996 ; 3 : Venti et al. 2003 ; 4 : Lachat 1994.

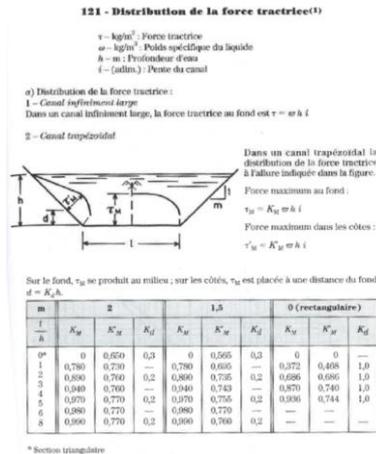


Tableau 7.1 : Indications de valeurs de tensions tangentielles pour différents matériaux en N/m<sup>2</sup>

Matériaux	Limites de force tractrice (tensions tangentielles) en N/m <sup>2</sup>
Géosynthétique anti-érosif, bionnettes	80 à 180
Perré/enrochement, selon la taille	70 à 300
Géomatelas renforcés ou tapis antiérosif renforcés avec remplissage de fibres	
• pour des sollicitations < 60 h	180 à 300
• pour des sollicitations < 24 h	400 à 670
Matelas gabions	250 à 500

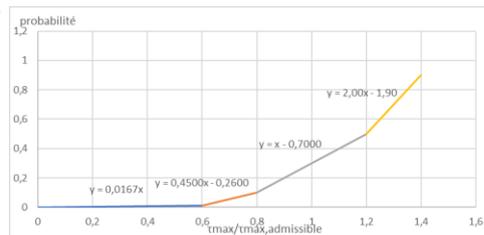


Tableau 25 – Formules et probabilités de rupture

La contrainte tractrice est déterminée à partir de la vitesse d'écoulement, et est mise en comparaison avec la contrainte tractrice admissible, en suivant la loi de probabilité indiquée ci-dessus.

On trouve ainsi :

- $P1 = f_n(\tau_{max} / \tau_{max adm}) = 0.45 * 9.81 * 17.65 / 250 - 0.26 = 5.2 \% \approx 5\% \text{ pour S1 et pour S3}$
- $\tau_{max} : \omega K_M * h * i = 1000 * 0.97 * 3.5 * 0,0052 = 17.65 \text{ kg/m}^2 = 176 \text{ N/m}^2 < 250 \text{ N/m}^2 \text{ (matelas gabions)}$ 
  - o  $i = (297-295)/(14790-14406) \dots\dots\dots 0.0052 \text{ m/m}$
  - o  $H \dots\dots\dots 4 \text{ m}$
  - o  $\omega \dots\dots\dots 1000 \text{ kg/m}^3$
  - o  $K_M \dots\dots\dots 0.97$ 
    - $l/h = 10 \text{ (lit mineur) / 3.5 (Q100)} \dots\dots\dots > 4$
    - $H=2 \rightarrow V=1 \dots\dots\dots m=2$

La contrainte tractrice est bien inférieure à la contrainte admissible, on retrouve ainsi une valeur de P1 d'environ 5%. Cette analyse permet de montrer qu'en ne considérant que la valeur de P1, on trouve une probabilité acceptable. Ainsi nous ne considérons pas l'analyse du développement du phénomène d'érosion (P2) et la progression de l'érosion jusqu'à la brèche (P3) qui amènerait une probabilité de rupture inférieure à P1 et donc inférieure à 5%.

### 7.5.2 SE 2.2 aval et SE 2.4 [Travaux objet du présent dossier d'autorisation]

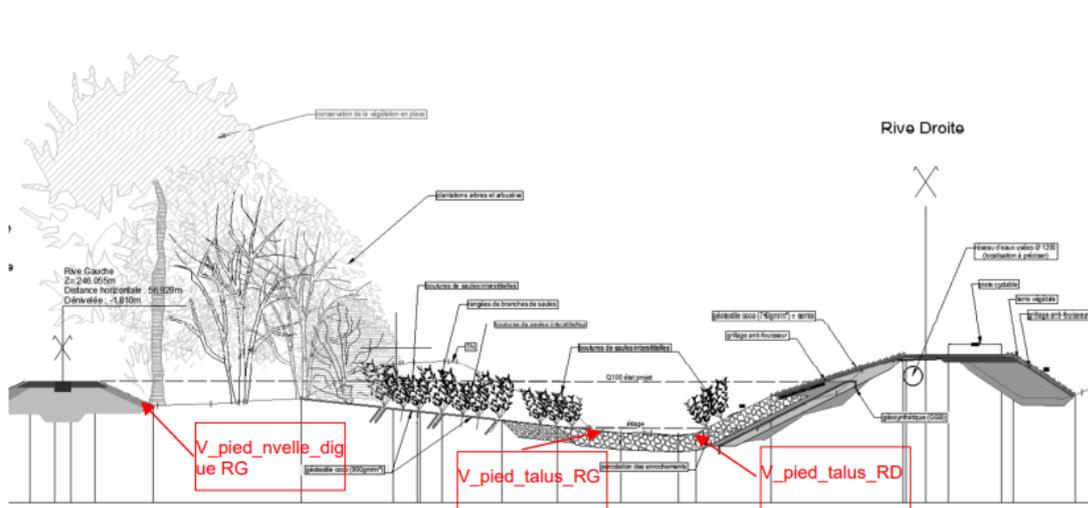


Figure 60 : Points de prise en compte des vitesses dans le modèle hydraulique pour le dimensionnement des protections de talus

Tableau 15 : Comparaison vitesse actuelle et projet

	Vitesse max actuelle	Vitesse max Q100
PKL5.555	3.9 m/s	5.20 m/s
PKL5.544	4.01 m/s	5.05 m/s

#### Pied de talus côté Leysse

Tableau 16 : Dimensionnement des enrochements en pied de talus RG côté Leysse

	Vitesse en pied talus RG	Pente talus	Poids moyen W50	Type protection Blocométrie
PKL5.555	4.78	10/1	279 kgs	300/1000 kgs
PKL5.544	4.90	10/1	316 kgs	300/1000 kgs
PKL5.444	3.45	10/1	38 kgs	10/60 kgs (*)
PKL4.981	3.06	10/1	19 kgs	10/60 kgs (*)
PKL4.653	3.23	6/1	28 kgs	10/60 kgs (*)
PKL4.089	1.52	4/1	-	
PKL3.906	3.26	8/1	28 kgs	10/60 kgs (*)

### 6.3.3 Secteur SE2.2. Rive droite

Tableau 17 : Dimensionnement des enrochements en pied de talus RD côté Leysse

Profil	V_pied_talus_RD (m/s)	Pente talus	Poids moyen	Type protection retenue Blocométrie	Protection partie supérieure
Profil STTP 124 - PKL6.116	3.02	3/2	86 kgs	300/1000kgs	Matelas Reno
PKL5.957	0.06	2/1	-	-	-
PKL5.646	3.34	2/1	83 kgs	300/1000kgs	Matelas Reno
PKL5.555	4.63	2/1 (3/1)	588 kgs (329 kgs)	300/1000kgs	Matelas Reno
PKL5.544	4.27	2/1 (3/1)	362 kgs (203 kgs)	300/1000kgs	Matelas Reno
PKL5.444	3.29	2/1	76 kgs	60/300 kgs	
PKL4.981	2.83 x 1.2 = 3.4	2/1	92 kgs	60/300 kgs	Matelas Reno
PKL4.653	2.82	2/1	30 kgs	60/300 kgs	
PKL4.089	3.06	2/1	49 kgs	60/300 kgs	
PKL3.906	3.54	2/1	117 kgs	60/300 kgs	
PKL3.658	2.70	2/1	23 kgs	60/300 kgs	
PKL3.606	0.53	2/1	-	-	-

Le poids moyen est donné par le calcul. Les fuseaux disponibles généralement pour des enrochements sont les suivants :

#### Enrochements (CE)

5-50 kg / 10-70 kg / 40-200 kg / 50-200 kg  
200-500 kg / 300-700 kg / 300-1000 kg / 500-1500 kg / 700-1200 kg  
1-2 T / 1-3 T / 2-4 T / 3-6 T / 3-8 T

Il est fait le choix dans le cadre du projet de retenue le fuseau de blocs supérieur.

**En dimensionnant la blocométrie des enrochements de protection avec les formules d'Isbach et en prévoyant un revêtement en matelas Réno (résistance 300 N/m<sup>2</sup>) sur la partie supérieure, la conception permet d'assurer pour le scénario S1 une probabilité de rupture inférieure à 5% par rapport à l'érosion externe.**

## 7.6 Ruptures initiées par érosion interne

L'érosion interne intervient lorsque la force d'écoulement est supérieure à la somme des autres forces appliquées sur les grains (pesanteur, forces de contact), lorsque le gradient hydraulique local  $i$  est supérieur à un seuil appelé gradient critique des matériaux constituant la digue.

Pour tous les modes de rupture par érosion interne, environ 2/3 des ruptures et 50 % des accidents sont intervenus lors du premier remplissage d'un barrage ou dans les 5 premières années de fonctionnement. Par ailleurs, la très grande majorité des ruptures par érosion interne a été occasionnée pour les plus hautes eaux observées ou dans une revanche de 1 mètre par rapport à ce maximum de niveau (CIGB).

L'érosion interne est initiée par quatre types de conditions aux limites. Ces quatre types d'initiation sont à distinguer, car ils ont des cinétiques très différentes :

- **L'érosion de conduit** : érosion des lèvres d'un trou ou d'une fissure. Ce premier type d'érosion est responsable de la grande majorité des brèches par érosion interne ;
- **L'érosion régressive** : érosion de l'extrémité amont d'un trou qui se développe dans une couche de sable sous une surface rigide ou cohérente et qui régresse du côté zone protégée vers le côté Seine sous l'érosion provoquée par le gradient hydraulique maximal en fond de trou. Ce second type est souvent déclenché et activé par les crues. En conséquence, il peut mettre des années ou des dizaines d'années pour déboucher sur

une brèche. Après avoir atteint la moitié de la longueur d'infiltration, le trou s'agrandit à vitesse exponentielle et provoque la brèche en quelques heures ;

- **L'érosion de contact** : érosion d'un sol fin, à son contact avec un sol grossier, sous les fortes vitesses transitant dans le sol grossier. Fréquent dans les fondations alluviales, ce type d'érosion emporte le limon à travers les graves au contact des alluvions fines et grossières. Le symptôme est l'apparition de fontis ou fondrières sur l'ouvrage. La cinétique est lente à très lente ;
- **La suffusion** : érosion des particules fines sous l'effet des infiltrations à travers les pores et les constriction des particules grossières. Ce type d'érosion existe dans les sols instables, c'est-à-dire les sols n'étant pas auto-filtrants : sols ségrévés et alluvions grossières. La cinétique est en général lente à très lente.

La nature des sols détermine leur vulnérabilité vis-à-vis de l'érosion. Trois classes doivent être distinguées (Deroo & Fry, 2018):

- **Les matériaux pulvérulents** (IP=0 sans cohésion lorsqu'ils sont saturés). Leur faiblesse fait leur force. La « liberté de mouvement » engendre une incapacité à la stabilité d'une cavité érodée. Ces sols, tant qu'ils sont soumis à des contraintes de compression, ne peuvent pas être sujets à l'érosion de conduit. Il n'existe qu'une situation, redoutable, où ils sont soudainement soumis à l'érosion de conduit : le claquage hydraulique. Sinon, ils sont sujets aux 3 autres mécanismes. ;
- **Les matériaux cohérents** plastiques à contrario sont sujets à l'érosion de conduit et pratiquement pas sensibles sur site aux trois autres mécanismes. La vitesse de l'eau à travers le conduit doit souvent dépasser 1 mètre par seconde pour arracher un floc d'argile à la structure ;
- **Les matériaux intermédiaires**, les loëss, les limons peu plastiques et les argiles dispersives sont les plus exposés. Ils peuvent être sensibles à tous les mécanismes. Leur cohésion, provenant de la succion héritée de leur état initial non saturé, peut s'effondrer brutalement à la saturation et l'érosion peut d'autant plus facilement s'exercer sur ces particules de petite dimension que la force moyenne d'arrachement équivaut à environ 10 % de leur poids. Moyennée sur la surface exposée à l'écoulement, cela représente une contrainte de cisaillement inférieure à 1 Pa. La vitesse d'entraînement peut être plus faible que 1 cm/s.

### 7.6.1.1 Sensibilité à la suffusion

La suffusion est une instabilité interne d'un sol liée à l'entraînement des particules fines libres à travers les particules grossières d'un sol à granulométrie discontinue et/ou très étalée.

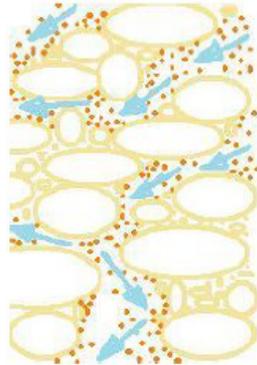


Figure 104 - schéma du phénomène de suffusion

La suffusion n'est pas un mode de rupture : aucune digue n'a rompu par suffusion. Il s'agit d'un mécanisme lent d'instabilité interne d'un sol liée à l'entraînement des particules fines libres à travers les particules grossières d'un sol à granulométrie discontinue. Elle n'apparaît que dans les sols où les fines ne comblent pas les vides des particules granulaires. Toutefois, la suffusion est un phénomène aggravant de l'érosion de contact ou de l'érosion régressive.

D'après le bulletin n°164 du CIGB, sont considérés en pratique comme **non suffusifs** les sols possédants :

- Soit un indice de plasticité supérieur à 7,
- Soit un pourcentage d'argile (passant à 2  $\mu\text{m}$ ) supérieur à 10%,
- Soit un pourcentage de fines (passant à 80  $\mu\text{m}$ ) supérieur à 40%.

Les sols ne remplissant pas ces critères granulométriques sont considérés comme potentiellement suffusifs.

Le risque d'initiation de la suffusion dans un sol peut être appréhendé plus spécifiquement à partir de critères granulométriques et différents critères :

- **Les critères de stabilité du sol** : critère d'auto-filtration de Terzaghi, critères de Kenney & Lau. Ces critères décrètent la stabilité d'un milieu, par conséquent, et compte tenu de leur caractère conservatif, il est assuré que la stabilité d'un sol vérifiant un de ces critères

sera effective. En revanche, si ces critères ne sont pas vérifiés, l'instabilité n'est pas acquise.

- **Les critères d'instabilité** : il s'agit des critères de Burenkova et de Wan & Fell (qui donne une probabilité d'instabilité du sol)

La suffusion est une propriété intrinsèque du matériau qui peut être évaluée sur des critères géométriques associées à la courbe granulométrique des matériaux.

Malgré le fait qu'il s'agisse d'un phénomène lent (peu sensible sur des digues de prévention des inondations), ce phénomène pourrait amener à aggraver la sensibilité aux autres phénomènes.

## 7.6.2 SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.3 [EDD 2019 et travaux]

### 7.6.2.1 Niveau de protection

#### SE 2.1 (suivant AVP)

respect de la stabilité vis-à-vis du phénomène de						
profil géotechnique	secteur topographique	Surverse	Glissement talus amont	Glissement talus aval	Erosion Interne	Erosion Externe
Geotech1	SOTP57	instable	stable	stable	Limité au droit des conduites	stable
	SOTP59	instable	stable	stable Q10 , Q100/Q200 instable Qext	stable	stable
Geotech2	SOTP57	instable	stable	stable	Limité au droit des conduites	stable
	SOTP59	instable	stable	stable	stable	stable

Tableau 44 : Synthèse des risques de ruptures – système 2.1

Figure 103: Tableau de synthèse des risques d'érosion interne pour SE 2.1

#### SE 2.2 amont (suivant AVP)

respect de la stabilité vis-à-vis du phénomène de						
profil géotechnique	secteur topo	Surverse	Glissement talus amont	Glissement talus aval	Erosion Interne	Erosion Externe
Confortement	S2.2 amont	Instable (surverse > Q200)	Stable (adoucissement pente si nécessaire)	Stable Adoucissement pente aval	Stable Elargissement + Protection anti-fouisseur	Stable jusqu'à Q200 (adoucissement pente si nécessaire)
Reconstruction	S2.2 amont	Instable (surverse > Q200)	Stable (enrochements)	Stable Adoucissement pente aval	Stable Elargissement et Ancrage étanche + Protection anti-fouisseur	Stable jusqu'à Q200 (enrochements)

Tableau 45 : Synthèse des risques de ruptures – système 2.2 amont

Figure 104: Tableau de synthèse des risques d'érosion interne pour SE 2.2 amont

SE 2.3 (suivant AVP)

profil géotechnique	secteur topographique	respect de la stabilité vis-à-vis du phénomène de				
		Surverse	Glissement talus amont	Glissement talus aval	Erosion Interne	Erosion Externe
Geotech1	S2.3	Instable	stable	stable	stable	stable

Tableau 47 : Synthèse des risques de ruptures – système 2.3

Figure 105: Tableau de synthèse des risques d'érosion interne pour SE 2.3

### 8 PHENOMENE DE BOULANCE ET SOULEVEMENT

Etant donné la morphologie de la digue au droit du profil P97, les risques de boulanges et de soulèvement peuvent être écartés. En effet, le niveau de crue centennale est proche du niveau du TN côté externe de la digue.

Figure 106: Analyse risque d'érosion interne et soulèvement dans le cadre de la G3 – Confluence 2016

Ainsi la justification des solutions de confortement vis-à-vis de l'érosion interne a été réalisée au niveau AVP et dans la mission G3 et les conclusions sont les suivantes :

- Pas de risque d'érosion interne sur les digues confortées (SE 2.2 amont, SE 2.3)
- Réalisation d'un écran anti-renard sur les ouvrages traversants du SE 2.1.

On peut donc considérer, au regard de l'analyse faite dans l'AVP, que les probabilités de rupture des ouvrages à l'érosion interne sont inférieures à 5%.

	Sensibilité suffusion	Présence d'une coupure étanche	Présence d'arbres	Présence de fousseurs	Présence d'une interface entre couches	Présence d'un ouvrage traversant le remblai	Probabilité de présence d'un conduit (Vick, 2002)
2.3	Pas de risque suffusion	Non	Non	Oui de petite taille et non débouchant sur ouvrage neuf	Matériaux relativement homogènes	Oui mais les réseaux seront traités et supprimés	Improbable 0,1

Tableau 26 : Synthèse des facteurs aggravants vis à vis de l'érosion de conduit

Tronçon	Rupture par surverse	Rupture par glissement de talus		Rupture par érosion de conduit	Rupture par érosion régressive	Rupture par érosion externe	Rupture par séisme (événement initiateur qui n'est pas une crue)
2.3 (idem SE 6.6)	0.00% Q100	0.00% Q100	0.00% Q100	0.55% Q100	-	2.33% Q100	6.53% ≈ 5%

Tableau 27 : Estimation du niveau de protection de chacun des tronçons

TH	Revanche minimale au niveau de protection (cm)
2.3 (idem 6.6)	Q10 : 177 Q100 : 32

Tableau 28 : Revanches minimales des tronçons homogènes au niveau de protection

### 7.6.2.2 Niveau de danger

Le niveau de danger est le niveau à partir duquel la probabilité de rupture d'un ouvrage est importante. Cette notion se rapproche du « risque de rupture d'au moins un ouvrage supérieur à 50% » qui est introduit dans l'arrêté du 7 avril 2017, et qui est défini dans le chapitre 8 comme le scénario 3.

L'obtention de ce niveau de danger est réalisée en cherchant toutefois à obtenir une probabilité de l'ordre de 50%. Dans le cas où une probabilité à 50% n'est pas atteinte pour un phénomène, nous considérons que le niveau de danger est donc équivalent à la crue la plus sollicitante modélisée pour les ouvrages à savoir Q50 (Q32 en hydrologie actualisée) pour les ouvrages de la Leysse aval et Q100 pour le bras de décharge (en tenant compte du fonctionnement hydraulique avec le bras de décharge).

Tronçon	Rupture par surverse	Rupture par glissement de talus		Rupture par érosion de conduit	Rupture par érosion régressive	Rupture par érosion externe
		Côté Leysse	Côté ZP			
6.6	0.00% Q100	0.00% Q100	0.00% Q100	0.55% Q100	-	2.33% Q100

Tableau 29 : Estimation du niveau de danger de chacun des tronçons

### 7.6.3 SE 2.2 aval et SE 2.4 [Travaux objet du présent dossier d'autorisation]

Les digues ne comportent pas d'ouvrage traversant.

#### SE 2.2 aval

Dans le cadre de la G2PRO de Technosol Kaena (Kaena, 2022), la stabilité aux phénomènes d'érosion interne de la digue confortée a été vérifiée pour les phénomènes suivants :

- Boulance

Modélisation en écoulements transitoires

Coupe et moment critique	Analyse Kaena Technosol	Remarque
Coupe 1 – Fin de la montée Q100	Risque boulangerie faible mais non négligeable	Tranchée drainante géotech
Coupe 2 – Fin de la montée Q100	Risque boulangerie écarté	
Coupe 3 – Fin de la montée Q100	Risque boulangerie écarté	
Coupe 4 – Fin de la montée Q100	Risque boulangerie très faible, notamment compte tenu de la surcharge	

	apportée par le mur de Soutènement	
--	------------------------------------	--

- Soulèvement côté aval

Coupe	Couche « imperméable »	Pression interstitielle	Contrainte totale	Conclusion
1	Limon sableux ou sable limoneux [3]	$u = 34$ kPa	$\sigma_v = 60$ kPa	$u < \sigma_v$ ( $F = 1,59$ )
3	Remblai de corps de digue Sable limoneux [1a]	$u = 23$ kPa	$\sigma_v = 48$ kPa	$u < \sigma_v$ ( $F = 1,87$ )
4	Remblai de corps de digue Sable limoneux [1a]	$u = 14$ kPa	$\sigma_v = 24$ kPa	$u < \sigma_v$ ( $F = 1,71$ )

- Suffusion

Coupe et moment critique	Analyse Kaena Technosol
Coupe 1 – Fin de la montée Q100	Dans cette zone, le risque de boulangage apparait plus notable que celui de la suffusion
Coupe 2 – Fin de la montée Q100	Initiation de la suffusion peut être jugée très peu probable
Coupe 3 - Fin de la montée Q100	'initiation de la suffusion peut être jugée très peu probable
Coupe 4 - Fin de la montée Q100	Compte tenu du volume de sol concerné très limité le risque de désordres par suffusion Apparait très faible

- Erosion de contact

Coupe et moment critique	Analyse Kaena Technosol
Coupe 1 – Fin de la montée Q100	$VD_{max} = 0,078$ m/h = $2 \cdot 10^{-5}$ m/s $\ll$ $VD_{crit} = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s.
Coupe 2 – Fin de la montée Q100	Absence de la couche 2.
Coupe 3 - Fin de la montée Q100	$VD_{max} = 0,075$ m/h = $2 \cdot 10^{-5}$ m/s $\ll$ $VD_{crit} = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s.
Coupe 4 - Fin de la montée Q100	$VD_{max} = 0,080$ m/h = $2 \cdot 10^{-5}$ m/s $\ll$ $VD_{crit} = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

- Erosion régressive

Coupe et moment critique	Analyse Technosol Kaena	Remarque
Coupe 1 – Fin de la montée Q100	Gradient important mais risque boulangage faible	Tranchée drainante géotech

Coupe 2 – Fin de la montée Q100	Pas d'écoulement résurgent	
Coupe 3 - Fin de la montée Q100	Gradient trop faible	
Coupe 4 - Fin de la montée Q100	Gradient trop faible	

**SE 2.4**

L'étude G2PRO démontre la conformité de la conception de la digue rive gauche vis-à-vis des risques d'érosion interne lors d'un scénario S1.

**L'étude G2PRO justifie la conformité de la solution retenue vis-à-vis de l'érosion interne, Pour Q100 la probabilité d'érosion interne est inférieure à 5%.**

## 7.7 Ruptures initiées par un séisme

### 7.7.1 SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.3 [EDD 2019 et travaux]

Les études d'exécution (G3) (Alpes, Mission G3 pour Famy NT2 A1410059B - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE ENTRE LES PROFILS P107 ET P110) ont démontré la capacité des digues confortées à subir les séismes avec un risque de rupture inférieur à 5%.

On notera que le CISALB, en conformité avec les attentes du l'arrêté du 6 août 2022, a mis en place dans ses consignes (Cisalb) un dispositif d'alerte au séisme et la réalisation de visites post évènement comme demandé dans le chapitre 4.4.1. de l'EDD 2019.

L'existence de ces procédures permettent d'assurer que l'exploitant pourra mettre en œuvre des solutions de remise en état de la digue à l'issue d'un séisme et donc assurer une absence de fragilisation de la digue lors d'un évènement hydraulique.

### 7.7.2 SE 2.2 aval et SE 2.4 [Travaux objet du présent dossier d'autorisation]

Dans le cadre de la G2PRO de Technosol Kaena (Technosol, A7\_3\_Note de calcul G2 PRO\_Rive Droite\_ind1, 2023) , la stabilité sismique de la digue confortée du SE 2.2 aval a été vérifiée par méthode pseudo-statique pour les accélérations forfaitaires de la zone 4.

La digue du SE 2.4 n'a pas été justifiée mais dans le cadre des études d'exécution une mission G3 comprenant cette vérification sera demandée.

#### 4.9. Stabilité sous séisme

Compte tenu du niveau d'aléa sismique du secteur des digues en rive droit et de leur classe B, on étudie la stabilité des digues sous séisme. Cette vérification est menée pour une condition du cours d'eau à l'étiage. Les coefficients partiels sont ceux préconisés par le CFBR à savoir :

Situation	Niveau nappe correspondant	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur $c'$ et $\tan\phi'$	Coefficient partiel $\gamma_m$ sur le poids volumique	Coefficient de modèle $\gamma_d$
Extrêmes de crue, sismique ou autres	Niveau constant, début phase de crue	1,0	1,0	1,1

Les calculs sont menés selon l'Eurocode. Conformément au zone sismique (cf. NHY) les digues en rive droit se situent en zone de sismicité moyenne (zone 4).

L'accélération de calcul est estimée à partir des facteurs suivants :

- Accélération maximale de référence au niveau d'un sol de classe A :  $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$
- Coefficient d'importance :  $\gamma_I = 1,2$  (classe d'importance supposée égale à III - à confirmer par le MOA)
- Paramètre de sol :  $S = 1,5$  (sol de classe C)

Les calculs sont menés pour les coupes présentant les plus faibles coefficients de sécurité à l'étiage : coupes 3 (talus amont) et coupe 4 (talus amont).

N° coupe	Phase	Talus	Coefficient de sécurité	Commentaires
3	Etiage	Amont	1,00 $\geq$ 1,0	
	Séisme pesant	Amont	1,04 $\geq$ 1,0	
	Séisme allégeant	Amont	1,01 $\geq$ 1,0	

N° coupe	Phase	Talus	Coefficient de sécurité	Commentaires
4	Etiage	Amont	1,06 $>$ 1,0	

	Phase	Talus	Coef. modèle CM	Facteur de sécurité issu calcul FS	FS*CM	Proba vis-à-vis S1 [5%]
<b>Courbure de Villarcher 3</b>						
	Séisme étiage	Amont	1,1	1	1,1	● 10,0%
	Séisme pesant	Amont	1,1	1,04	1,144	● 6,3%
	Séisme allégeant	Amont	1,1	1,1	1,21	● 3,1%

Figure 107: Traduction en probabilité de de rupture à partir des coefficients issus des modélisations.

L'étude de conception (G2PRO) a démontré la capacité de la digue confortée à subir les séismes suivant les recommandations actuelles de justification (coefficient de modèle 1.1). L'application stricte des pourcentages de rupture amène une probabilité de rupture de l'ordre de 10% qui serait supérieure aux 5% attendus pour niveau de sûreté mais ceci est acceptable car non lié à un aléa hydraulique et le CISALB, en conformité avec les attentes du l'arrêté du 6 août 2022, a mis en place dans ses consignes (Cisalb) un dispositif d'alerte au séisme et la réalisation de visites post évènement comme demandé dans le chapitre 4.4.1. de l'EDD 2019. En effet, l'existence de ces procédures permettent d'assurer que l'exploitant pourra mettre en œuvre des solutions de remise en état de la digue à l'issue d'un séisme et donc assurer une absence de fragilisation de la digue lors d'un évènement hydraulique.

## 7.8 Autres aléas

### 7.8.1 Rupture réseau d'assainissement

L'ouvrage ne fonctionne pas en charge et les inspections caméra récentes montrent une absence de tassement de l'ouvrage.

Une rupture de l'ouvrage est très peu probable et conséquences détectées à très court terme du fait de la présence d'une piste cyclable sur la digue et du contact permanent entre les gestionnaires de la piste et les gestionnaires de la digue.

D'éventuelles fuites de l'ouvrage pourraient être détectées par résurgences dans la zone protégée ou des gonflements de l'étanchéité mise en place côté Leysse.

Dans les deux cas, lors des opérations de surveillances régulières du gestionnaire de la digue devrait pouvoir détecter le phénomène.

Pour toutes ces raisons le scénario de rupture du SE du fait d'une rupture du est jugé comme très improbable (probabilité inférieure à 5%).

### 7.8.2 Accident routier

L'occurrence d'un accident n'est pas négligeable mais le dérasement ponctuel de la digue :

- Fera l'objet d'un signalement par les exploitants de la RD 1504
- Sera identifié par le gestionnaire lors des opérations de surveillance régulière

Pour ces raisons le scénario de rupture du SE du fait d'une crue sollicitant le SE après un accident routier non identifié est jugé comme très improbable (probabilité inférieure à 5%)

## 7.9 Qualification de la tenue des éléments naturels entre des tronçons homogènes ou à l'extrémité d'un tronçon

La description des éléments naturels entre les tronçons homogènes et aux extrémités des ouvrages a été réalisée dans le paragraphe 5

Sur la base des éléments décrits dans ce paragraphe, nous pouvons faire les constats suivants :

- Les éléments naturels en amont, aval et entre les tronçons homogènes sont :
  - ▷ des berges
    - Amont et aval SE 2.1
    - Amont SE 2.2
    - Aval SE 2.3
  - ▷ Un remblai ferroviaire entre SE 2.1 et SE2.2 formant un terre dans le sens longitudinal entre les rampes d'accès du pont routier franchissant la voie ferrée)
  - ▷ Un remblai routier
    - Aval SE 2.2
    - Amont SE 2.3
  - ▷ Ne présentent pas de points de faiblesse. En effet, les transitions se font de manière naturelle sans perte du niveau de protection.

Compte-tenu de ces observations, nous considérons donc que ces éléments ne constituent pas des points de faiblesse du système d'endiguement. La réalisation du diagnostic approfondi portera donc sur les ouvrages « digue » du système d'endiguement uniquement.

