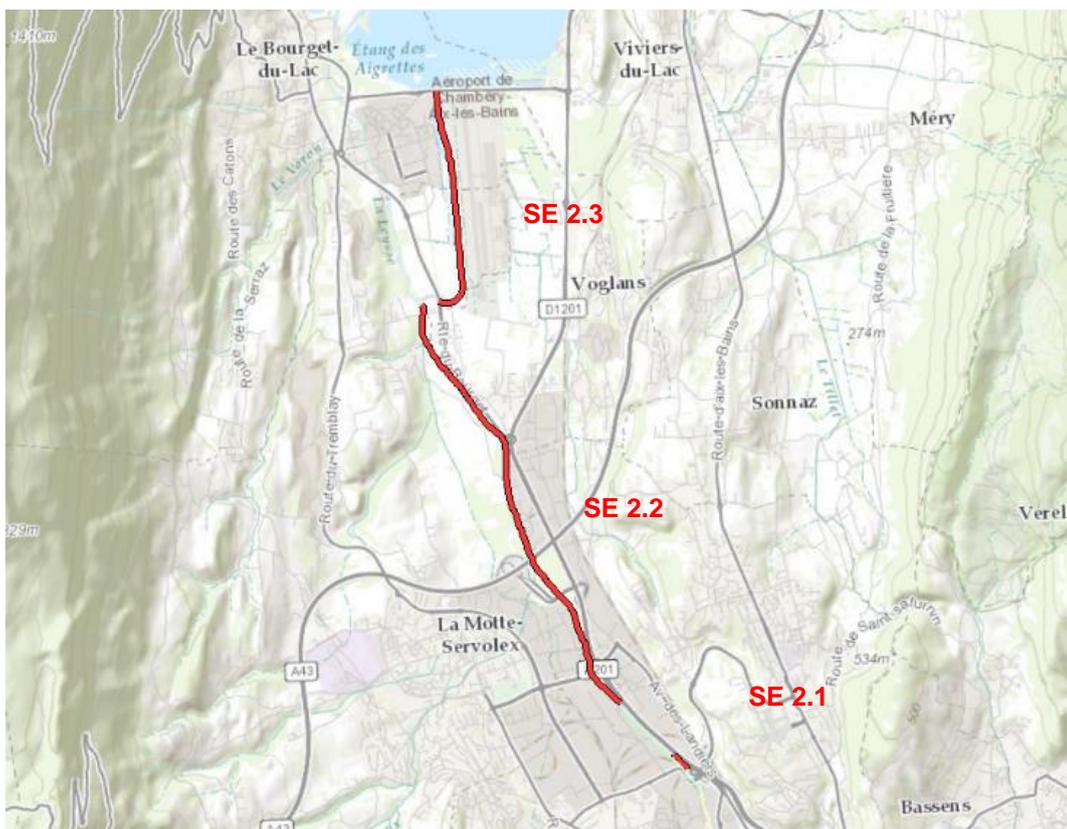


Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien

Revue de Sûreté de l'endiguement SE2

Rapport



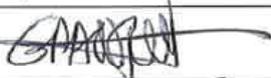
Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien

Revue de Sûreté de l'endiguement SE2

Rapport

DI-ECS 2017-033-01 Janvier 2017

MAÎTRE D'ŒUVRE	CNR Ingénierie, DI-ECS 2 rue André Bonin, 69316 Lyon cedex 04		
INTERLOCUTEUR			
MAÎTRE D'OUVRAGE	Chambéry Métropole 350 Quai Charles Ravet, 73000 Chambéry		
INTERLOCUTEUR	Christophe GUAY		
RÉFÉRENCE DU CONTRAT	Offre 5867 en date de Mars 2014 – Marché n°14063 notifié le 31/07/2014		
NIVEAU DE CONFIDENTIALITÉ	<input type="checkbox"/> CONFIDENTIEL	<input type="checkbox"/> INTERNE	<input checked="" type="checkbox"/> PUBLIC

CONTRÔLE QUALITÉ	NOM	DATE	SIGNATURE
RÉALISÉ PAR	Sophie Trossat	26/01/2017	
VÉRIFIÉ PAR	Romain Granjon	26/01/2017	
APPROUVÉ PAR	Sophie Trossat	26/01/2017	

INDICE DU DOCUMENT	DATE	DÉSIGNATION DE LA RÉVISION
-01	Janvier 2017	Création

Sommaire

1 INTRODUCTION	10
1.1 Contexte	10
1.1.1 Général	10
1.1.2 Présentation des endiguements de Chambéry	10
1.1.3 Projet Leysse-Hyères	11
1.2 Présentation de l'aménagement	13
1.2.1 Vue d'ensemble	13
1.2.2 Caractéristiques hydrologiques	17
1.2.3 Géométrie	17
1.2.4 Constitution des digues	19
2 CONCLUSIONS DES DOCUMENTS DE REFERENCE	24
2.1 Documents de référence	24
2.2 Conclusions sur les documents de référence	24
2.2.1 VTA, EISH et rapport de surveillance	24
2.2.2 Diagnostic Géotechnique	26
2.2.3 Examen technique complet	26
3 COMPORTEMENT DE L'OUVRAGE LORS D'EPISODES EXTREMES	26
3.1 Séismes	26
3.2 Crues	27
3.2.1 Hydrologie du secteur	27
3.2.2 Historique des crues	28
3.2.3 Crues récentes	29
3.2.4 Dégâts recensés	29
3.3 Mouvements de terrain	29
4 DEGRADATIONS SUBIES PAR L'OUVRAGE ET AMELIORATIONS APORTEES	30
4.1 2014-2016	30
4.2 Antérieurement à 2014	30
5 PRISE EN COMPTE DE L'ETUDE DE DANGERS	32
5.1 Cadre de l'étude	32
5.2 Zone protégée par l'endiguement SE 2	32
5.3 Niveaux réglementaires	33
5.3.1 Définitions	33
5.3.1 Cas du SE2	34
5.4 Résultat de l'étude de dangers	35
5.4.1 ERC retenus	35
5.4.2 Résultats des simulations	35
5.4.3 Résultats des simulations	38
5.5 Bilan de la sûreté des endiguements (EDD)	39
5.6 Conformité des conclusions avec les documents de référence	39
6 SURVEILLANCE	39
6.1 Rappel du bilan de sûreté	39
6.2 Périodicité des visites	40
6.3 Description du dispositif de surveillance	41
6.4 Recommandations en termes de surveillance	41
7 NIVEAU DE SURETE DE L'ENDIGUEMENT ET PROPOSITIONS DE PLAN D' ACTIONS	41
7.1 Conclusion	41
7.2 Principales recommandations d'actions et échéancier	42
8 CONCLUSION GENERALE SUR LE NIVEAU DE SURETE DE L'ENDIGUEMENT	43
9 Annexes	43
<i>Annexe 1 : Localisation des travaux Leysse-Hyères</i>	43
<i>Annexe 2 : Localisation des désordres et des risques d'instabilité (hors SE2.2 amont en cours de travaux)</i>	43

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des 5 systèmes d'endiguement du système global « Leysse-Hyères ».....	11
Figure 2 : Secteur 9 - Principe d'aménagement.....	13
Figure 3 : Localisation des systèmes d'endiguements et du projet Leysse / Hyères 1/2	15
Figure 4 : Localisation des systèmes d'endiguements et du projet Leysse / Hyères 2/2	16
Figure 5 : Profil type – Digue SE 2.1	20
Figure 6 : Composition des digues reconstruites – Profil type 1	21
Figure 7 : Profil en travers de la composition des digues reconstruites – Profil type 2	22
Figure 8 : Profil en travers type de la composition des digues confortées.....	22
Figure 9 : Profil en travers type du corroi	22
Figure 10 : Débit moyen mensuel sur la Leysse au Pont du Tremblay – Période 1969 – 2015 – Données HYDRO	28
Figure 11 : Zone protégée et écoulements – SE 2	32
Figure 12 : Niveaux d'eau en crue – cas 1 d'une digue dégradée.....	33
Figure 13 : Niveaux d'eau en crue – cas 2 d'une digue avec déversoir	33
Figure 14 : Niveaux d'eau en crue – cas 3 d'une digue sans déversoir et en bon état	34
Figure 15 : Cartographie des écoulements – Rupture par brèche SE2. 2 aval Jean Lain – jour 2, 17h00.....	36
Figure 16 : Cartographie des écoulements – Rupture par brèche SE2.2 aval Rond-Point Villarcher – jour 2, 14h30.....	37
Figure 17 : Cartographie des écoulements – Rupture par surverse - Leysse – jour 2, 13h00	38
Figure 18 : Synthèse des Potentiels de danger – SE 2.1	45
Figure 19 : Synthèse des Potentiels de danger – SE 2.2 aval.....	46
Figure 20 : Synthèse des Potentiels de danger – SE 2.3	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Numérotation des secteurs de travaux et état d'avancement.....	12
Tableau 2 : Présentation des systèmes d'endiguement et des tronçons (en rouge) concernés par le projet Leysse-Hyères	13
Tableau 3 : Linéaire par communes des sous-systèmes d'endiguement étudiés	14
Tableau 4 : Débits de pointe sur la Leysse et ces principaux affluents	17
Tableau 5 : Caractéristiques profils types – Système 2.1	18
Tableau 6 : Géométrie des digues – Secteur SE 2.2 aval	19
Tableau 7 : Géométrie des digues – Système 2.3.....	19
Tableau 8 : Caractéristiques mécaniques des sols retenus pour les calculs – système 2.1	20
Tableau 9 : Répartition des types de travaux effectués par secteur.....	21
Tableau 10 : Caractéristiques mécaniques des sols retenus pour les calculs – système 2.2 aval	23
Tableau 11 : Caractéristiques mécaniques des sols retenus pour les calculs – système 2.3.....	24
Tableau 12 : Visites particulières sur les digues et documents de référence	24
Tableau 13 : Désordres observés - Digue SE 2.....	25
Tableau 14 : Plus forts séismes ressentis sur les départements Savoie et Haute Savoie depuis 1992	27
Tableau 15 : Débits des crues de 1990, 1991 et 1992 des cours d'eau sur le bassin chambérien.....	28
Tableau 16 : Dégradations et interventions recensées sur l'ouvrage	30
Tableau 17 : Définitions des niveaux de sûreté danger et protection sur le secteur SE 2	34
Tableau 18 : Grille de criticité proposée – Classement des ERC testés	38
Tableau 19 : Périodicité des tournées.....	40

Sigles et Acronymes

[AF]	Analyse Fonctionnelle
[APR]	Analyse Préliminaire des risques
[CNR]	Compagnie Nationale du Rhône
[DA]	Document Associé
[DDT]	Direction Départementale des Territoire
[DI-ECS]	Direction de l'Ingénierie de la CNR – Etude Conception Service
[DI-CEN]	Direction de l'Ingénierie de la CNR – Cours d'Eau et Navigation
[EISH]	Evènement Important pour la Sûreté Hydraulique.
[EPCI]	établissement public de coopération intercommunale
[ERC]	Evènement Redouté Central
[GTR]	Guide Terrassement Routier
[FC]	Fonction de Contrainte
[FP]	Fonction Principale
[ICPE]	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
[NC]	Niveau de Confiance
[PAPI]	Programme d'actions de prévention des inondations
[PJ X]	Pluie maximale journalière de période de retour X années
[PK]	Point Kilométrique
[PCS]	Plan Communal de Sauvegarde
[PSR]	Plan Submersion Rapide
[PSH]	Précurseur de la Sûreté Hydraulique
[RS]	Rapport de Surveillance
[SE]	Système d'Endiguement
[SGS]	Système de Gestion de la Sécurité
[SICEC]	Syndicat Intercommunal des Cours d'Eau du bassin Chambérien
[TMD]	Transport de Matières Dangereuses
[TN]	Terrain Naturel
[TRI]	Territoire Risque Inondation
[VRU]	Voie Rapide Urbaine
[VTA]	Visites Techniques Approfondies

Documents de référence

- [DA1] Décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement
- [DA2] Circulaire du 16 avril 2010 relative aux études de dangers des digues de protection contre les inondations fluviales
- [DA3] Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques
- [DA4] Arrêté préfectoral n° Préfectoral DDT/SEEF n°2012-322 et n°2012-323 de notification du classement des digues en B
- [DA5] Diagnostic initial de sécurité valant VTA – Etat des lieux – hiérarchisation et plan de gestion Visite – CNR/Arbeausolutions pour Chambéry Métropole – DI-CEN 2015-237-01 – mai 2015
- [DA6] 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
- [DA7] Diagnostic Visuel – Aménagement hydraulique de la zone de confluence Leysse-Hyères – CNR pour Chambéry Métropole - DI-CEN 09-237 – Aout 2009
- [DA8] 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
- [DA9] 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
- [DA10] Diagnostic de la végétation – ARBEAUSOLutions pour Chambéry Métropole -
- [DA11] Consigne de surveillance en Période Normale et En crue - SE 2 et Générale – CNR pour Chambéry Métropole - DI-IEH 2015-363-05 et DI-IEH 2015-365-05 - Juin 2016
- [DA12] Rapport de diagnostic SE2– CNR pour Chambéry Métropole – DI-ECS 2016-182-00 – Juin 2016
- [DA13] Etude de dangers de l'endiguement SE2 – CNR pour Chambéry Métropole – DI-ECS 2016-184-00 - Juin 2016
- [DA14] Dossiers d'ouvrages – Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien –CNR pour Chambéry Métropole – Octobre 2015
- [DA15] Rapport de surveillance Des systèmes du bassin Chambérien – Chambéry Métropole – Période 2012-2014
- [DA16] DECLARATION - EISH SE2 T2 030415 –Chambéry Métropole – 2 avril 2015 et Courrier de réponse DREAL Direction Sûreté des Ouvrages Hydraulique du 15 avril 2015
- [DA17] Etude du Schéma Général de gestion du risque d'inondation sur l'Agglomération Chambérienne - Phase 1 : Position du Problème - Phase 2 : Etude des scénarios Hydrolac – Avril 1999

[DA18] Etude de danger du Dossier PSR des aménagements de Tranche 2 prévus sur la Leysse –
Note de vulnérabilité – N° 14A026 – Décembre 2015

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

1.1.1 Général

Ce rapport rend compte de la revue de sûreté de l'endiguement du SE2 effectuée en application des dispositions des articles R. 214-129, R.214-139 et R.214-142 du code de l'environnement.

Le système comprend les sous-systèmes SE2.1, SE2.2 et SE2.3 et s'étend de l'aval du pont de l'échangeur Laboisse en rive droite de la Leysse jusqu'à l'amont du lac du Bourget en rive droite du Bras de décharge.

Conformément à l'article 7 de l'arrêté du 29 février 2008 modifié par l'article 2 de l'arrêté du 16 juin 2009, le document présente :

- les conclusions des documents de référence :
 - Visites Techniques Approfondies ;
 - Rapports de Surveillance et d'auscultation ;
 - Diagnostic de sûreté.
- le comportement de l'ouvrage lors d'épisodes extrêmes survenus à l'ouvrage depuis la précédente revue de sûreté, notamment les crues, les séismes et les mouvements des versants ;
- les points des dégradations subis par l'ouvrage et des améliorations apportées depuis la précédente revue de sûreté ;
- les conclusions de l'étude de dangers ;
- les modalités de surveillance mises en place.

Remarques :

1. Selon l'arrêté précité, la période de référence couverte par une revue de sûreté donnée est celle écoulée depuis la précédente revue de sûreté, soit en principe 10 ans. Sachant qu'il s'agit de la première revue de sûreté, elle s'attachera à reprendre les éléments plus anciens que ces dix dernières années dans la mesure des données disponibles.
2. Le système d'endiguement nommé SE2 « Rive droite de la Leysse jusqu'au pont Tremblay » et ses sous-systèmes d'endiguement (SE 2.2 et SE 2.1), sont classés B par Arrêté Préfectoral DDT/SEEF n°2012-322 [DA4] depuis 2012.
3. Au titre du décret du 11 décembre 2007, le système est considéré comme un système de classe B. Suivant cette nouvelle réglementation (décret n° 2015-526), le système d'endiguement SE 2 serait classé en B sachant que moins de 30 000 personnes sont localisées dans les zones protégées suivant le nouveau principe de comptage des populations du décret 2015.

1.1.2 Présentation des endiguements de Chambéry

D'une manière générale les digues de protection ont pour fonction principale de retenir les eaux des cours d'eau en crue. Celles qui font l'objet de cette étude (système d'endiguement) s'inscrivent dans un ensemble plus global de 5 systèmes SE 1 à SE 5 qui constituent le dispositif de protection de l'agglomération chambérienne contre les inondations de la Leysse et de l'Hyères. Le plan suivant présente l'ensemble de ces tronçons et la localisation globale du projet. Les endiguements ont été construits lors de l'époque Sarde soient dans les années 1840-1860.

Le système SE2 est matérialisé en vert sur la cartographie suivante. Il est composé de quatre sous-endiguements situés en rive droite la Leysse et qui s'étendent :

- SE 2.1 : sur 210m en aval du pont de l'échangeur de La Boisse;
- SE 2.2 amont : sur 1.7km, depuis l'amont du pont du CD16A jusqu'au pont de l'A43
- SE 2.2 aval : sur 2.8 km de l'aval du pont de l'A43 jusqu'à l'ouvrage du bras de décharge.
- SE2.3 : sur 2.64 km de l'aval du bras de décharge jusqu'à la route départementale D1211.

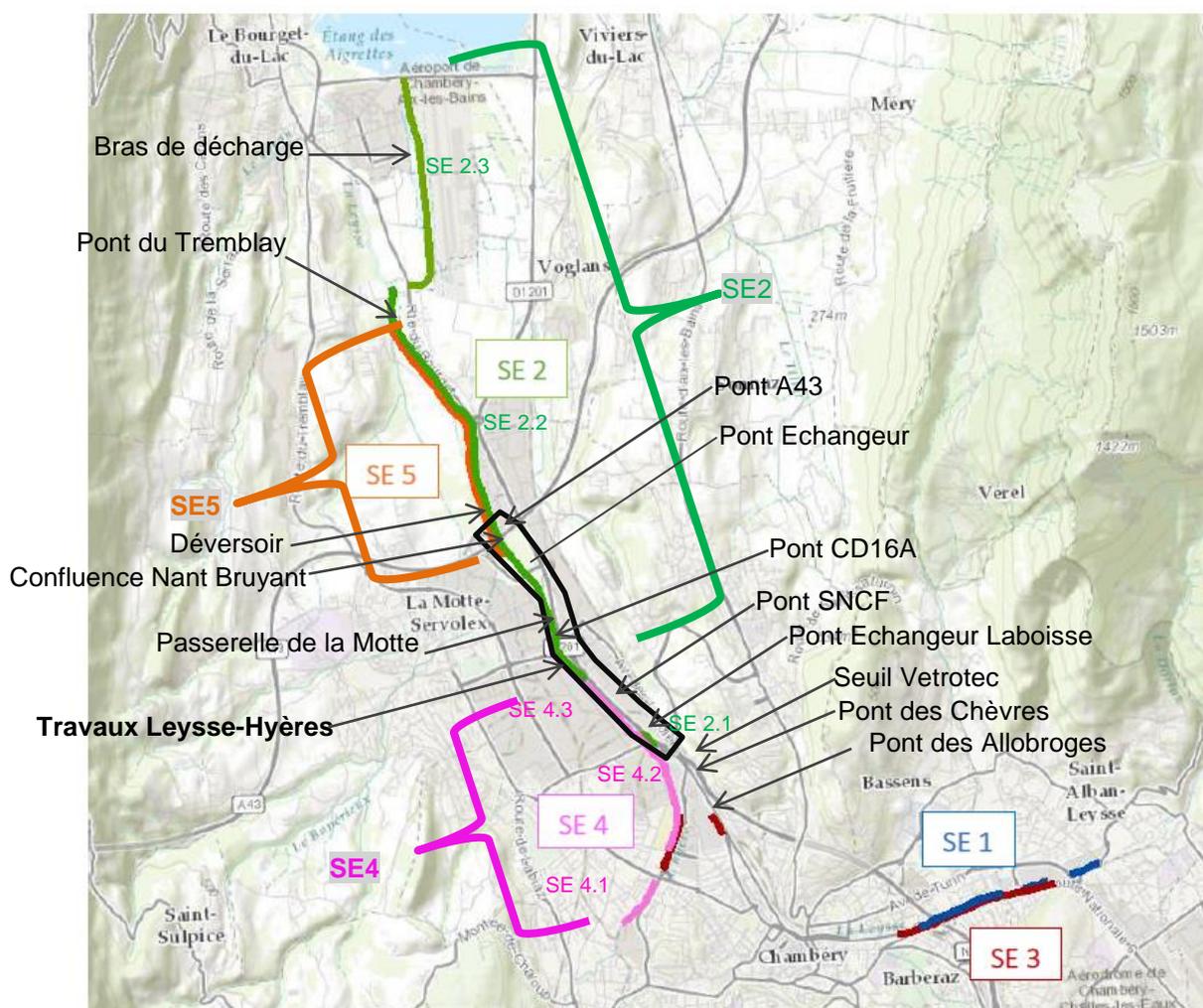


Figure 1 : Localisation des 5 systèmes d'endiguement du système global « Leysse-Hyères ».

1.1.3 Projet Leysse-Hyères

L'étude du Schéma général de gestion du risque d'inondation sur l'agglomération chambérienne, réalisée en 2000 par Hydrolac et CNR pour le SICEC (nouvellement Chambéry Métropole), a mis en évidence les faiblesses du système de protection des digues chambériennes, contre les inondations de la Leysse et de l'Hyères. Un certain nombre de scénarios d'aménagement a été testé afin d'améliorer la protection de l'agglomération. Le scénario principal retenu permet de satisfaire les exigences suivantes :

- Suppression des points de débordement pour des **crues de période de retour de 100 ans** avec prise en compte d'une revanche de 30 cm entre la crête des endiguements (cru de danger) et la crue de projet (cru de protection) ;
- Réduction significative du risque de mise en charge de la couverture de la Leysse ;
- Dimensionnement des nouveaux ouvrages hydrauliques franchissant la Leysse (siphons).

Outre l'objectif hydraulique de ce projet, les autres objectifs poursuivis par cet aménagement sont les suivants :

- Objectif morphologique :
 - Pérennisation de l'équilibre géomorphologique actuellement en place sur la Leysse.
- Objectif renaturation (Reconquête d'axe de vie) :
 - Restauration et diversification des faciès hydro-écologique,
 - Restauration du corridor alluvial et aquatique.
- Objectif préservation des axes de circulation (voie verte).

Ces aménagements concernent principalement la Leysse mais aussi les affluents tels que le Nant Petchi ou l'Albanne.

Le projet d'aménagement de la confluence Leysse-Hyères se concentre sur la Leysse depuis le pont des Allobroges jusqu'à l'aval de l'A43 (cf. Annexe 1). Cette emprise correspond à la partie aval des aménagements prévus dans le cadre du schéma directeur.

Ce périmètre a été scindé en deux tranches :

- Première tranche en 2015: amont du pont SNCF, réalisée (SE2.1)
- Deuxième tranche en cours et fin prévisionnelle fin 2017 : depuis le pont SNCF jusqu'en aval immédiat du pont de l'autoroute A43, en cours de réalisation. (SE2.2 amont)

De l'amont vers l'aval, les travaux consistent à :

- Réduire les déversements au droit du pont des Chèvres en abaissant le lit de la rivière d'environ 1.5 m depuis le pont des Allobroges jusqu'au seuil Vetrotec (amont direct de la confluence Leysse-Hyères).
- Elargir le lit de la Leysse :
 - En rive gauche, de l'aval du pont de l'échangeur Laboisse jusqu'à l'aval du Pont SNCF, et, entre le pont de l'échangeur et le pont de l'A43 ;
 - En rive droite, de l'amont du pont CD16A jusqu'au pont de l'échangeur ;
- Conforter les digues et les berges sur quasiment tout le linéaire de l'amont du pont du CD16A jusqu'à l'A43 sur les deux rives.
- Créer un ouvrage de déversement des eaux en rive gauche en aval de l'A43.
- Renaturer écologiquement le cours d'eau sur tout le linéaire des travaux.

Ce projet concerne le secteur SE2.2 amont et le secteur SE2.1.

Le tableau suivant détaille la localisation des travaux et les sous-systèmes d'endiguements associés. Ce tableau est à mettre en relation avec la figure de l'Annexe 1.

n° de secteur	Ouvrages		N °de profils		SE concerné	Etat d'avancement des travaux
	Amont	Aval	Amont	Aval		
6	Confluence	Pont SNCF	P56	P67	SE4.3 et SE2.1	Réalisés ou en cours de réalisation
7	Aval Pont SNCF	Aval Pont CD 16a	P68	P89	SE4.3 et 2.2	Commencés. Fin prévisionnelle des travaux d'ici fin 2017
8	Aval Pont CD 16a	Pont A43	P89	P121	SE4.3 et 2.2	
9	Pont A43	Dépôt aval rive gauche	P121	P129	SE5	

Tableau 1 : Numérotation des secteurs de travaux et état d'avancement.

La figure suivante présente le principe du déversoir rive gauche en cours de réalisation sur le secteur 9 des travaux Leysse Hyères correspondant au SE 5. Ce déversoir est situé en rive opposé au système SE2.2 aval.

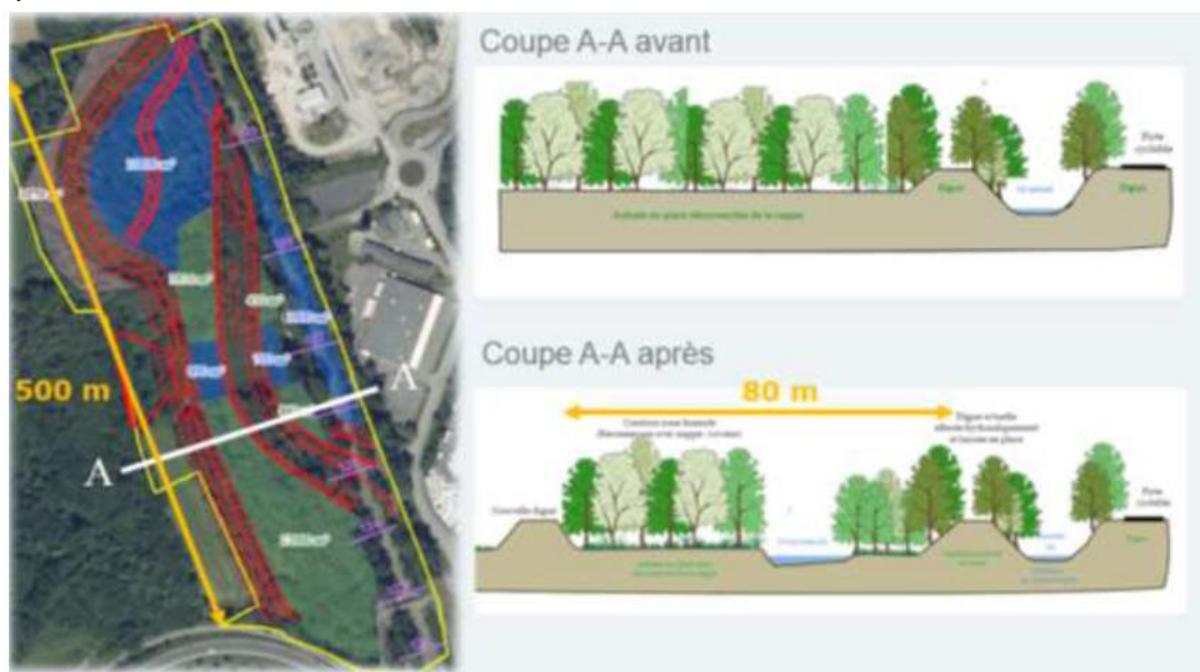


Figure 2 : Secteur 9 - Principe d'aménagement

1.2 Présentation de l'aménagement

1.2.1 Vue d'ensemble

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des systèmes d'endiguement en termes de localisation et de géométrie. Les sous tronçons concernés par le projet Leysse-Hyères sont présentés en rouge sur ce tableau.

Système de digue	Dénomination	N° tronçon	Description				hauteur digue maxi (m)	PK Amont/Aval	Profils STTP Amont/Aval
			Début	Fin	linéaire total (km)				
2	Leysse RD de la confluence Leysse/Hyères au lac du Bourget	SE 2.1	200 m aval confluence Leysses/Hyères	410m aval confluence Leysses/Hyères	0.21	1.5	PKL9/PKL8.75	P55/P61	
		SE 2.2 amont	1150m aval confluence Leysses/Hyères	Pont de l'A43	1.7	4	PKL8/PKL6.3	P79/P121	
		SE 2.2 aval	1150m aval confluence Leysses/Hyères	100m aval Pont Tremblay	2.8	4	PKL6.3/PKL3.45	-	
		SE 2.3	Bras de décharge en aval du pont Tremblay	Bras de décharge au droit de la D1211	2.64	1	BDL2.5/BDL0	-	

Tableau 2 : Présentation des systèmes d'endiguement et des tronçons (en rouge) concernés par le projet Leysse-Hyères

Le tableau suivant présente les linéaires concernés par commune pour les trois sous-systèmes d'endiguement étudiés :

	Commune	Linéaire en m
SE2.1	Chambéry	210
SE2.2	La Motte Servolex	1825
SE2.2	Voglans	1750
SE2.2	Chambéry	925
SE2.3	Le Bourget du Lac	1000
SE2.3	La Motte Servolex	1640

Tableau 3 : Linéaire par communes des sous-systèmes d'endiguement étudiés

Les cartographies suivantes précisent la localisation des sous-systèmes d'endiguement sur un fond de plan aérien.