## 7.10 Synthèse des proba de rupture

	SE	Nom profil étudié	Pour scénario S1 (Q100)				S3 50% rupture		
			Etude Stab glissement et érosion interne	Etude sismique	Etude Erosion externe	Surverse	Phénomène et niveau		
Confortés 2019 ou construites avant	2.1	STTP57	<5%	Surveillance et confortement → non-fragilisation	<5%	<5%	Surverse Q100+34cm		
		STTP59	<5%		<5%	<5%	Surverse Q100+34cm		
	2.2 amont	Profil P108	<5%		<5%	<5%	Surverse Q100+24cm		
	2.3	Section type	<5%		Dimensionné pour	<5%	<5%	Surverse pour 130 M3/s + 70 cm >> Q100	
Projet 2023	2.2 aval	Profil 7a Pont de l'autoroute – raidissement de talus amont	<5%	Dimensionné pour	<5%	<5%	Surverse Q100+30cm		
	2.2 aval	Profil 63 Courbure de la Leyse à Villarcher	<5%				Dimensionné pour	<5%	Surverse Q100+30cm
	2.2 aval	Profil P108a Aval courbure de la Leyse à Villarcher Chgt Lithologie	<5%					<5%	Surverse Q100+30cm
	2.4	Section fragile	<5%	Demandé dans G3 des travaux futurs			<5%	Surverse Q100	

## 7.11 Synthèse des niveaux de protection des éléments du système d'endiguement

Digue	Etat de la digue	Lieu de référence	Niveau de protection au point de référence (NGF) et occurrence associée S1	Niveau de danger et occurrence équivalente S3 (50% risque)
SE2.1	Existant	Pt du Tremblay	Z_100= 241.51 mNGF (Q100 = 340 m <sup>3</sup> /s)	Z_100 + 34 cm
SE2.2 amont	Existant			Z_100 + 24 cm (q300 ?)
SE2.2 aval	Projeté			Z_100 + 30 cm
SE2.3	Existant			Z_100 + 30 cm
SE 2.4	Projeté	Pt du Tremblay	240.57 mNGF (Q15)	Z_100 (surverse au-delà)

Tableau 30: Niveau de protection au pont du Tremblay, niveau de danger et occurrences équivalentes

Point de référence	Système d'endiguement	Niveau (mNGF)	Occurrence	Débit (m <sup>3</sup> /s)
Point PKL 8.8	2.1 - 2.2 - 2.3	258.85	Tr = 100	340
	2.4	257.48	Tr = 15	220
Passerelle de Pré Marquis	2.1 - 2.2 - 2.3	249.09	Tr = 100	340
	2.4	248.2	Tr = 15	220
Pont du Tremblay	2.1 - 2.2 - 2.3	241.51	Tr = 100	340
	2.4	240.57	Tr = 15	220

Tableau 31: Niveaux de protection aux différents points de référence

## 8. ETUDE DE RISQUES DE VENUES D'EAU DANS ET EN DEHORS DES ZONES PROTEGEES

*Le risque lié à l'inondation est estimé et évalué. Les zones potentiellement dangereuses sont estimées et délimitées pour différents scénarios et les probabilités de ces mises en danger sont évaluées selon la même méthodologique qu'aux articles 11 et 12 du présent arrêté.*

*Les études concernent les territoires relevant de la responsabilité de l'autorité compétente visée au a du chapitre 1 de la présente annexe.*

*Les études sont effectuées pour une gamme d'aléas représentatifs des crues et des tempêtes susceptibles d'affecter ces territoires comprenant au moins :*

*Le scénario 1 est celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond au niveau de protection. Conformément à l'article 11 du présent arrêté, on admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus ou, s'il n'est pas possible de préciser quantitativement le risque résiduel de rupture, que ce risque est limité au sens de l'annexe 3. En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée. Si la zone protégée comprend des parties délimitées avec des niveaux de protection différents, un scénario sera étudié pour chaque niveau de protection.*

*Le scénario 2 est représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle qui est réputée liée à la défaillance d'un dispositif de régulation des écoulements hydrauliques (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages. Il en résulte néanmoins des venues d'eau plus ou moins dangereuses dans la zone protégée ou une aggravation des venues d'eau en dehors de cette dernière.*

*Le scénario 3 est représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieur à 50 % ou, s'il n'est pas possible de préciser quantitativement le risque résiduel de rupture, un risque de rupture aigu au sens de l'annexe 3.*

*Le scénario 4 est facultatif. Il prend en compte l'événement pris pour déterminer l'aléa de référence visé à l'article R. 562-11-3 du code de l'environnement. Dans le cadre de ce scénario, chaque point du territoire relevant de la responsabilité de l'autorité compétente visée au a du chapitre 1er de la présente annexe se voit affecter les valeurs représentatives de hauteur d'eau et de dynamique visées à l'article R. 562-11-4 du code de l'environnement, résultant de l'effet de la brèche la plus défavorable pour ce point pouvant affecter le système d'endiguement, nonobstant le niveau de protection assuré par le système d'endiguement.*

*La représentation cartographique des venues d'eau dans la zone protégée et dans le reste des territoires relevant de la responsabilité de l'autorité visée au a du chapitre 1 de la présente annexe, fait l'objet des cartes prévues au chapitre 10.*

## 8.1 Modélisation hydraulique la Leysse

**Le fonctionnement hydraulique du système après réalisation des travaux de sécurisation sera le suivant :**

Plages de débits de la Leysse amont	Clapet bras de décharge	Sous-système en eau en RG	Sous-système en eau en RD
Etiage → Q5 (110 m3/s)	Fermé	SE 2.4	SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.2 aval
110 m3/s (Q5) → 220 m3/s (Q15)	Fermé avec surverse	SE 2.4	SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.2 aval, SE 2.3
220 m3/s (Q15) → 280 m3/s (Q30)	Fermé avec Surverse	SE 2.4 en eau Surverse pré Marquis	SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.2 aval, SE 2.3
280 m3/s (Q30) → 340 m3/s (Q100)	Ouvert	SE 2.4 en eau Surverse pré Marquis	SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.2 aval, SE 2.3
340 m3/s (Q100) → Q100 + 30cm	Ouvert	SE 2.4 rupture	SE 2.1, SE 2.2 amont et SE 2.2 aval, SE 2.3

Figure 108: Fonctionnement hydraulique du Système d'endiguement.

Débit de la Leysse amont [m³/s]	Débit dans le chenal de décharge [m³/s]	Débit de la Leysse aval [m³/s]
110	0.5	110
160	11	149
190	18	172
230	30	200
260	39	221
280	45	235
300	45	255
340	45	295
370	45	325

Figure 109: Répartition des débits entre Leysse aval et bras de décharge en fonction du débit de la Leysse amont

**La note hydraulique qui décrit le modèle numérique retenu pour la modélisation des scénarios de l'EDD est présente en Annexe A8.**

Cette note détaille les hypothèses (données d'entrée, cote du Lac, ...) et les modélisations hydrauliques réalisées.

Ci-dessous l'emprise du modèle et ses frontières (amont en débit imposé et aval en niveau).

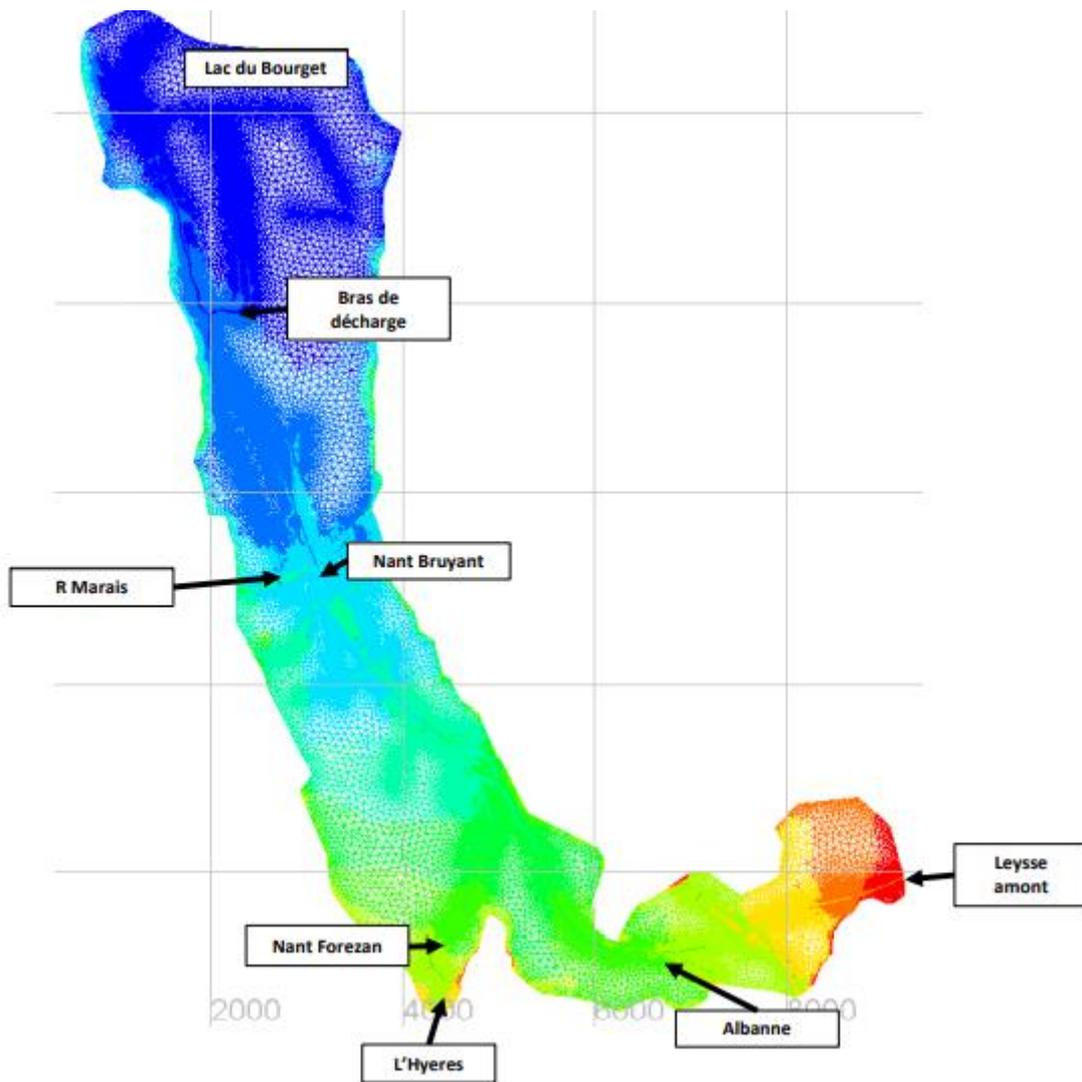


Figure 110 : Vue en plan du modèle hydraulique et de ses frontières

Scenario	Pont du Tremblay [Cote]
Sc1	241.509
Sc2	241.602
Sc3	241.515
Q200 (Sc3 Sans brèche)	241.664

## 8.2 Choix des scénarios étudiés

### 8.2.1 Synthèse des scénarios

Les scénarios étudiés dans le cadre de cette étude de dangers sont les suivants :

➤ **Scénario 1 : fonctionnement nominal**

Ce scénario correspond au fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau des écoulements correspond au niveau de protection.

On admet que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus ;

➤ **Scénario 2 : défaillance fonctionnelle**

Le scénario 2 prévu dans l'arrêté du 30 septembre 2019 correspond à une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement quand le niveau des écoulements correspond au niveau de protection.

Cette défaillance fonctionnelle est liée à une défaillance d'un dispositif de régulation des écoulements hydrauliques, sans être accompagné par une défaillance structurelle des ouvrages. Dans le cas du système d'endiguement, ce scénario correspond à une défaillance de l'ouvrage de dérivation avec les clapets qui restent en position levée.

➤ **Scénario 3 : défaillance structurelle**

Ce scénario correspond à une défaillance structurelle du système d'endiguement. D'après l'arrêté du 30 septembre 2019, le niveau de l'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture supérieure à 50 %.

### 8.2.2 Cartographie

Une cartographie des zones mises en eau a été réalisée pour les deux scénarios modélisés et listés ci-dessus. La dangerosité des venues d'eau, autour et dans la zone protégée, est appréciée au regard des critères de vitesses d'écoulement et de hauteurs d'inondation. L'arrêté du 30 septembre 2019 précise que « sont réputées dangereuses les venues d'eau telles que la hauteur d'eau atteint au moins 1 m ou le courant au moins 0.5 m/s ». On distingue donc :

- Les zones de venues d'eau non dangereuses ou peu dangereuses : pour lesquelles  $V < 0.5$  m/s et  $H < 1$  m
- Les zones de venues d'eau dangereuses :  $V \geq 0.5$  m/s ou  $H \geq 1$  m
- Les zones de venues d'eau très dangereuses, correspondant à des points bas (effet cuvette  $H > 2$  m) ou des zones de dissipation d'énergie importante sont également répertoriées.

#### Venues d'eau

-  Peu dangereuses ( $h < 1$  m et  $v < 0.5$  m/s)
-  Dangereuses ( $1 < h < 2$  m ou  $0.5 < v < 2$  m/s)
-  Très dangereuses (cuvettes -  $h > 2$  m)

Les cartographies des scénarios sont également données sous formes de hauteurs d'eau et de vitesses d'écoulement selon un code couleur approprié :

Hauteur d'eau [m]	Vitesse d'écoulement [m/s]
0 - 0.5	0 - 0.2
0.5 - 1.0	0.2 - 1.0
1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
> 2.0	> 2.0

**NB : remarques importantes pour la lecture des cartes :**

Les cartes représentent les enveloppes d'extension maximale de la zone inondée pour chaque scénario simulé (cas le plus défavorable).

### 8.3 Profil en long de la ligne d'eau

L'image suivante présente les lignes d'eau pour les trois scénarii ainsi que le fond du lit et la crête de la digue en rive droite issue du plan de recollement

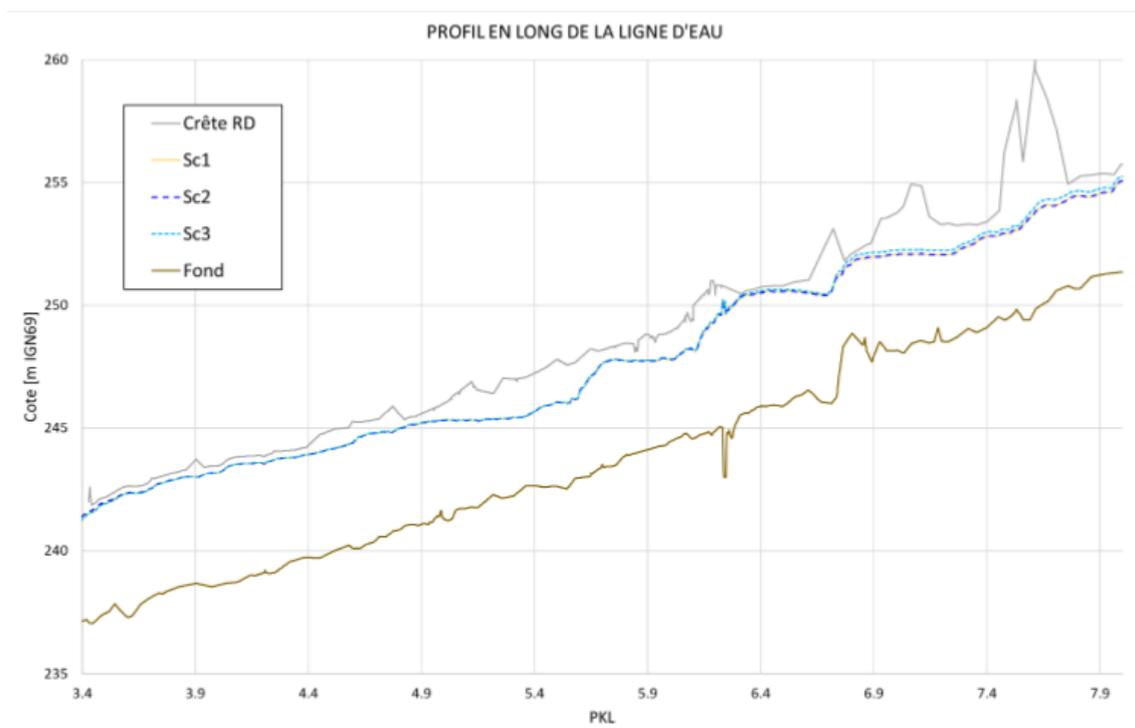


Figure 111: Profil en long des lignes d'eau (Sc1, Sc2 et Sc3)

Les cotes atteintes au sur le point de référence (Pont du Tremblay) pour chaque scénarii, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Scenario	Pont du Tremblay [Cote m IGN69]
Sc1	241.509
Sc2	241.602
Sc3	241.515
Q200 (Sans brèche)	241.664

Figure 112: Cotes au pont du Tremblay

## 8.4 Scénario de Fonctionnement nominal du système d'endiguement

Dans ce scénario, pour Q100 la zone protégée du SE 2.4 est déjà inondée depuis longtemps (Q15) et une partie de la zone proche du lac est déjà inondée par le lac du fait de la condition aval de concomitance niveau de lac-crue de la Leysse.

La digue en rive gauche présente un scénario de fonctionnement nominal pour une crue de temps de retour 15 ans

8.4.1 Rive gauche - Q15

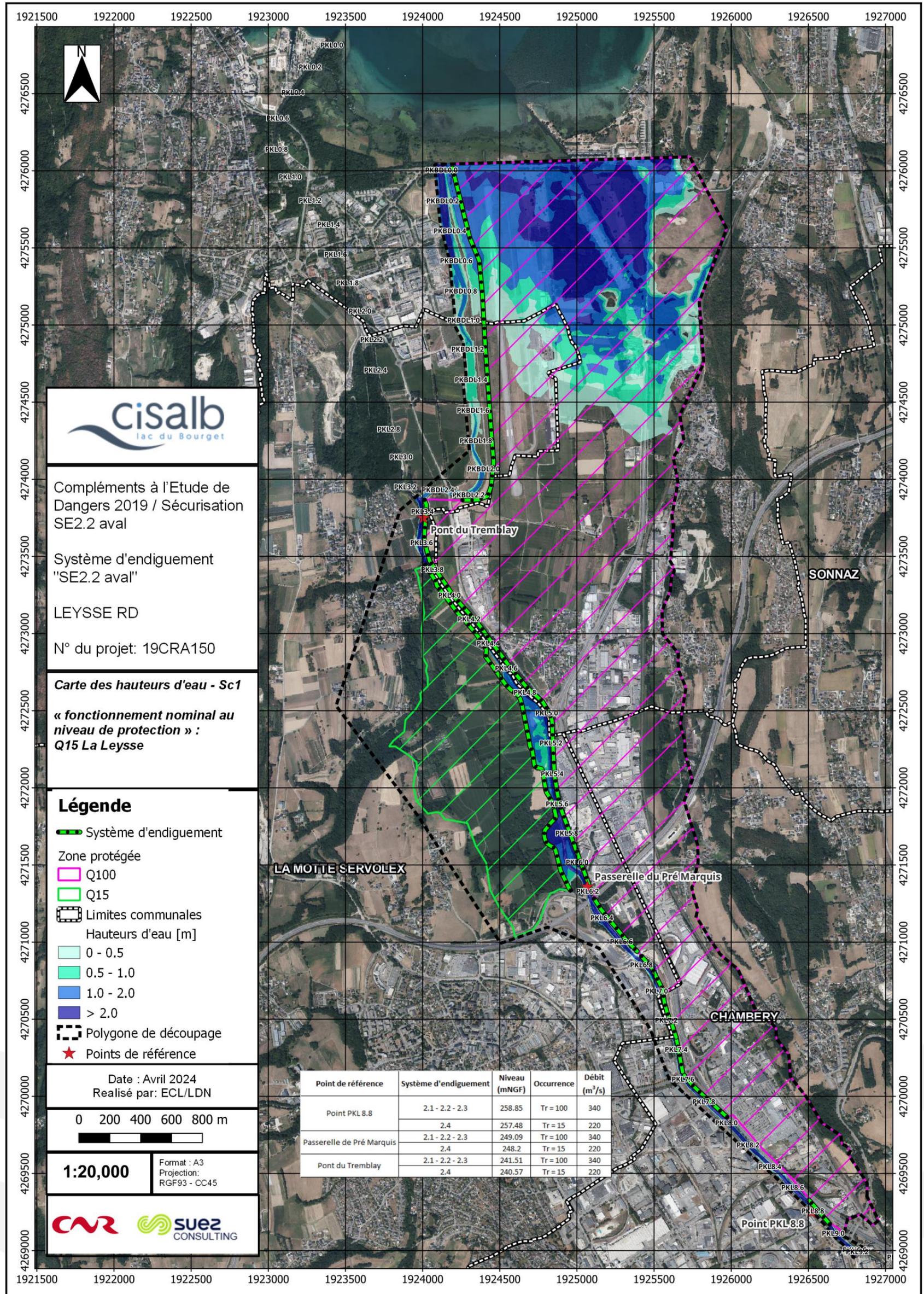


Figure 113 - scénario 1 - rive gauche - Q15

8.4.2 Rive droite – Q100

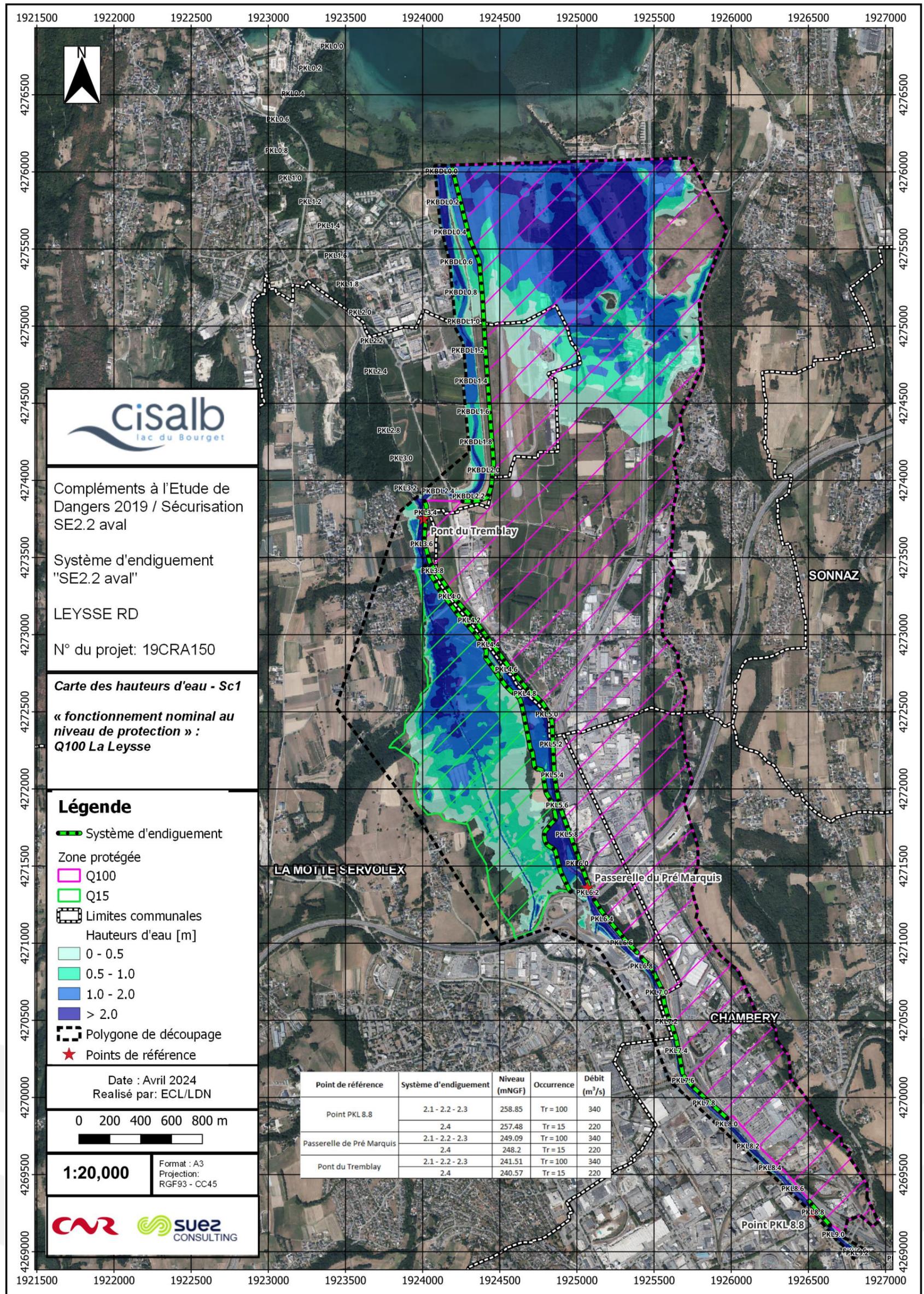


Figure 114 : Scénario 1 – rive droite – Q100

## 8.5 Scénario de défaillance fonctionnelle du SE2 (scénario 2)

Le scénario 2 de la défaillance fonctionnelle (les clapets du bras de décharge restent en position levée), évalue les venues d'eau dans la zone protégée sans rupture (comme précisé dans l'annexe 1 de l'arrêté du 7 Avril 2017). Le bras de décharge tiendra seulement compte d'une surverse par-dessus les clapets en prenant la valeur avant l'ouverture attendue des clapets (hypothèse conservatrice car la charge sur l'ouvrage augmente si on n'ouvre pas l'ouvrage). Ainsi, le débit maximum dans le bras de décharge sera de 45 m<sup>3</sup>/s, comme le montre le tableau suivant :

Débit de la Leysse amont [m <sup>3</sup> /s]	Débit dans le chenal de décharge [m <sup>3</sup> /s]	Débit de la Leysse aval [m <sup>3</sup> /s]
110	0.5	110
160	11	149
190	18	172
230	30	200
260	39	221
280	45	235
300	45	255
340	45	295
370	45	325

Figure 115: Débitance de l'ouvrage de décharge par surverse seulement (avec hypothèse conservative)

La défaillance fonctionnelle du bras de décharge lors d'une crue Q100 ne représente pas un impact sur le champ d'inondation. Cependant, à l'aval de l'ouvrage on peut constater un impact sur la ligne d'eau (écart max 53 cm) dû à l'augmentation du débit que transite sur la Leyesse.

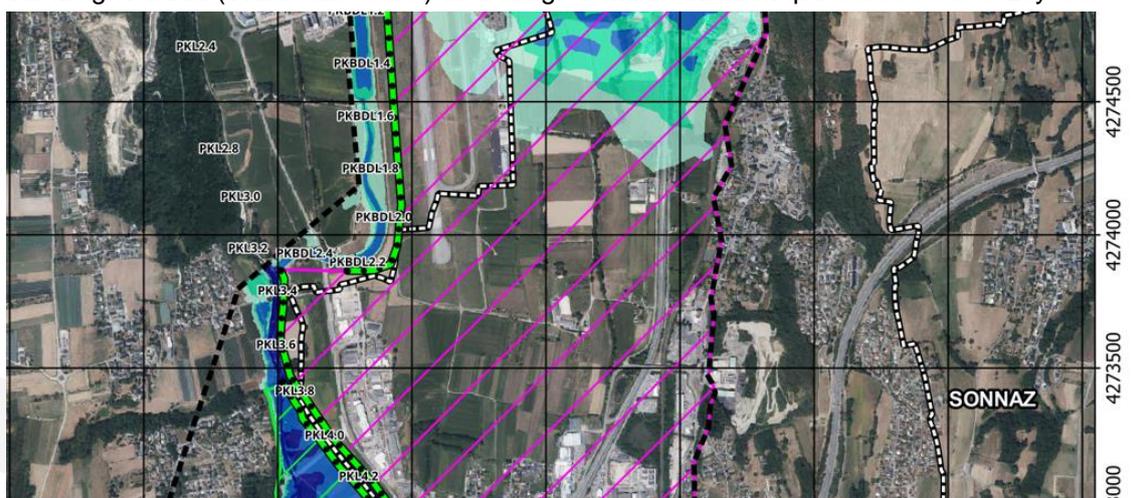


Figure 116: Hauteur d'eau maximale pour le scénario 2

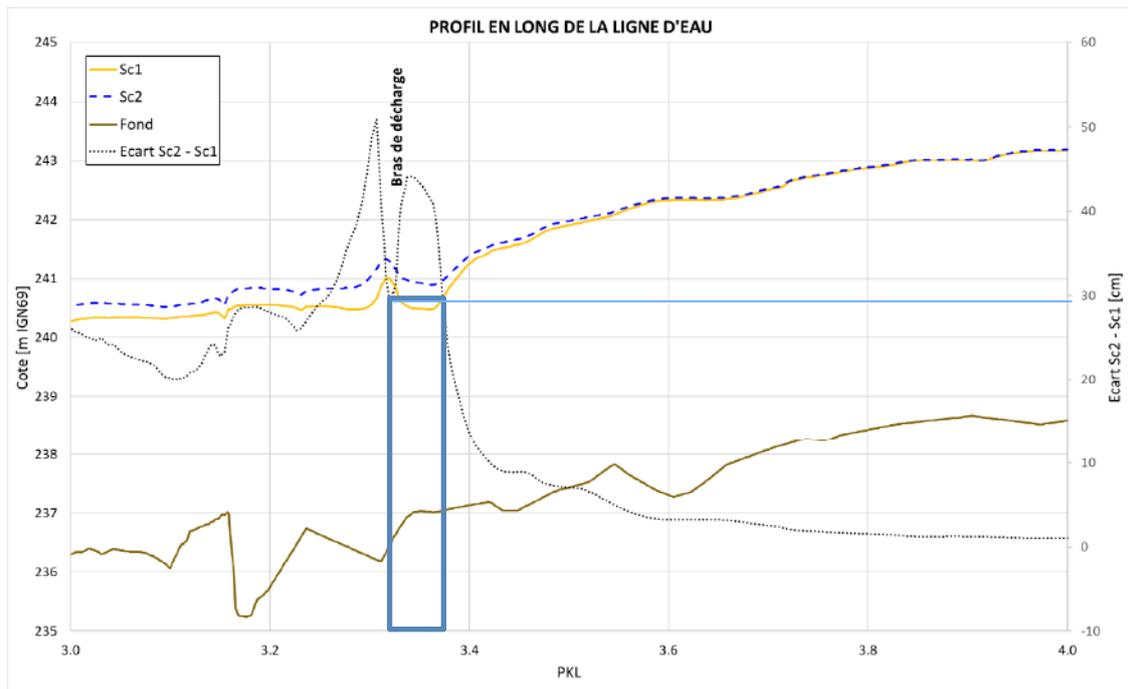


Figure 117: Ecart entre la ligne d'eau du Sc2 et la ligne d'eau du Sc1.

On constate que l'impact hydraulique de la non-ouverture des clapets pour le SC2n'est supérieur à +30 cm que sur une longueur d'environ 50 m à l'amont du clapet correspondant à la surélévation associée aux culées, il n'y a donc pas de surverses à l'amont du désordre mais une réduction légère de la revanche en amont du quasi-tertre en rive droite.

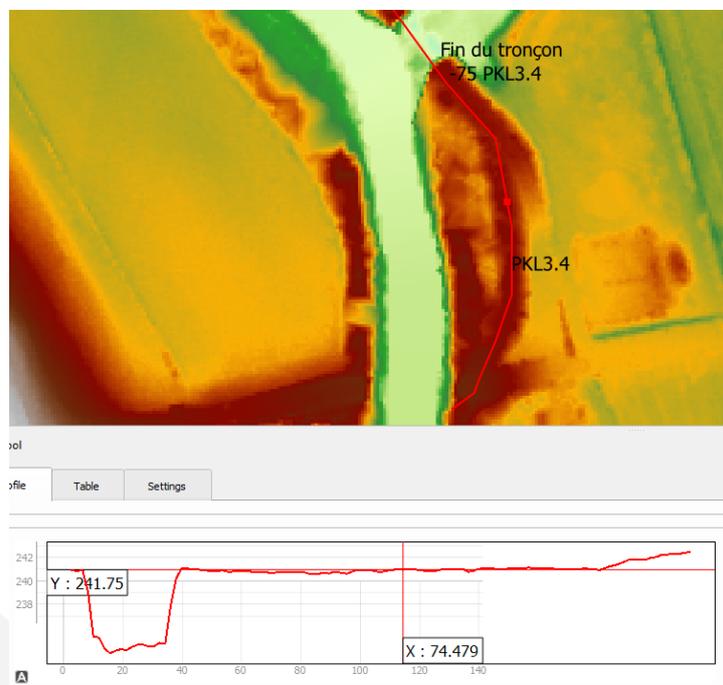


Figure 118: Crête à plus de 241.75 sur 150 m minimum à l'amont du clapet

## 8.6 Scénario de défaillance structurelle des digues du SE2 (scénario 3)

L'analyse des modes de défaillances (chapitre 7) permet d'identifier les scénarios de défaillance structurelle émergents, et retenus pour l'analyse des conséquences (modélisation hydraulique). Conformément à l'arrêté du 30 septembre 2019 modifiant l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement : pour que le scénario de défaillance structurelle reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture **supérieure à 50 %**.

Les travaux objet de la présente EDD amenant à homogénéiser le niveau de protection des SE 2.1, 2.2 et 2.3 à Q100 + 30 cm (revanche) le scénario de défaillance choisi a été placé en un point :

- Présentant une revanche minimale
- Maximisant l'impact sur les enjeux

Le Lieu Choisi a donc été le SE2.2 à l'amont du pont de l'A41.

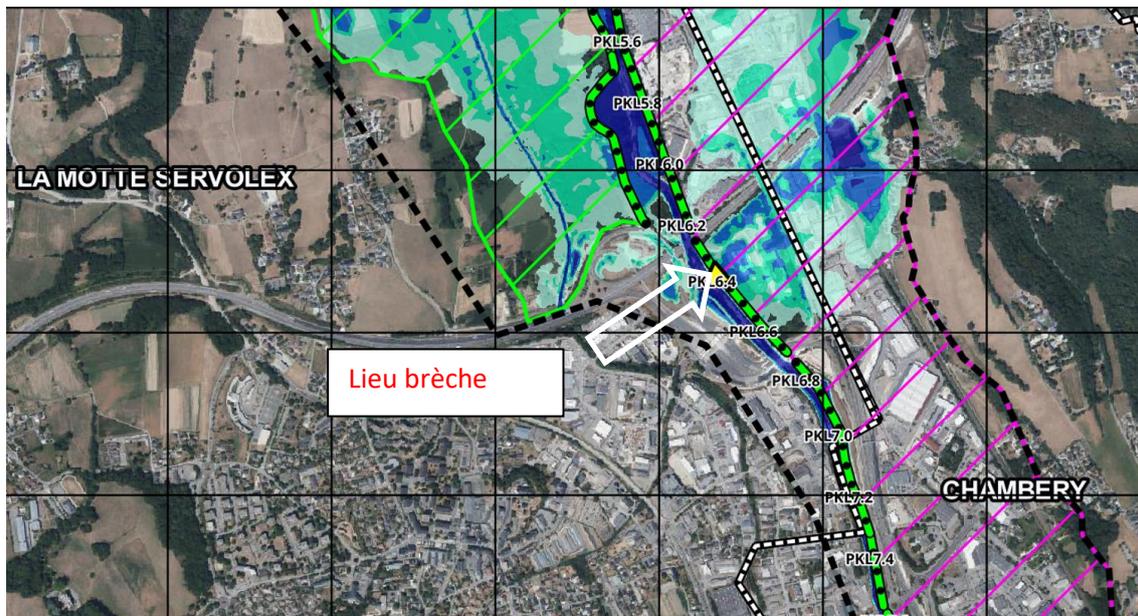


Figure 119 : Lieu choisi pour la brèche du scénario 3

Les principaux paramètres (le temps de rupture et la largeur) retenus pour la modélisation des brèches, correspondent aux mêmes hypothèses retenues dans les précédentes EDDs. Ces paramètres sont décrits ci-dessous :

- Crue : Une crue Q200 a été identifiée comme une crue qui présente un débordement en rive droite,
- Début de la brèche : lorsque le début de la submersion apparaît (rupture par surverse),
- Abaissement de la crête jusqu'à l'atteinte du terrain naturel aval,
- Largeur des brèches : La largeur de 20m a été confirmée par une étude historique des brèches (voir [1]).
- Temps de rupture : Dans le TRI cette durée varie entre 1h30 et 2h. Sachant que sur les cours d'eau d'Isère et de Haute Savoie, cette durée est plus proche de 30 min, nous avons décidé de retenir une valeur moyenne de 1h.