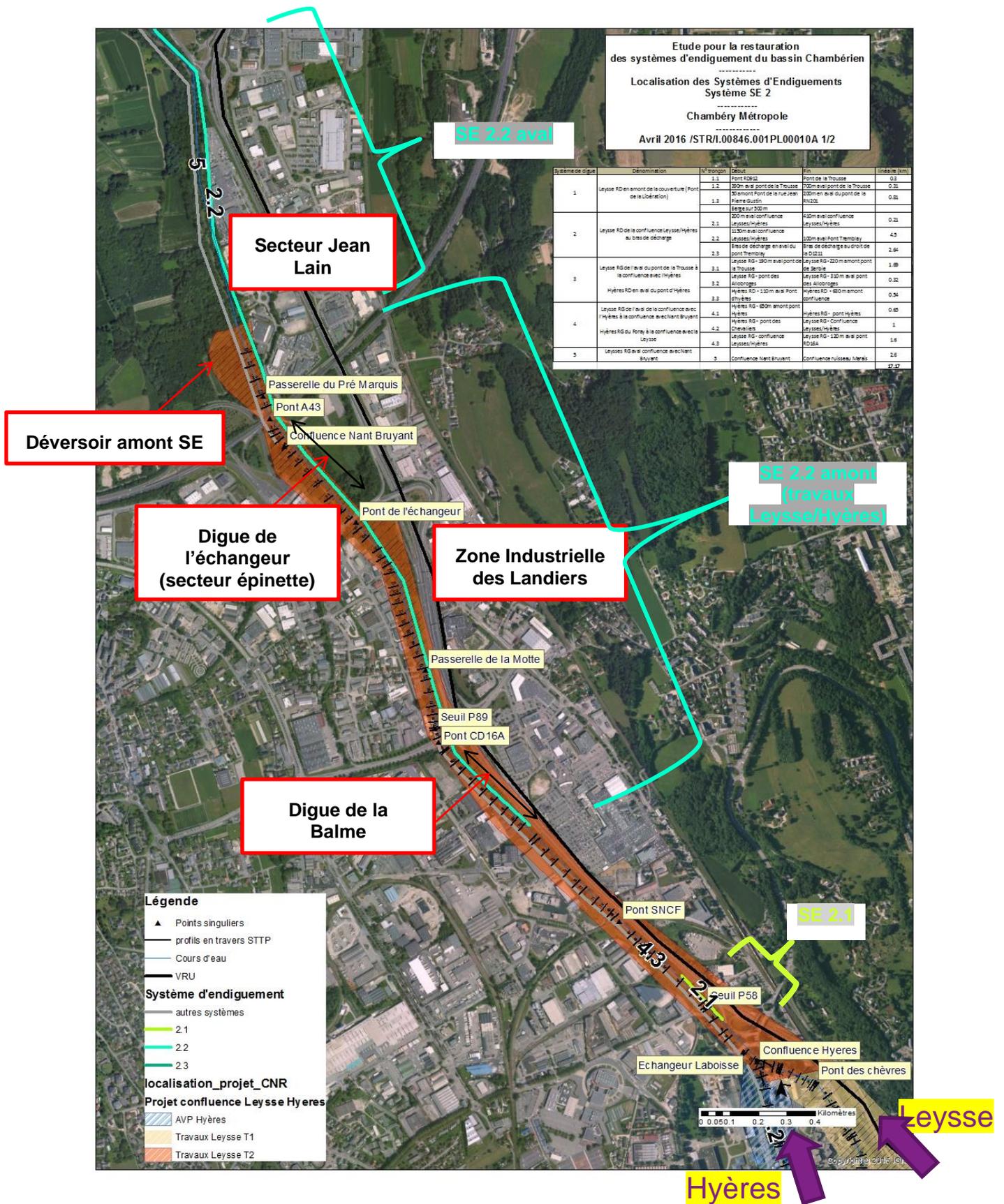


Figure 3 : Localisation des systèmes d'endiguements et du projet Leyssse / Hyères 1/2

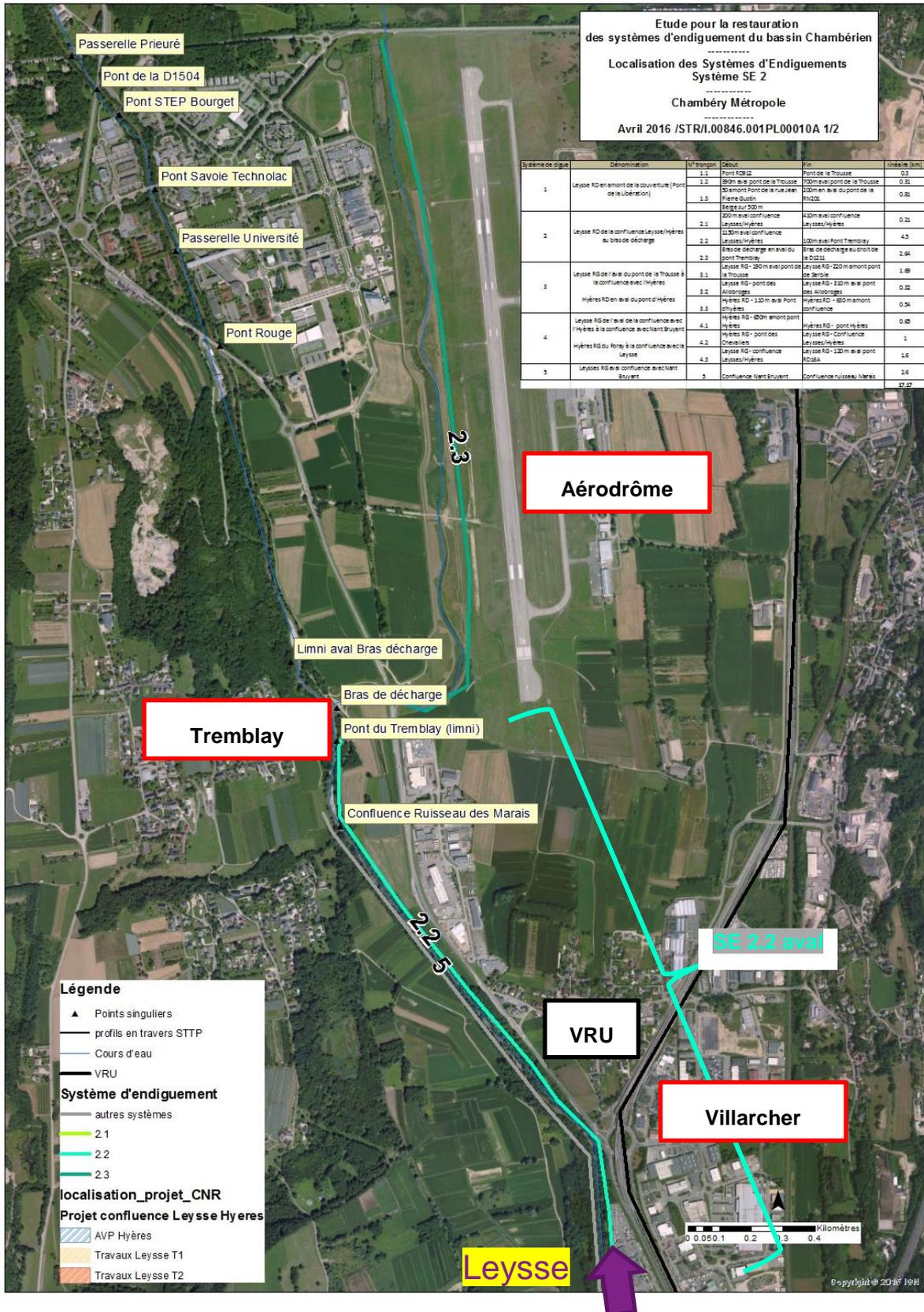


Figure 4 : Localisation des systèmes d'endiguements et du projet Leysse / Hyères 2/2

1.2.2 Caractéristiques hydrologiques

Les données hydrométriques recueillies à la station de référence du Tremblay ont été critiquées et analysées dans le cadre du volet Hydrologie de la phase 1 du TRI datant de 2013 et mené par Hydrolac pour la DDT Savoie [DA6].

En fonction de l'état de la Leysse, avant ou après aménagement de la Leysse, le débit au pont du Tremblay varie sachant que le projet, de par sa constitution, récupère une partie des déversements occasionnés par la crue centennale au pont des Chèvres dans la Leysse, ce qui augmente les apports en aval et notamment au pont Tremblay. On retiendra donc un débit Q100 de la Leysse au Pont Tremblay de :

- 370 m³/s environ en état initial ;
- 414 m³/s environ en état aménagé.

Le tableau suivant présente les débits caractéristiques de la Leysse et de ses principaux affluents l'Hyères et l'Albanne pour différentes périodes de retour, en amont du projet Leysse-Hyères.

	Débit en m ³ /s		
	Hyères	Leysse	Albanne
	Pont D1006	Pont des Barillettes	Confluence Leysse
Q10	50.5	67.6	31.8
Q100	114.4	147.9	59.6
Q1000	157.5	203.7	80.2

Tableau 4 : Débits de pointe sur la Leysse et ces principaux affluents

Les ajustements statistiques ont été réalisés avec la loi de Gumbel. La comparaison réalisée avec la loi de Galton donne des résultats similaires.

Le débit de pointe de la crue millénaire a été évalué par extrapolation de cette loi d'ajustement au pont du Tremblay. Le ratio entre la Q100 et la Q1000 à cette station a ensuite été actualisé sur les débits de la Leysse amont et de ses affluents, ce qui a permis de calculer un débit de pointe pour ces apports en Q1000.

Les apports des affluents secondaires de la Leysse et de l'Hyères sont aussi intégrés dans la modélisation, il s'agit du :

- Forezan ;
- Nant Pétchi ;
- Nant Bruyant ;
- Ruisseau des Marais.

Les hydrogrammes des crues caractéristiques ont été calculés par homothétie des hydrogrammes observés lors de la crue de 1990.

1.2.3 Géométrie

1.2.3.1 SE2.1

D'un point de vue topographique, le diagnostic géotechnique DI-ECS 2016-182 [DA12] distingue deux structures du talus amont très différentes. Sur la partie amont du secteur entre les PM0 et PM175 se trouvent des blocs pluri-décimétriques non liés en base et affleurant localement sur les parois de la digue. Sur la partie aval entre les PM 175 à PM 240, la digue est soutenue par un empierrement sur l'intégralité de sa hauteur. Les principales caractéristiques de ces deux sous-tronçons sont rappelées dans le tableau ci-dessous.

Nom de la digue ou du tronçon de digue	Longueur du tronçon (m)	Pente Talus amont (H/V)	Pente talus aval (H/V)	Hauteur par rapport TN aval (m)	Largeur en crête (m)	Protection amont	PK début	PK fin
S2.1 amont	175	3/2 à 1/1	de 3/1 à 1/1 muret bétonné entaille la digue localement	1.5 à 2 m	1 à 6	enrochements en partie inférieur	9	8.82
S2.1 aval	240	3/2 à 1/2	de 3/1 à 1/1 muret bétonné entaille la digue localement	1.5 à 2 m	3 à 6	enrochements	8.82	8.58

Tableau 5 : Caractéristiques profils types – Système 2.1

Sur ce tronçon, dans le cadre du projet Leysse Hyères, il est prévu de renforcer le talus amont et de créer une étanchéité via une géo-membrane étanche jusqu'à la crête de l'ouvrage sur les tronçons présentant une faible section (entre les profils P57 et P60).

1.2.3.2 SE2.2 amont

Le paragraphe décrit les ouvrages réalisés ou en cours de réalisation dans le cadre du projet Leysse Hyères et précise leurs dimensions. La cartographie en Annexe 2 permettent de localiser les sous-secteurs dont il est question dans le présent paragraphe (exemple : ZI des Landiers 1 et 2 ou Dignes de la Balme, etc).

Le projet présenté a pour principal objectif d'assurer la protection des personnes et des biens contre les risques de submersion **jusqu'au niveau de la crue de fréquence centennale** sur un secteur situé en aval de Chambéry qui a été particulièrement touché par les inondations de 1990.

Il est ainsi établi au bénéfice des populations des communes de Chambéry et de La Motte-Servolex et vise à protéger la population des inondations pour un événement de fréquence de retour centennale.

Il permettra enfin, par la mise hors d'eau des voies routières, d'assurer la continuité des services de secours au bénéfice des populations sinistrées. Par ailleurs, il permet de réduire l'inondation dans les différentes zones d'activité (Landiers, Epinettes,...). Le présent paragraphe s'attache à la description des travaux en cours sur le secteur SE 2.2 amont.

Secteur 7 : Du pont SNCF au pont du CD16a (P68 à P89)

Ce secteur s'étend sur environ 1 150 m.

Les travaux hydrauliques prévus sont les suivants :

- **Déplacement de la digue de la Balme : Entre les profils P81 et P85bis**, la digue est reculée et la section hydraulique est augmentée. La partie inférieure de la berge est protégée par des enrochements libres.
- **Sous le pont du CD 16 A – entre le P85 bis et le P89** : Une paroi clouée est mise en place afin de garantir une section d'écoulement suffisante sous le pont du CD 16A.
- Une passerelle provisoire sera mise en place de manière à permettre le basculement des usagers de la piste cyclable sur la rive opposée le temps de réaliser les travaux en rive gauche.

Secteur 8 : Pont du CD16a pont de l'A43 (P89 à P121)

La longueur d'application des travaux s'établit à environ 1 250 m.

Les travaux hydrauliques prévus sont les suivants :

Travaux de terrassement et de protection des berges

- **Du P88 au P95** : Elargissement du lit pour porter la largeur du lit du projet à 20 m / 21 m ;
- **Du P96 au P98** : Reconstruction en rive droite de la digue amont ZI des Landiers (2) ;
- **Du P99 au P107** : Réduction de la largeur des digues et étanchéité par un masque en limon ;

- **Du P100 au 110** : Elargissement important du lit à 35 m – 45 m ;
- **Du P108 au P110** Création d'une digue de fermeture qui viendrait buter sur l'actuel échangeur ;
- **Du P113 au P121** : Confortement de la digue côté aval par un épaulement drainant.

1.2.3.3 SE2.2 aval

Le diagnostic géotechnique DI-ECS 2016-182 présenté en Annexe 2 permet de scinder le tronçon en 5 secteurs décrits dans le tableau ci-dessous. On retiendra que les pentes des talus sont très raides et la largeur en crête est très faible sur le secteur du rond-point de Villarcher.

Nom de la digue ou du tronçon de digue	Longueur du tronçon (m)	Pente Talus amont (H/V)	Pente talus aval (H/V)	Hauteur par rapport TN aval (m)	Largeur en crête (m)	Protection amont	PKL début (PM)	PKL fin (PM)
Secteur Jean Lain	1100	3/2 à 1/1	1/1	3	5 à 6	protection non visible à l'exception de quelques enrochements en pieds	6.2 (80)	5.1 (1150)
Secteur rond-point de Villarcher	200	1/1 à subvertical	1/1	3	3	protection non visible à l'exception de quelques enrochements en pieds et Gabions éventrés	5.1 (1150)	4.9 (1350)
Secteur Villarcher	700	3/2 à subvertical	3/2	2	8 à 10	protection non visible à l'exception de quelques enrochements en pieds	4.9 (1350)	4.2 (2050)
Secteur double digue	200	3/2	3/2 à 1/1	2	15	protection non visible à l'exception de quelques enrochements en pieds	4.2 (2050)	4 (2250)
Secteur Tremblay	600	3/2	3/2	2	10 à 15	protection non visible à l'exception de quelques enrochements en pieds	4 (2250)	3.4 (2850)

Tableau 6 : Géométrie des digues – Secteur SE 2.2 aval

1.2.3.4 SE2.3

Le diagnostic géotechnique met en évidence un seul tronçon homogène. Les pentes de talus et la largeur en crête sont relativement confortables.

Nom de la digue ou du tronçon de digue	Longueur du tronçon (m)	Pente Talus amont (H/V)	Pente talus aval (H/V)	Hauteur par rapport au TN aval (m)	Largeur en crête (m)	Protection amont	PKBDL début (PM)	PKBDL fin (PM)
Bras de décharge	2500	3/2	3/2	1.5 à 2	3 à 4	pas de protection	2.5 (0)	0 (2500)

Tableau 7 : Géométrie des digues – Système 2.3

1.2.4 Constitution des digues

D'une manière générale, les digues sont constituées de matériaux limoneux en leur sein sur une grande partie du linéaire. Le paragraphe suivant présente les caractéristiques générales des ouvrages.

La revue de sûreté considère que les systèmes d'endiguement sont dans les état suivants :

- SE 2.1 : Etat projet (travaux en cours)
- SE 2.2 amont : Etat projet (travaux quasiment finalisé)
- SE 2.2 aval : Etat actuel
- SE 2.3 : Etat actuel

1.2.4.1 SE 2.1

Sur ce secteur, aucune reconnaissance géotechnique n'a pu être menée étant donné la présence de réseaux dans le corps de la digue. La composition de la digue est évaluée uniquement à partir d'un profil en long géophysique qui fait ressortir deux profils géotechniques distincts. Le tableau suivant présente la composition des sols retenue pour les deux profils types géotechniques.

Profondeur	Description	
-	enrochements	
Geotech1		
0 à 2.5m	Graves sablo-limoneuse gris	
2.5 à 7m	Limon sableux gris à cailloutis et cailloux	
Geotech2		
0 à 1m	Graves sablo-limoneuse gris	
1 à 5m	Limon sableux gris à cailloutis et cailloux	
5 à 7m	argiles limoneuses grises	

Tableau 8 : Caractéristiques mécaniques des sols retenus pour les calculs – système 2.1

Afin de pallier aux risques de résurgence en pied de talus aval (digues de faible largeur) et au risque d'érosion liées aux vitesses fortes du lit de la rivière, des travaux d'étanchéité et de protection du parement amont sont prévus dans le cadre du projet Leysse-Hyères au-dessus des enrochements en place. Le profil suivant présente le principe appliqué qui consiste à fixer une protection en matelas Gabion sur une géomembrane étanche. Dans le projet, les pentes de talus à 1/1 (profil STTP 57) sont adoucies à 3/2 pour permettre une bonne stabilité des protections hydrauliques en partie supérieure de talus.

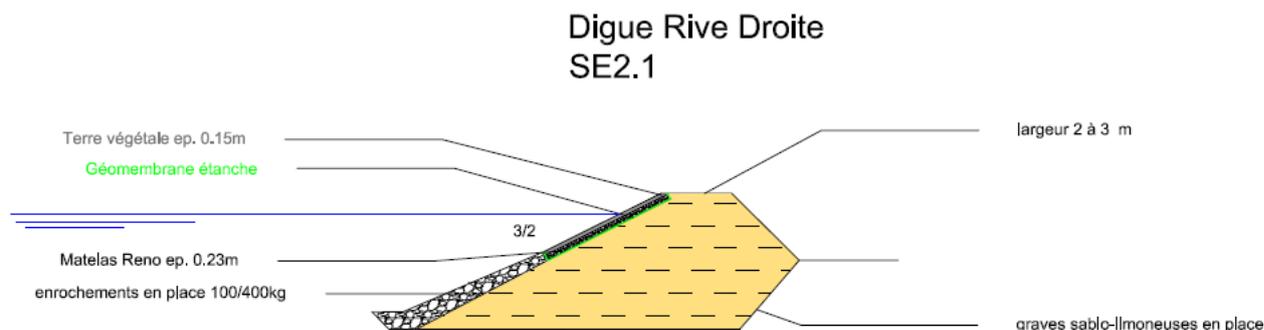


Figure 5 : Profil type – Digue SE 2.1

1.2.4.2 SE2.2 amont

Les travaux sur les digues du secteur SE 2.2 consistent soit en un renforcement, soit en une reconstruction. Le tableau suivant récapitule le linéaire de chaque tronçon :

Secteurs	SE	Rive	Localisation STP	Ouvrage	Action	Cours d'eau	Linéaire affecté (m)
8	2.2	D	P113 à P121	Digue Sud ZI des Landiers 1	Confortement	Leyse	330
8	2.2	D	P108 à P110	Digue Sud ZI des Landiers 2	Reconstruction	Leyse	100
8	2.2	D	P99 à P107	Digue Sud ZI des Landiers 2	Elargissement et courroie limon	Leyse	320
8	2.2	D	P96 à P98	Digue Sud ZI des Landiers 2	Reconstruction	Leyse	170
8	2.2	D	P89 à P95	Digue Sud ZI des Landiers 2	Elargissement et reconstruction digue	Leyse	200
7	2.2	D	P81 – 85bis	Digue de la Balme (3)	Reconstruction	Leyse	300
6	-	D	P60 à P61	Berge	Elargissement	Leyse	50

Tableau 9 : Répartition des types de travaux effectués par secteur.

Les profils types suivant ont été adoptés et adaptés géométriquement en fonction des caractéristiques topographiques et géotechniques effectives des berges le long de la Leyse :

Dans le cas d'une reconstruction

Le profil type de la figure suivante s'applique aux secteurs de reconstruction.

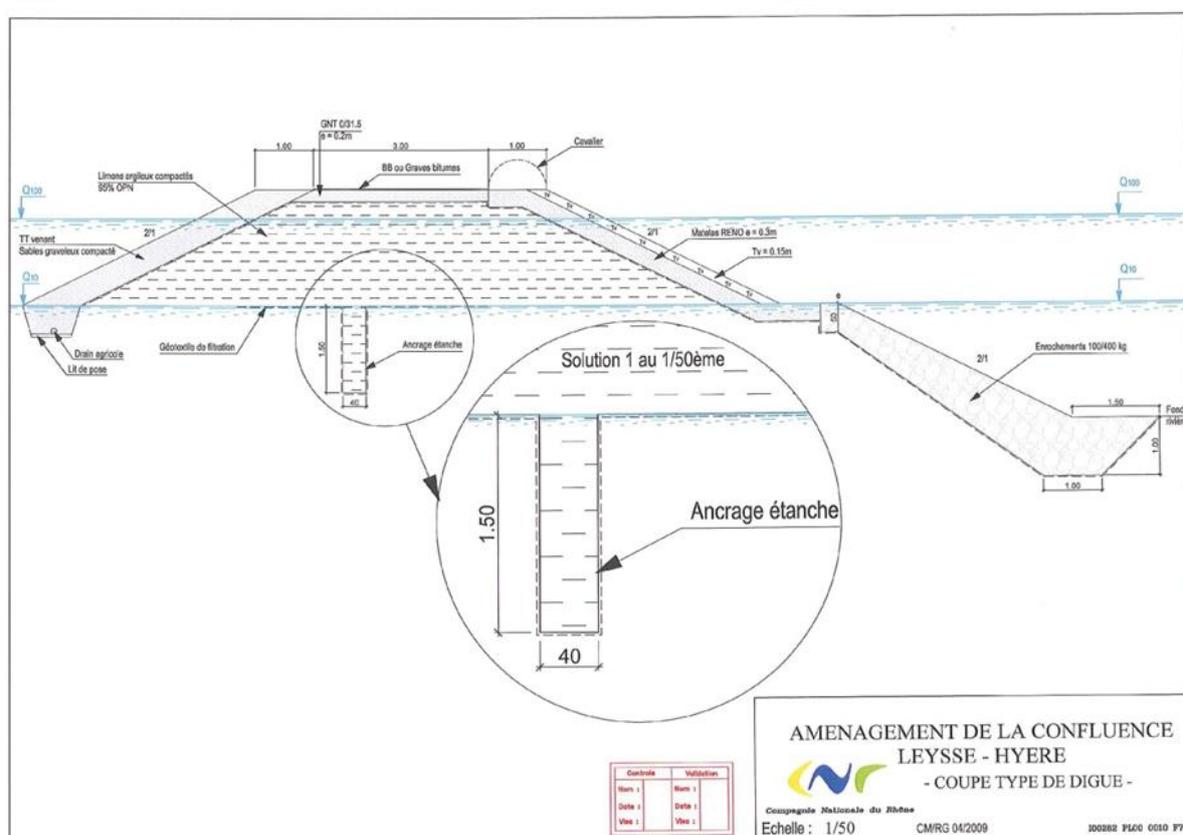


Figure 6 : Composition des digues reconstruites – Profil type 1

La largeur en crête de l'ouvrage est de 5 m. Un ancrage étanche a été rajouté pour rallonger le chemin hydraulique en crue afin de diminuer les risques d'érosion interne sur les digues.

Le profil type de la figure suivante s'applique au secteur ZI des Landiers 2 (P108 à P110 – RD)

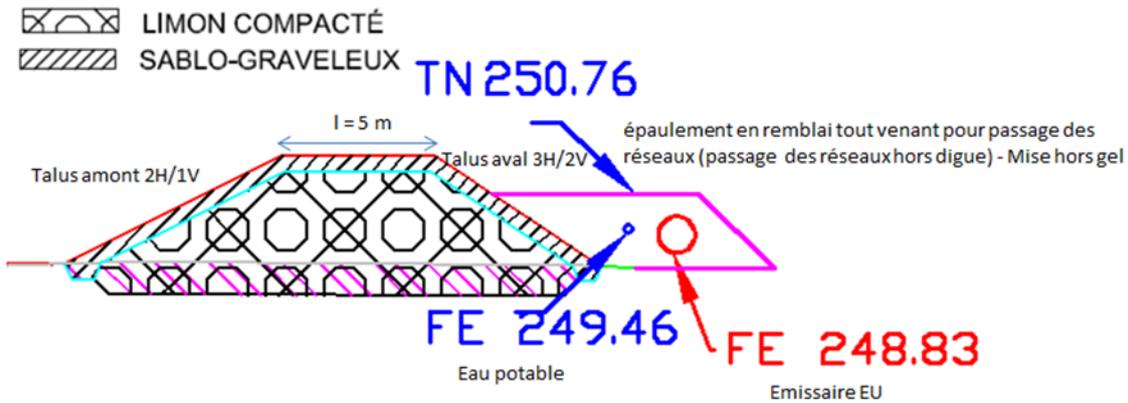


Figure 7 : Profil en travers de la composition des digues reconstruites – Profil type 2

Dans le cas de confortement d'ouvrages existants conservés

Le profil type de l'épaulement type des secteurs confortés est présenté sur la figure suivante :

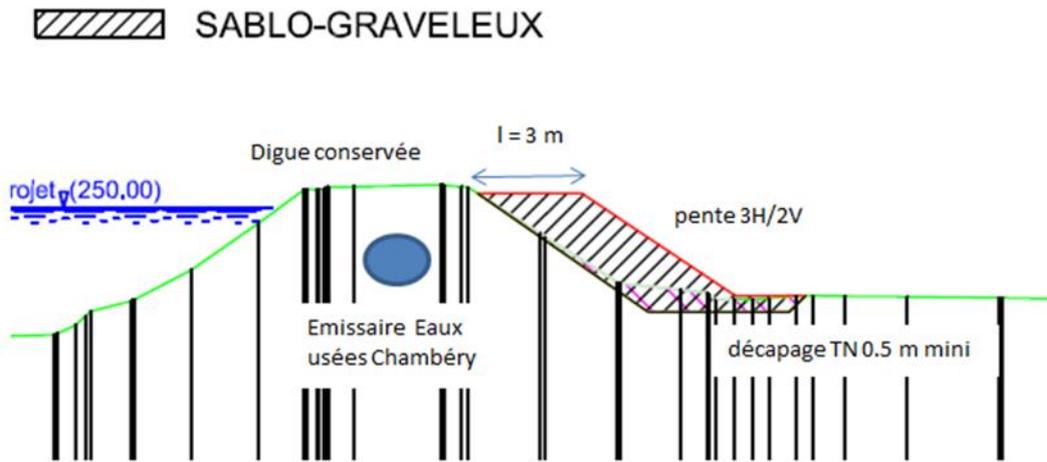


Figure 8 : Profil en travers type de la composition des digues confortées

Corroi sur talus amont secteur Digue Sud ZI des Landiers 1 – P99 à P 107

Le profil type du corroi limon est présenté sur la figure suivante :

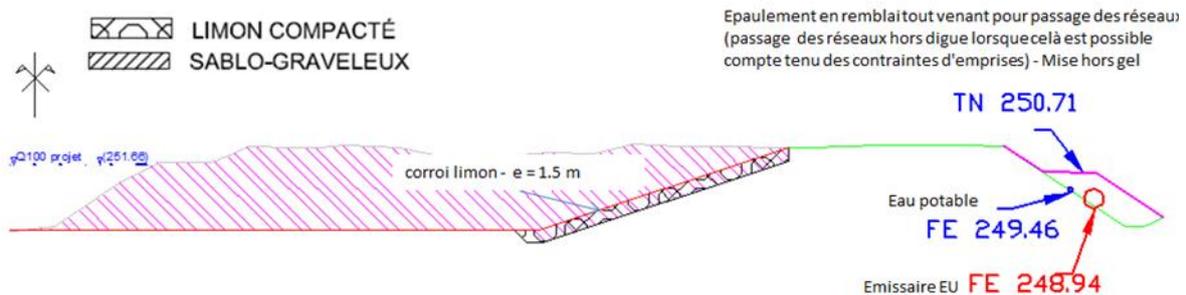


Figure 9 : Profil en travers type du corroi

1.2.4.3 SE 2.2 aval

L'analyse combinée des reconnaissances géotechniques et géophysiques a permis d'identifier 6 profils géotechniques différents sur le linéaire du tronçon. Le tableau suivant précise les compositions des sols retenues pour les différentes couches repérées grâce aux sondages.