- Localisation de la brèche : PKL 6.4, en rive droite de la Leysse.

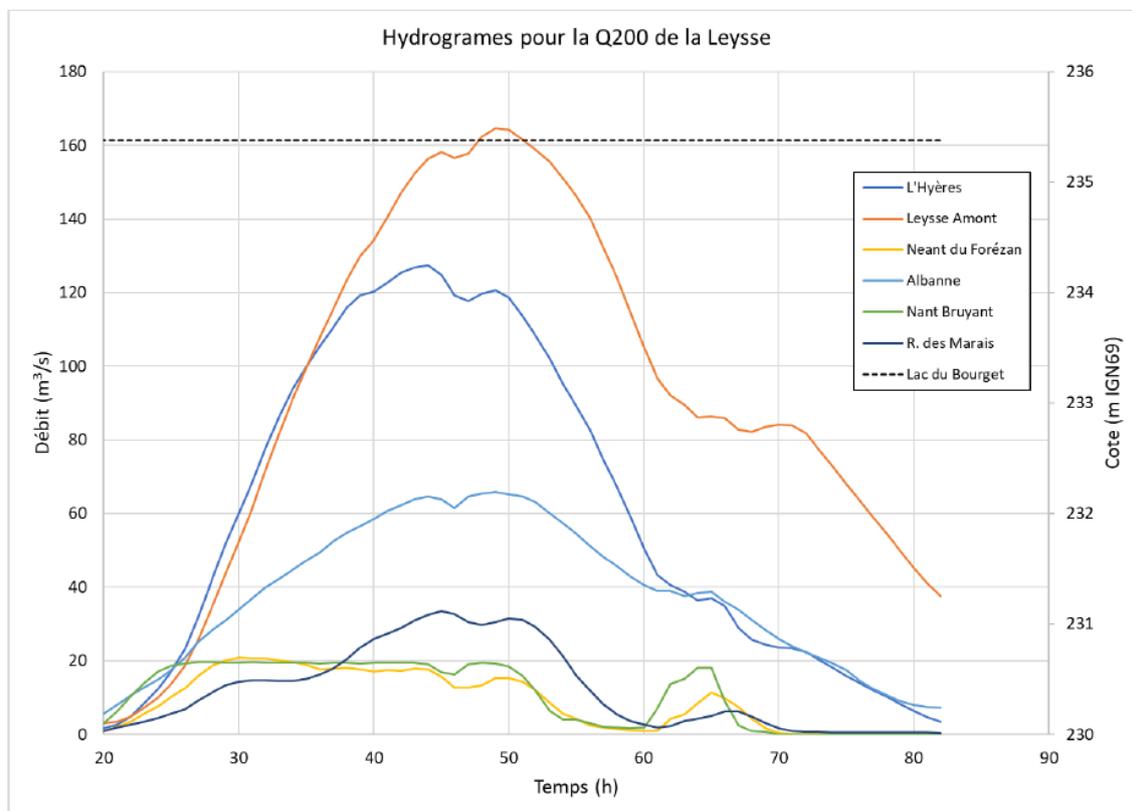


Figure 120: Hydrogrammes pour la Q200 de la Leysse

### 8.6.1 Dynamique de la mise en eau pour le scénario 3

Le scénario 3 a été étudié de plus près pour comprendre comment se fait la mise en eau de la zone protégée (en RD de la Leysse). Pour différents temps à partir de la création de la brèche (à  $t=26.5$  heures), les hauteurs d'eau ont été extraites et sont présentées sur les figures suivantes. Les temps retenus sont présentés dans le Tableau 6 et correspondent à une situation particulière (voir la colonne description).

Pour rappel, la brèche se produit en 1h, on notera par ailleurs qu'à la fin de la rupture (1h après le début de la brèche, l'eau a déjà traversé l'A41 via la rue de Belle Eau. Ensuite l'eau coule vers le nord. Au but de 3h après l'apparition de la brèche, l'eau rejoint le champ d'inondation provenant du lac, dans le secteur de l'aéroport de Chambéry.

Date depuis début hydrogramme [JjHhMMmin]	Temps [s]	Description	Figure correspondante
1j02h30min	95400	Début rupture	Figure 19
1j03h30min	99000	Fin rupture (début +1h)	Figure 20
1j04h30min	102600	Début rupture + 2h	Figure 21
1j05h30min	106200	Début rupture + 3h	Figure 22

Figure 121: Détail des temps des extractions réalisées

La figure suivante présente l'hydrogramme extrait du modèle (au pont du Tremblay) avec les 4 temps différents d'extraction.

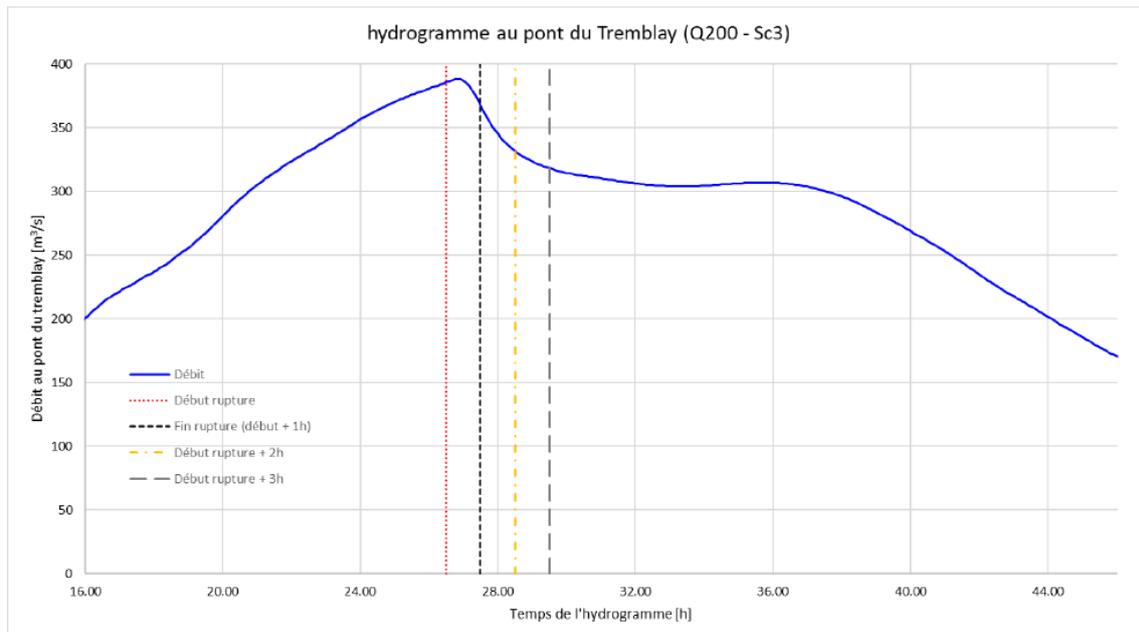


Figure 122: Hydrogramme au pont du Tremblay (Q200 – Sc3) avec le repérage des 4 extractions temporelles

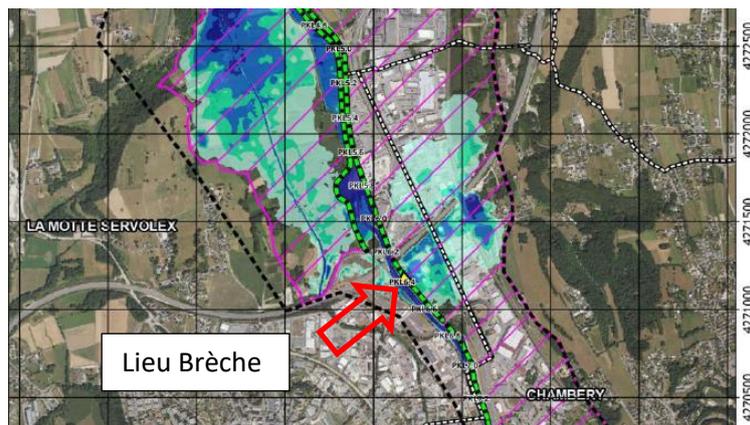


Figure 123: Hauteur d'eau à t=99000s (pour le scénario 3)

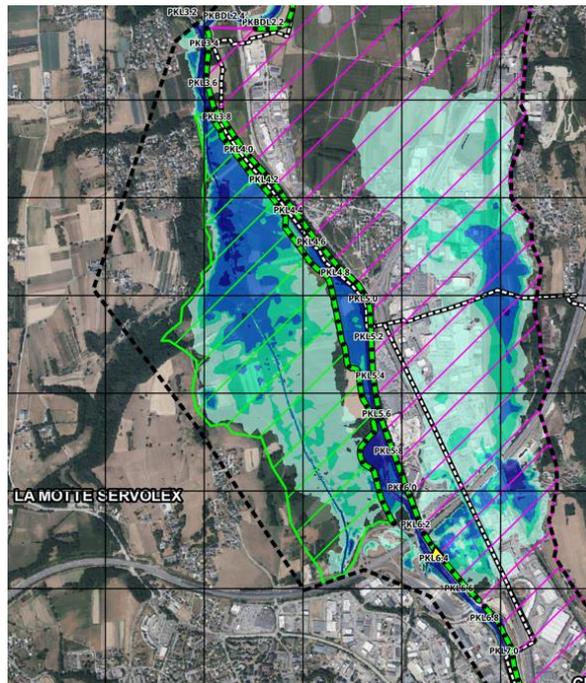


Figure 124: Hauteur d'eau à t=102600s (pour le scénario 3)

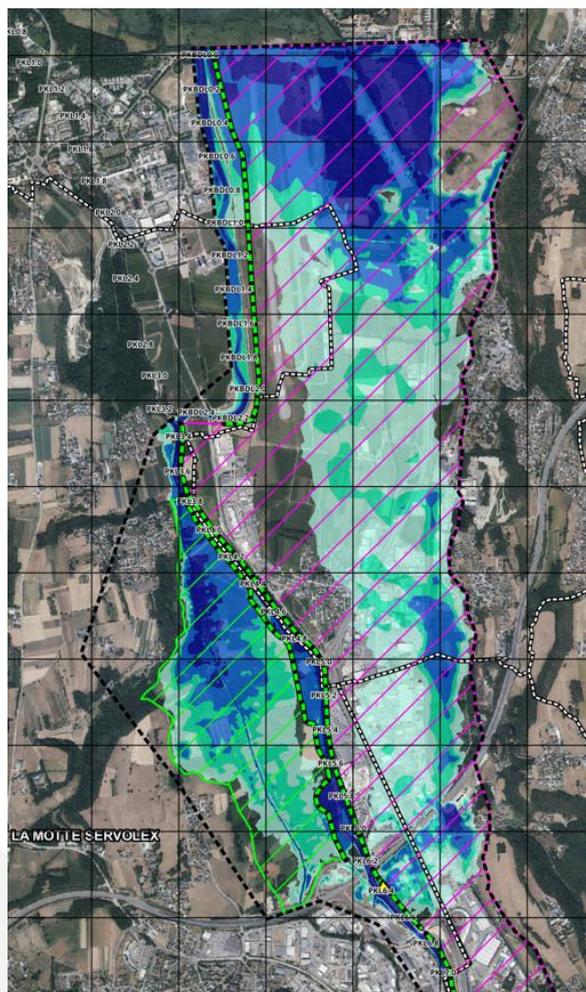
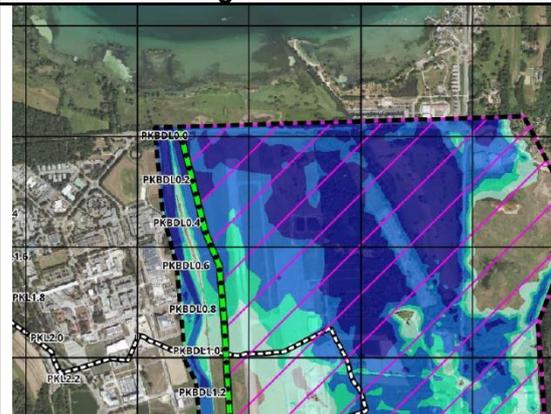
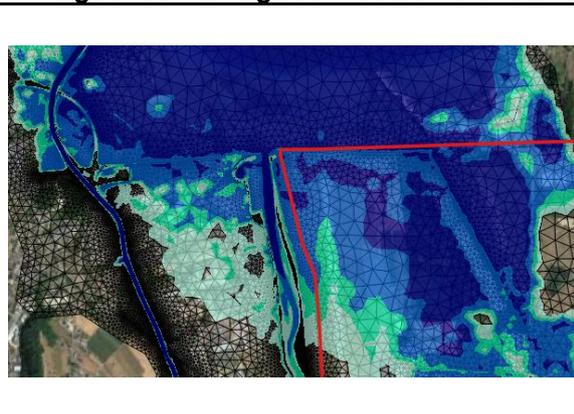


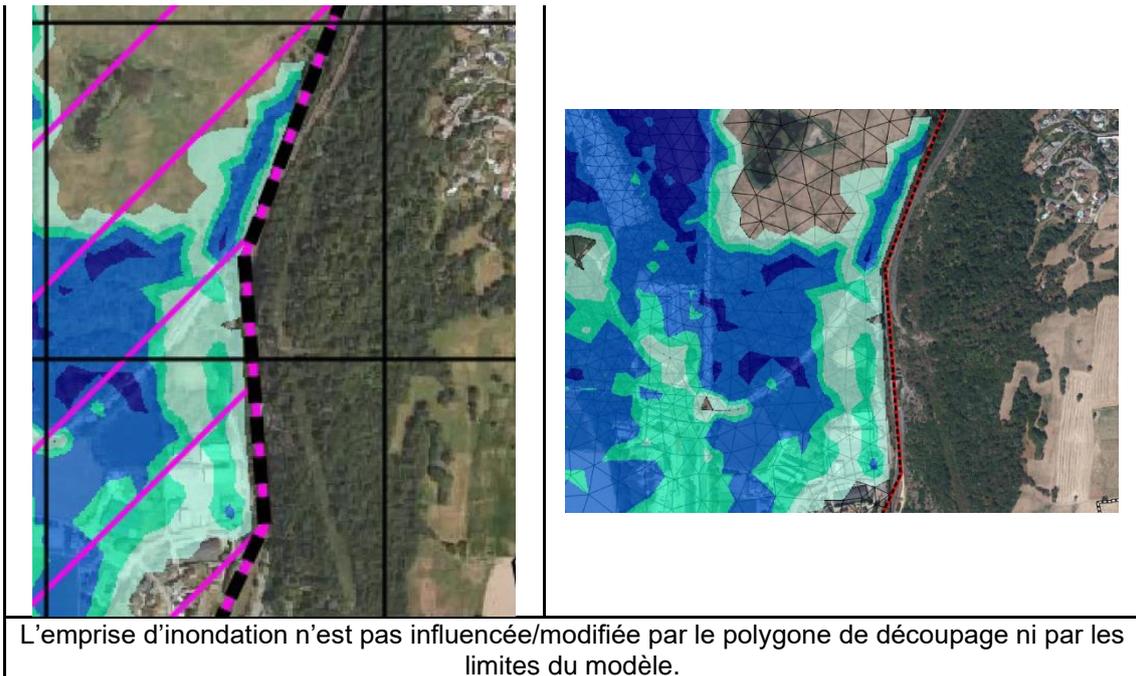
Figure 125: Hauteur d'eau à t=106200s (pour le scénario 3)

Dans certains secteurs, le polygone de découpage correspond aux limites de l'emprise du modèle, car la topographie de la zone d'étude représente une barrière à l'écoulement. Il a donc été choisi de ne pas étendre le modèle au-delà de ces limites topographiques.

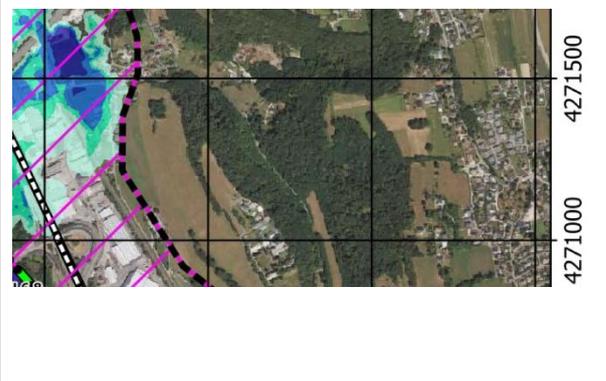
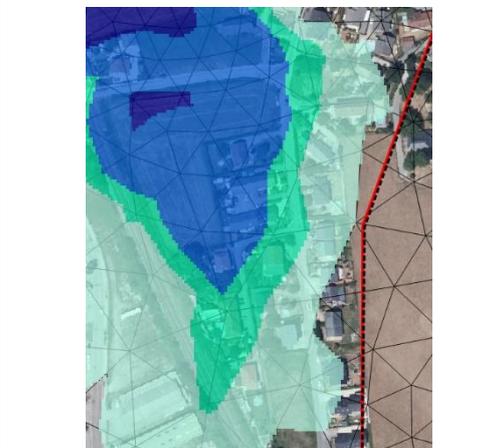
Si l'on se focalise sur la ZP du secteur SE2 on trouve plusieurs secteurs dont les limites de découpages et « l'onde de rupture » ont des éléments communs. Ci-dessous l'explication par secteur :

Secteur Aval (lac)	
Image Carte Sc3	Image avec maillage du modèle Telemac
	
<p>Secteur aval ; le polygone de découpage est utilisé pour masquer la représentation du lac dans modèle.</p> <p>La note hydraulique indique :</p> <p><b>4.1 Scénario 1 : fonctionnement nominal</b></p> <p>La cartographie de la hauteur d'eau maximale du scénario 1 est présentée sur la Figure 7. Cette cartographie montre une légère inondation de la zone protégée sur la partie aval, ceci est dû au fait que la cote de lac est légèrement supérieure à la cote de la route D1201A. A ce même endroit, la vitesse est inférieure à 0.5 m/s comme le montre la Figure 8 (car l'inondation se fait par le lac dont la cote est supposée constante).</p>	

Secteur de la voie ferrée	
Image Carte Sc3	Image avec maillage du modèle Telemac



Secteur entre les coordonnées [1935500-192600] et [4272500 - 4273500]	
Image Carte Sc3	Image avec maillage du modèle Telemac 2D
L'emprise d'inondation n'est pas influencée/modifiée par le polygone de découpage ni par les limites du modèle.	

Secteur entre les coordonnées [1935500-192600] et [4271000 - 4271500]	
Image Carte Sc3	Image avec maillage du modèle Telemac 2D
 <p>4271500 4271000</p>	
L'emprise d'inondation n'est pas influencée/modifiée par le polygone de découpage ni par les limites du modèle.	

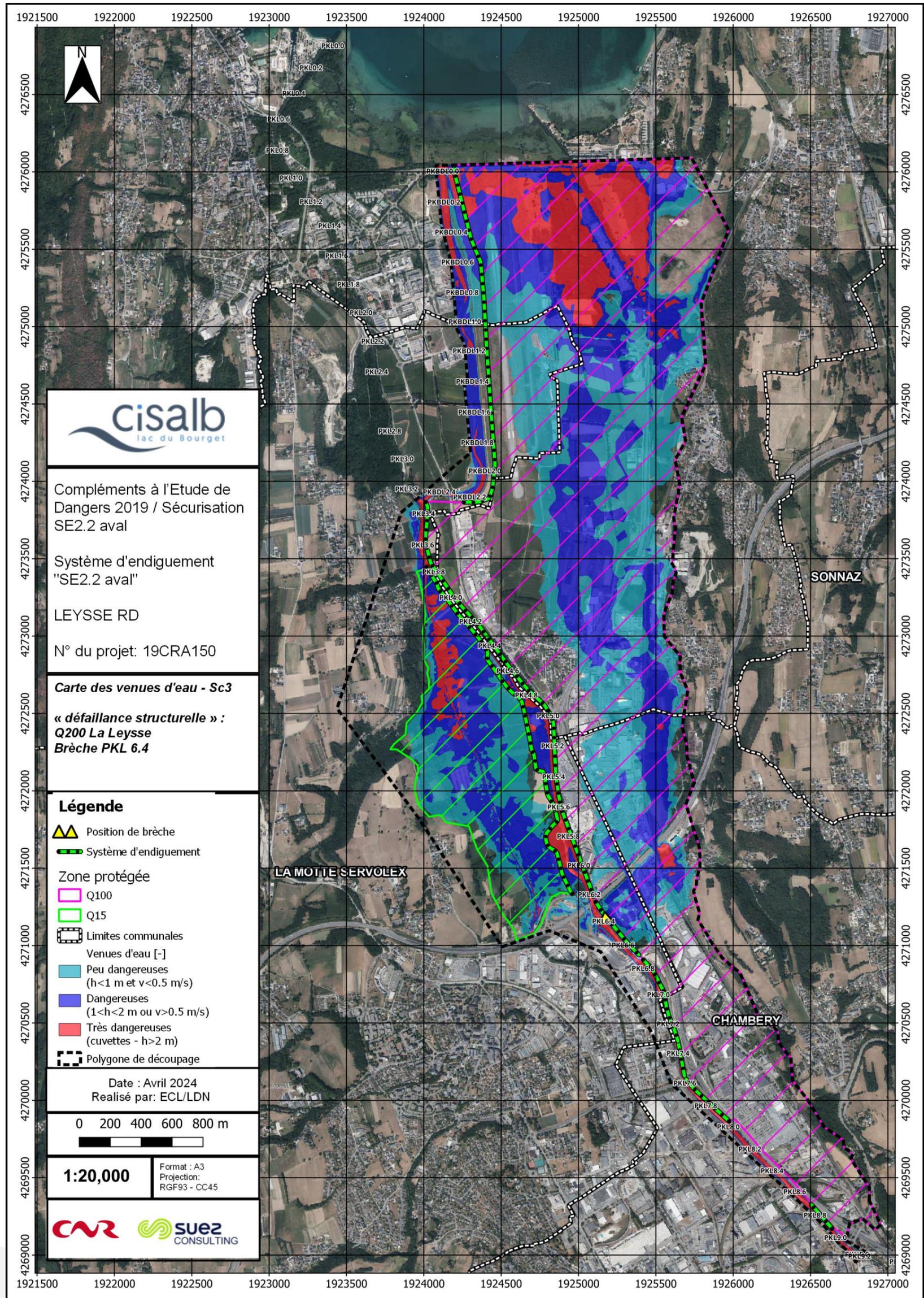


Figure 126: Eaux dangereuses du scénario 3

## 9. PRESENTATION ET ANALYSE DE L'ORGANISATION MISE EN PLACE PAR LE GESTIONNAIRE POUR L'EXERCICE DE SES MISSIONS

Source : CISALB (Consignes de surveillance générale En Période Normale et En Crue).

Le présent chapitre a pour but de fixer les instructions de surveillance des endiguements de la Leysse et de l'Hyères suivant l'article R. 214-113 du décret n°2007-1735 du 11/12/2007 et actualisé depuis le 12 mai 2015 par l'article 7 du Décret n° 2015-526 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

**Les consignes spécifiques du SE2 ont été établies en février 2022, elles sont en lien avec un document d'organisation générale du CISALB mis à jour le 18/03/2024 portant sur l'ensemble des systèmes d'endiguement. Suite à la publication en août 2022 (Arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés) des obligation réglementaires concernant les ouvrages autorisés, le CISALB a mis en cohérence sa note d'organisation générale et les consignes spécifique vis-à-vis de ces recommandations.**

### 9.1 Généralités

#### 9.1.1 Gestionnaire

Le présent document a pour but de fixer les instructions de surveillance de l'endiguement de la Leysse (SE2 T2) en application des textes suivants :

- L'article R. 214-113 du décret n°2007-1735 du 11/12/2007
- Actualisé depuis le 12 mai 2015 par l'article 7 du Décret n° 2015-526 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.
- Conforme à l'arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés.

Les consignes de surveillance ci-après s'appliqueront sur le système d'endiguement n°2 – tronçon 1, 2, 3 et 4. Le tronçon 2.2 et 2.4 font l'objet d'une EDD travaux dans le cadre de la réfection de l'ouvrage hydraulique. Le présent document porte sur l'exploitation courante des ouvrages, à chaque intervention substantielle sur l'ouvrage, des prescriptions spécifiques sont rédigées.

Le gestionnaire du système d'endiguement est le Comité Intercommunautaire pour l'Assainissement du Lac du Bourget – CISALB :



COMITE INTERCOMMUNAUTAIRE POUR L'ASSAINISSEMENT DU LAC DU BOURGET

42 Rue du Pré Demaison

73000 CHAMBERY  
SIRET : 25730214100029

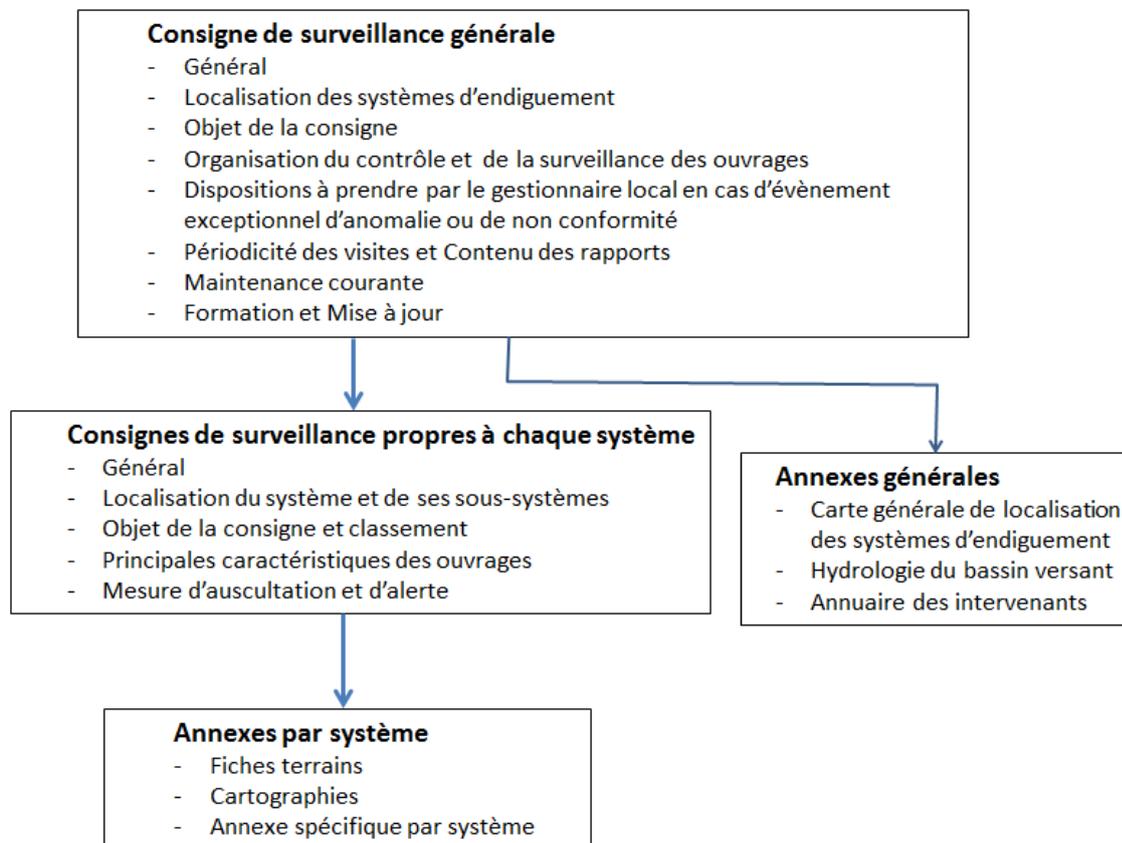
Le CISALB est joignable aux coordonnées suivantes :

- Tél : 04 79 70 64 64
- Email : [info@cisalb.fr](mailto:info@cisalb.fr)

## 9.1.2 Sigles et abréviations

EISH	Evénement Important pour la Sûreté Hydraulique.
PK	Point Kilométrique dont l'origine est le lac du Bourget
RS	Rapport de Surveillance
VTA	Visite Technique Approfondie
SICEC	Syndicat Intercommunal des Cours d'Eau du bassin Chambérien
Hyétogramme	Courbe représentant l'intensité de la pluie en fonction du temps
PJ X	Pluie maximale journalière de période de retour X années
SE	Système d'Endiguement
PCS	Plan Communal de Sauvegarde

### 9.1.3 Organisation des documents



## 9.2 Localisation des systèmes d'endiguement

Le périmètre d'étude couvre l'ensemble des systèmes d'endiguement recensés par l'état dans la vallée Chambérienne bordant la Leysse et l'Hyères, SE 1 à SE6.

## 9.3 Objet de la consigne

La présente consigne de surveillance a pour but de fixer les instructions de surveillance des endiguements de la Leysse et de l'Hyères suivant l'article R. 214-113 du décret n°2007-1735 du 11/12/2007 et actualisé depuis le 12 mai 2015 par l'article 7 du Décret n° 2015-526 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

Il s'agit d'une notice générale commune aux 6 systèmes d'endiguements listés ci-dessus. Elle traite les thématiques suivantes :

- Organisation du contrôle et de la surveillance des ouvrages ;
- Dispositions à prendre par le gestionnaire local en cas d'évènement exceptionnel d'anomalie ou de non-conformité ;
- Périodicité des visites et contenu des rapports ;
- Maintenance courante ;
- Formation et Mise à jour.

Le CIALB est responsable de l'application de la consigne générale sur l'ensemble de ses systèmes d'endiguement autorisés.

Pour rappel, l'Article 23 du décret 2015-526 précise que :

« Le propriétaire ou l'exploitant de tout barrage ou le gestionnaire de toute digue comprise dans un système d'endiguement établi ou fait établir :

(..) 2° Un document décrivant l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation de l'ouvrage, son entretien et sa surveillance en toutes circonstances, notamment les vérifications et visites techniques approfondies, le dispositif d'auscultation, les moyens d'information et d'alerte de la survenance de crues et de tempêtes conformes aux prescriptions fixées par l'arrêté préfectoral autorisant l'ouvrage et, le cas échéant, les arrêtés complémentaires ».

## 9.4 Objet du contrôle et de la surveillance des ouvrages

### 9.4.1 Définition des états de gestion (données issues du document d'organisation du gestionnaire)

La surveillance en crue sera réalisée en interne et pourra s'appuyer sur les agents communaux du P.C.S.

Le CISALB utilisera les moyens de prévision à sa disposition (prévisions prestataire Hydrique actuellement utilisé pour les crues synoptiques pour les grands systèmes d'endiguement, carte de vigilance Météo France, divers sites météorologiques et les alertes préfectorales). Il se basera également sur les prévisions APIC de Météo France, complété par un système de prévision en cours de développement et de test dans le système interne au CISALB. Il s'agit d'une prévision basée sur le modèle INCA qui fonctionne sur le principe d'APIC, mais qui définit les trajectoires des pluies intenses pour anticiper leurs arrivés et ainsi à terme permettre un instant de prévision de 15 min à 1 h. Cela reste à confirmer à la suite de la période de test en cours.

Le CISALB n'a pas vocation à être un centre de prévision des crues. Il utilise les données qu'il produit pour la gestion de ses ouvrages et partage cette information avec une liste de partenaires établie (Maires, Préfecture, SDIS, services supports de la collectivité comme services des eaux, transports, ramassage des déchets...).

L'étude de danger travaux a permis de définir la côte du niveau de protection de l'ouvrage à l'achèvement des travaux. A l'issue des travaux, des échelles limnimétrique seront implantées sur la digue SE2 T2 et afin de permettre aux agents sur le terrain de déterminer si le niveau de protection est dépassé ou non en état d'alerte.

En ce qui concerne le SE2, un des points de référence identifié pour le suivi des cotes de la ligne d'eau de la Leysse est la station hydrométrique de la Motte-Servolex, située sous le pont du Tremblay. Cette station, gérée par la DREAL et référencée V1315020 sur HYDROREEL, est très représentative du site d'étude et fournit, toutes les heures, des données sur la côte et le débit de la Leysse. Les autres points de référence sont les échelles limnimétrique situées tout le long du système d'endiguement.

Le CISALB a confié à un prestataire la mission d'élaboration de prévisions de crues à l'échelle du bassin versant, pour pouvoir anticiper les états de gestion et notamment les crues. Cette anticipation, sur des phénomènes climatiques synoptiques, peut aller jusqu'à 48h de manière fiable et au-delà avec une fiabilité moindre, ce qui permet la mise en alerte de la structure et l'information des partenaires et services associés.

Les niveaux atteints par la Leysse en crue (Niveaux de protection et de danger actuelles du SE2), au droit des lieux de référence, sont donnés en **Annexe 1** du présent document avec la localisation des lieux de référence en **Annexe 2**.

#### Etat normal (hors crue) :

Cet état correspond à une situation normale sans alerte préfectorale ni de vigilance orange météo France, ni vigilance issue du système de prévision du CISALB.