La composition des sols peut être synthétisée de la manière suivante :

- Une première couche graveleuse est présente sur le premier mètre pour quasiment tous les profils types. Cette couche est souvent corrélée avec la présence d'une piste cyclable ;
- Sous cette couche, le cœur de la digue est constitué en majorité de limon sableux ;
- Les fondations peuvent être graveleuses (profil géotech 1, 5 et 6), sableuses (profil géotech 3 et 4) voire argileuses (profil géotech 2).

Les profils géophysiques ont permis de compléter l'analyse en mettant en évidence la présence d'une couche en enrochement sur le talus amont.

Profondeur	Description	
-	enrochements	
Geotech1 - Jean Lain		
0 à 1.5m	Graves sablo-limoneuse gris	
1.5 à 3.5m	Limon sableux gris à cailloutis et cailloux	
3.5 à 7.5m	Graves sablo-limoneuse gris	
Geotech2 - Rond-Point Villarcher		
0 à 0.6m	Grave limono-sableuse gris	
0.6 à 2.1m	sable limoneux à cailloutis et cailloux	
2.1 à 6.6m	Argile limono graveleuse gris/vert	
Geotech3 - Villarcher		
0 à 2m	sable limoneux à cailloutis et cailloux	
2 à 6m	Grave limono-sableuse gris/brun	
6 à 8m	Sable fin marron beige à rare cailloutis et cailloux	
Geotech4 - Tremblay		
0 à 2m	Divers sablo/graveleux	
2 à 4m	Sable fin marron beige à cailloutis et cailloux	
4 à 6m	Sable Gris/gris vert	
Geotech5 - Rond-Point Villarcher		
0 à 2m	argiles limoneuses grises	
2 à 6m	Grave limono-sableuse gris/brun	
Geotech6 - Villarcher		
0 à 1m	Graves sablo-limoneuse gris	
1 à 3m	Sable limoneux à cailloutis et cailloux marron	
3 à 4.5m	Graves sablo-limoneuse gris	
4.5 à 6.5m	Limon sableux fin beige à cailloutis et cailloux	

Tableau 10 : Caractéristiques mécaniques des sols retenus pour les calculs – système 2.2 aval

1.2.4.4 SE 2.3

Sur ce secteur, du fait des faibles possibilités d'accès, aucun sondage carotté n'a pu être réalisé. La composition de la digue est évaluée à partir d'un profil en long géophysique et de sondages à la tarière et pénétrométriques.

A partir de ces données géotechniques et géophysiques, il est apparu que les digues étaient relativement homogènes sur tout le linéaire. Ainsi un seul profil géotechnique est identifié. Le tableau suivant présente les caractéristiques mécaniques de sols retenues pour ce profil type géotechnique.

Geotech1		
Profondeur	Description	
0 à 1m	sable limoneux à cailloutis et cailloux	
1 à 7m	Argile limono graveleuse gris/vert	

Tableau 11 : Caractéristiques mécaniques des sols retenus pour les calculs – système 2.3

2 CONCLUSIONS DES DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1 Documents de référence

Les visites techniques approfondies menées sur l'endiguement SE2 sont :

- Diagnostic visuel, réalisée par CNR [DA7] sur le SE 2.1 et 2.2 ;
- EISH sur le SE2.2 amont [DA16] ;
- VTA de 2015, réalisée par CNR [DA5] et ARBEAUSOLutions [DA10] (sur l'ensemble du linéaire) ;

L'objectif de ces visites est de repérer les désordres éventuels sur les digues.

Un rapport de surveillance a été rédigé en 2014 par Chambéry Métropole permettant de définir les actions récemment menées (Réf.[DA15]).

Le tableau suivant résume les dates des visites particulières effectuées sur les ouvrages ainsi que l'ensemble des documents de référence utilisés pour rédiger la revue de sûreté.

Dates de visite	Dénomination
08.2009	Diagnostic visuel par CNR [DA7]
12. 2014	Rapport de surveillance des endiguements par Chambéry Métropole [DA15]
03.2015	Visite Technique Approfondie par CNR [DA5]
04.2014	EISH sur SE2.2 amont[DA16]
06.2016	Diagnostic géotechnique de l'endiguement par CNR [DA12]

Tableau 12 : Visites particulières sur les digues et documents de référence

2.2 Conclusions sur les documents de référence

Les principaux constats et recommandations issus des inspections réalisées à l'occasion des visites techniques approfondies, du rapport de surveillance ou du diagnostic de sûreté sont présentés ci-après.

2.2.1 VTA, EISH et rapport de surveillance

Le rapport de surveillance répertorie les visites effectuées sur l'ouvrage, les événements particuliers, les travaux et l'entretien.

Les visites techniques, réalisées en 2009 et en 2015, font état des désordres et observations présentés dans le Tableau 13.

Les principaux désordres sur l'ensemble de l'endiguement lors des visites sont :

Erosion superficielle, liée à du ruissellement. Ce type de désordre est à surveiller lors des prochaines visites.

Talus localement raide : D'une manière générale les talus ont des pentes de 3/2, ce qui est acceptable vis-à-vis des matériaux en place. Cependant des parties de tronçon sont très raides notamment sur le SE2 aval. La raideur de certains tronçons n'est pas problématique dans la mesure où les vitesses dans le bras de décharge sont faibles.

Piétinements d'Animaux : Des traces de présence d'animaux a été observé. Il ne s'agit pas d'animaux fouisseurs. Le risque pour la digue est donc plus lié au tassement qui n'est pour l'instant pas visible. Ce point est à surveiller lors des prochaines visites.

Erosion récurrente plus ou moins marquée du pied de berge, qui entraîne, par un effet domino, la ruine du pied de digue sus jacent Ce phénomène est largement facilité par l'absence de protection, des pentes de talus très raides et des vitesses fortes en crue, ce qui conduit à une déstabilisation importante (glissement) de la partie supérieure du talus.

Affaissement, mouvement et fissuration de la crête de berge notamment sur le secteur de Jean Lain. D'après les documents d'archives, il est souvent fait allusion dans les archives à des tourbes (sables argileux organiques ?), comme matériaux constitutifs du corps de digue et dont la dégradation dans le temps conduit à des affaissements des crêtes de digue qui ont fait régulièrement l'objet de rehaussement.

La végétation : La crête de talus côté rivière est très arborée (gros diamètres de 5 à 30 cm, avec un système racinaire probablement largement étendu au sein de la digue). Certains de ces arbres peuvent présenter des signes de faiblesses. Les récents travaux d'entretien et d'abattage engagés par le gestionnaire ont permis de réduire considérablement la proportion des arbres dangereux sur les endiguements Se1 à SE5.

SE	Localisation	Désordres	Date des observations
2.1	Talus amont	Présence d'arbres de tailles adultes, risque d'arrachement, embâcles	2009 et 2015
	Talus aval	raide par endroit	
		entaille local du talus, tenu par un muret en béton	
Crête	passage étroit sur une quinzaine de mètre		
2.2	Talus amont	Végétation importante, arbres morts, souches	2009 2015 (SE2.2 aval uniquement car travaux sur SE 2.2 amont)
		pente très raide	
		érosion importante	
		Affaissement du talus par endroit	
	Talus aval	fluage/solifluxion	
		pente raide	
	Crête	Végétation importante, arbres morts, souches	
2.3	talus amont	talus localement un peu raide	2015
		très légère érosion superficielle	
	talus aval	talus localement un peu raide	
		très légère érosion superficielle	
		piétinement d'animaux	
	crête	piétinement d'animaux	

Tableau 13 : Désordres observés - Digue SE 2

Lors de la visite de mars 2014, il a été observé, sur le secteur SE2.2 amont, un glissement marqué du talus amont associé à un fontis en crête. Ce désordre a fait l'objet d'une déclaration de la part de

Chambéry Métropole en avril 2014 via un EISH. Depuis cette date, des travaux de reprise de l'endiguement ont été réalisés. Sur le secteur, l'endiguement est complètement remodelé et conforté. Il n'y a plus de risque associé à cet incident.

2.2.2 Diagnostic Géotechnique

Les conclusions sur les risques d'instabilité des digues identifiées sont rappelées dans les tableaux dans le diagnostic SE2 [DA12]. La cartographie de synthèse, associée aux risques sur les ouvrages, est présentée en annexe.

De ces tableaux il en ressort que :

- Le **risque de rupture à la surverse** est effectif pour une crue débordante car les digues ne sont pas dimensionnées pour résister à la surverse.
- Le risque **d'érosion externe**, très marqué sur tout le linéaire du secteur SE 2.2 aval est effectif pour des crues proches de Q10. Le secteur du Rond-Point de Villarcher, étant situé dans l'extrados d'un virage de la Leysse, est particulièrement sensible à ce risque.
- Les secteurs dont le talus amont peut rompre par **glissement du fait d'une décrue rapide** sont les suivants :
 - SE 2.2 aval : Villarcher
 - SE 2.2 aval : Rond-Point de Villarcher ;

A noter que ce risque de décrue rapide est peu prononcé sur les digues de Chambéry car les la décrue s'opère en 20h environ, ce qui laisse le temps à l'ouvrage de se désaturer lentement.

- Le risque de **rupture par glissement** du talus aval est effectif sur les tronçons suivants :
 - SE 2.2 aval : Secteurs Villarcher et Rond-Point Villarcher pour Q100 voire Q10 ;
- Le risque **d'érosion interne** a été synthétisé à partir des critères géométriques, critère de Lane et des conditions de filtre en base. Il en ressort que les digues SE 2.2 aval sont instables pour des crues inférieures à la centennale. En effet les critères géométriques non respectés sont indépendants du gradient de crue. Les secteurs les plus critiques sont :
 - SE 2.2 aval : Rond-Point de Villarcher
 - SE 2.2 aval : au droit des conduites traversantes ;

2.2.3 Examen technique complet

La revue de sûreté doit intégrer les éléments de l'examen technique complet. L'examen technique complet comprend l'examen de l'ensemble de l'ouvrage, y compris des parties habituellement noyées ou difficilement accessibles ou observables sans moyens spéciaux. Aucun examen technique complet n'a été réalisé sur l'endiguement.

3 COMPORTEMENT DE L'OUVRAGE LORS D'EPISODES EXTREMES

Le présent chapitre analyse le comportement de l'ouvrage lors d'épisodes extrêmes survenus depuis la mise en service, avec une attention plus particulière sur les 10 dernières années.

3.1 Séismes

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 (dép.73)	3.6	Ain et Isère
28/08/1995	E Chambéry (dép.73)	3.3	
04/09/1995	WSW Albertville (dép.73)	4	
04/09/1995	WNW Albertville (dép.73)	3.8	Haute Savoie et Isère
15/05/1997	Sud Modane (dép.73)	3.9	
25/05/2003	Sud-Ouest de Modane (dép.73)	3.6	
12/06/2004	Séisme d' Albertville (dép.73)	3.2	Haute Savoie
10/04/2005	Nord-Ouest de Modane (dép.73)	3.4	
31/10/2005	Séisme d'Albertville (dép.73)	3.6	
17/02/2008	Séisme ENE Albertville (dép.73)	3.5	
30/06/2010	NE de Saint-Jean-de-Maurienne (dép.73)	4.3	
14/12/1994	ENE Annecy (dép.74)	4.6	Ain, Savoie, Drôme, Haute Savoie, Ardèche, Isère, Jura, Rhône
15/07/1996	NNW Annecy (dép.74)	5.2	Savoie, Drôme, Haute Savoie, Hautes Alpes, Isère, Jura, Loire, Rhône, Saône et Loire
08/09/2005	Séisme de Vallorcine (dép.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 14 : Plus forts séismes ressentis sur les départements Savoie et Haute Savoie depuis 1992

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.

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

En cas de survenance d'un séisme de magnitude supérieure à 5 sur l'échelle de Richter dans un rayon de moins de 100km, une visite de contrôle exceptionnelle est réalisée sur l'endiguement. Cette visite consiste à relever les désordres apparents sur l'ouvrage.

3.2 Crues

3.2.1 Hydrologie du secteur

La Leysse est un affluent de type fluvio-nival. Son débit moyen est relativement stable tout au long de l'année hormis en été où une baisse notable est observée. Ses crues se produisent généralement en hiver avec les épisodes de pluie intense mais peuvent aussi être marquées en fin de printemps, à la fonte des neiges. Le graphique suivant présente les débits moyens mensuels de la Leysse au pont du Tremblay extraits de la base de données HYDRO :

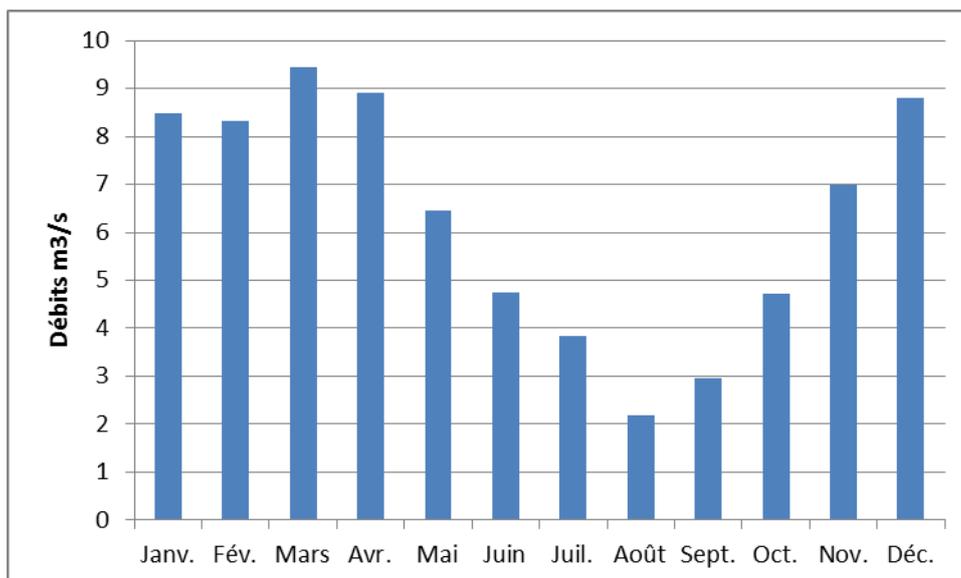


Figure 10 : Débit moyen mensuel sur la Leysse au Pont du Tremblay – Période 1969 – 2015 – Données HYDRO

3.2.2 Historique des crues

Les plus fortes crues de la Leysse se produisent généralement en hiver ou suite à des 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.

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

Tableau 15 : Débits des crues de 1990, 1991 et 1992 des cours d'eau sur le bassin chambérien

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.

3.2.3 Crues récentes

Le rapport de surveillance fait état de l'hydraulicité entre 2012 et 2014 :

- 2012 : Hydraulicité irrégulière. Deux crues de période de retour inférieures à 2 ans ont été repérées. Pluviométrie de 1318 mm en 2012 soit la 4^{ème} année la plus arrosée depuis 2000.
- 2013 : Hydraulicité irrégulière. Fortes précipitations de 1365 mm plaçant sur le bassin versant l'année 2013 en troisième position sur ces 15 dernières années.
- 2014 : Evènement très pluvieux en juillet 2014 et atteinte de 298 mm en 1 mois. Pas de dégâts sur les endiguements étudiés. Le reste de l'année est relativement moins arrosé avec une moyenne de pluviométrie de 1126 mm sur l'année.

3.2.4 Dégâts recensés

Pour les crues récentes aucun dégât n'a été observé. En revanche pour les crues plus anciennes, des désordres et mêmes des ruptures d'endiguement ont été recensés grâce à une étude historique [DA9]. 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 1840 (date d'apparition des endiguements) à nos jours, soit sur moins de 200 ans, 40 brèches ont été recensées sur le système SE 2 ou sur le linéaire de la rivière.

3.3 Mouvements de terrain

Aucun mouvement de terrain n'a été recensé par le BRGM au droit de la zone de l'endiguement étudié.

4 DEGRADATIONS SUBIES PAR L'OUVRAGE ET AMELIORATIONS APORTEES

4.1 2014-2016

Le présent chapitre fait le bilan des dégradations subies par l'ouvrage et des améliorations apportées. Il est basé sur le rapport de surveillance de l'aménagement [DA15], les travaux en cours réalisés sur le projet Leysse Hyères, les visites réalisées postérieurement aux VTA lors d'entretien courant.

Les points de dégradations ainsi que les travaux réalisés sur l'ouvrage sont présentés dans le Tableau 16.

Lieu	Désordres	Maintenance spécifique ou travaux réalisés	Suivi des actions
SE2.1	Végétation, Raideur des pentes Passage étroit en crête Erosion externe	<u>2014-2016</u> Déboisement des sujets penchés pour éviter les risques de chablis ; Débroussaillage. <u>2017 :</u> Travaux de reprise du talus amont	Réalisé Prévu dans le cadre des travaux Leysse-Hyères
SE2.2 amont	Végétation très dense, pentes raides, EISH, ouvrage longitudinal	<u>2014 à 2017 :</u> Travaux Leysse Hyères. Remodelant complètement la berge	En cours.
SE2.2 aval	Végétation très dense, pentes raides, ouvrage longitudinal	<u>2014-2016 :</u> Déboisement des sujets penchés pour éviter les risques de chablis Débroussaillage <u>2016-2017 :</u> AVP de confortement	Réalisé Phase de finalisation
SE2.3	Végétation herbacée, trace d'animaux fouisseurs.	<u>2014-2016 :</u> Débroussaillage	Réalisé

Tableau 16 : Dégradations et interventions recensées sur l'ouvrage

Le détail de réalisation des travaux du projet Leysse-Hyères est présenté dans le paragraphe 1.1.3.

4.2 Antérieurement à 2014

Une étude historique a été menée en 2015 pour rechercher toutes les crues historiques et les dégâts ayant affectés les endiguements [DA9].

40 ruptures ou dommages importants ont été répertoriés sur le système d'endiguement SE2 depuis leur première réalisation. Ces ruptures ou dégâts ont été réparés car aucune brèche n'est actuellement visible sur les endiguements. On retiendra les principales modifications suivantes détaillées par sous-système :

SE 2.1

- XVIIIème siècle - Pas d'endigements durable avant le XVIIIe siècle en aval de Chambéry.
- 1843 et années suivantes - Travaux d'endiguement de la rive droite de la Leysse entre la Boisse et Pont Rouge (digues en terre).
- 1863 - La Leysse est endiguée sur la rive droite depuis l'origine du syndicat jusqu'au dernier pont avant son embouchure.
- 1950-1952 - Curage de la Leysse et consolidation des digues en aval de la confluence avec l'Hyères. Aboutissement d'un demi-siècle de projets sans suite.
- Années 1980 – Construction de la VRU et modification associées.

SE 2.2

- XVIIIème siècle - Pas d'endigements durable en aval de Chambéry.
- 1826 – Etablissement d'une digue-route rive droite au droit de Cheminet jusqu'en amont de Villarcher.
- 1843-1847 - Endiguement partiel dans les plaines de Bissy, la Motte, Voglans, jusqu'au Bourget. Digue en terre continue depuis la confluence de l'Hyères jusqu'à l'aval du pont du Tremblay. Le lit de la Leysse présente des sinuosités.
- 1853-1856 - Divers travaux de réparation, redressement et renforcement des digues en aval du pont de la Motte, notamment à la confluence du Nant-Bruyant.
- 1866-1870 - Endiguement général, avec rectifications du lit par endroits, marquant l'aboutissement de nombreux projets depuis 1795.
- 1875-1878 - Redressement du lit de la Leysse en aval du pont de la Motte et au droit de Villarcher.
- 1882, 1886 – Remblaiements et exhaussements des digues de la Leysse en amont de Villarcher.
- 1899 - Démarrage des travaux d'exhaussement et de renforcement de la digue rive droite en amont de Villarcher.
- Début 20ème siècle - Curage du lit.
- 1906-1909 - Reconstructions partielles des digues avec rehaussement.
- 1941-1943 – Travaux localisés de curage au droit de Villarcher.
- 1950-1952 – Curage, consolidation des digues et redressement de certaines sections en aval de la confluence avec l'Hyères. Aboutissement de plusieurs projets sans suite depuis le début du XXe siècle.
- 1982-1985 - Travaux de confortation des berges réalisés par la SIAC entre le pont des Chèvres et le lac du Bourget. Certaines parties ont été renforcées avec des enrochements. Aménagement d'une piste d'entretien et de surveillance sur chaque digue de la Leysse, en aval de la confluence avec l'Hyères.
- 1990 - Curage du lit suite à la crue de février.

SE2.3

- 1933 - Construction de l'aérodrome dans la plaine du Bourget.
- 1952 – Curage général de la Leysse
- 1957 - Réparation de la digue rive droite de la base aérienne.
- 2005-2008 – Construction du bras de décharge

5 PRISE EN COMPTE DE L'ETUDE DE DANGERS

5.1 Cadre de l'étude

Conformément à l'article 7 de l'arrêté du 29 février 2008, la revue de sûreté prend en compte les conclusions de l'étude de dangers [DA13].

Conformément aux articles R 214-115 à R. 214-117 du code de l'environnement, à l'arrêté du 12 juin 2008 et à la circulaire du 16 avril 2010, définissant le plan de l'étude de dangers relatif à la sécurité et à la sûreté des digues de protection, C.N.R., pour le compte de Chambéry Métropole, a réalisé l'étude de dangers concernant l'ouvrage existant de l'endiguement SE2.

Ces ouvrages constituent le système de protection contre les inondations de Chambéry.

5.2 Zone protégée par l'endiguement SE 2

La zone protégée par le système SE2 a été définie par la DDT 73 en annexe de l'arrêté de classement des digues [DA4] à dire d'expert.

Le système SE2 comprend 3 sous-systèmes (SE2.1, SE2.2 et SE2.3) et protège la plaine alluviale de la Leysse aval. Le linéaire total de ce système est de 8 km. Les débordements par-dessus les endiguements s'écoulent ensuite dans la plaine du Belle-Eau (appelée aussi plaine des Landiers). La plaine de Belle-Eau et le talweg naturel de la Leysse débouchent dans le lac du Bourget.

Le SE2 protège une surface de 6,44km², et une population d'environ 24 800 habitants (comptage des habitants suivant le décret 2015). Les principaux enjeux sont les zones d'activités et commerciales des Landiers situées sur les communes du Bourget-du-Lac, Chambéry, la Motte Servolex, Voglans et Viviers-du-Lac.

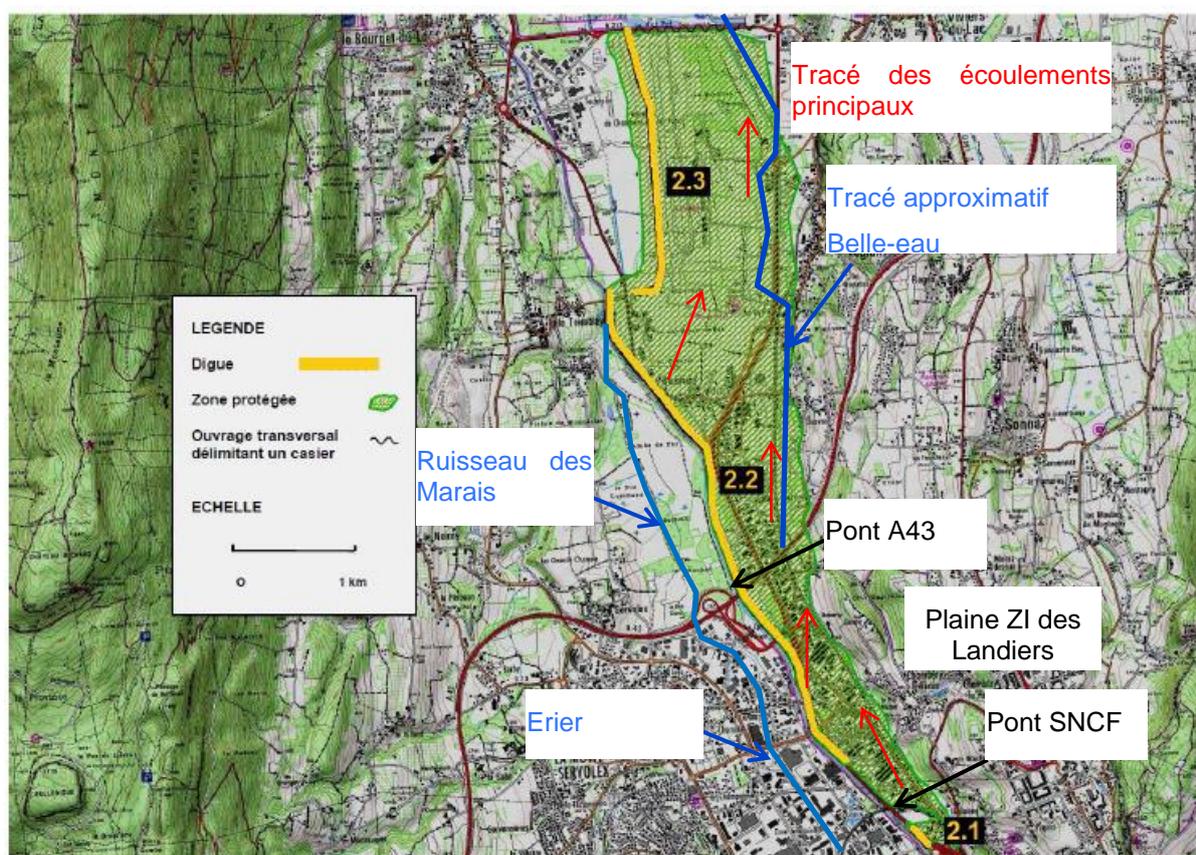


Figure 11 : Zone protégée et écoulements – SE 2

5.3 Niveaux réglementaires

5.3.1 Définitions

En crue, différents niveaux d'eaux sont identifiés réglementairement dans le décret 2015 :

- Niveau de protection : Situation jusqu'à laquelle aucune entrée d'eau n'est observée dans la zone protégée. Dans le cas des digues récentes, ce niveau de protection est équivalent au **débit de projet** ;
- Niveau de sûreté : Situation jusqu'à laquelle la probabilité de rupture de la digue est négligeable ;
- Niveau de danger : Situation au-delà de laquelle la rupture de l'ouvrage est quasi-certaine.

Suivant l'état de la digue et son état, l'ordre des niveaux précités évolue :

Cas 1 : Dans le cas des digues en mauvaise état, le niveau de protection apparent est supérieur au niveau de danger car les digues n'assurent plus leur fonction de retenue d'eau avant le début de déversement.

Cas 2 : Dans le cas de la mise en place d'un déversoir, le niveau de protection est inférieur au niveau de sûreté et danger.

Cas 3 : Dans le cas d'une digue sans déversoir et en bon état, le niveau de sûreté et de protection sont confondus.

Les profils en long suivants illustrent les trois cas :

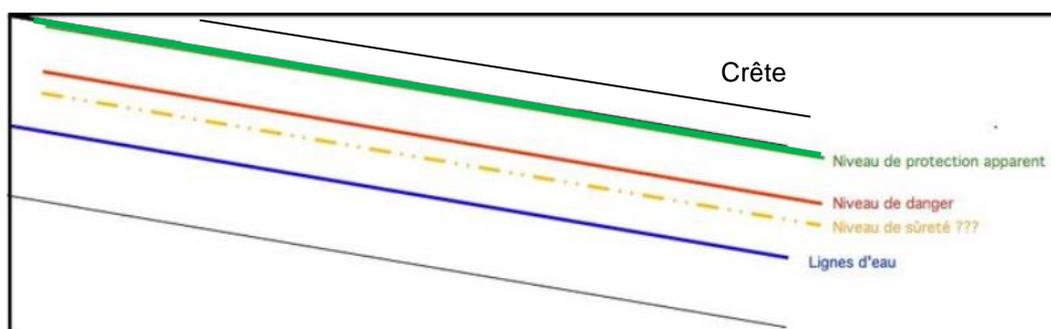


Figure 12 : Niveaux d'eau en crue – cas 1 d'une digue dégradée

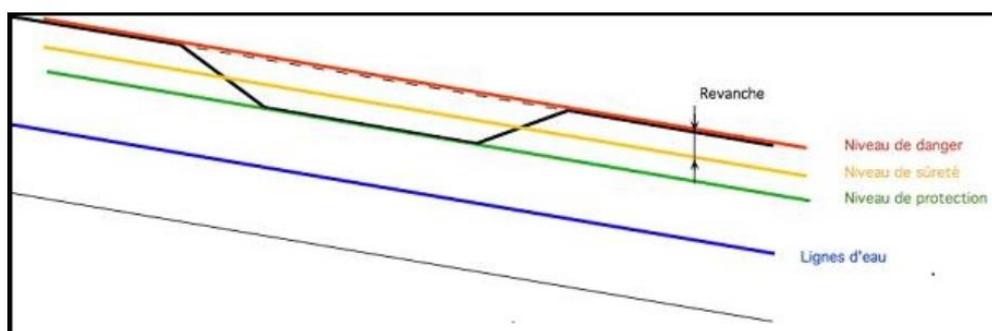


Figure 13 : Niveaux d'eau en crue – cas 2 d'une digue avec déversoir

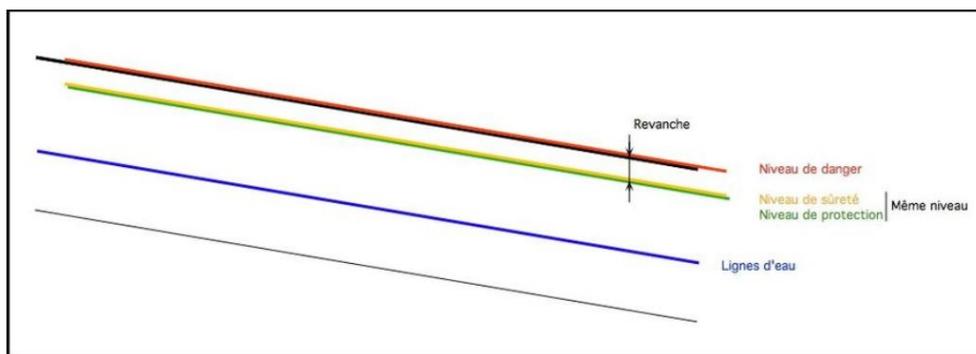


Figure 14 : Niveaux d'eau en crue – cas 3 d'une digue sans déversoir et en bon état

5.3.1 Cas du SE2

Le tableau suivant présente les niveaux de sûreté, protection (ou protection apparent pour le cas des digues dégradées) et niveau de danger conformément aux nouvelles recommandations du décret 2015.