#### Niveau d'alerte 1 :

Cet état est déclaré si l'une des conditions suivantes est réalisée

- Vigilance orange Météo France pluie-inondation, inondation ;
- Etat d'alerte préfecture.
- Vigilance issue du système de prévision du CIALB.

L'état d'alerte n'est basé que sur de la prévision et n'a pour objectif que de permettre au gestionnaire de se préparer à un éventuel évènement dans l'attente de la précision des prévisions.

C'est dans CET ETAT d'ALERTE que le gestionnaire, en fonction des prévisions, de leurs fiabilités, de l'expertise, va commencer à informer les protagonistes (maires concernés, préfecture) de la situation en fonction du faisceau de présomptions de l'arrivée effective d'un évènement et donc du passage à un état de crue de niveau supérieur. Il peut y avoir des états d'alerte qui ne donne pas lieu l'information des protagonistes si l'évènement ne se confirme pas.

#### Niveau 2 : Etat de Crue :

Cet état est déclaré au moment où le niveau des cours d'eau commence à monter mais ce niveau est toujours inférieur au niveau de protection.

#### Niveau 3 Etat de crue avérée :

Cet état est déclaré si l'une des conditions suivantes est observée :

- **Niveau de protection dépassé.**
- Désordre observé sur l'un des ouvrages de nature à mettre en péril l'ouvrage et la zone protégée ;

#### Niveau 4 : Etat de danger :

Cet état est déclaré si l'une des conditions suivantes est réalisée :

- **Niveau de danger dépassé (atteinte de la crue de danger).**
- Désordre majeur observé de nature à mettre en péril l'ouvrage et la zone protégée;

En ce qui concerne le SE2, trois points de référence ont été identifiés :

- **PT\_REF 1** : Pont du Tremblay ;
- **PT\_REF 2** : Station de Pré Marquis<sup>1</sup> et Echelle limnimétrique du pré Marquis (SE après confluence Nant Bruyant)
- **PT\_REF 3** : Point PKL 8.8 (point à l'amont du SE)

Les niveaux atteints par la Leysse, sont donnés par le tableau suivant :

---

<sup>1</sup> Une nouvelle station a été mise en place à l'aval du Pont de la l'autoroute. Le CIALB prendra l'initiative de proposer au service de le DREAL de déplacer la station de référence à la place de la celle existantes au Pont du Tremblay dont l'influence du bras de décharge rend peu fiables les données de débit enregistrées par cette station.

Point de référence	Système d'endiguement	Niveau (mNGF)	Occurrence	Débit (m <sup>3</sup> /s)
Point PKL 8.8	2.1 - 2.2 - 2.3	258.85	Tr = 100	340
	2.4	257.48	Tr = 15	220
Passerelle de Pré Marquis	2.1 - 2.2 - 2.3	249.09	Tr = 100	340
	2.4	248.2	Tr = 15	220
Pont du Tremblay	2.1 - 2.2 - 2.3	241.51	Tr = 100	340
	2.4	240.57	Tr = 15	220

Tableau 32: Niveaux de protection aux différents points de référence

### 9.4.2 Organisation générale hors crue

En état normal, le suivi des ouvrages est assuré par le pôle prévention des inondations du CISALB.

Le pôle est constitué de 11 personnes :

- Le directeur du CISALB,
- Le responsable du pôle prévention des inondations,
- 2 techniciens de rivières,
- 1 technicien PAPI,
- Une « brigade bleue » gardes-digues constituée de 6 personnes.

Les tâches de chaque intervenant et/ou entité ainsi que les compétences requises, sont décrites ci-après :

- Le responsable et les techniciens sont chargés du suivi des dossiers règlementaires et de leurs applications. Ils doivent disposer d'une bonne connaissance de la réglementation et des attendus dans les différents documents et du service de contrôle. Ils doivent également connaître l'environnement des ouvrages de protection contre les inondations (aussi bien technique que géographique). Ces agents participent soit à des journées techniques telles que celles organisées par France digue par exemple ou bénéficient d'une formation en interne.
- Les techniciens sont chargés de l'organisation de la réalisation des visites et les VTA en association avec un ingénieur (le responsable du service). Les intervenants doivent connaître les ouvrages et leurs défauts, connaître les origines des désordres, leur genèse et leur traduction sur le terrain. Ces agents participent soit à des journées techniques telles que celles organisées par France digue par exemple ou bénéficient d'une formation en interne.
- Les agents techniques réalisent les opérations de surveillance courantes sur les digues hors crue et les interventions d'entretien et de gestion courante. Les intervenants doivent connaître les ouvrages et leurs défauts, connaître les origines des désordres, leur genèse et leur traduction sur le terrain. Ces agents participent soit à des journées techniques telles que celles organisées par France digue par exemple ou bénéficient d'une formation en interne.

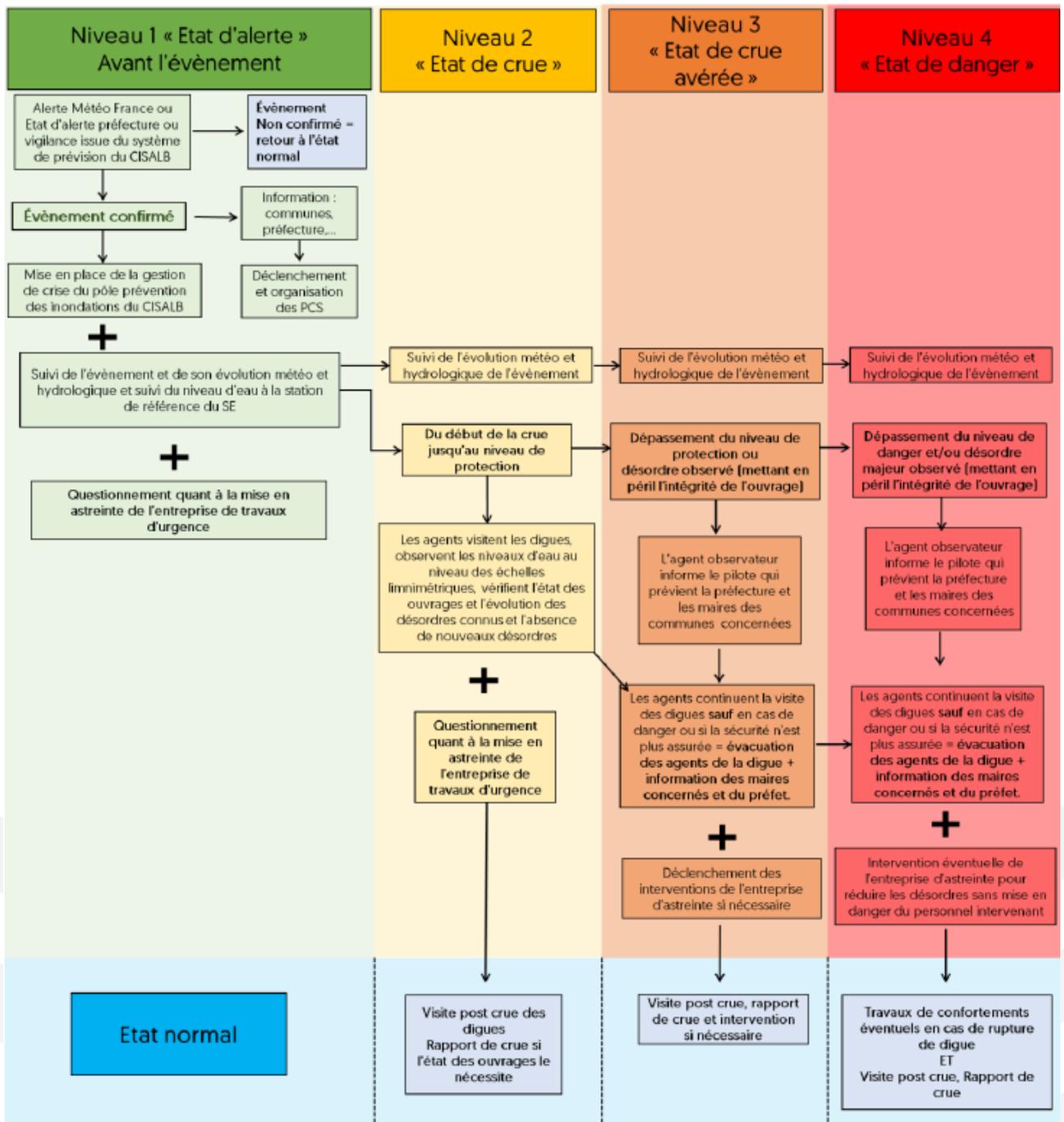
Le CISALB assure le bon entretien des ouvrages, et leur préparation à subir un évènement, ainsi que leur remise en état dans les plus brefs délais après un évènement. Le CISALB assure également la surveillance en crue en partenariat avec les communes.

Le CISALB a mis en place une organisation dans la gestion documentaire et le traitement des données sur ses ouvrages. Cette organisation est présentée en annexe du document d'organisation sous la forme d'un schéma qui définit les chemins vers les différents documents règlementaires dans lesquels les différents éléments/événements liés aux systèmes d'endiguement

doivent être compilés et/ou renseignés. En amont, la plupart des informations sont renseignées sur le logiciel SIRS digues et ensuite, vont alimenter: le registre d'ouvrage, le rapport de surveillance, le rapport de VTA, etc.

### 9.4.3 Organisation de la surveillance et de la conduite selon les états hydrométriques

Le schéma ci-dessous présente l'organisation du CISALB selon les états hydrométriques.



Le passage d'un état à l'autre se fait selon la chronologie suivante :

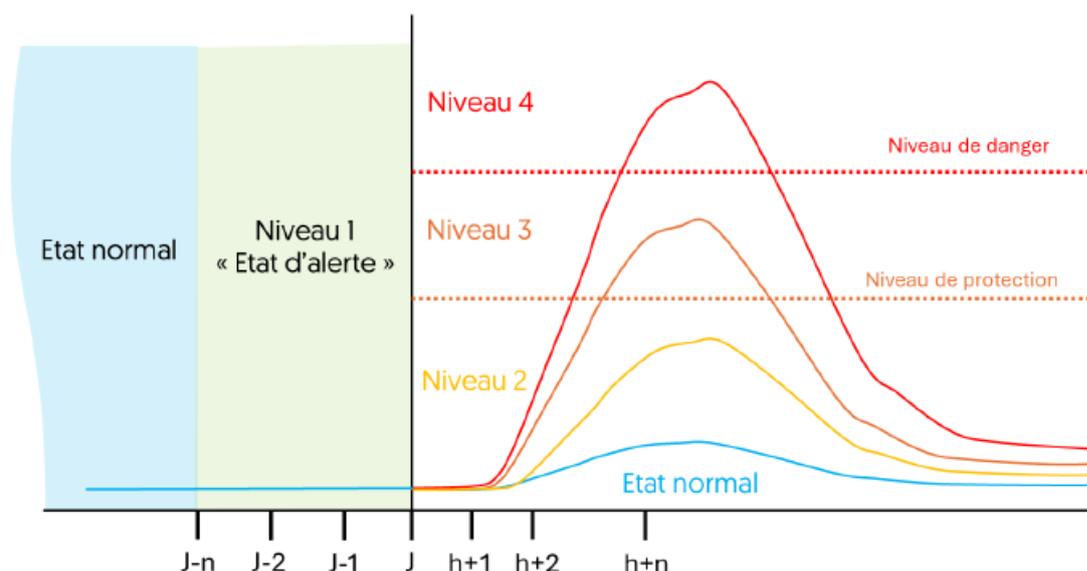


Schéma descriptif des différents états de gestion en fonction de différents scénarios de crues

Suivant les états de gestion, les intervenants sont principalement localisés au bureau du CIALB en période ouvrable, ou à leur domicile en cas d'astreinte. A partir de l'état d'alerte, le CIALB suit l'évolution de la situation météorologique et hydrologique. En fonction de l'évolution de la situation, le CIALB décide de mettre en place une équipe de gestion de crise. Des déplacements sont prévus sur les ouvrages dès l'état de crue.

Le CIALB a mis en place un marché de travaux d'urgence précisant des délais d'intervention pour faire face aux situations dégradées sur ses ouvrages.

Le marché prévoit l'intervention d'engins, la fourniture de matériaux dans un délai de h si l'entreprise a été préalablement mise en astreinte et 2h si l'évènement n'a pas permis d'anticiper et donne de mettre l'entreprise en astreinte. Des exercices réguliers (a minima annuel) sont organisés par le CIALB pour s'assurer de la fonctionnalité du marché et garantir la réactivité de l'entreprise pour tester ses capacités à répondre à son engagement. Ce marché est activé en fonction des prévisions et de la connaissance de l'évènement. La question de son activation est posée dès la mise en alerte.

Les échanges avec le personnel opérationnel sur les ouvrages sont établis par téléphone. A ce personnel, s'ajoutent les agents communaux des P.C.S. échangeant aussi par téléphone. Pour rappel, les communes concernées par le SE2 sont Chambéry, La Motte Servolex, Voglans et le Bourget du Lac.

Lors d'une alerte météo France orange pluie-inondation, inondation, ou lorsqu'une alerte préfecture est déclarée ou encore sur la base de la communication de l'état de prévision du prestataire du CIALB, ce dernier émet une alerte qui doit en principe conduire les maires concernés à armer leur PCS. Le pôle prévention des inondations du CIALB s'organise pour faire face à la situation [mise en place de l'équipe gestion de crise].

La communication avec les communes (et le Maire) ainsi qu'avec la préfecture se fait par téléphone et/ou par une boîte mail dédiée à cette gestion de crise et identifiée par les partenaires comme telle. La vérification et un envoi de mail test a lieu une fois par an, aux alentours du mois d'octobre. Ce test a pour objectif de consolider annuellement la liste des destinataires et de tester le bon fonctionnement des différentes boîtes mails.

Le CISALB acte le passage en gestion de crise du pôle prévention des inondations par le renseignement d'une fiche « gestion de crise ». La traçabilité des événements se fait par l'intermédiaire de la main courante qui recense les échanges, les décisions, les ordres etc... tenue par le pilote d'astreinte. Ce document sera mis à la disposition des services de contrôle ou de la justice en cas de besoin.

#### **9.4.3.1 Localisation des ressources**

Suivant les états de gestion, les intervenants sont principalement localisés au bureau du CISALB en période ouvrable, ou à leur domicile en cas d'astreinte.

A partir d'un état d'alerte, une cellule des agents du service cours d'eau du CISALB est constituée et des déplacements sont prévus sur les ouvrages suivant les cas.

Les échanges avec le personnel opérationnel sur les ouvrages sont établis par téléphone.

A ce personnel s'ajoute les agents communaux des P.C.S. échangeant aussi par téléphone.

Pour appel, les communes concernées par le SE2 sont : Le Bourget du Lac et La Motte Servolex.

#### **9.4.3.2 Organisation spécifique : nuits, week-ends, jours fériés**

Le personnel du pôle prévention des inondations n'interviendra pas sur le terrain la nuit pour des raisons de sécurité. En journée, jours fériés et week-end, une astreinte sera organisée. Une astreinte est mise en place le week-end à condition que les prévisions météorologiques soient connues avant le vendredi 12h, heure de fermeture des bureaux du CISALB. Dépassé cette heure, aucune mise en astreinte ne peut être programmée. Cela été comme expliqué précédemment les outils de prévisions permettent une visibilité fiable à 48h et plus avec une fiabilité moindre. Les horaires des agents en période d'astreinte sont conformes à la réglementation du code du travail.

En tout état de cause, les maires concernés, et le préfet seront tenus informés en temps réel de la situation de gestion de crise exercée par le CISALB. Si ce dernier décide de retirer ses agents des ouvrages pour garantir leur sécurité, maires et préfet en seront immédiatement informés. Le CISALB poursuivra tout de même la gestion de crise hors terrain avec le suivi de l'évènement et l'analyse des données remontées du terrain par les stations de mesure (astreinte de décision).

En période de congés, le CISALB assure la présence d'au moins un pilote de gestion de crise.

#### **9.4.3.3 Période de crue niveau 1 « Etat d'alerte »**

En état d'alerte, le pôle prévention des inondations du CISALB assure la surveillance des bulletins vigilance Météo France et des bulletins d'alertes préfectoraux ainsi que son outil interne hydrique. Il suit donc l'évolution de la situation météorologique et hydrologique.

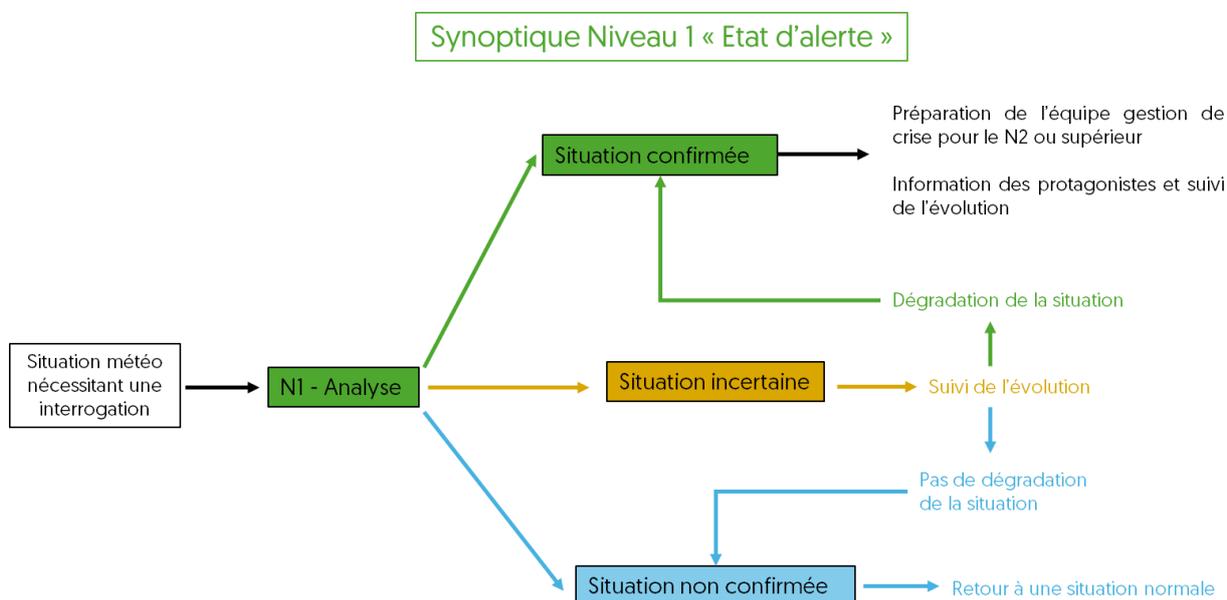
En fonction de l'expertise des prévisionnistes de météo France, du système de prévision du CISALB, de l'expertise interne au CISALB, le personnel jugera de la nécessité de mettre en place une équipe de gestion de crise (d'astreinte en cas de période hors temps de travail réglementaire) et d'informer la préfecture, les maires des communes concernées, les services de sécurité etc... en amont de l'évènement pressenti.

Tout niveau 1 ne donnera pas forcément lieu à une information et à une suite si l'évènement ne se confirme pas. A ce moment-là, le CISALB revient à une situation normale de gestion. C'est en fonction de la situation météo, de la fiabilité des prévisions, que le gestionnaire décidera de passer en niveau supérieur ou de rester en niveau 1 voire de passer en gestion courante. Si des prévisions fiables annoncent une crue avoisinant le niveau de protection (exemple 130m<sup>3</sup>/s pour un niveau de protection à 140m<sup>3</sup>/s), le gestionnaire passera en niveau 2 au moment de la crue ou dès que l'information est disponible et consolidée. Si des prévisions fiables annoncent 110m<sup>3</sup>/s pour un NP à 140m<sup>3</sup>/s, le gestionnaire restera en niveau 1 voir passera en gestion courante tout en surveillant tout de même l'évènement. Si les prévisions ne sont pas fiables, alors le gestionnaire aura tendance à plus facilement passer en niveau 2 en attente de prévisions plus fiables. Cette analyse fera appel essentiellement à

l'expertise des prévisionnistes du système d'annonce de crue du CISALB ou de l'expertise interne en partenariat avec la préfecture.

Quoiqu'il en soit, tout évènement sera observé par le gestionnaire qui pourra en fonction de l'évolution d'une situation passer très rapidement en N1, N2 ou au-delà. Une prévision météo qui indique un évènement, même mineur, avec évolution subite non prévue, ne peut pas passer totalement inaperçue aux yeux du gestionnaire qui pourra toujours donc passer en N1 ou supérieur en fonction de l'évolution de la situation. Seul le degré d'anticipation peut être réduit si un évènement était difficilement quantifiable, anticipable ou prévisible.

La probabilité qu'un évènement passe totalement inaperçu aux yeux des météorologues, des prévisionnistes du système du Cisalb et que sa survenance, son déroulé, soit si soudain qu'il est impossible de le voir arriver et d'un niveau d'une crue majeure est très faible. L'étude historique du territoire montre que les évènements météo qui ont donné lieu aux phénomènes de crues majeures étaient tous des évènements prévus (perturbations synoptiques).



Si l'évènement se confirme et que l'information est donnée aux protagonistes listés en annexe 5 du document d'organisation, alors les P.C.S. ont en principe été déclenchés, ou à minima armés (responsabilité du Maire). La question de la mise en astreinte de l'entreprise de travaux d'urgence se pose selon l'évolution de la situation.

Le CISALB a réalisé une session de sensibilisation et de précision des rôles des différents acteurs en état d'alerte ou de crise. Cette session de sensibilisation a pris la forme d'une table ronde avec les communes, les services de l'Etat et notamment la protection civile en novembre 2023.

La vidéo de ce colloque gestion de crise est disponible sous le lien suivant :

[https://www.youtube.com/watch?v=ctd3p2\\_3rxk&t=5007s](https://www.youtube.com/watch?v=ctd3p2_3rxk&t=5007s)

Ce colloque donnera lieu également à la signature d'une convention de gestion de crise entre les communes et le CISALB.

L'état d'alerte en reste là. Il n'est pas prévu de surveillance ou d'intervention terrain à ce stade de l'évènement. Lors de cette étape, chaque protagoniste s'organise pour faire face à l'évènement à venir (moyens humains, moyens matériels, etc.).

#### **9.4.3.4 Période de crue niveau 2 « Etat de crue »**

Il n'y a niveau 2 « Etat de crue », que si les prévisions annoncent un évènement susceptible d'atteindre le niveau de protection d'un ou plusieurs système d'endiguement. En effet, il n'y aura pas de niveau 1 « état d'alerte » pour toutes les crues non susceptibles de mettre en péril les ouvrages. Cependant, la surveillance des ouvrages est bien maintenue dans le cadre de la gestion courante et si des niveaux importants, mais non critiques, sont atteints, le gestionnaire procédera à une visite de contrôle notamment sur le lieu de désordres connus.

Si la prévision nécessite un niveau 1 « état d'alerte » en prévision d'un évènement susceptible, à minima d'atteindre le niveau de protection du système d'endiguement, dès le début de la crue, et tout au long du développement de l'évènement, le gestionnaire se trouvera en niveau 2 « Etat de crue ». Il procédera donc à la surveillance des ouvrages et des lieux susceptible de supporter un désordre, tout au long de la montée en puissance de l'évènement au fur et à mesure que l'évènement atteindra Q2, Q5, Q10, jusqu'à atteindre ou dépasser le niveau de protection.

Les agents sur le terrain visitent les digues, observent les niveaux d'eau au droit des échelles limnimétriques et vérifient l'état des ouvrages, l'évolution des désordres connus si évolution il y a et l'absence d'apparition de nouveaux désordres. En cas de besoin, ils informeront le pilote d'astreinte qui prendra les mesures nécessaire face à la situation : déclenchement des travaux d'urgence, information de la préfecture, du ou des maires concernés par le site, en résumé des acteurs de la gestion de crise identifiés en annexe 5 du document d'organisatio.

Une fois la crue passée, si le niveau de protection n'a pas été atteint, ET/OU si aucun désordre n'a été observé, une visite post crue des digues sollicitées est tout de même engagée. Suivant les évolutions observées à la suite de la visite, des mesures topographiques seront prévues pour quantifier les éventuels mouvements du fond de la rivière et un rapport de crue est rédigé si l'état des ouvrages le nécessite.

Si, lors de la visite des digues pendant la crue, le niveau relevé sur les échelles limnimétriques dépasse le niveau de protection, l'agent de terrain prévient le pilote de gestion de crise du CISALB qui informe la préfecture et les maires concernés. C'est le passage au niveau 3 « état de crue avérée » qui normalement a déjà été potentiellement anticipé dès le niveau 1 « Etat d'alerte ».

#### **9.4.3.5 Période de crue niveau 3 « Etat de crue avérée »**

En cas de désordre ou de risque de départ de brèche ou de dépassement de la cote du niveau de protection :

Les agents observateurs préviennent prioritairement et successivement :

- Le pôle prévention des inondations du CISALB qui se charge de prévenir la préfecture et le Maire de la commune concernée ;
- Directement la préfecture puis le Maire de la commune concernée, en cas de problème de communication avec le pôle prévention des inondations du CISALB

Les agents sur le terrain continuent de visiter les digues, d'observer les niveaux d'eau au droit des échelles limnimétriques et de vérifier l'état des ouvrages, l'évolution des désordres connus si évolution il y a et l'absence d'apparition de nouveaux désordres. Si un désordre significatif est observé, une surveillance active, par la présence d'un agent en permanence, est engagée jusqu'à disparition du désordre, la fin de l'alerte, ou que les conditions de sécurité ne soient plus réunies pour que l'agent reste en place.

Le pilote déclenche les interventions de l'entreprise d'astreinte s'il le juge nécessaire en commandant les interventions sur la base du marché à bon de commande, pour réduire les désordres sans mise en danger du personnel intervenant.

Une fois la crue passée, en état normal, une visite post crue des digues sollicitées est engagée et un rapport de crue est rédigé. Le rapport rédigé post-crue sera adressé pour information à la DREAL et à la préfecture. Suivant les évolutions observées à la suite de la visite, des mesures topographiques seront prévues pour quantifier les éventuels mouvements du fond de la rivière.

#### **9.4.3.6 Situation d'urgence « Etat de danger »**

A l'atteinte du niveau de danger et/ou apparition de désordres significatifs pouvant mettre en péril l'intégrité de l'ouvrage, le gestionnaire prévient la préfecture et les maires des communes concernées de cet état de danger avec une probabilité de rupture forte.

Les agents sur le terrain continuent de visiter les digues, d'observer les niveaux d'eau au droit des échelles limnimétriques et de vérifier l'état des ouvrages, l'évolution des désordres connus si évolution il y a et l'absence d'apparition de nouveaux désordres. Si un désordre significatif est observé, une surveillance active par la présence d'un agent en permanence est engagée jusqu'à disparition du désordre, la fin de l'alerte, ou que les conditions de sécurité ne soient plus réunies pour que l'agent reste en place.

Le pilote déclenche les interventions de l'entreprise d'astreinte s'il le juge nécessaire en commandant les interventions sur la base du marché à bon de commande, pour réduire les désordres sans mise en danger du personnel intervenant.

En cas de danger ou si la sécurité n'est plus assurée, il y a évacuation immédiate des agents de la digue et information des maires concernées et de la préfecture.

Une fois la crue passée, une visite post crue des digues sollicitées est engagée et un rapport de crue est rédigé. Le rapport rédigé post-crue sera adressé pour information à la DREAL et à la préfecture.

Suivant les évolutions observées à la suite de la visite, des mesures topographiques seront prévues pour quantifier les éventuels mouvements du fond de la rivière.

En cas de désordres sur les digues, des solutions de confortements réalisées par le CISALB pourront être envisagées **postérieurement** à la crue. Il peut s'agir :

- En cas d'affouillement sur le talus amont : une recharge en enrochement pourra être réalisée via un stock d'enrochements prévu à cet effet en rive droite du pont du Tremblay ;
- En cas de glissement ou affaissement du talus aval : un massif de confortement en matériaux idoines.
- Brèche totale : reconstruction de la digue.

## 9.5 Disposition à prendre par le gestionnaire local en cas d'évènement exceptionnel, d'anomalie ou de non-conformité

### 9.5.1 Evènements exceptionnels

#### 9.5.1.1 Procédure séisme

Le CISALB consulte les données issues de l'application du centre sismologique Euro-Méditerranéen qui informe en temps réel de l'activité sismique dans la région avec intensité et lieu de l'épicentre (depuis déjà plus de 5 ans).

En cas de séisme de magnitude supérieure à 5 sur l'échelle de Richter dans un rayon de moins de 100km, les ouvrages feront l'objet de visites et de campagnes de mesures immédiates ou différées (ne pouvant pas excéder 2 semaines). Les actions à entreprendre pourront être de deux types :

- Une inspection visuelle des digues,
- Des tournées d'auscultation et de surveillance avec appui d'experts si nécessaire (bureaux d'étude extérieurs).

Si les dégâts importants sont décelés, les actions entreprises et les constatations font l'objet d'un compte-rendu adressé au service de contrôle.

#### 9.5.1.2 Procédure crue

En cas de crue, dont les états sont décrits ci-dessus, mettant en charge l'ouvrage, une inspection visuelle est réalisée sur les parties ouvrages en terre.

### 9.5.2 Anomalies ou non-conformités

Les zones d'incident répertoriées peuvent faire l'objet de visites particulières au rythme préconisé par l'expertise ou le diagnostic correspondant et renseignées dans le Rapport de Surveillance.

Les anomalies constatées font l'objet d'une analyse et d'une évaluation pouvant conduire à une information de l'autorité de contrôle et suivant l'importance, sous forme d'évènement Précurseur de la Sûreté Hydraulique ou d'Evènement Important pour la Sûreté Hydraulique, conformément à la réglementation.

Les actions entreprises et les constatations donnent lieu à un compte-rendu adressé au service de contrôle.

Parmi ces actions, il peut être procédé à la mise en place de moyens de mesures spécifiques pour suivre l'évolution de paramètres physiques (dans le domaine génie civil, il s'agit de dispositifs d'auscultation complémentaires).

## 9.6 Périodicité des visites

### 9.6.1 Périodicité des tournées et visites pour les ouvrages

Tableau 33 : Périodicité des tournées

Type de visite	Contrôles de l'état générale de l'ouvrage	Périodicité	Intervenant sur site	Analyse	Restitution
Tournées périodiques du gestionnaire	Constat d'éventuelles anomalies lors des tournées périodiques du gestionnaire	Annuelle (1)	Agent de la brigade	Technicien / ingénieur (analyse)	Constat
Tournées périodiques spécifiques pour événement particulier ou incident	Contrôle visuel dans le cadre du suivi de l'événement particulier.  En outre des mesures d'auscultation peuvent être décidées dans le cadre du suivi	A adapter en fonction de l'importance de l'incident	Agent de la brigade + responsable du pôle prévention des inondations + Bureau d'étude si nécessaire	Technicien / ingénieur (analyse)	Constat  Eventuellement suivi via une fiche terrain et travaux si besoin
VTA	Contrôle visuel des ouvrages, des désordres connus.	Entre deux rapports de surveillance – Après un EISH (réglementation)	Plusieurs techniciens et agent du pôle prévention des inondations	Techniciens / ingénieur (analyse), responsable du pôle prévention des inondations	Compte-rendu de VTA
Visite spécifique à la suite d'un événement particulier ou exceptionnel (crue, séisme, autre évènement)	Les actions sont décidées en fonction de la gravité de la situation	Définie pour chaque événement de manière à assurer la continuité et la sûreté des ouvrages	Gestionnaire ou bureau d'étude extérieur	Techniciens / ingénieur (analyse), responsable du pôle prévention des inondations	Rapport d'évènement particulier, rapport de crue ou fiche EISH

(1) La visite annuelle correspond à la présence de l'équipe tout au long de l'année du fait des différentes activités d'entretien enregistrées dans la base de données SIRS Dignes. Il s'agit d'une présence permanente, identifiée dans les registres d'ouvrage.

## 9.6.2 Contrôle, surveillance et maintenance des équipements hydromécaniques : Bras de décharge

Le bras de décharge commence au niveau d'une prise d'eau aux abords de la Leysse et continue sous la forme d'un chenal de dérivation (digue 2.3 en rive droite, lit mineur et digue 6.6 en rive gauche) pour finir au lac du Bourget après son intersection avec la D1211.

### 9.6.2.1 Gestion courante du bras de décharge

Chaque année, il y a une fauche sur les digues et le lit mineur en fin d'été/début automne. Une fauche agricole des prairies à lieu au début de l'été.

Toutes les interventions réalisées sur les digues du bras de décharge dont la digue 2.3 sont renseignées dans le SIRS et donc dans les registres d'ouvrages sous la forme de prestations. Ne sont pas recensés les passages multiples des agents du service qui circulent en permanence sur les ouvrages, dans le cadre d'actions autres, et qui néanmoins effectuent un contrôle visuel des ouvrages et de leurs organes associés (prise d'eau du bras de décharge) et qui le cas échéant déclenchent des interventions qui, elles, sont recensées dans le registre d'ouvrage. Lors de ces « passages », il y a une vérification visuelle de la non-obstruction des clapets du bras de décharge ou de toute autre anomalie visible. De plus, une surveillance est maintenue tout au long de l'année en cas d'alertes et de pannes.

**Pour la gestion courante, la maintenance et les vérifications (avec leur périodicité) des différents organes de la prise d'eau du bras de décharge sont présentées dans la notice d'entretien et de maintenance en Annexe 3.**

Les interventions de maintenance et d'entretien de la prise d'eau de l'ouvrage hydraulique sont renseignées dans une main courante qui est tenue à jour régulièrement.

### 9.6.2.2 En période de crue

**Un contrôle du bras de décharge est réalisé 1 fois par an et après chaque évènement particulier et exceptionnel pour le bras de décharge.**

Le fonctionnement de l'ouvrage en période de crue est le suivant :

Si le débit de la Leysse est inférieur à 110 m<sup>3</sup>/s, les clapets restent en position haute et aucun débit ne part dans le chenal de dérivation.

Si le débit dépasse 110 m<sup>3</sup>/s, l'eau commence à déverser sur les clapets et une partie de la crue commence à s'écouler dans le chenal de dérivation.

Si le débit dépasse 200 m<sup>3</sup>/s, les clapets s'abaissent progressivement pour augmenter le débit dans le chenal de dérivation.

Lorsque le débit de la crue centennale (370 m<sup>3</sup>/s) est atteint, les clapets sont complètement abaissés : le chenal de dérivation évacue 130 m<sup>3</sup>/s et la Leysse 240 m<sup>3</sup>/s.

Une surveillance est réalisée pour s'assurer du bon fonctionnement des clapets (abaissement) du bras de décharge en période de crue.

Des abaissements des clapets peuvent être réalisés manuellement en période de crue pour des débits inférieurs à 110 m<sup>3</sup>/s pour tester la fonctionnalité des clapets.

Un suivi du fond du lit mineur du bras de décharge (chenal de dérivation), du lit de la Leysse de part et d'autre des clapets est réalisé à la suite des évènements de crues. En cas d'envasement excessif du lit mineur du chenal de dérivation, des opérations de curage sont réalisées. Des opérations de reprofilage du lit de la Leysse devant et derrière les clapets peuvent également être envisagés si nécessaire.

## 9.7 Conditions de réalisation des visites et contenu des rapports

### 9.7.1 Contenu et périodicité des rapports de surveillance

Les rapports de surveillance sont élaborés par le gestionnaire qui les communique au service du contrôle tous les 5 **ans** suivant les décrets 2015-256 pour les ouvrages de classe B. Les rapports de surveillance rendent compte des éléments suivants :

- Les modalités et faits marquants concernant la surveillance, l'entretien et l'exploitation de l'ouvrage au cours de la période de référence ;
- Les événements significatifs susceptibles d'avoir une incidence sur la sécurité (crues, séismes...) et les dispositions prises pendant et après l'évènement ;
- Les incidents, événements importants pour la sûreté hydraulique et les dispositions prises pendant et après l'évènement ;
- Les travaux survenus pendant la période et les dispositions prises ;
- Les maintenances et vérifications du bon fonctionnement des matériels de sûreté ;
- Les travaux ;
- Les éventuelles anomalies du comportement de l'ouvrage ;
- Les éventuels défauts, désordres et pannes ;
- L'avis sur l'état de l'ouvrage.

### 9.7.2 Contenu, périodicité et conditions de réalisation de la visite technique approfondie

Selon le décret 2015-526 pour les ouvrages classés B, une VTA est réalisée entre deux rapports de surveillances (périodicité de 5 ans) ou bien après un EISH.

Le gestionnaire décide de réaliser une **VTA annuelle**. Ce choix est compatible avec le fonctionnement du service. Ainsi, il a été décidé qu'une visite annuelle de l'équipe de contrôle serait dorénavant réalisée courant octobre-novembre à la suite de la fauche annuelle des digues à l'automne. Un dossier de VTA sera envoyé chaque année aux services de contrôle pour faire état de nos ouvrages.

Ce choix se justifie également par 3 points :

- Certains systèmes d'endiguements anciens se dégradent très rapidement d'année en année. Il est donc nécessaire d'avoir une visite annuelle des digues les plus fragiles pour formaliser l'évolution des désordres existants ou bien leur apparition sous la forme d'une VTA et dans le cas échéant, intervenir suivant le niveau d'urgence.
- Chaque année, de nombreux travaux sont réalisés sur les systèmes d'endiguements et cela a pour conséquence la clôture de nombreux désordres. Ainsi, une actualisation annuelle semble primordiale pour correspondre à la réalité du terrain.

Cela permet de valoriser la fauche annuelle par une visite des digues à l'automne.

En fonction de l'évolution du parc d'ouvrages, et notamment des travaux de réfection des digues, et de confortement, cette récurrence des visites sera certainement, à terme, revue à la baisse s'il est constaté que cela n'est plus nécessaire de faire un constat annuel.

Elle comprend les éléments suivants :

- Le cheminement à pied du linéaire en tête et parements amont et aval,
- Le repérage par rapport aux bornes mise en place ;

- Le nivellement des échelles.
- La vérification de la non-obstruction des clapets du bras de décharge pour le SE2.3 et SE6

Le plan d'accès aux digues, le matériel nécessaire à l'intervention, les fiches SIRS à remplir et les grilles de mesure de l'échelle limnimétrique sont fournis en annexe des consignes propres à ce système.

Les visites se feront à pied en entrée d'automne après la fauche d'entretien des ouvrages. La visite sera menée par 3 personnes, une par face d'ouvrage.

Les comptes-rendus des VTA sont rédigés par le bureau d'étude ou par le pôle prévention des inondations du CIALB, puis transmis au CIALB pour relecture et communication aux services de contrôle. Ils énumèrent les observations, les éventuels désordres observés, leurs origines possibles et les suites à donner en matière de surveillance, de gestion, d'auscultation, de diagnostic ou de confortement d'un point de vue génie civil. Ils portent un avis sur l'état de l'ouvrage et son fonctionnement.

### 9.7.3 Contenu des visites particulières

Les ouvrages et notamment les zones d'anciens incidents répertoriés, font l'objet d'une inspection détaillée après un épisode de crue.

Le déroulement de ces visites est équivalent à celui d'une VTA. Cette visite sera menée par les agents du pôle prévention des inondations du CIALB.

Le plan d'accès aux digues, le matériel nécessaire à l'intervention, les fiches SIRS à remplir et les grilles de mesure des échelles limnimétriques sont fournis en annexe des consignes propres au système d'endiguement.

Ces visites comprennent :

- Le cheminement à pied du linéaire en tête et parements amont et aval ;
- Le repérage par rapport aux bornes mise en place ;
- Le relèvement des laisses de crue.

### 9.7.4 Contenu du rapport de crue

Un rapport de crue est rédigé par le gestionnaire pour le système d'endiguement dont l'état de crue a été déclaré, tel que défini par la présente procédure.

Le rapport de crue relate tous les éléments observés :

- Suivi des données hydrométriques et météorologiques (graphiques, bulletins),
- Grilles d'observation remplies pendant la surveillance,
- Mesures effectuées pendant la surveillance,
- Commentaires des observateurs,
- Rapport de gestion des éventuels incidents,
- Rapport de la visite particulière.

### 9.7.5 Contenu du registre d'ouvrage

Pour les digues de protection contre les inondations, le registre est obligatoire avec le décret 2015-526.

« Le concessionnaire tiendra également à jour un registre sur lequel seront inscrits les principaux renseignements relatifs aux travaux, à l'exploitation, à la surveillance, à l'entretien de l'ouvrage et de son dispositif d'auscultation, aux conditions météorologiques et hydrologiques et à l'environnement de l'ouvrage.

Le propriétaire ou l'exploitant ou le gestionnaire tient à jour les dossiers, document et registre prévus (...) les conserve de sorte qu'ils soient accessibles et utilisables en toutes circonstances et tenus à la disposition du service de l'Etat chargé du contrôle ».

Ce registre sera tenu à jour à l'aide du logiciel SIRS digue sachant que chaque intervention sur les ouvrages est renseignée dans le logiciel.

Il comprend notamment les informations relatives :

- A l'exploitation hydraulique de l'ouvrage et aux différents états, en particulier lors de crue,
- Aux incidents, accidents, anomalies concernant l'ouvrage, ses abords,
- Aux travaux réalisés, y compris ceux d'entretien dès lors qu'ils intéressent la sécurité de l'ouvrage,
- Aux manœuvres opérées sur les organes mobiles,
- Au recensement des visites de surveillance en précisant les conditions climatiques,
- Aux visites techniques approfondies réalisés.

### 9.7.6 Dispositif de mesure

Lors des visites, les observateurs pourront s'appuyer sur les dispositifs de mesure suivants :

- Echelles limnimétriques avec matérialisation du niveau de protection et du niveau de danger,
- PK disposés tous les 100 m. Ces PK sont matérialisés par des bornes géomètres en bordure de piste piétonne ou route et par des spits sur la piste cyclable.

## 9.8 Maintenance courante

### 9.8.1 Accès immédiats et circulation

Les accès et les cheminements normalement employés sur les digues feront l'objet d'un entretien régulier (1 fois/an). Les modalités d'accès aux ouvrages en gestion courante, en période de crue et en situation d'urgence sont décrites en **Annexe 4**.

### 9.8.2 Dispositifs de mesure

L'entretien des organes d'auscultation concerne :

- Les échelles limnimétriques
- La station limnimétrique du pont du Tremblay ;
- Les bornes.
- Les échelles limnimétriques doivent être lisibles depuis les pistes d'accès. Un nettoyage sera effectué au moins une fois par an.

De même, toutes les indications relatives au repérage sur site (bornes, panneaux, ...) devront être maintenues en bon état de lisibilité.

### 9.8.3 Entretien de la végétation

Les contraintes de sécurité obligent à interdire le développement de la végétation et de limiter l'impact des animaux fouisseurs sur les ouvrages, et les digues en terre en particulier. Ceci afin de limiter :

- Le risque d'érosion interne par conduit au sein de l'ouvrage ;
- Le risque d'arrachage d'une partie de la digue au droit des arbres penchés en crue (Chablis).
- Sont distinguées les digues nouvellement modifiées et les digues plus anciennes :

- Sur les digues nouvellement créées, il est impératif de maintenir une végétation herbacée rase par des opérations de fauche et/ou de broyage. Une opération par an sera nécessaire pour remplir cet objectif.
- Sur les digues anciennes, il est impératif de limiter la présence de végétation arborescente et de procéder une fois par an au débroussaillage de la végétation arbustive et herbacée. Ces interventions seront menées en régie par la brigade d'entretien ou par le biais de marchés publics confiés à des entreprises privées.
- Concernant les digues neuves, elles sont équipées de grillage anti-fouisseurs. Pour les digues anciennes, la pression d'entretien limite leur installation.

## 9.9 Formation et mise à jour

### 9.9.1 Formation initiale

Les personnes amenées à intervenir sur les digues seront formées par pôle prévention des inondations au fonctionnement des digues et à leur surveillance. Les agents du CISALB sont d'ores et déjà formés et les agents communaux concernés le seront à l'issue de la session « gestion de crise » organisée à l'automne 2023. En cas de besoin et selon les thématiques abordées, les agents assistent aux journées techniques France Dignes qui permettent de capitaliser des retours d'expériences d'autres gestionnaires et de profiter de l'ingénierie d'organismes tels que l'INRAE, le RTM ou l'ONF par exemple. L'équipe s'exerce lors des événements hydrauliques ou lors d'intervention de tiers non contrôlés, et un REX est fait pour capitaliser sur l'évènement qui revêt l'aspect d'un exercice. Par ailleurs, des exercices de gestion de crise ou de situation d'urgence sont réalisés en interne tous les ans, notamment à l'occasion du test du marché de travaux d'urgence.

### 9.9.2 Mise à jour

Une fois par an, les actions suivantes seront entreprises :

- Vérification des coordonnées des communes et intervenants en crue (mails et numéro de téléphone) ;
- Relecture par l'ensemble des personnes pouvant être mobilisés en cas d'alerte de la présente consigne.

### 9.9.3 Formalisation des retours d'expériences

La gestion du retour d'expérience est déjà en place au CISALB, puisque les événements majeurs font l'objet d'un rapport comme cela a été le cas déjà en 2018 lors de la crue du 04/01.

### 9.9.4 Procédure d'exercices d'urgence

Le CISALB possède depuis 2017 un marché de travaux d'urgence, pour faire face à des situations critiques et s'assurer la capacité de pouvoir mobiliser des moyens matériels et humains, de les mettre en œuvre dans l'urgence, notamment sur ses systèmes d'endiguement.

Un premier marché a eu lieu de 2017 à 2020, un second est en cours (2020-2023), une prochaine consultation permettra de reconduire cet outil indispensable pour le CISALB.

Pour chacun des 2 premiers marchés, le CISALB a retenu les offres de groupements de 3 entreprises locales (bassin chambérien) et complémentaires (au regard des moyens mis à disposition) afin de s'assurer une réactivité, une disponibilité et une large gamme de moyens matériels et humains.

La procédure comprend 2 temps :

- Une phase de mise en alerte des moyens humains, matériels et matériaux (prestation n'engageant pas de travaux) nécessaires à une intervention en urgence dans un délai maximum de 1 heure.

- Une phase d'intervention en urgence (prestation engageant des travaux) dans un délai maximum de 1 heure en cas de mise en alerte au préalable ou de 2 heures si la phase préalable de mise en alerte n'a pas eu lieu.

Au démarrage du marché, le groupement d'entreprises met en place une organisation d'astreinte et fourni plusieurs numéros de téléphone sur lesquels le pilote d'astreinte du CISALB pourra donner ses consignes (mise en alerte, intervention).

Compte tenu de l'incertitude quant à la fréquence des évènements pouvant entraîner une mobilisation du marché de travaux d'urgence, et afin de s'assurer de l'efficacité et de la réactivité des entreprises, le CISALB réalise au moins 1 fois tous les 2 ans un exercice de mise en situation.

Cet exercice est organisé à la discrétion du CISALB, le groupement d'entreprises n'en est pas informé en amont. L'exercice est rémunéré sur la base des prix indiqués dans le BPU (les éventuels matériaux mobilisés restent propriété de l'entreprise ; seuls sont rémunérés les matériaux mis en œuvre).

Autant que possible, le CISALB essaye d'établir un scénario d'exercice réaliste : contact du numéro d'astreinte des entreprises en dehors des heures de travail (soirée), mobilisation des moyens de nuit et si possible avec une météo défavorable (pluie), lieu de rdv pour l'intervention sur des sites sensibles recensés par le CISALB, etc.

A la fin de chaque exercice, un débriefing à chaud est réalisé sur site. Il permet de faire le point sur la réactivité des entreprises (délais contractuels), la conformité des moyens et matériaux commandés, le respect des exigences demandés au marché (dispositifs de sécurité, etc.).

En complément des exercices, le marché a pu être testé grandeur nature lors des différents évènements qui se sont produits sur la période (les 2 plus significatifs étant les 04/01/2018 et le 29/12/2021).

A chaque mise en service (exercice ou cas réel), le protocole a donné entière satisfaction.

## 9.10 Annexes aux consignes

Annexe 1 : Niveau de protection et niveau de danger du système d'endiguement n°2 sur les différents lieux de références.

### Avant travaux

Lieu de référence	Niveau	Crue de référence	Cote de référence (m NGF)
Echelle et Station hydrométrique du pont du Tremblay	Niveau de protection	Q10	240.33
	Niveau de danger	Q30	241.07
Echelle en aval du coude de Villarcher	Niveau de protection	Q10	244.71
	Niveau de danger	Q30	245.18
Echelle en aval de Pré Marquis	Niveau de protection	Q10	247.28
	Niveau de danger	Q30	247.75
Echelle au niveau passerelle cyclable de Pré Marquis	Niveau de protection	Q10	247.77
	Niveau de danger	Q30	248.48
Echelle au niveau de la passerelle cyclable au pont de l'échangeur	Niveau de protection	Q100	251.17
	Niveau de danger	Q200	251.37
Echelle du pont du CD16a	Niveau de protection	Q100	253.60
	Niveau de danger	Q200	253.78
Echelle du pont SNCF	Niveau de protection	Q100	256.42
	Niveau de danger	Q200	256.54

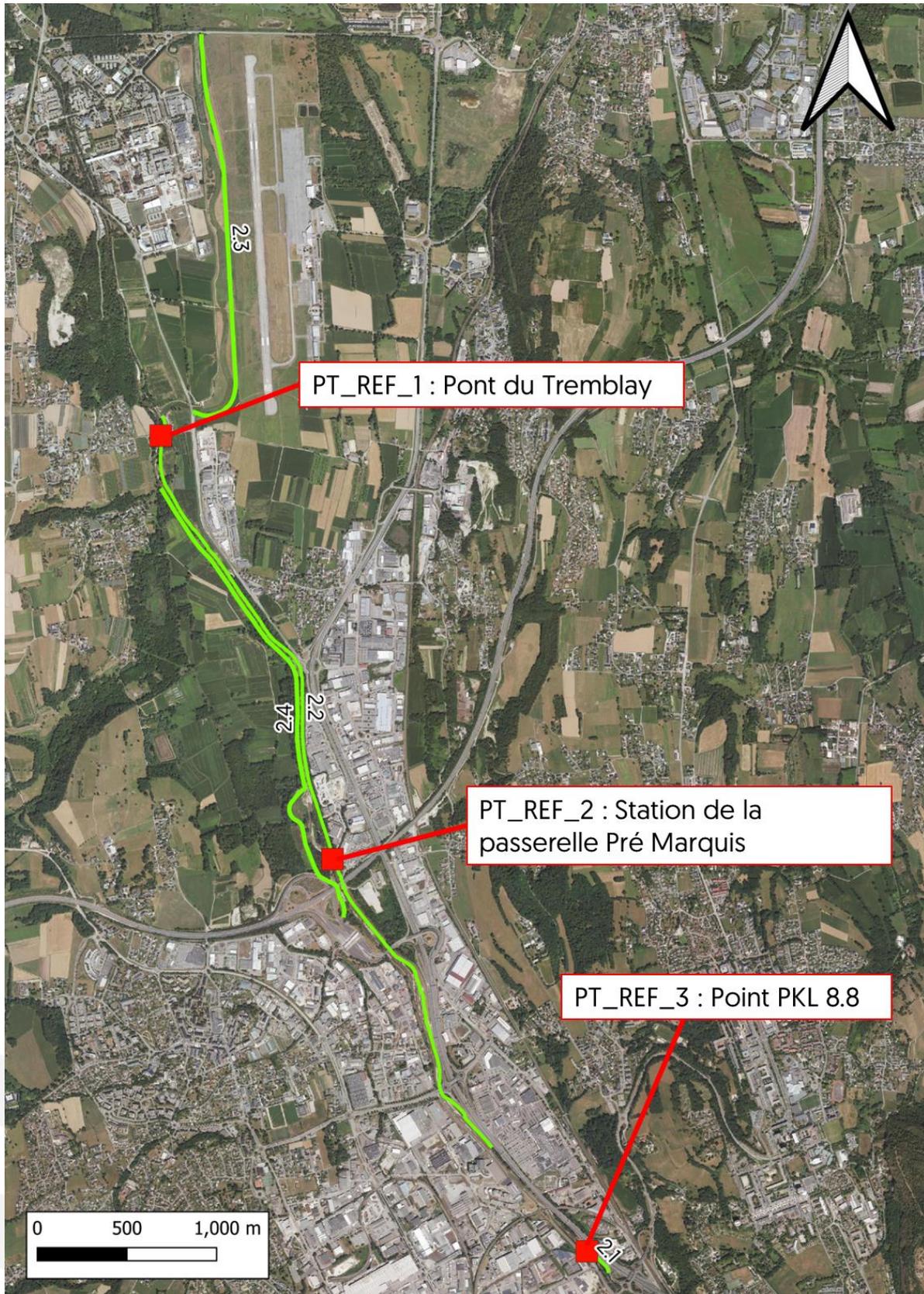
Après travaux

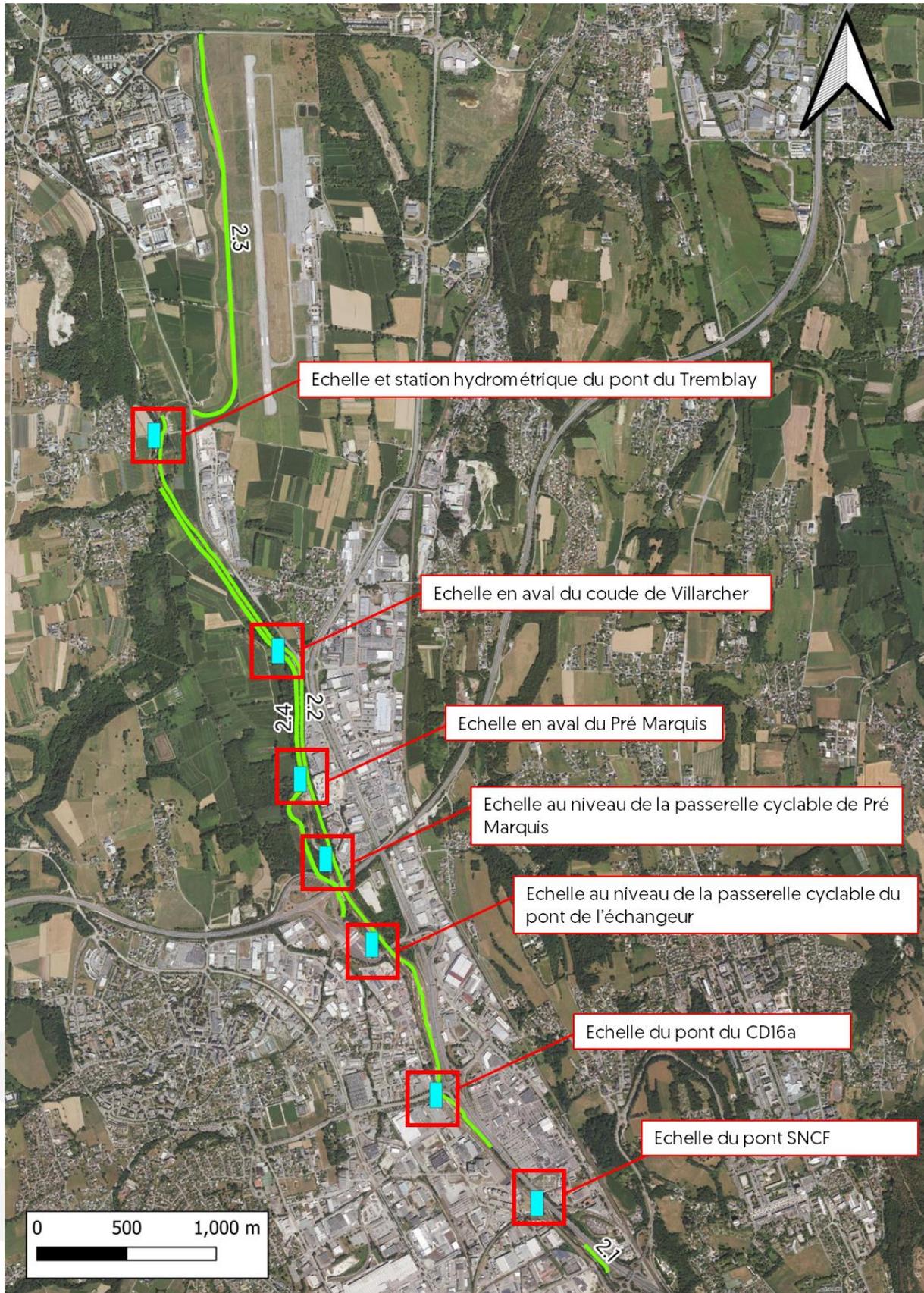
Digue	Etat de la digue	Lieu de référence	Niveau de protection au point de référence (NGF) et occurrence associée S1	Niveau de danger et occurrence équivalente S3 (50% risque)
SE2.1	Existant	Pont du Tremblay	Z_100 = <b>241.51 mNGF</b> (Q100 = 340 m3/s)	Z_100 + 34 cm
SE2.2 amont	Existant			Z_100 + 24 cm (q300 ?)
SE2.2 aval	Projeté			Z_100 + 30 cm
SE2.3	Existant			Z_100 + 30 cm
SE 2.4	Projeté	Pont du Tremblay	<b>240.57 mNGF</b> (Q15)	Z_100 (surverse au-delà)

Le tableau ci-dessous présente les niveaux de protection aux différents points de référence.

Point de référence	Système d'endiguement	Niveau (mNGF)	Occurrence	Débit (m3/s)
Point PKL8.8	2.1 – 2.2 – 2.3	258.85	Tr = 100	340
	2.4	257.48	Tr = 15	220
Passerelle de Pré Marquis	2.1 – 2.2 – 2.3	249.09	Tr = 100	340
	2.4	248.2	Tr = 15	220
Pont du Tremblay	2.1 – 2.2 – 2.3	241.51	Tr = 100	340
	2.4	240.57	Tr = 15	220

Annexe 2 : Localisation des points de références et échelles limnimétriques





Annexe 3 : Fiche « gestion de crise »

	<p><b>Poste de commandement</b></p> <p><b>Suivi des ouvrages CISALB</b></p> <p><b>En situation de crise</b></p>	
Date et heure de déclenchement		
Cause		
Pilote		
Agents concernés et numéro d'appel		
Heure envoi mail « Alerte crue »		
Heure envoi mail administratif d'information à la hiérarchie		
Commentaire		



Annexe 4 : Main courante type CISALB

Heure	Information (reçue/donnée)	Action/décision
Destinataire		
		Indiquer l'heure de l'action/décision engagée et heure de l'action/décision terminée



Heure	Information (reçue/donnée)	Action/décision
Destinataire		
		Indiquer l'heure de l'action/décision engagée et heure de l'action/décision terminée

Annexe 5 : Contacts (numéros/mails) en gestion de crise

<b>NUMEROS D'URGENCE ASTREINTES Octobre 2023</b>		
<b>PREFECTURE</b>	<b>Standard</b>	<b>04 79 75 50 00</b>
	<b>Cadre d'astreinte</b>	<b>06 07 37 22 88</b>
<b>CONSEIL DEPARTEMENTAL</b>	<b>PC OSIRIS</b>	<b>04 79 32 99 44</b>
<b>GRAND CHAMBERY</b>	<b>Benoit Savinaux</b>	<b>06 09 09 29 57</b>
	<b>Rédaction/communication</b>	<b>06 73 08 10 40</b>
<b>Service des eaux GC</b>	<b>Astreinte</b>	<b>04 79 96 86 70</b>
	<b>Maitrise</b>	<b>04 79 96 87 21</b>
	<b>Chauffeur</b>	
<b>GRAND LAC</b>	<b>Christophe Touzeau</b>	<b>04 79 35 70 76 / 06 75 39 20 15</b>
	<b>Service des eaux GL</b>	<b>04 79 61 74 74</b>
<b>DDT</b>	<b>Astreinte</b>	<b>06 08 21 62 07</b>
<b>CISALB</b>	<b>Renaud Jalinoux</b>	<b>06 11 12 13 80</b>
	<b>Christophe Guay</b>	<b>06 17 64 87 71</b>
	<b>Alexandre Prina</b>	<b>07 61 13 55 53</b>
	<b>Clément Poncet</b>	<b>06 04 59 35 31</b>
	<b>Thomas Baisnée</b>	<b>07 84 90 43 46</b>
	<b>Anthony Sulpice</b>	<b>06 24 42 80 40</b>
	<b>B.B port.2</b>	<b>06 34 61 63 96</b>
	<b>B.B port.3</b>	<b>06 44 20 82 05</b>

<b>NUMEROS D'URGENCE ASTREINTES Octobre 2023</b>			
<b>MAIRIE</b>			
SE3	BARBERAZ	DST	06 18 03 34 73
		Boix-Neveu Arthur	06 09 99 13 03
SE1	BASSENS	THIEFFENAT Alain	06 79 31 84 61
		ANXIONNAZ Catherine	06 09 03 87 00
		GOUBET-ETELLIN Martine	06 32 12 76 78
		BESSION Gérard	06 24 63 07 36
		MANIPOUD Anne	06 03 44 88 44
SE2, SE3 et SE4	CHAMBERY	DIRECTEUR	06 85 67 19 57
		ELUS	06 73 08 10 47
SE4	COGNIN	ELUS (Astreinte)	06 34 53 07 74
		Morat Frank ( Maire)	06 60 51 12 47
SE2, SE4 et SE6	LA MOTTE SERVOLEX	ELUS	06 24 32 12 88
		AGENT	06 59 91 24 86
		BERTHOUD Luc	06 73 74 91 78
SE4	LA RAVOIRE	ELUS	07 87 65 40 21
		AGENT M. MADELON	06 32 25 79 67
		GRILLOT Fabien	06 86 28 01 61
		BOUDET Jérôme	06 24 47 32 06
SE1	SAINT ALBAN LEYSSE	DYEN Michel	06 07 79 70 82
		FAVRE Daniel	06 88 48 70 40
		MELQUIOT Eric	06 80 05 07 90
		MORRIS Anne	06 07 32 93 30
		BOISSEIN-GRANJEAN Tony	06 79 59 22 23
SE6	LE BOURGET DU LAC	MERCAT Nicolas ( maire)	06 30 66 63 69
		GUY Alexandre ( DGS )	06 85 76 51 29
		AQUISTAPACE Emilie (adj.)	06 46 46 90 45
		SEIBOLD Michel ( police)	07 86 92 19 39
SE2	VOGLANS	MERCIER Yves	06 35 30 19 89

Annexe 6 : Notice d'entretien et de maintenance de la prise d'eau du bras de décharge

## Vérification de l'état des articulations

---

▶ **Opérateur :**

- 1 mécanicien monteur compétent pour cette tâche.

▶ **Matériel nécessaire :**

- Matériel de sécurité lié à la tâche à effectuer.
- Outillage de mécanique.

▶ **Risques :**

- Chutes de personnes.
- Chutes de pièces.
- Noyade.

▶ **Consignes de sécurité et mise en garde :**

- Avant toute intervention sur le matériel, l'installation doit être consignées électriquement par une personne habilitée.
- Se conformer à la réglementation en vigueur liée à la tâche à effectuer.

▶ **Mode opératoire :**

- Contrôler l'état d'usure des axes et des bagues (pas de jeux excessifs).
- Contrôler l'absence de fissures, de déformations majeures ou d'usure excessive.
- Changer au besoin.

▶ **Périodicité d'intervention :**

- Tous les ans.

▶ **Remarques :**

- Les bagues sont de type autolubrifiantes, matière ORKOT C322, elles ne nécessitent donc pas d'entretien.



## Vérification des chevilles de fixation

▶ **Opérateur :**

- 1 mécanicien monteur compétent pour cette tâche.

▶ **Matériel nécessaire :**

- 1 clé dynamométrique et les douilles nécessaires.
- Matériel de sécurité lié à la tâche à effectuer.

▶ **Risques :**

- Chutes de personnes.
- Noyade.
- Chutes de pièces.

▶ **Consignes de sécurité et mise en garde :**

- Avant toute intervention sur le matériel, l'installation doit être consignées électriquement par une personne habilitée.
- Se conformer à la réglementation en vigueur liée à la tâche à effectuer.

▶ **Mode opératoire :**

- Contrôler le bon serrage des chevilles.
- Au besoin, resserrer les chevilles jusqu'à obtenir le couple de serrage requis.
  - Cheville SPIT TRIGA Z "type E" M10 couple de serrage : 46 Nm.
  - Cheville SPIT TRIGA Z "type E" M12 couple de serrage : 80 Nm.
  - Cheville SPIT TRIGA Z "type E" M16 couple de serrage : 120 Nm.
  - Cheville SPIT TRIGA Z "type E" M20 couple de serrage : 200 Nm.

▶ **Périodicité d'intervention :**

- Tous les ans.

## Vérification de l'état de la peinture

► **Opérateur :**

- 1 mécanicien monteur compétent pour cette tâche.

► **Matériel nécessaire :**

- Peinture pour vérin, suivant fiche : C4 ANV 424
- Peinture pour paliers et clapets, suivant fiche : Im2 ANI 328
- Nécessaire de peinture.
- Matériel de sécurité lié à la tâche à effectuer.

► **Risques :**

- Chute de personne.
- Noyade.

► **Documents de référence :**

- Fiche peinture C4 ANV 424.
- Fiche peinture Im2 ANI 328.

► **Consignes de sécurité et mise en garde :**

- Avant toute intervention sur le matériel, l'installation doit être consignées électriquement par une personne habilitée.
- Se conformer à la réglementation en vigueur liée à la tâche à effectuer.

► **Mode opératoire :**

- Contrôler l'absence d'écailles et de corrosion.
- Au besoin, faire les retouches nécessaires suivant fiche peintures.

► **Périodicité d'intervention :**

- Tous les ans.

## Vérification des joints d'étanchéité

▶ **Opérateur :**

- 1 mécanicien monteur compétent pour cette tâche.

▶ **Matériel nécessaire :**

- Matériel de sécurité lié à la tâche à effectuer.

▶ **Risques :**

- Pas de risques particuliers.

▶ **Consignes de sécurité et mise en garde :**

- Avant toute intervention sur le matériel, l'installation doit être consignées électriquement par une personne habilitée.
- Se conformer à la réglementation en vigueur liée à la tâche à effectuer.

▶ **Mode opératoire :**

- Batardage de la passe concernée.
- Contrôler l'absence de fissures, de déformations majeures ou d'usure excessive.
- Déposer et changer au besoin.

▶ **Périodicité d'intervention :**

- Tous les ans.

## Différents contrôles

▶ **Opérateur :**

- 1 mécanicien monteur compétent pour cette tâche.