Digue	Etat de la digue	Niveau de sûreté	Niveau de protection ou Niveau de protection apparent	Niveau de danger
SE 2.1	Digue reconstruite ou confortée	Q100	Q100	Q200
SE2.2 amont	Digue reconstruite ou confortée	Q100	Q100	Q200
SE 2.2 en aval de l'A43	Digue dégradée	Q10	Q100	Q30
SE 2.2 aval	Digue dégradée	Q10	Q50	Q30
SE 2.3	Digue récente	Q100	Q100	Q200

Tableau 17 : Définitions des niveaux de sûreté danger et protection sur le secteur SE 2

Dans le cas des digues récentes, le niveau de protection est équivalent au niveau de sûreté. Il est associé à la Q100. Au-delà de Q200, le niveau de danger est atteint.

Il a été choisi de retenir un niveau de sûreté bien inférieur pour les digues anciennes, à savoir Q10. Au-delà de Q30, il est pris comme hypothèse qu'une brèche est susceptible de se créer sur le SE2.2 aval, comme ce fut le cas pour la crue de 1990.

Le niveau de protection apparent sur le secteur SE2.2 aval est autour de Q50 (débordement à Q60). Dans les faits, des risques de rupture apparaissent avant la crue centennale, d'où un niveau de danger inférieur.

5.4 Résultat de l'étude de dangers

5.4.1 ERC retenus

L'analyse de la stabilité des ouvrages du système SE 2 conclut sur leur instabilité à l'érosion interne, à l'érosion externe et aux glissements sur certaines portions pour des crues inférieures à la crue centennale. Parmi toutes les situations dangereuses à l'origine des deux accidents potentiels identifiés ou événements redoutés centraux (ERC) – rupture par brèche ou rupture par surverse - seules sept d'entre elles ont été retenues, les autres ayant été écartées du fait de leur faible probabilité d'occurrence. Elles sont réparties de la façon suivante :

- ERC1 - brèches : à l'origine de la rupture de la digue par brèche, six situations dangereuses ont été identifiées :
 - Une érosion externe du talus amont du fait de fortes vitesses en crue,
 - Un affouillement du fait des fortes vitesses en pied de talus,
 - La formation d'un conduit préférentiel des eaux par les racines,
 - Une fuite ou rupture d'une canalisation traversant le corps de la digue,
 - La formation d'un renard du fait d'une érosion interne (suffusion ou érosion de contact),
 - Un glissement du talus aval du fait d'une charge hydraulique importante ;
- ERC2 - surverse : à l'origine de la rupture par surverse, la situation dangereuse identifiée est :
 - Une crue supérieure à la crue de danger des ouvrages.

Ces situations ont été cotées afin d'évaluer leur criticité selon 2 critères :

- La probabilité d'occurrence initiale de l'évènement, associée à la crue à l'origine de la transformation de cette situation dangereuse en accident.
- La gravité des conséquences en considérant la cinétique et l'intensité de l'onde issues de la rupture de la digue.

A noter, que conformément au courrier de la DREAL reçu le 13 avril 2016, un ERC a été rajouté pour étudier la crue supérieure à la crue de danger.

- ERC3 – crue supérieure à la crue de danger.

Les ERC testés sont localisés aux points suivants :

- ERC brèche :
 - SE2.2 aval au niveau de Jean Lain PKL6.12 ;
 - SE2.2 aval au niveau du Rond-Point de Villarcher PKL5.05.
- ERC surverse :
 - SE2.2 aval au droit du PKL3.9.
- ERC crue supérieure à crue de danger.

De cette analyse, il ressort que 3 scénarios de risques, ERC brèche SE2.2 aval Jean Lain, ERC brèche SE2.2 Rond-point Villarcher et ERC surverse, sont jugés comme étant **inacceptables**.

5.4.2 Résultats des simulations

Cas de la rupture par brèche :

SE 2.2 aval - Jean Lain :

La probabilité de l'évènement est de 10^{-1} (crue de l'ordre de Q30 correspondant à la crue de 1990).

Les barrières de sécurités permettant de décaler l'évènement à 10^{-2} sont la surveillance en crue et l'intervention d'une entreprise de Travaux Public sachant qu'un stock de matériaux est à disposition. Ces deux barrières ont à elles-deux un indice de confiance de 1.

Les secteurs vulnérables sont la ZI des Landiers et la plaine du Belle Eau en aval de l'A43 en cas de rupture des endiguements. Des ERP sont touchés par l'inondation. Le nombre de personnes directement exposées à l'onde de submersion étant supérieur à 1 000, conduisant à une gravité de 5, et l'onde de submersion étant de faible intensité et la cinétique rapide, la criticité de ce scénario n'est pas acceptable.

La carte suivante présente un aperçu du scénario de propagation de l'onde et les contours de la zone inondée.

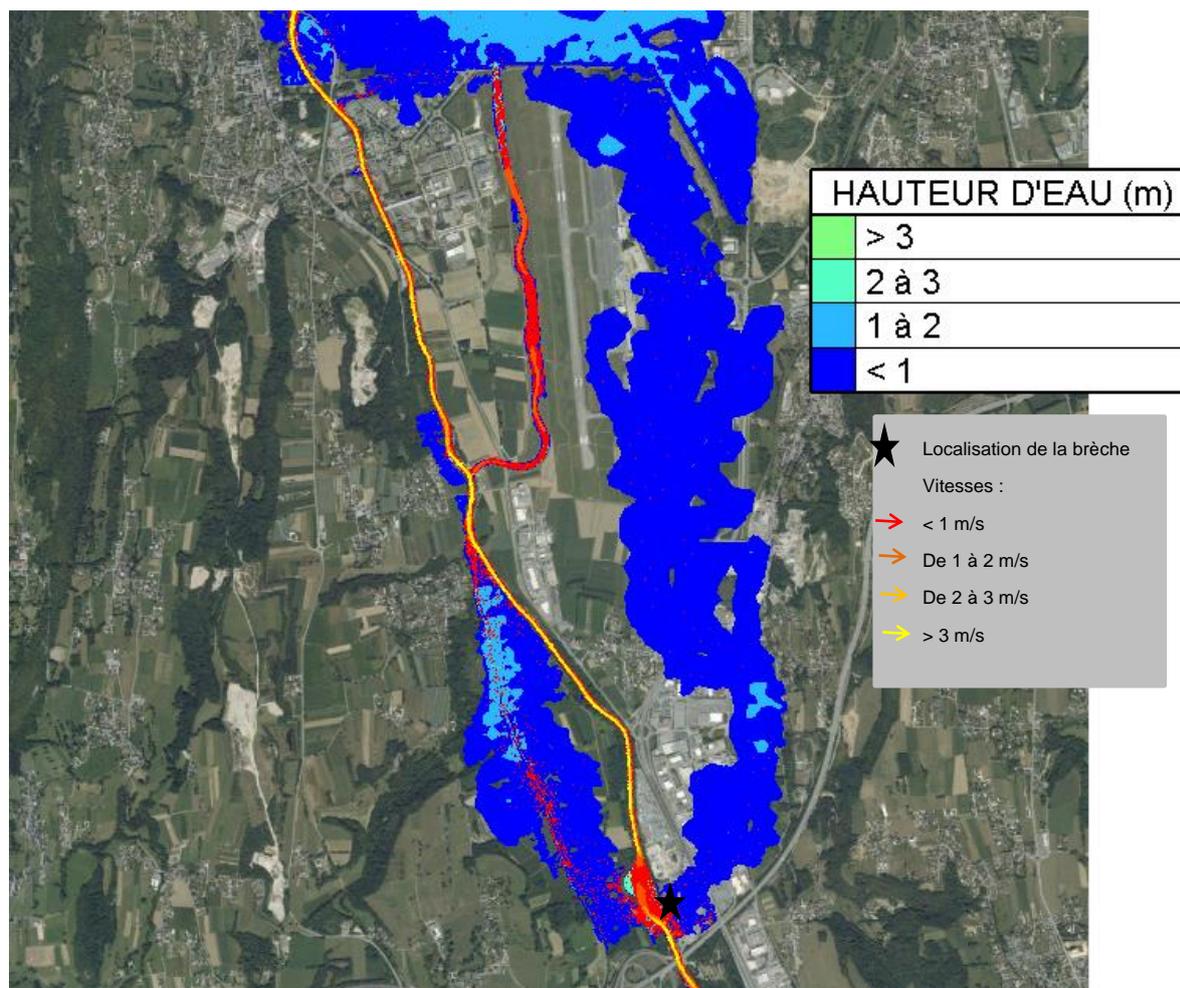


Figure 15 : Cartographie des écoulements – Rupture par brèche SE2. 2 aval Jean Lain – jour 2, 17h00

SE 2.2 aval – Rond-Point Villarcher :

La probabilité de l'évènement est de 10^{-1} (crue de l'ordre de Q30 correspondant à la crue de 1990).

Les barrières de sécurités permettant de décoter l'évènement à 10^{-2} sont la surveillance en crue et l'intervention d'une entreprise de Travaux Public sachant qu'un stock de matériaux est à disposition. Ces deux barrières ont à elles-deux un indice de confiance de 1.

Les secteurs vulnérables sont la ZI des Landiers et la plaine du Belle Eau en aval de l'A43 en cas de rupture des endiguements. Le nombre de personnes directement exposées à l'onde de submersion étant supérieur à 1 000, conduisant à une gravité de 5, l'onde de submersion étant de faible intensité et la cinétique rapide, la criticité de ce scénario n'est pas acceptable

La carte suivante présente un aperçu du scénario de propagation de l'onde et les contours de la zone inondée.

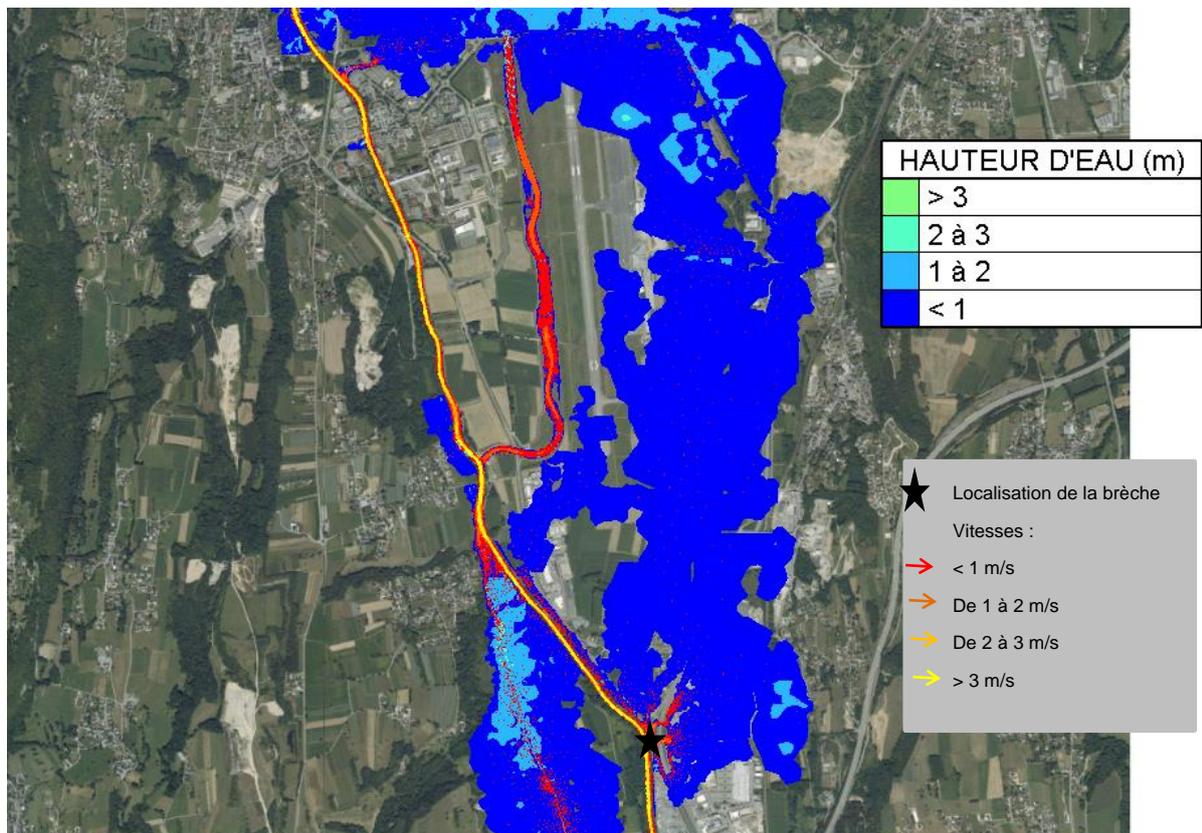


Figure 16 : Cartographie des écoulements – Rupture par brèche SE2.2 aval Rond-Point Villarcher – jour 2, 14h30

Cas de la rupture par surverse:

SE2.2 aval :

La probabilité de l'évènement est de 10^{-2} (crue de l'ordre de Q100).