▶ **Matériel nécessaire :**

- Matériel de sécurité lié à la tâche à effectuer.

▶ **Risques :**

- Chute de personne.
- Noyade.

▶ **Consignes de sécurité et mise en garde :**

- Avant toute intervention sur le matériel, l'installation doit être consignées électriquement par une personne habilitée.
- Se conformer à la réglementation en vigueur liée à la tâche à effectuer.

▶ **Mode opératoire :**

- Contrôler visuellement l'état et le bon serrage des vis et boulons.
- Contrôler visuellement la fatigue éventuelle des bras et des soudures.
- Contrôler visuellement le bon état des capteurs.
- Contrôler visuellement le bon fonctionnement général du dégrilleur.

▶ **Périodicité d'intervention :**

- Tous les 6 mois.

## Vérification des flexibles et des raccords

▶ **Opérateur :**

- 1 mécanicien monteur compétent pour cette tâche.

▶ **Matériel nécessaire :**

- Matériel de sécurité lié à la tâche à effectuer.

▶ **Risques :**

- Pas de risques particuliers.

▶ **Consignes de sécurité et mise en garde :**

- Avant toute intervention sur le matériel, l'installation doit être consignées électriquement par une personne habilitée.
- S'assurer qu'aucun flexible n'est resté en pression avant d'intervenir sur ceux-ci.
- Se conformer à la réglementation en vigueur liée à la tâche à effectuer.

▶ **Mode opératoire :**

- Contrôler l'absence de fissures, de déformations majeures ou d'usure excessive.
- Déposer et changer au besoin.

▶ **Périodicité d'intervention :**

- Tous les six mois.

## Maintenance de la centrale hydraulique

---

▶ **Opérateur :**

- 1 mécanicien monteur compétent pour cette tâche.

▶ **Matériel nécessaire :**

- Matériel de sécurité lié à la tâche à effectuer.

▶ **Risques :**

- Pas de risques particuliers.

▶ **Consignes de sécurité et mise en garde :**

- Avant toute intervention sur le matériel, l'installation doit être consignées électriquement par une personne habilitée.
- S'assurer qu'aucun flexible n'est resté en pression avant d'intervenir sur ceux-ci.
- Se conformer à la réglementation en vigueur liée à la tâche à effectuer.

▶ **Documents de référence :**

- Schéma hydraulique.

▶ **Mode opératoire :**

- Contrôler l'absence de fuites.
- Vérifier le niveau d'huile.
- Vidanger l'huile (tous les 2 ans en usage normal) ou vérifier l'état tous les ans par analyse sur prélèvement d'échantillon et changer le filtre à chaque vidange

▶ **Périodicité d'intervention :**

- Tous les six mois.

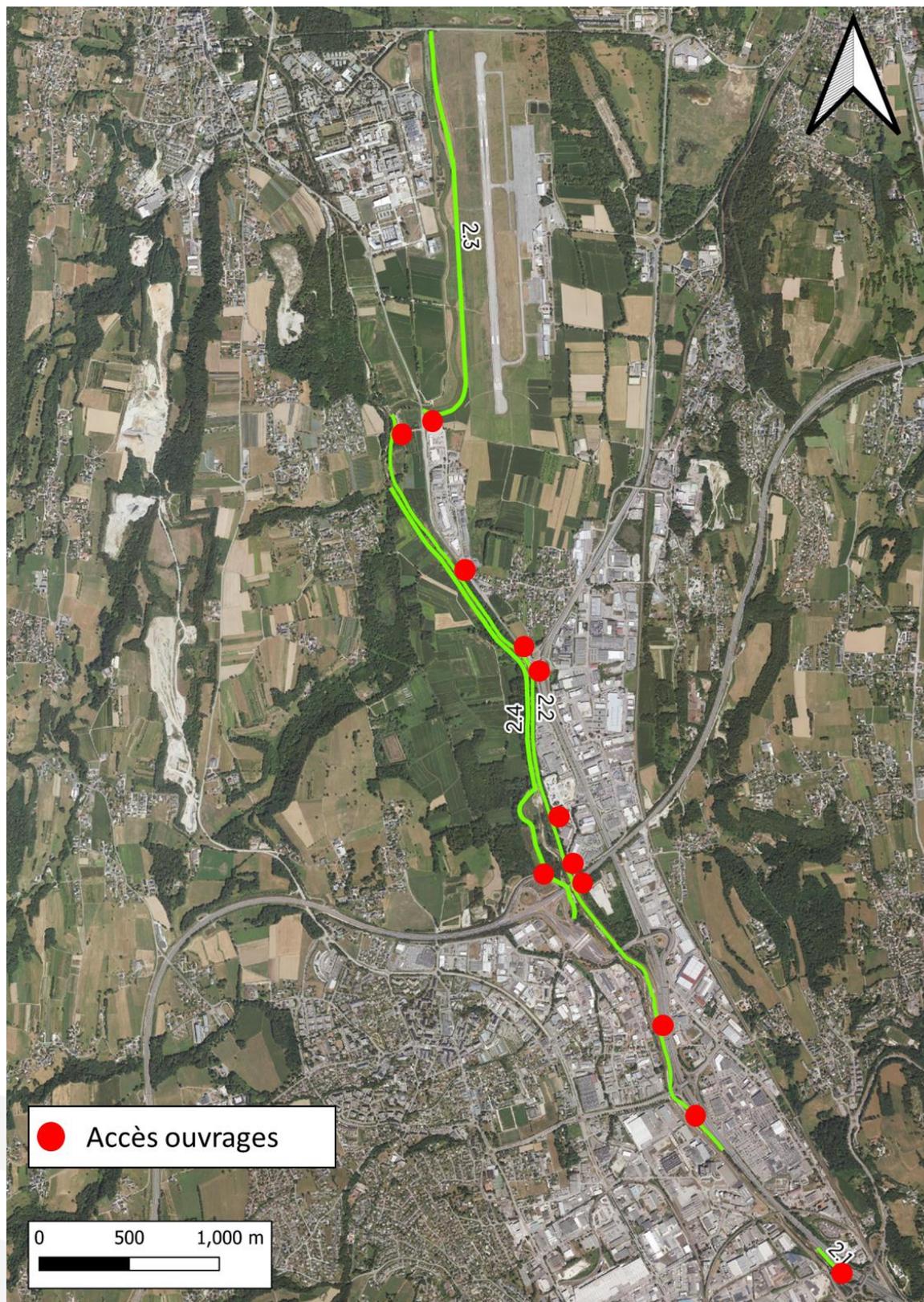
▶ **Remarques :**

- Les pannes sont le plus souvent engendrées par le groupe motopompe ou les électro-distributeurs.
- Il est conseillé de stocker au minimum les électro-distributeurs ou bobines, ainsi qu'une cartouche filtre de retour.



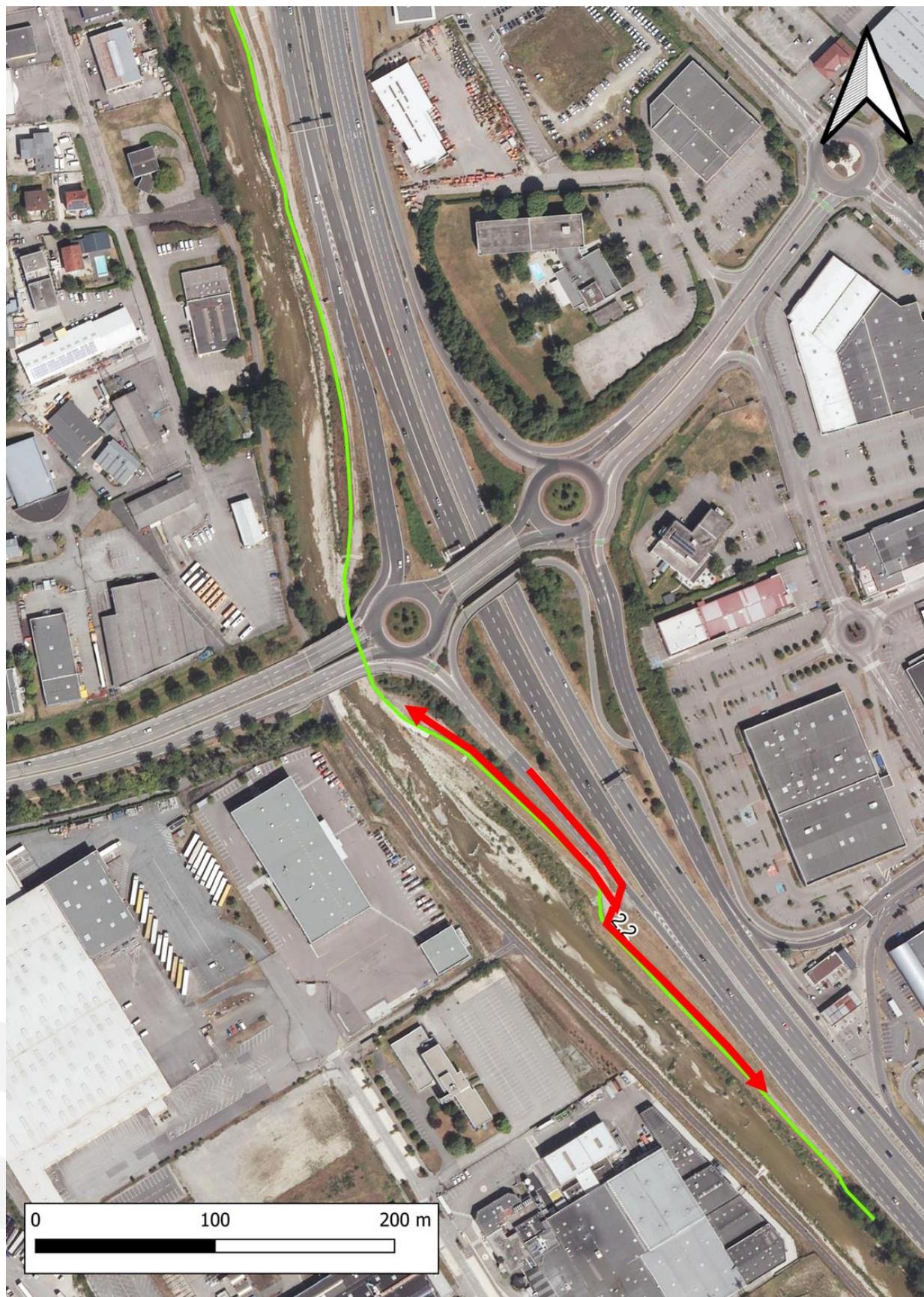
Annexe 7 : Modalités d'accès aux ouvrages en gestion courante, en période de crue et en situation d'urgence sur le système d'endiguement n°2

**Ci-dessous la carte globale et des cartes avec un zoom sur la localisation de tous les accès aux ouvrages en gestion courante, période de crue et situation d'urgence.**



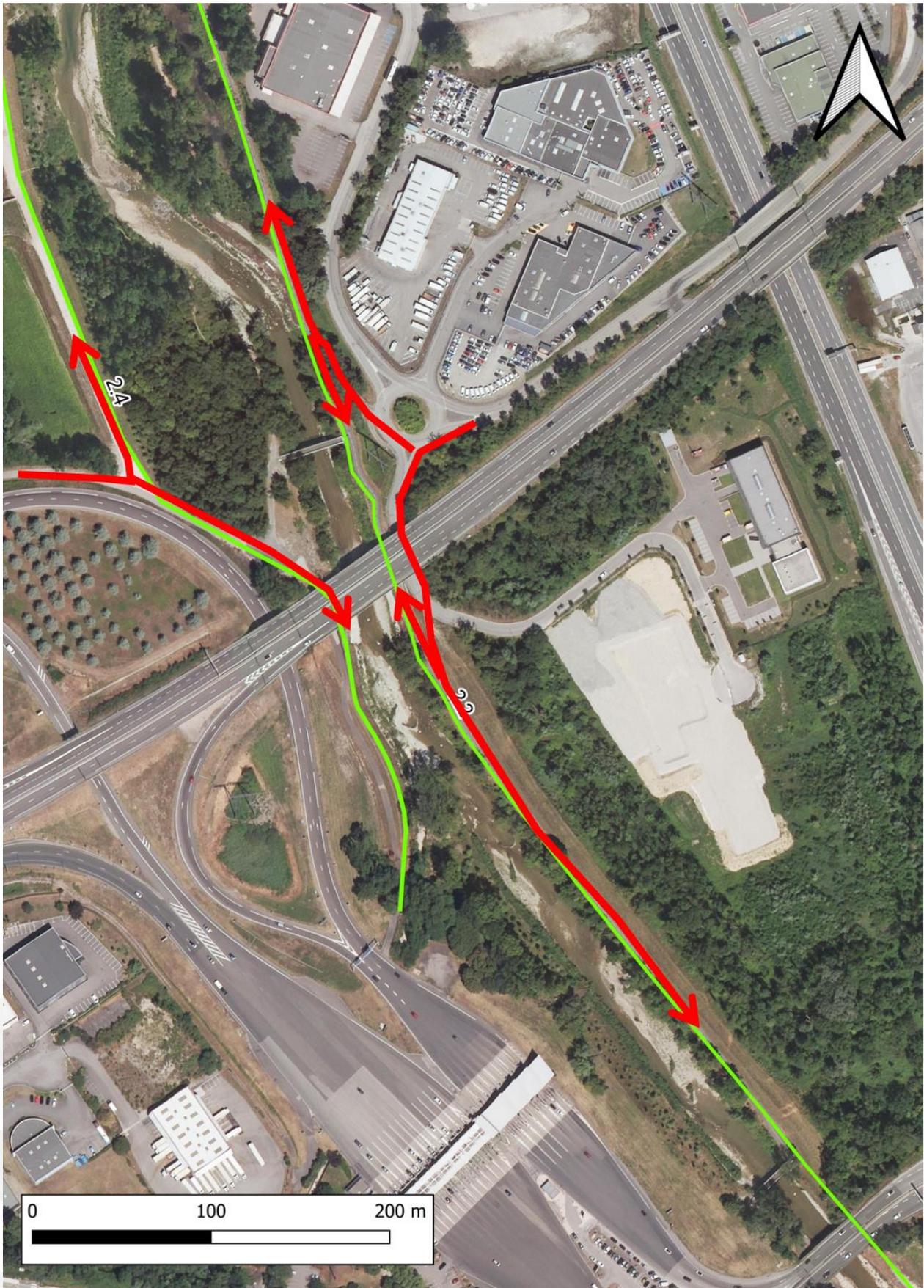




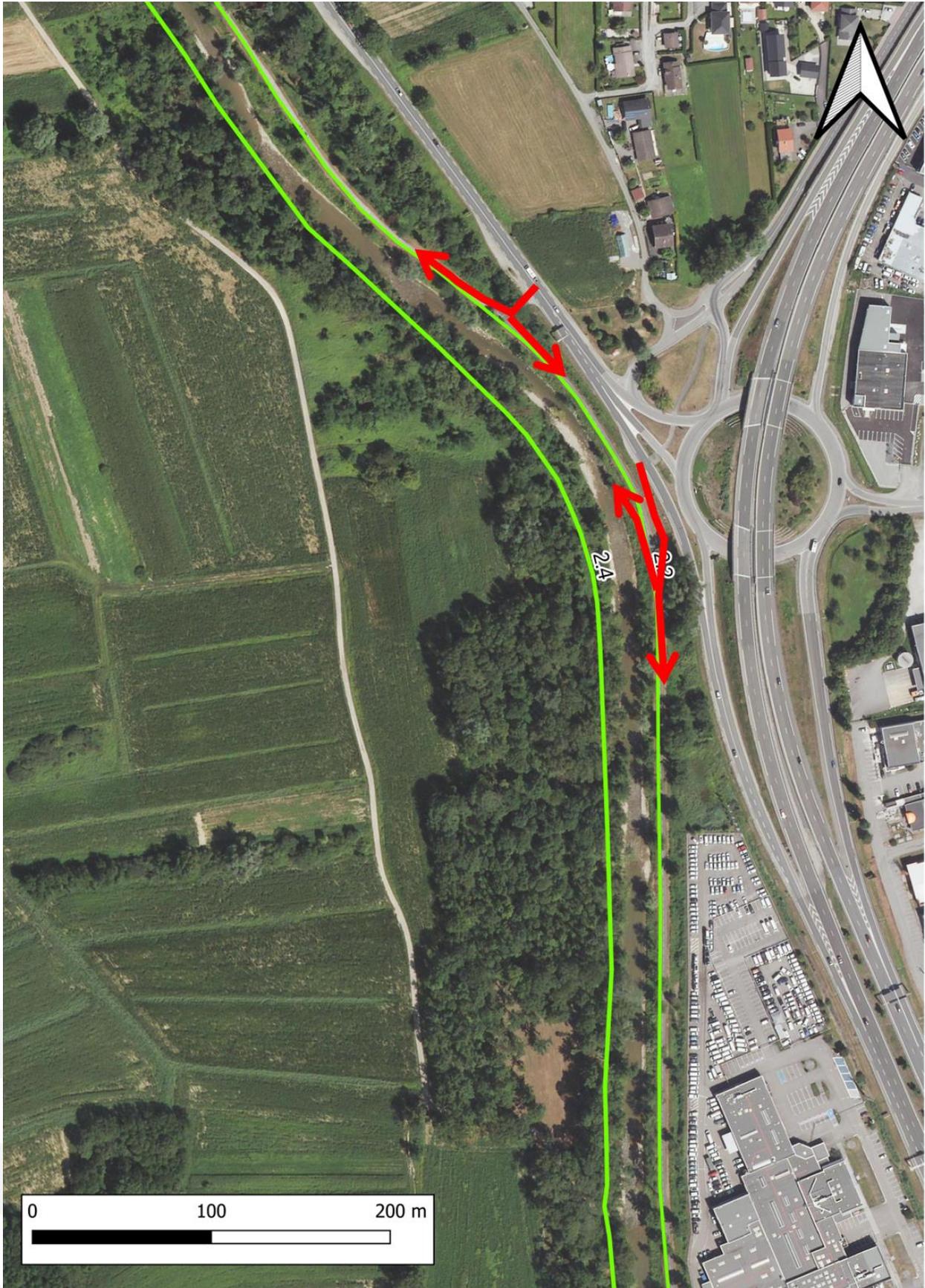




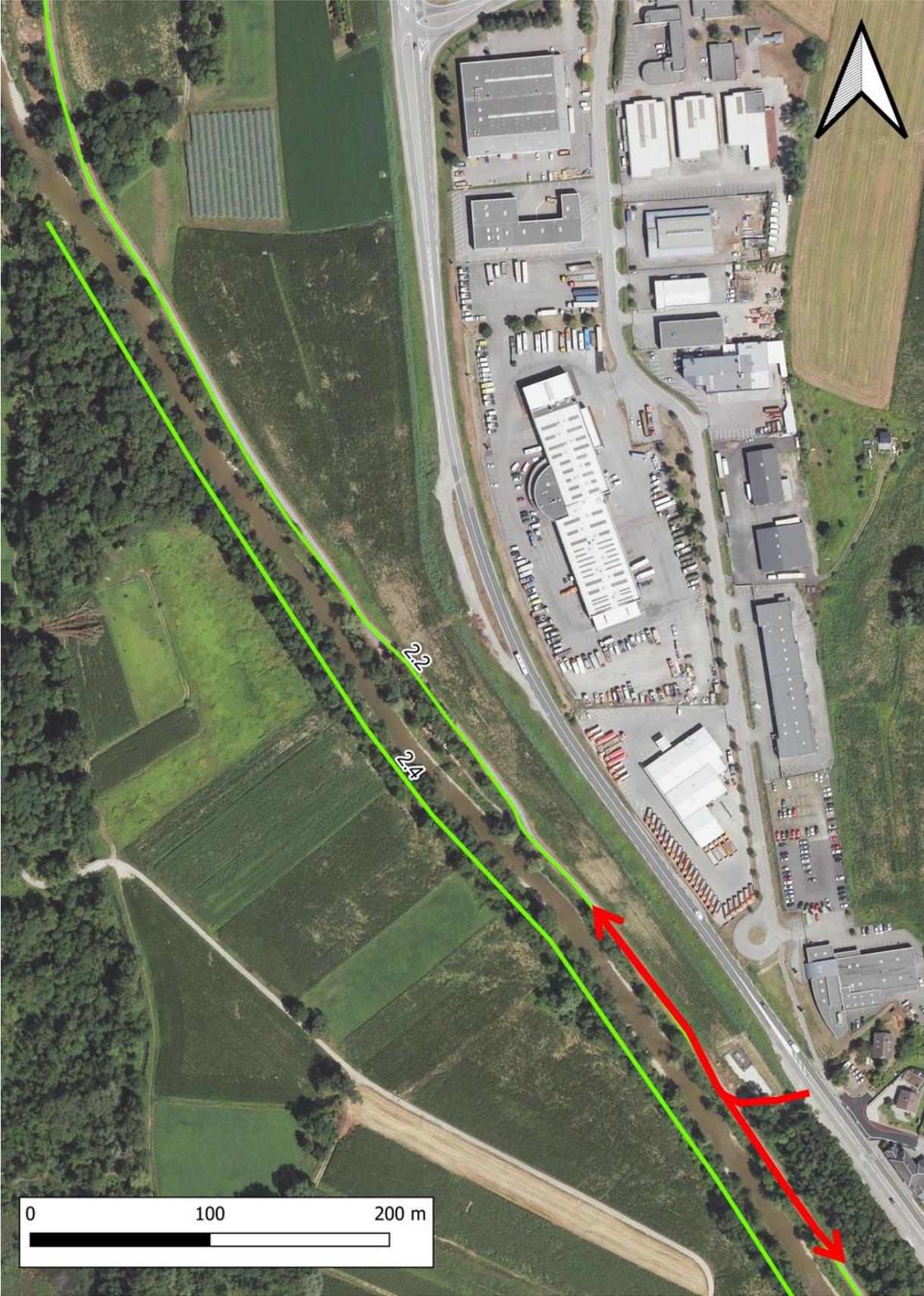




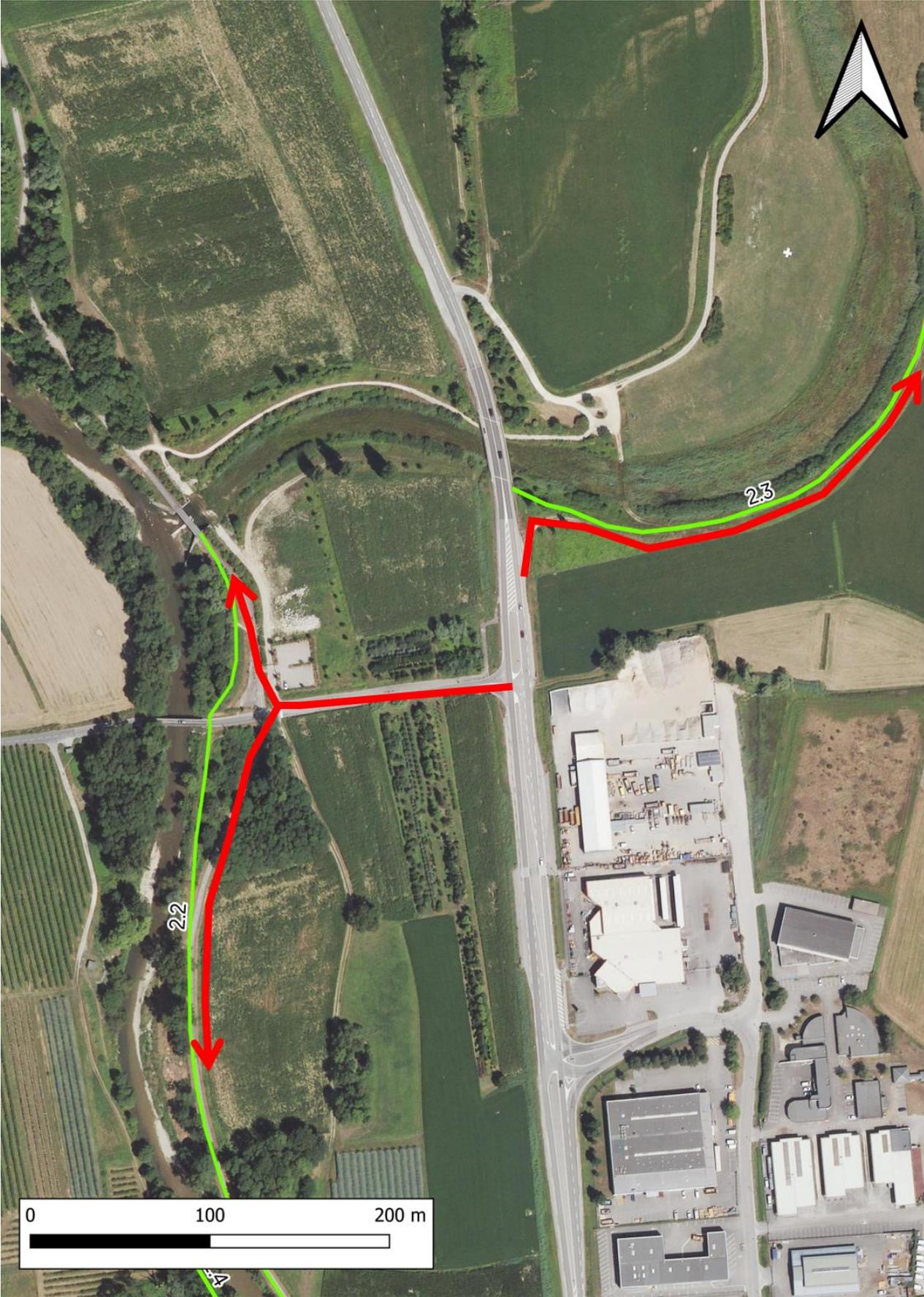




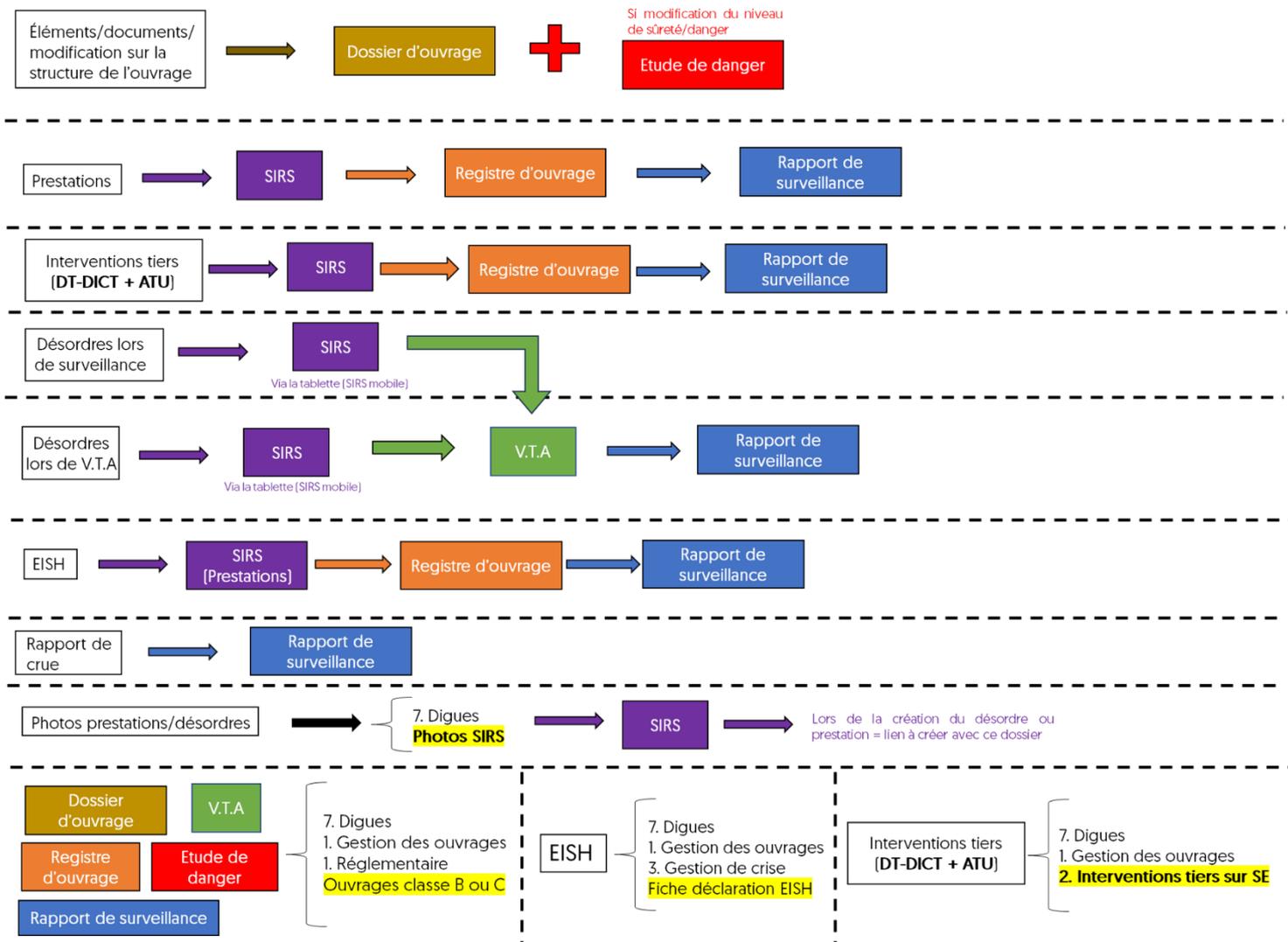








Annexe 8 : Schéma d'organisation de la gestion documentaire et des données liés au système d'endiguement



## 9.11 Analyse critique et recommandations de l'organisme agréé qui réalise l'étude de dangers

Le document d'organisation du CISALB a été mis à jour dans le cadre de cette présente EDD sur le SE2, en mars 2024. Ce document d'organisation est conforme aux principales attentes de l'arrêté ministériel du 8 août 2022 et adapté aux moyens humains du syndicat.

Le Gémapien fait le choix de se baser sur la collaboration avec les communes pour suivre l'ouvrage, en particulier en période de crise. En ce sens, il conviendrait d'accompagner, principalement durant les premières années, ces communes. Une mise à jour des PCS des communes concernés, en cohérence avec le document d'organisation du CISALB, serait à faire.

En situation hors-crue, les visites sont assez fréquentes, les accès bien identifiés et la procédure d'enregistrement est claire et suffisamment détaillée.

## 10. CARTOGRAPHIE

### 10.1 Carte administrative

- 1° Les limites administratives du territoire relevant de l'autorité visée au a du chapitre 1 ;
- 2° Les limites de la zone protégée qui est inscrite dans ce territoire.

Les limites administratives de l'autorité visée au chapitre 1 dépassent la zone représentée dans les cartographies du chapitre 10.2.

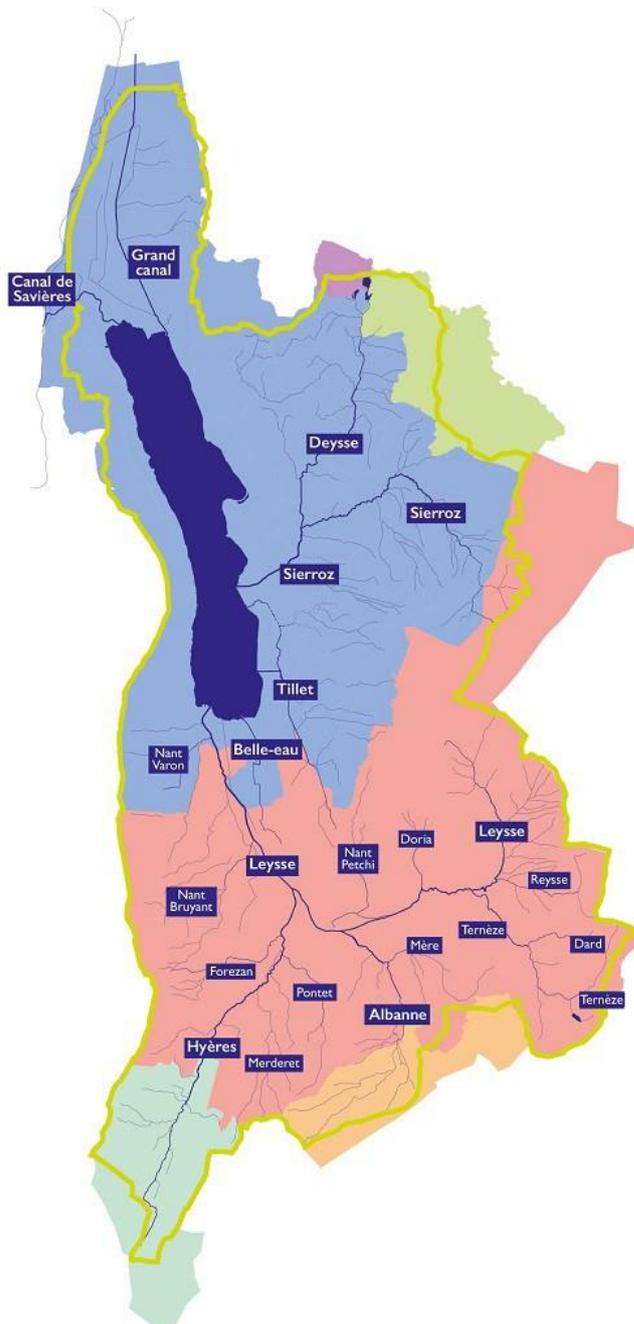


Figure 127 : Périmètre d'intervention du CISALB (bassin hydrographique du Lac du Bourget) –  
source : cisalb.fr

Les zones protégées sont présentées dans les cartographies du chapitre 10.2.

## 10.2 Cartes des venues d'eau

Une cartographie des zones mises en eau a été réalisée pour les scénarios modélisés. La dangerosité des venues d'eau, autour et dans la zone protégée, est appréciée au regard des critères de vitesses d'écoulement et de hauteurs d'inondation. L'arrêté du 30 septembre 2019 précise que « sont réputées dangereuses les venues d'eau telles que la hauteur d'eau atteint au moins 1 m ou le courant au moins 0.5 m/s ». On distingue donc :

- Les zones de venues d'eau non dangereuses ou peu dangereuses : pour lesquelles  $V < 0.5$  m/s et  $H < 1$  m ;
- Les zones de venues d'eau dangereuses :  $V \geq 0.5$  m/s ou  $H \geq 1$  m ;
- Les zones de venues d'eau très dangereuses, correspondant à des points bas (effet cuvette  $H > 2$  m) ou des zones de dissipation d'énergie importante sont également répertoriées.

Les cartographies des scénarios sont également données sous formes de hauteurs d'eau et de vitesses d'écoulement selon un code couleur approprié.

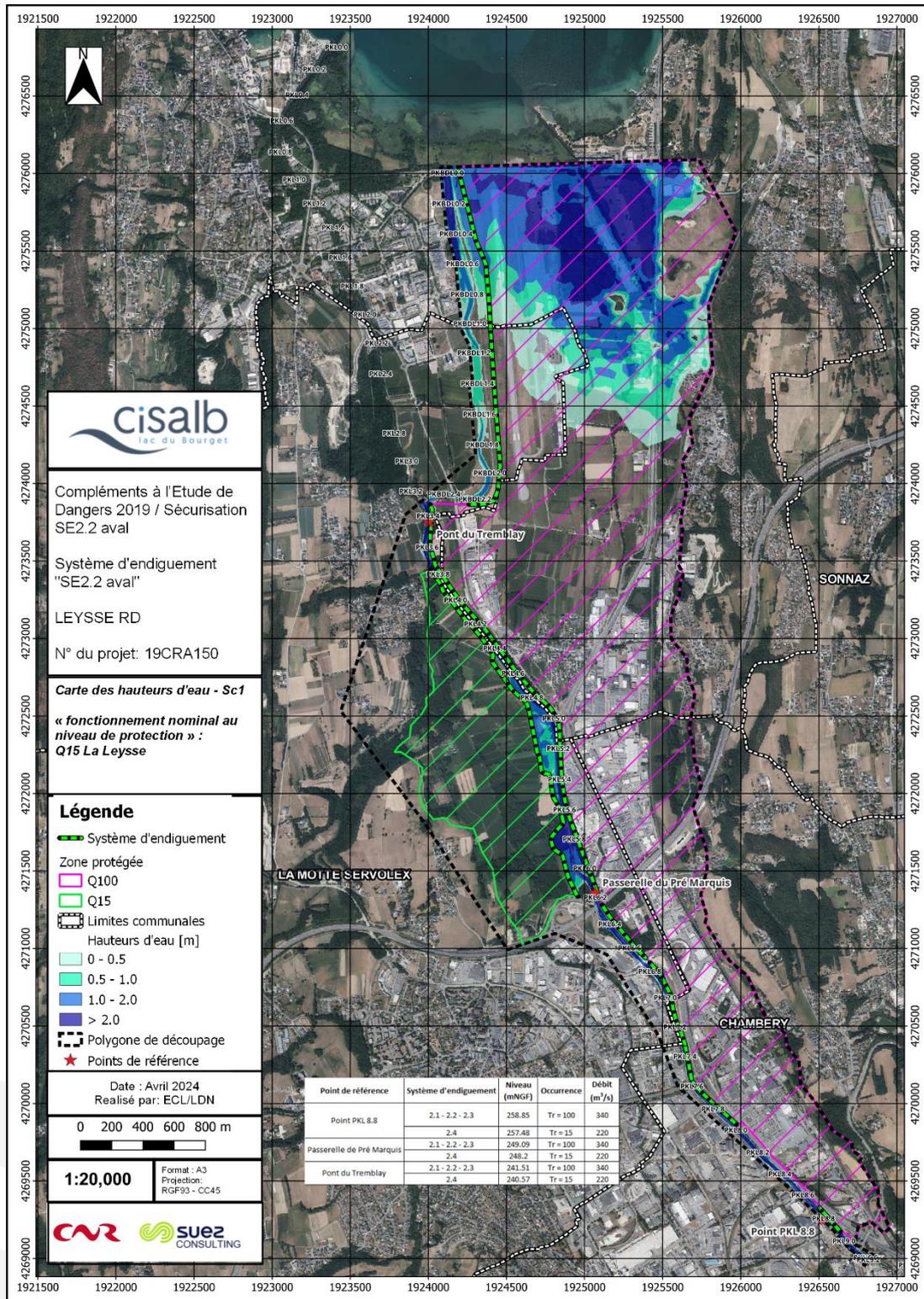
### **NB : remarques importantes pour la lecture des cartes :**

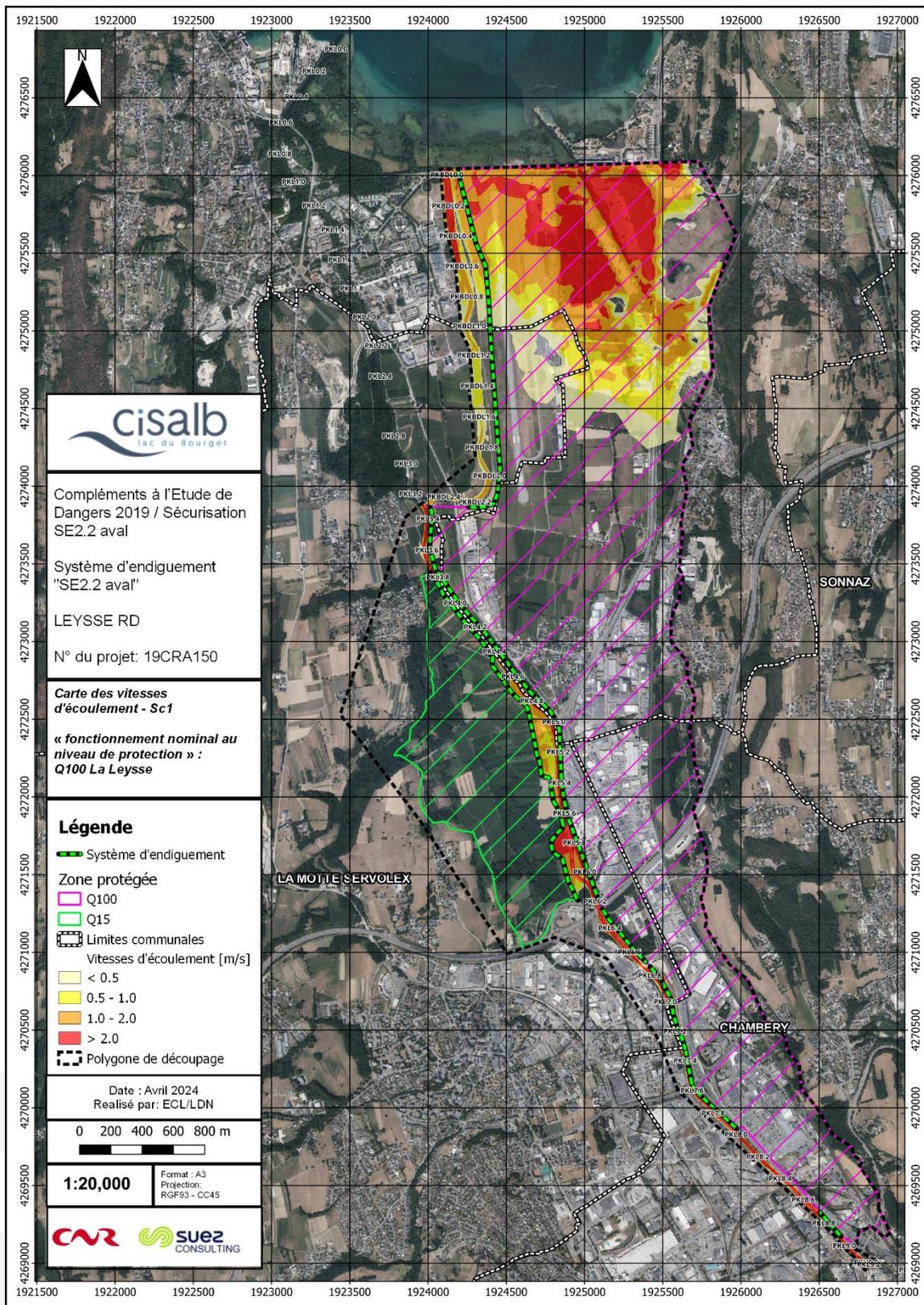
Les cartes représentent les enveloppes d'extension maximale de la zone inondée pour chaque scénario simulé (cas le plus défavorable).

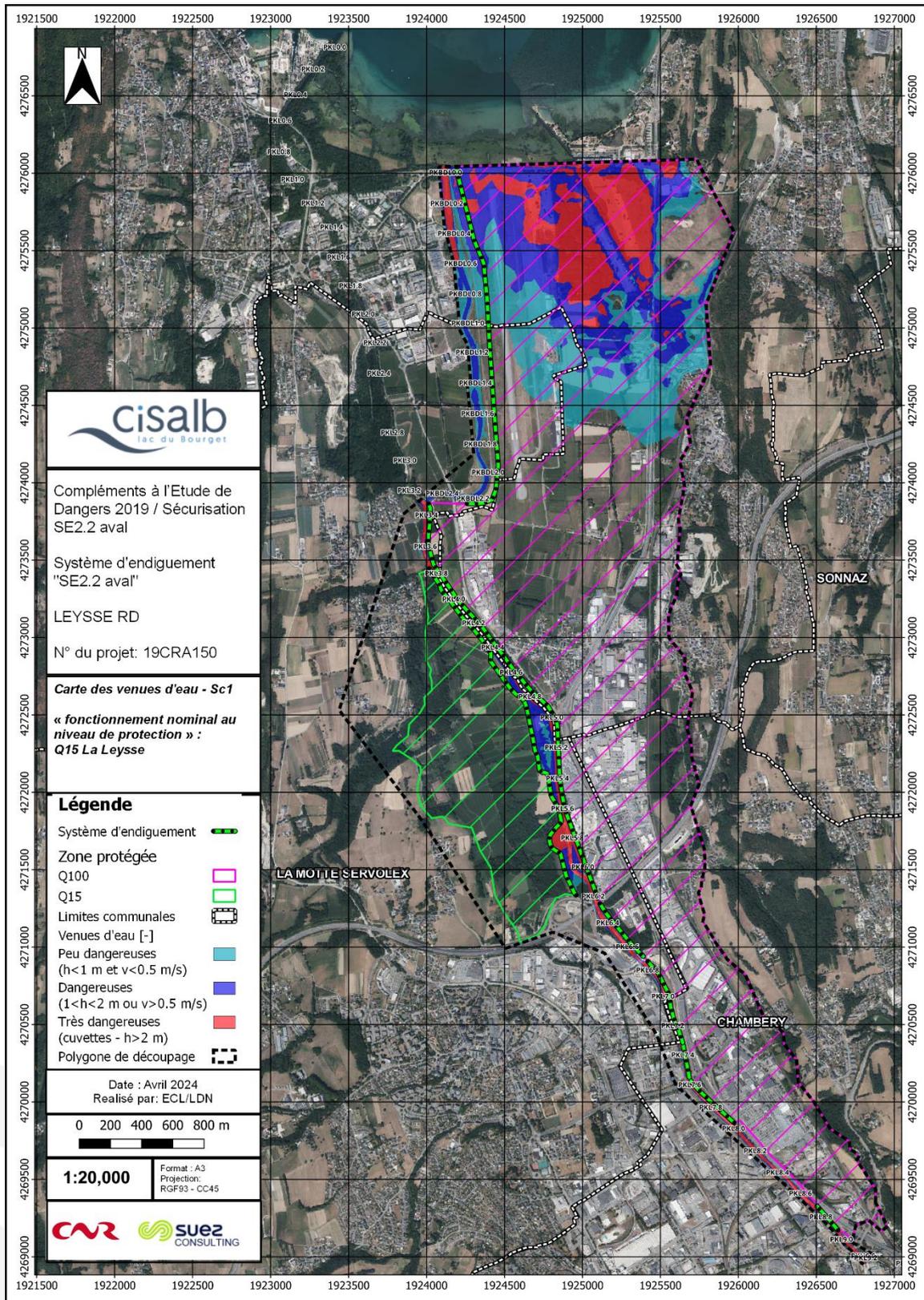
### 10.2.1 Scénario 1

Ce scénario correspond au fonctionnement nominal du système pour une crue Q100 pour la rive droite, et pour une crue Q15 en rive gauche.

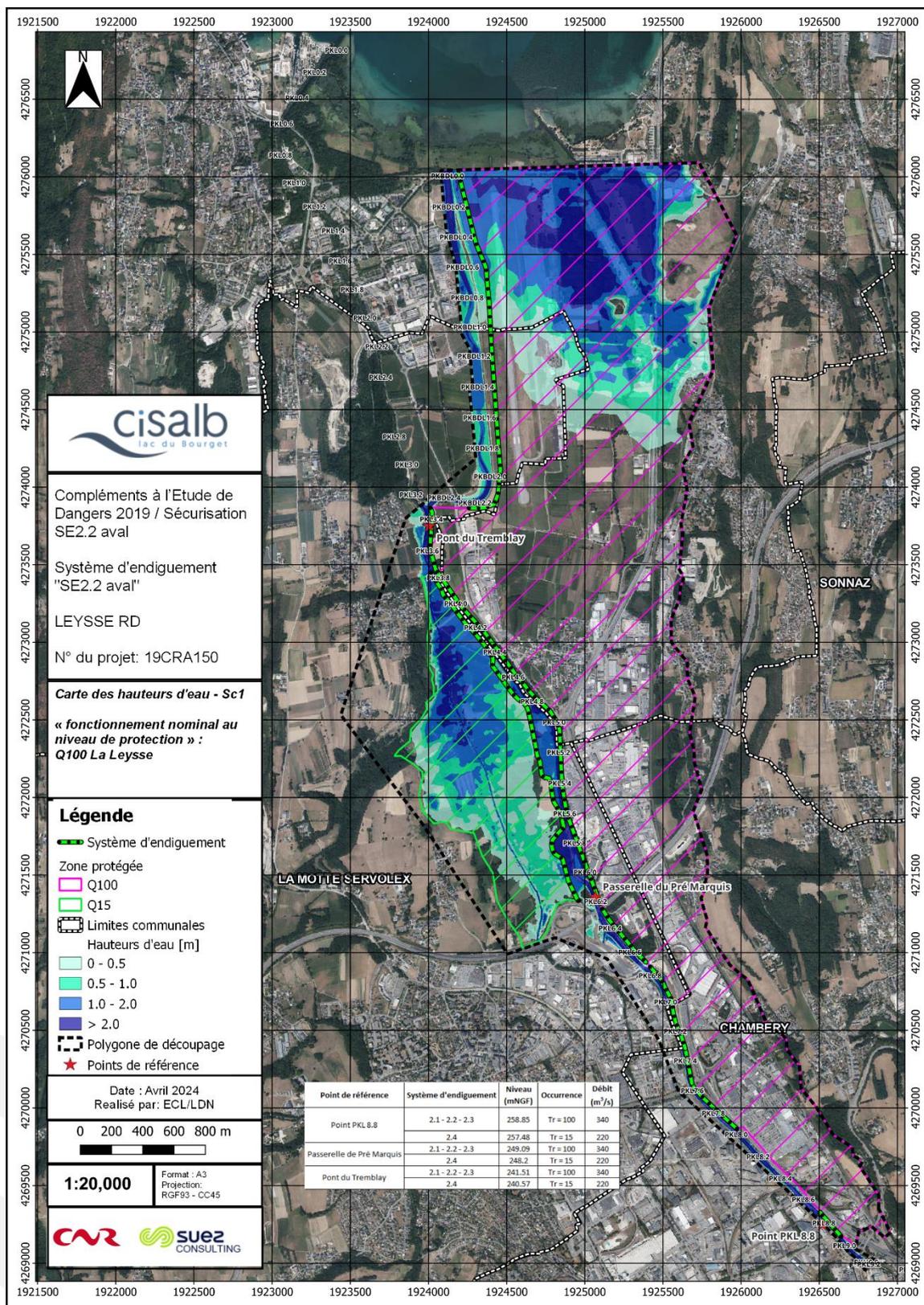
### 10.2.1.1 Rive gauche – Q15

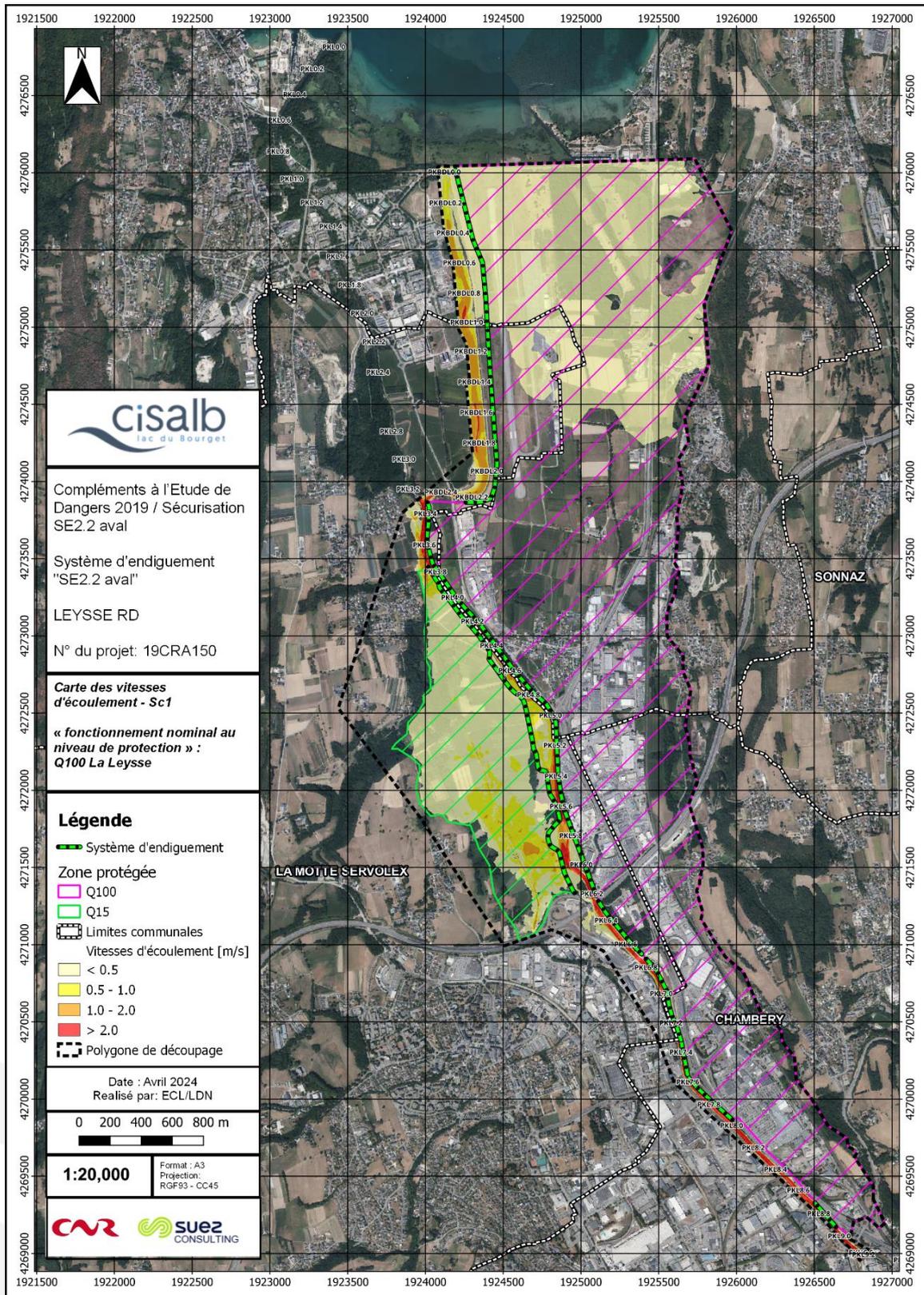


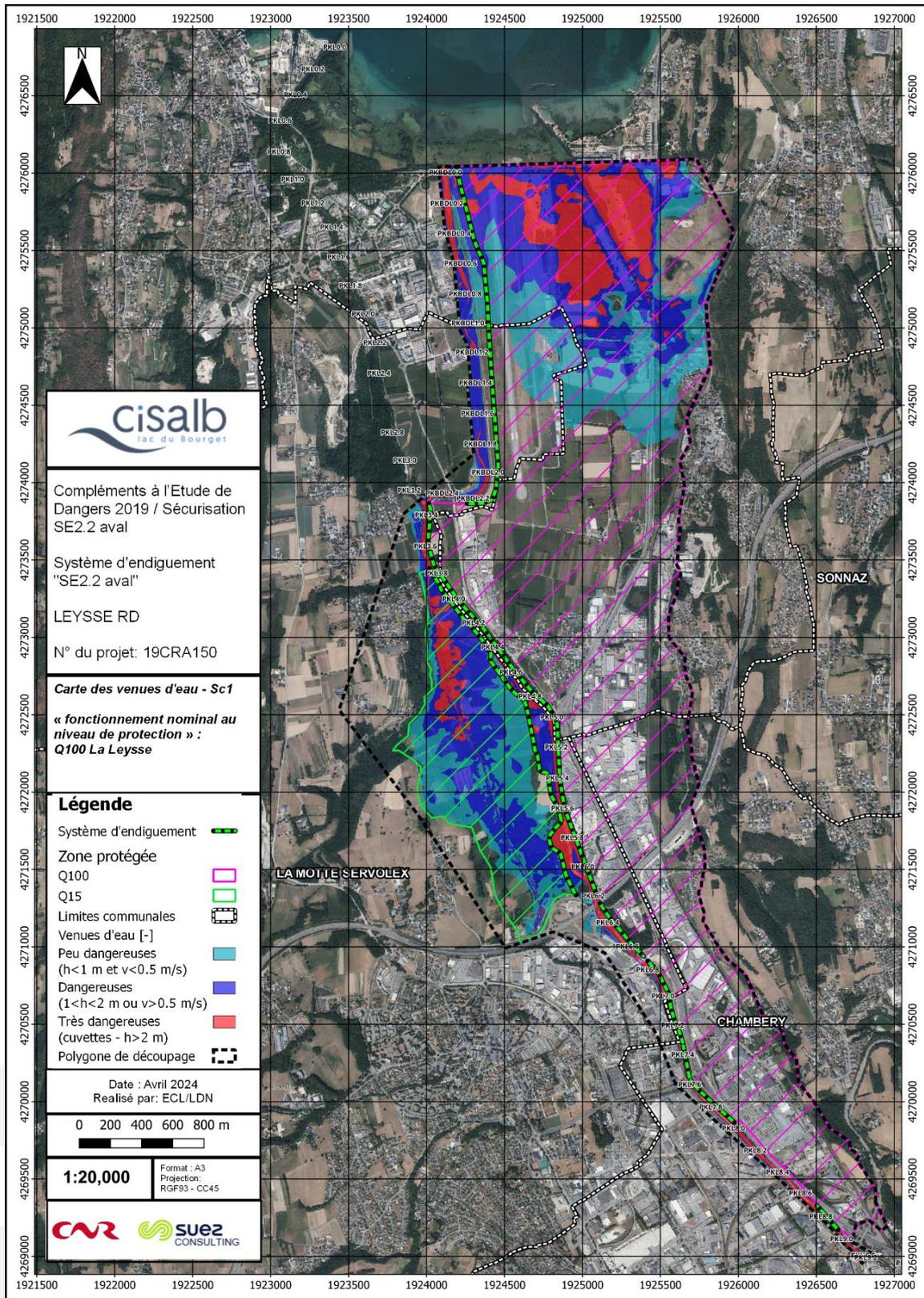




### 10.2.1.2 Rive droite – Q100

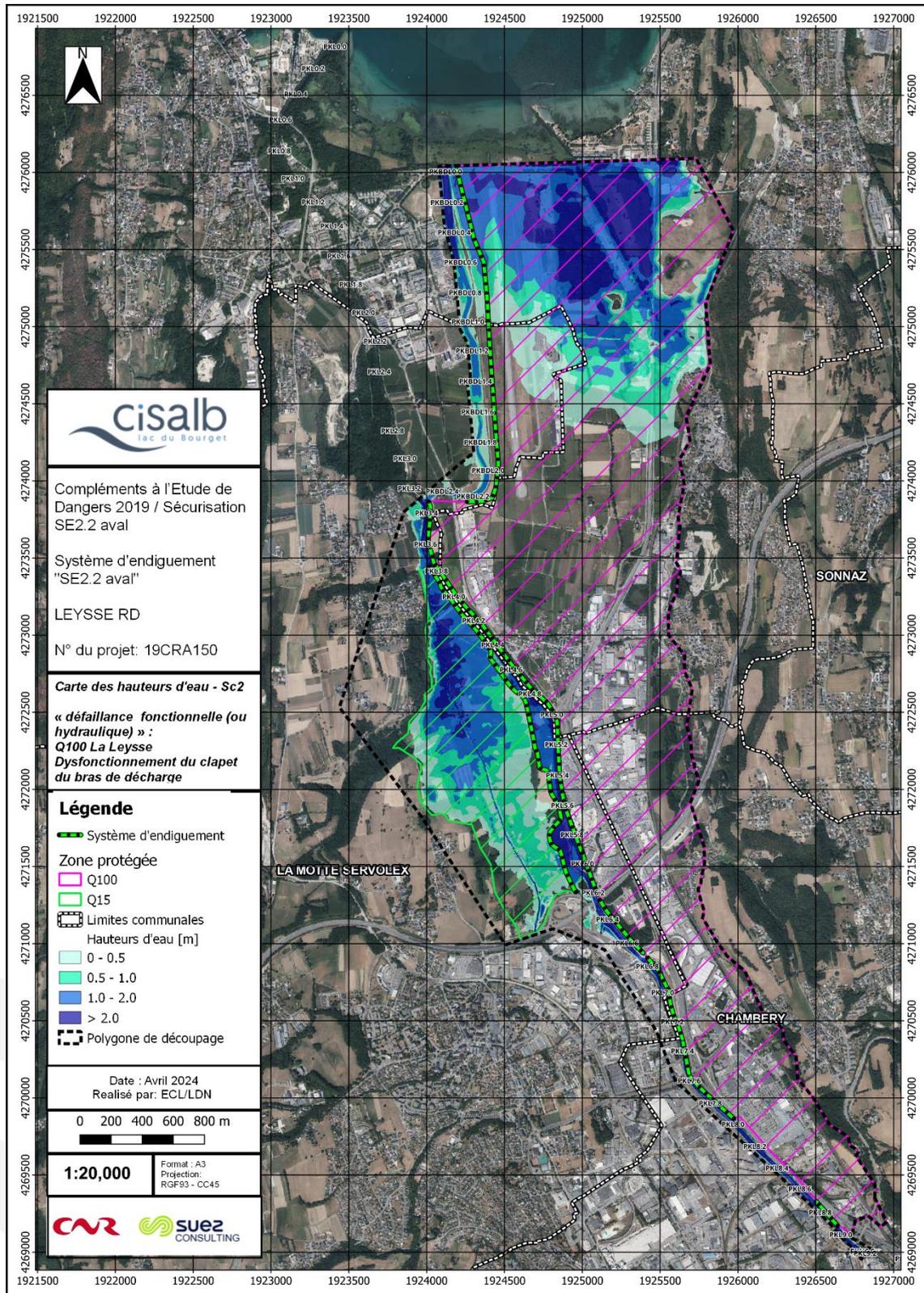


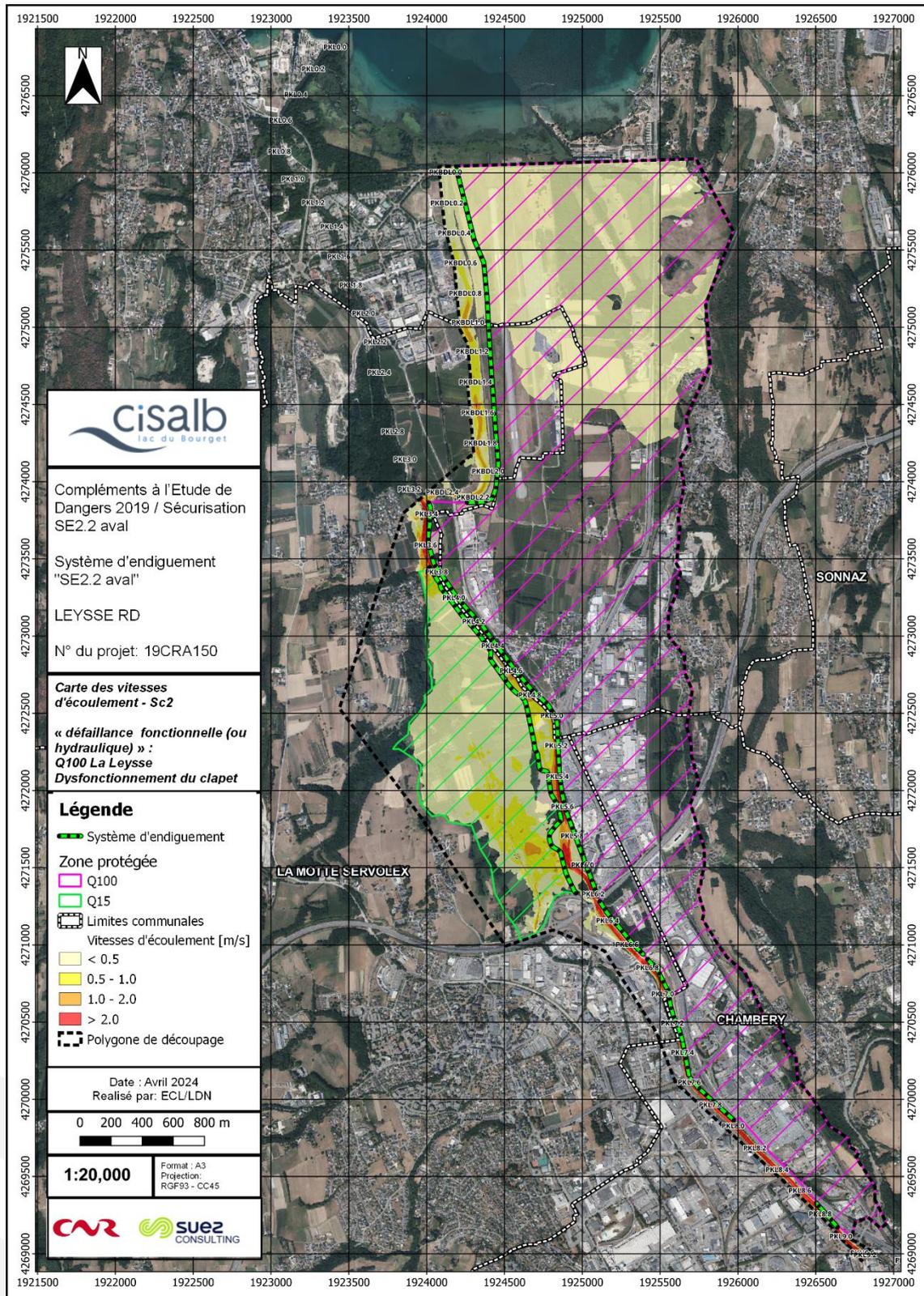


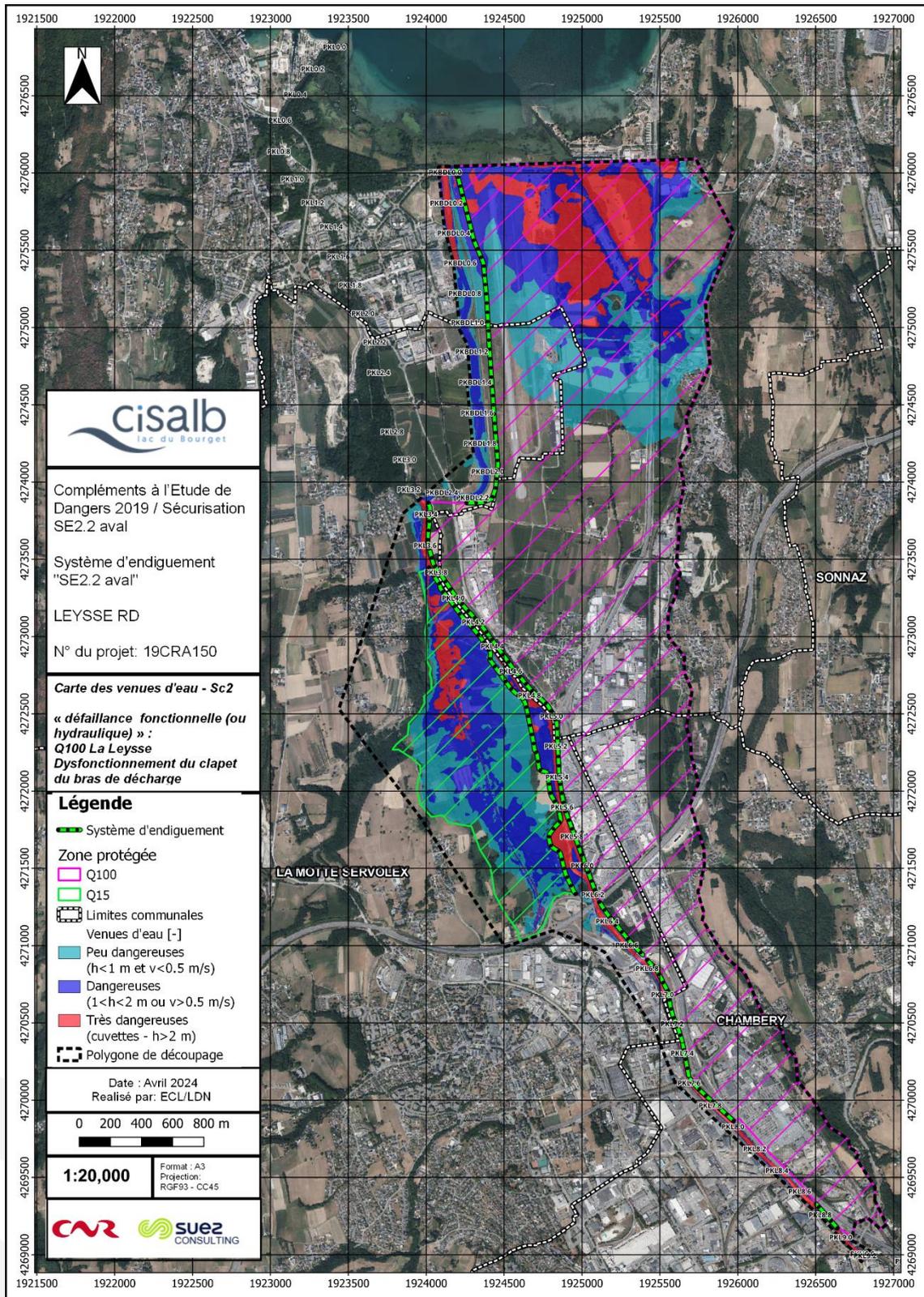


### 10.2.2 Scénario 2

Ce scénario correspond à un dysfonctionnement du clapet du bras de décharge lors d'un évènement centennal.

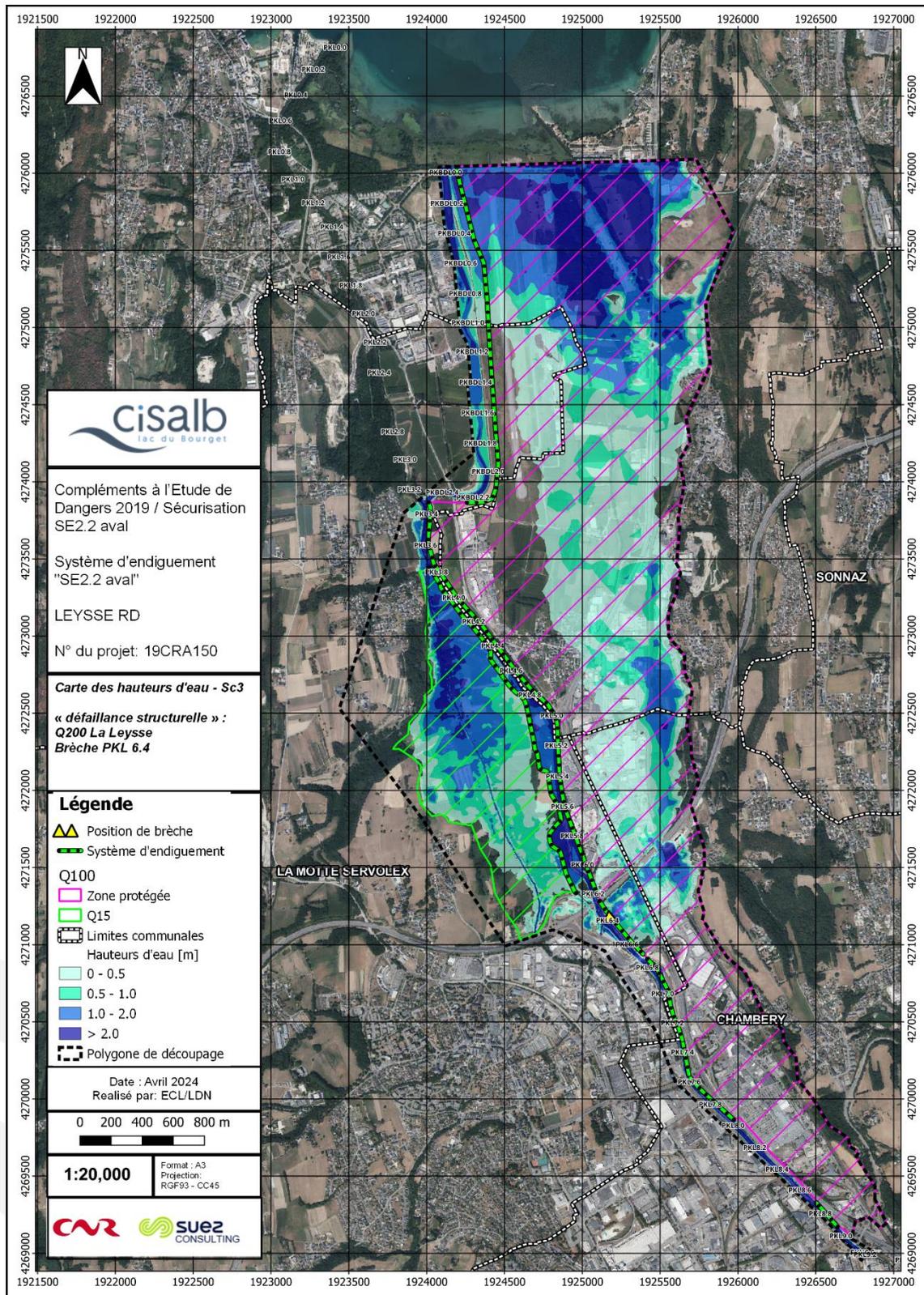


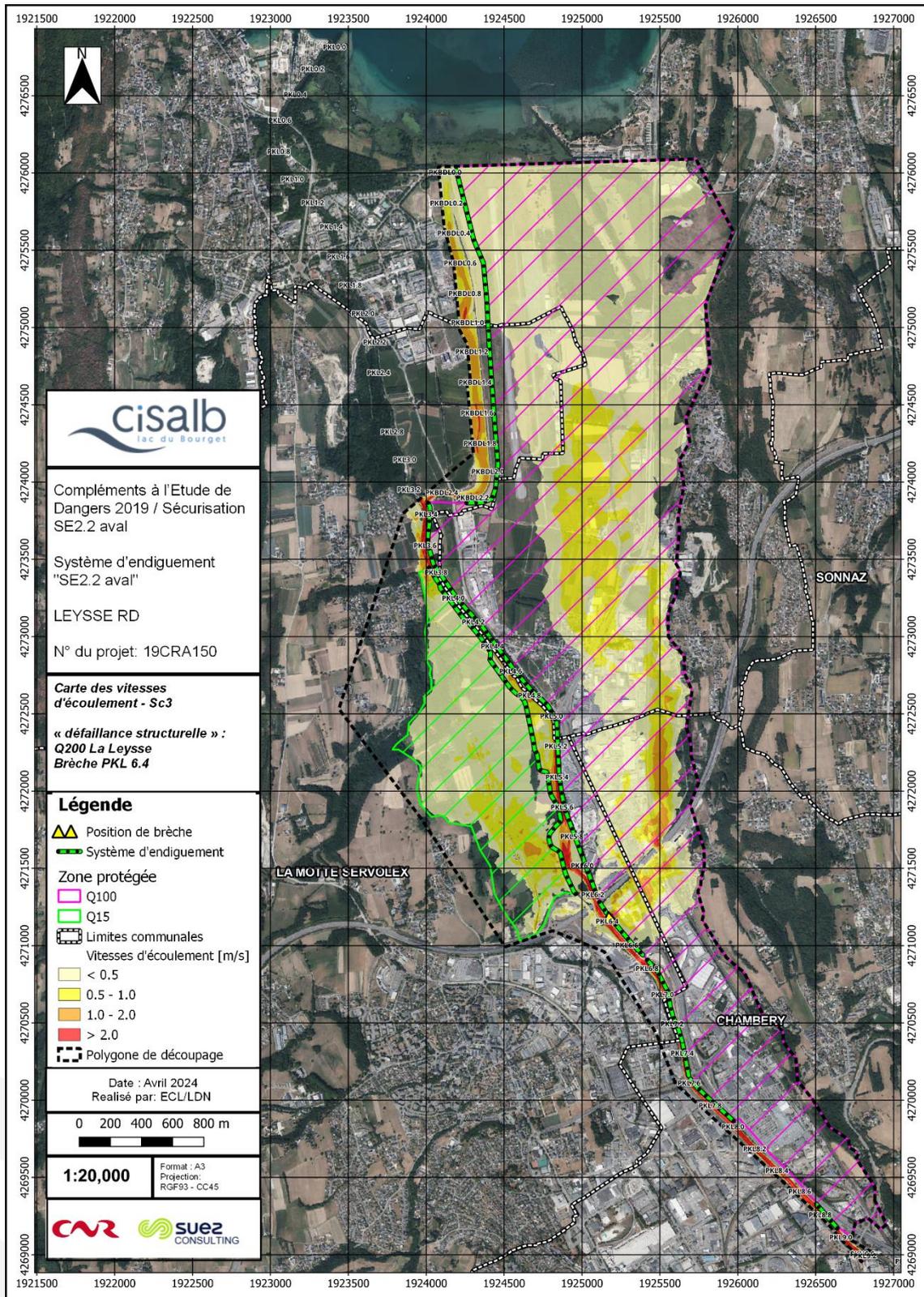


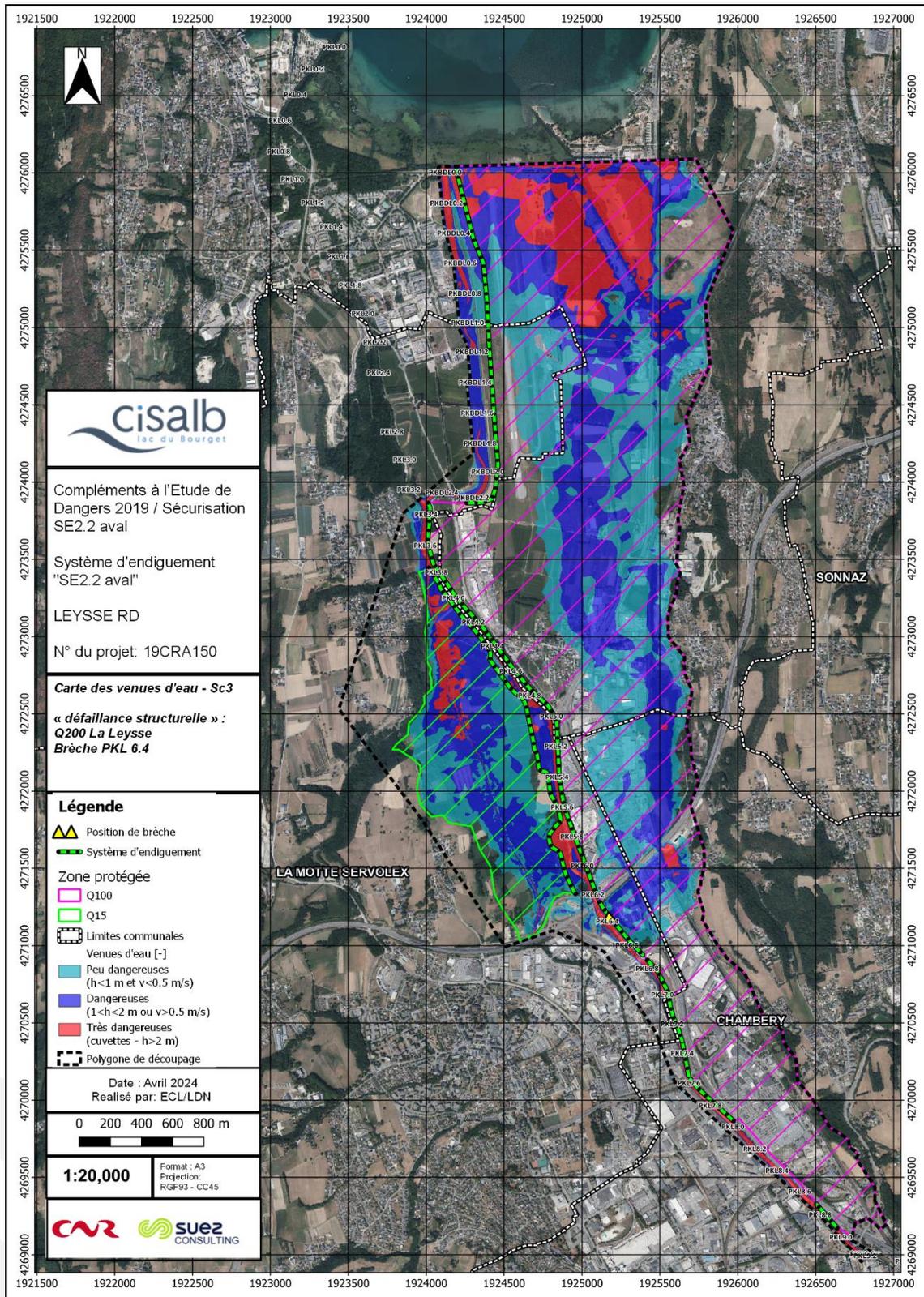


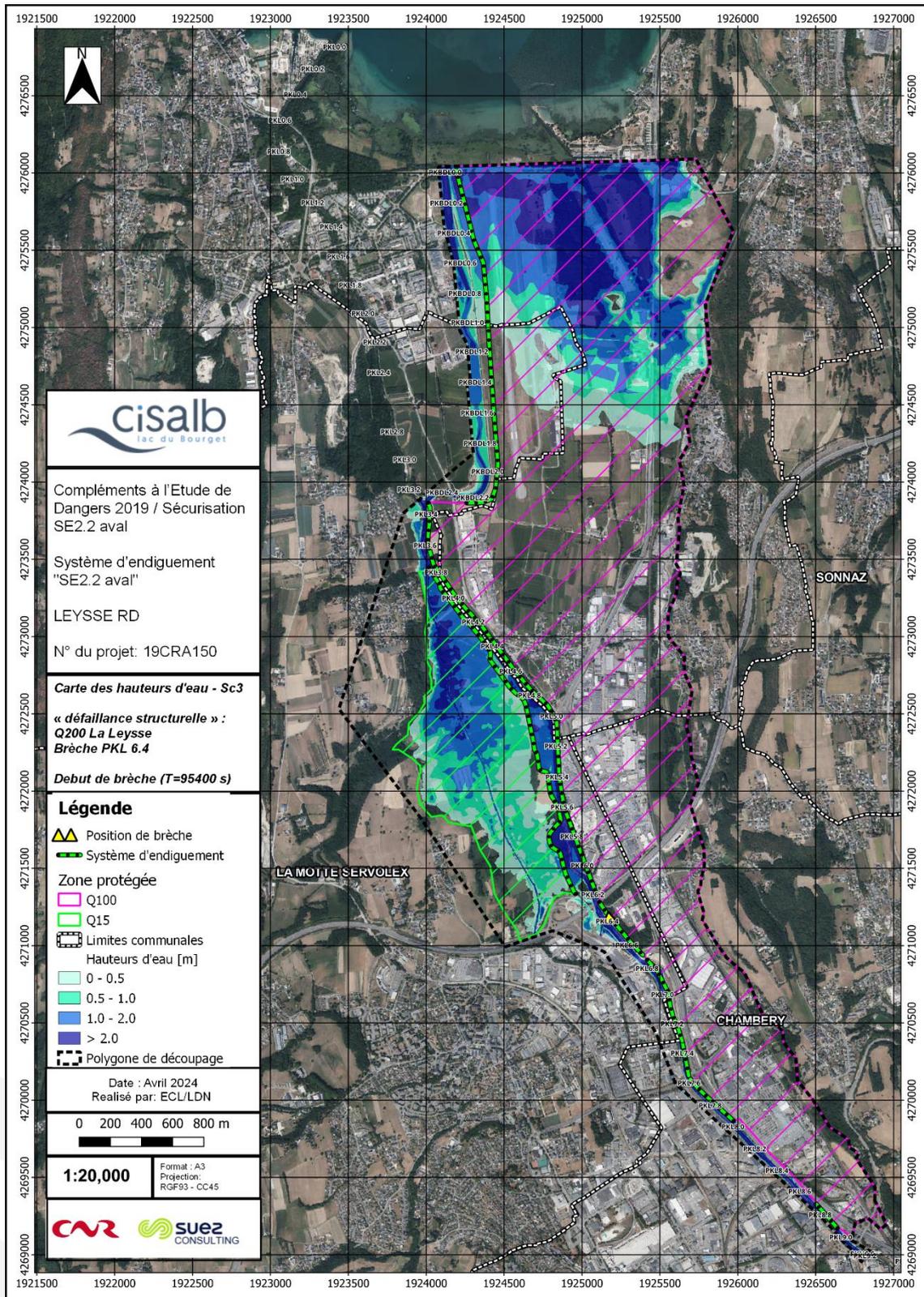
### 10.2.3 Scénario 3

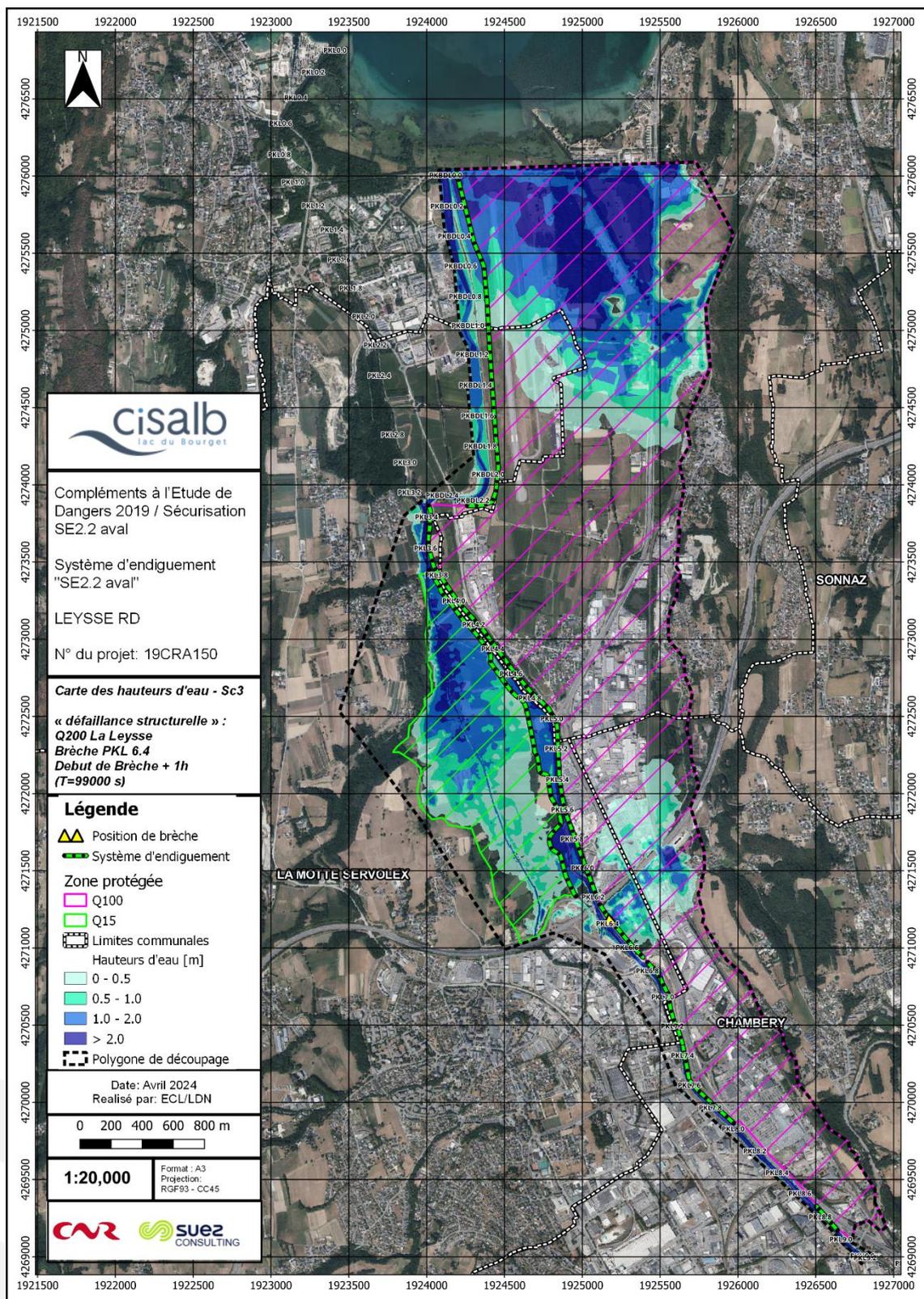
Ce scénario correspond à une ouverture de brèche par surverse lors d'un évènement correspondant à Q100+30 cm (environ Q200).

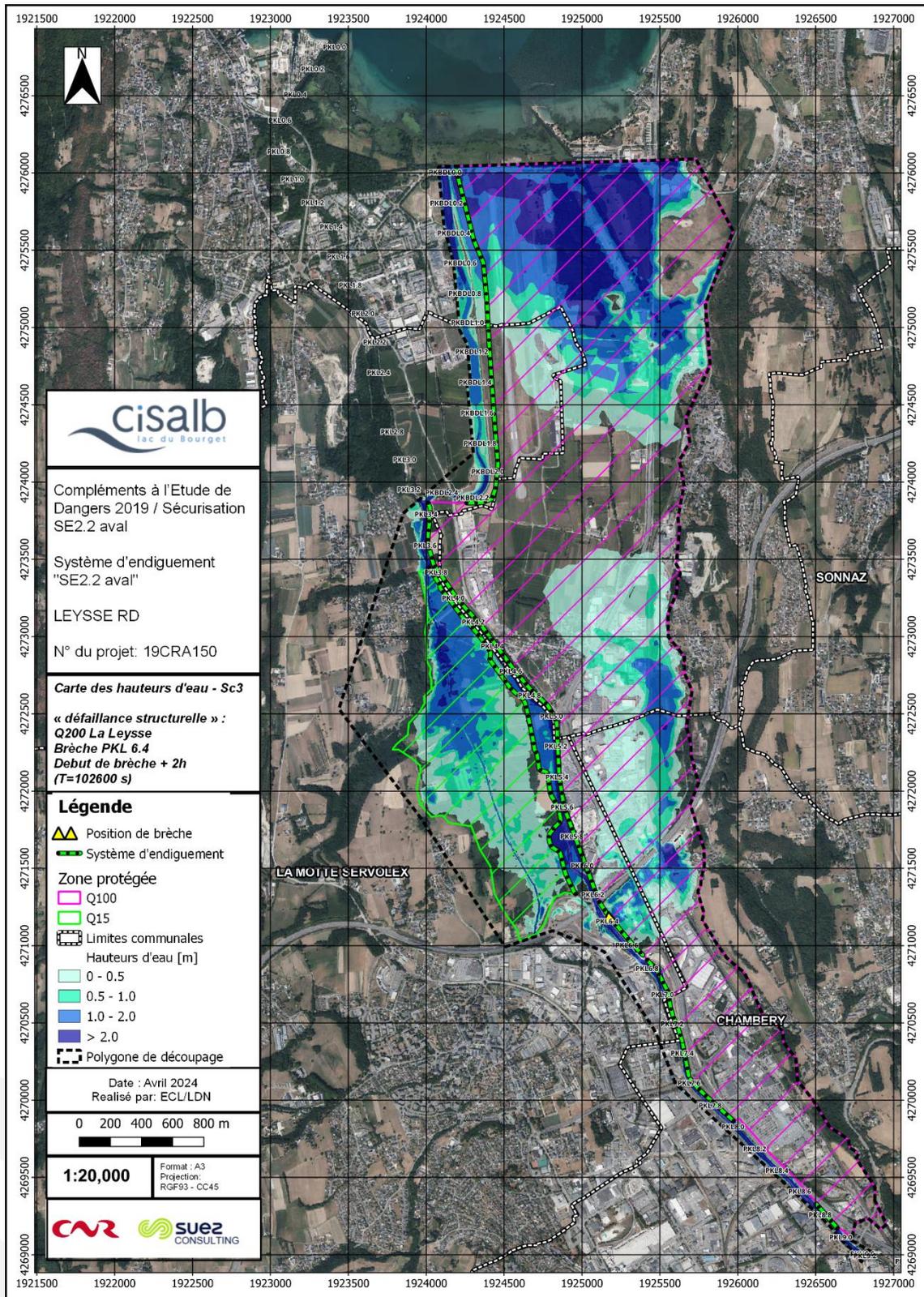


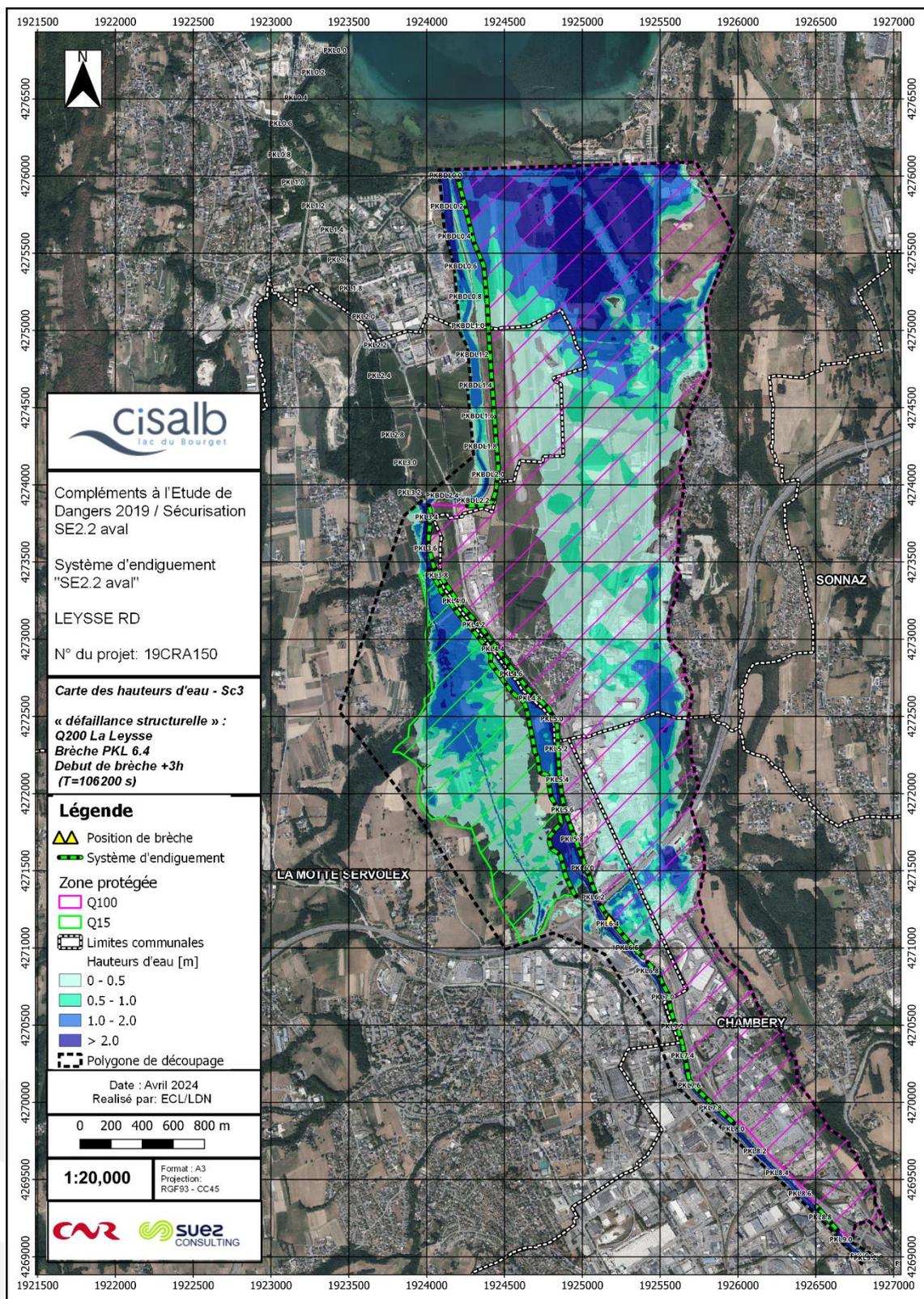












## 11. BIBLIOGRAPHIE

- Alpes, C. (2016). *Mission G3 - STABILITE DES DIGUES AU PROFIL P126*.
- Alpes, C. (s.d.). *Mission G3 pour Famy NT2 A1410059B - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE ENTRE LES PROFILS P107 ET P110*.
- Alpes, C. (s.d.). *Rapport G3 - STABILITE DES DIGUES EN RIVE DROITE PROFIL P97 NT3-A1410059B*.
- (s.d.). *Arrêté du 8 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés*.
- CIGB. (s.d.). *Bulletin 164 - L'érosion interne dans les digues, barrages existants et leurs fondations*. 2017.
- Cisalb. (s.d.). *Consigne de surveillance générale - En Période Normale et En crue Juin 2016*.
- CNR. (2009). *Etude d'avant-projet – Volet hydraulique et hydro-morphologique – Projet d'aménagement hydraulique de la zone de confluence Leysse-Hyères – Hydrolac pour Chambéry Métropole - 2009*.
- Degrees of Belief : Subjective Probability and Engineering Judgment – Steven G. Vick – 2002*.  
(s.d.).
- Deroo, L., & Fry, J.-J. (2018). *Projet national ERINOH – Thème « Recommandations » - Guide ingénierie*.
- DGPR, M. . (2014). *Risque sismique et Sécurité des ouvrages Hydraulique - MEDDE-DGPR 2014*.
- Diffusion, A. (2015). *Etude historique – Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien – Rapport principal, FIH par systèmes d'endiguement, note complémentaire et annexes – Acthys Diffusion pour Chambéry Métropole – Octobre 2015*.
- Génie végétal en rivière de montagne - Géni'Alp - 2013*. (s.d.).
- Kaena, T. (2022). *Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE DROITE - AF 15.538-002*.
- 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>. (s.d.).
- S. Patouillard, J. M. (2019). *Les tertres dans les systèmes d'endiguement de la Loire* .

Technosol. (2023). *A7\_2\_Note de calcul G2 PRO\_Rive Gauche\_ind1.*

Technosol. (2023). *A7\_3\_Note de calcul G2 PRO\_Rive Droite\_ind1.*

Technosol. (s.d.). *Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE GAUCHE - AF 15.538-003.*

Technosol. (Sept 2022). *Etude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) NOTE DE CALCUL DE LA RIVE DROITE - AF 15.538-002.*

# ANNEXES

# ANNEXE A1 : EDD 2019 ET CHOIX STRUCTURANTS

- [A\\_1\\_1 EDD\\_chambery\\_SE2\\_Version2](#)
- [A\\_1\\_2 annexes\\_EDD\\_SE2\\_V2](#)
- [A\\_1\\_3 Revue de surete SE2](#)
- [A\\_1\\_4.dossier\\_ouvrage\\_SE2\\_V3](#)
- [A\\_1\\_5\\_CR réunion 16-09-2022](#)

# ANNEXE A6 : ETUDES HISTORIQUES

- [A6\\_1 DignesChambery\\_Historique\\_TextePrincipal](#)

# ANNEXE A7 : DOCUMENTS DE DIAGNOSTIC

- [A7\\_1 Rapport Diagnostic SE2](#)
- [A7\\_1b VTA 2020](#)
- [A7\\_1c listing desordres 2.2](#)
- [A7\\_2\\_1 G2\\_PRO Note d'hypothèse G2 PRO ind.B](#)
- [A7\\_2\\_2 annexe G2\\_PRO Note d'hypothèse-Annexes](#)
- [A7\\_3 Note de calcul G2 PRO Rive Gauche ind1](#)
- [A7\\_4 Note de calcul G2 PRO Rive Droite ind1](#)
- [A7\\_5 AVP SE 2\\_2](#)
- [A7\\_6 Plans PRO](#)

# ANNEXE A8 : ETUDES HYDRAULIQUES

- [A8 1 Bras décharge Modélisation numérique HydroCosmos](#)
- [A8 2 DIGP 2022-1438-01 - Note hydraulique EDD SE2.2](#)

# ANNEXE A9 CONSIGNES ET DOCUMENTS D'ORGANISATION

- [A9 1.consigne surveillance V5 general](#)
- [A9 2.document organisation se2 v2](#)

# ANNEXE A10 : CARTOGRAPHIES

- [A10\\_carto](#)
- [Cartos en version shp](#)



# CONSULTING

**Agence de Lyon**  
**18 rue Félix Mangini**  
**69009 Lyon**  
**Tel. : + 33 4 72 19 89 70**  
[www.suez.com/fr/consulting-conseil-et-ingenierie](http://www.suez.com/fr/consulting-conseil-et-ingenierie)