Les secteurs vulnérables sont la ZI des Landiers et la plaine du Belle Eau en cas de rupture des endiguements. Le nombre de personnes directement exposées à l'onde de submersion étant supérieur à 1000, conduisant à une gravité de 5, l'onde de submersion étant de faible intensité et la cinétique rapide, la criticité de ce scénario n'est pas acceptable.

La plaine des Landier n'est pas inondée préalablement aux surverses par l'amont.

La carte suivante présente un aperçu du scénario de propagation de l'onde et les contours de la zone inondée.

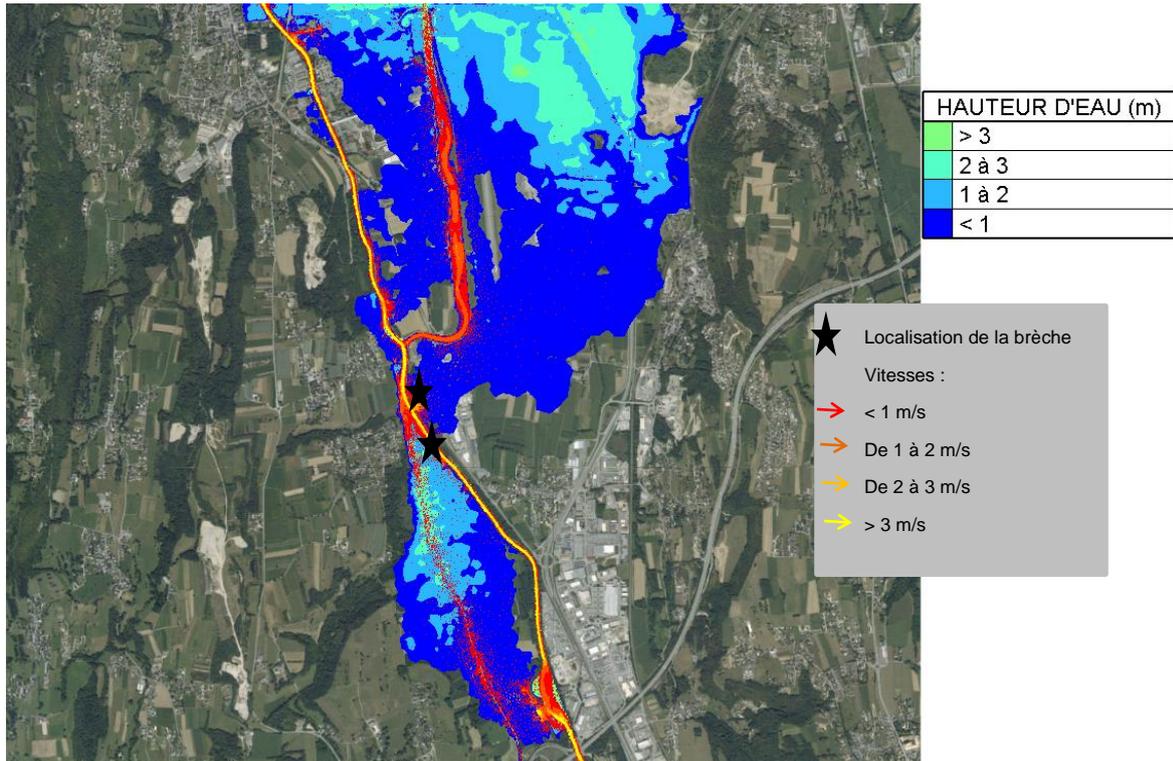


Figure 17 : Cartographie des écoulements – Rupture par surverse - Laysse – jour 2, 13h00

Cas de la rupture pour une crue supérieure à la crue de danger :

Le scénario de rupture pour une crue supérieure à la crue de danger doit être étudié dans le cadre des études de danger. Pour le système SE2, la période de retour de la crue de danger est variable suivant les tronçons (cf. Tableau 17). La crue de danger la plus faible sur l'ensemble des endiguements est la crue Q30 sur le SE 2.2 aval. La surverse apparaît à Q60 toujours sur le SE2.2 aval. Le scénario ERC surverse, réalisé pour une crue d'occurrence Q99, correspond donc au cas de rupture pour une crue supérieur à la crue de danger sur l'endiguement SE2.

5.4.3 Résultats des simulations

Le tableau suivant présente la criticité des ERC testés :

Criticité	Probabilité d'occurrence du scénario			
	Très peu probable (inférieur à 5.10 ⁻³)	Peu probable (entre 0.01 et 5.10 ⁻³ exclus)	Possible (entre 0.1 et 0.01 exclus)	Probable (supérieure à 0.1)
Probabilité limite	5.10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1
5		ERC breche SE 2.2 aval Jean Lain ERC breche SE 2.2 aval Villarcher	ERC surverse SE 2.2 aval	
4				
3				
2				
1				

Tableau 18 : Grille de criticité proposée – Classement des ERC testés

Ainsi les 3 scénarios testés sont de criticité inacceptable.

5.5 Bilan de la sûreté des endiguements (EDD)

A l'issue de cette analyse de risques, il peut être conclu que les ouvrages présentent un niveau de sécurité :

- SE 2.1 : acceptable ;
- SE 2.2 amont : acceptable ;
- SE 2.2 aval : non acceptable (digues anciennes);
- SE 2.3 : acceptable.

L'étude accidentologique, qui relève un nombre important de brèches lors des crues passées, confirme l'état de fragilité des digues de protection anciennes, fragilité structurelle mais aussi conjoncturelle du fait d'un manque d'entretien et d'une maintenance peu efficace, notamment avant 1990.

Les digues SE2.1, SE 2.2 amont et SE 2.3, récemment mises en place, présentent un bon niveau de sûreté par rapport à la grille de criticité proposée. Les barrières de sécurité prévues sont suffisantes pour maintenir un niveau de risque acceptable. L'entretien et la maintenance des endiguements et de leurs ouvrages annexes feront l'objet d'une vigilance particulière de la part du gestionnaire.

En revanche, sur le tronçon SE 2.2 aval, l'étude a révélé que le risque de rupture des ouvrages par surverse était non négligeable. Au vue des visites des sites et du retour d'expérience sur les ruptures de digues Chambériennes, le risque de rupture par brèche semble également fort. Des mesures seront donc à envisager sur ces autres secteurs et concerneront principalement :

1. Le confortement des ouvrages existants ;
2. L'uniformisation des niveaux de protection et de danger.

Un avant-projet est en cours de réalisation sur ces secteurs. Il permettra de préciser les solutions techniques à envisager et présentera une estimation du coût de réalisation.

5.6 Conformité des conclusions avec les documents de référence

Les VTA faisaient principalement ressortir les risques de glissement et une végétation très abondante. L'étude de danger, en s'appuyant sur le diagnostic de sûreté, précise que les désordres observés engendrent des criticités inacceptables. Les documents sont conformes les uns par rapport aux autres.

6 SURVEILLANCE

6.1 Rappel du bilan de sûreté

Le comportement général de la digue de l'endiguement du SE 2 est variable suivant les sous-tronçons.

- SE 2.1 : ce tronçon nécessite un entretien de la végétation et une reprise du talus amont pour résister aux érosions externe. Ceci sera réalisé lors des travaux du projet Leysse Hyères en 2017 ;
- SE 2.2 amont : en considérant les travaux réalisés, le niveau de sûreté de l'aménagement est bon ;
- SE 2.2 aval : En l'état le niveau de sûreté de l'aménagement est très bas. Des travaux de reprises paraissent nécessaires si le maître d'ouvrage souhaite uniformiser les niveaux de protection, danger et sûreté sur l'ensemble de l'endiguement. Un avant-projet réalisé par CNR pour le compte de Chambéry Métropole est en cours pour dimensionner les solutions les plus adéquates ;
- SE 2.3 : Ce système présente un bon niveau de sûreté actuellement.

6.2 Périodicité des visites

La surveillance de l'ouvrage repose à la fois sur les inspections périodiques, avec des tournées d'inspection visuelle régulières du gestionnaire et des visites techniques approfondies tous les 5 ans.

La consigne de surveillance de l'endiguement SE 2 est décrite dans un document général et un autre document propre au système d'endiguement [DA11]. En particulier, elle indique la fréquence des différentes interventions rappelées dans les tableaux suivants.

Type de visite	Contrôles de l'état général des ouvrages	Périodicité	Intervenant sur site	Analyse validation /	restitution
Tournées périodiques du gestionnaire	Constat d'éventuelles anomalies lors des tournées périodiques du gestionnaire.	Annuelle ⁽¹⁾	Agent brigade	Technicien (analyse)	Constat
Tournées périodiques spécifiques pour évènement particulier ⁽²⁾ ou incident ⁽²⁾	Contrôle visuel dans le cadre du suivi de l'évènement 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 brigade	Technicien (analyse)	Constat Eventuellement suivi via une fiche terrain (cf. annexe des consignes par système)
VTA	Voir la consigne générale pour description du parcours	Annuelle	Gestionnaire ou bureau d'étude extérieur	Technicien et directeur (analyse)	Compte-rendu de VTA
Visite spécifique à suite à évènement particulier ou exceptionnel (crue, séisme, autre évènement)	Les actions sont décidées en fonction de la gravité de la situation.	Définie pour chaque évènement de manière à assurer la continuité et la sûreté des ouvrages	Gestionnaire ou bureau d'étude extérieur	Technicien et directeur	Rapport d'évènement particulier ou rapport de crue

Tableau 19 : Périodicité des tournées

6.3 Description du dispositif de surveillance

Le dispositif de surveillance est basé sur :

- les relevés des échelles. Actuellement aucune échelle n'est mise en place. A l'issu des résultats de l'étude de danger, les échelles seront mises en place ;
- le repérage des désordres à partir des bornes. Un système de bornage a été mis en place par Chambéry Métropole sur l'ensemble du linéaire d'étude. Ce système est constitué de spit en bordure de la piste cyclable ou sur les zones enrobées et bornes types féno ailleurs.
- les visites de site.

Les visites de site consistent principalement en des :

- Tournées périodiques du gestionnaire ;
- Tournées périodiques spécifiques pour évènement particulier ou incident ;
- VTA ;
- Tournées spécifiques suite à évènement particulier ou exceptionnel (crue, séisme, autre évènement).

Lors des visites sur les endiguements, les points suivants sont examinés :

- La bonne tenue générale de l'ouvrage,
- La stabilité des protections, vérifier la présence d'érosion, d'affouillement, etc...,
- Le contrôle des ouvrages annexes.

Suite à un évènement particulier type crue, les points suivants sont recherchés avec attention :

- Présence de fontis/affaissement ;
- Trace de ravinement sur le talus aval ;
- Fosses d'érosions (état de la protection hydraulique) ;
- Etc.

Les fiches de surveillance en crue de l'endiguement SE2 sont présentées en annexe du [DA11].

6.4 Recommandations en termes de surveillance

Afin de garantir une **surveillance** optimale de l'endiguement SE 2.2, les recommandations ci-dessous sont formulées :

- Poursuivre les visites périodiques du gestionnaire prévues dans la consigne de surveillance ;
- Poursuivre, les actions d'entretien afin de faciliter les inspections ;
- Engager la mise en place du système des systèmes d'échelles ;
- Réaliser un contrôle altimétrique de la crête de digue en cas de constat de désordres en tête.

7 NIVEAU DE SURETE DE L'ENDIGUEMENT ET PROPOSITIONS DE PLAN D' ACTIONS

7.1 Conclusion

Les examens récents du génie civil de l'endiguement du SE2 ont mis en évidence des désordres importants sur le système SE2.2 aval. Un risque d'érosion externe et des risques d'instabilité dû à la végétation sont possibles sur le SE2.1.

Des interventions importantes de réfection de digue ont été menées par Chambéry Métropole sur le système SE2.2 amont. Ces actions sont bénéfiques puisqu'elles permettent d'assurer la protection de la plaine jusqu'à Q100 et fixe la crue de danger à Q200.

Sur le SE2.3, les opérations d'entretien menées sont suffisantes pour maintenir un niveau de sûreté acceptable.

D'une manière plus générale, sur les digues en terre, les interventions relèvent de l'entretien courant : déboisement et découpe des arbres présentant des risques de chablis en crue et visites de contrôle. Des opérations de dessouchages devraient être prévues dans le cas de zone à trop forte végétation.

Au vu de l'analyse des documents de référence et en intégrant la maintenance des zones précitées, le comportement général de l'endiguement du SE2 ne paraît pas satisfaisant.

7.2 Principales recommandations d'actions et échéancier

En résumé, les principaux désordres observés sur les ouvrages sont :

- Végétation importante (SE 2.1 actuel, SE2.2 aval) ;
- Talus raides et glissement potentiel (SE 2.1 actuel, SE2.2 aval) ;

Les principales recommandations d'actions relatives au génie civil des ouvrages, assorties de leur échéancier, sont listées ci-dessous :

Dispositif d'auscultation :

- Mise en place des échelles limnimétriques, et suivi en crue ;
- Poursuivre les visites périodiques de l'exploitant prévues dans la consigne de surveillance en apportant une attention particulière aux points cités précédemment ;
- Poursuivre les actions d'entretien afin de faciliter les inspections.

En cas d'évènements spécifiques ou désordres :

- Poursuivre les visites spécifiques ;
- Réaliser un contrôle altimétrique de la crête de digue en cas de constat de désordres prononcés en tête.

Travaux complémentaires :

- Court terme :
 - Travaux de confortement du talus amont et traitement de la végétation sur le SE 2.1 ;
- Moyen terme
 - Poursuivre la réflexion sur le confortement du SE2.2 aval dans le but d'augmenter le niveau de sûreté des ouvrages et ainsi rendre le risque acceptable.

8 CONCLUSION GENERALE SUR LE NIVEAU DE SURETE DE L'ENDIGUEMENT

Depuis sa mise en place au 19^{ème} siècle, l'endiguement a été confronté à des crues importantes et à maintes reprises, l'endiguement n'a pas su résister à ces événements puisqu'un nombre important de ruptures a été observé.

L'entretien de la végétation sur les endiguements n'était pas réalisé de manière systématique jusque dans les années 2000, ce qui explique en grande partie l'état de dégradation des ouvrages.

La reprise d'une partie importante du linéaire par des travaux de confortement dans le cadre du projet Leysse-Hyères permet de redonner au SE2.2 amont un niveau de sécurité à Q100 en crue de protection et Q200 en crue de danger.

Cependant l'état des digues des autres sous-tronçons ne permet pas de respecter le niveau de protection à Q100 et le niveau de danger à Q200 sur l'ensemble de l'endiguement.

Compte tenu de ce qui précède, la sécurité de l'endiguement SE2 assez variable suivant les tronçons. Les actions suivantes sont recommandées :

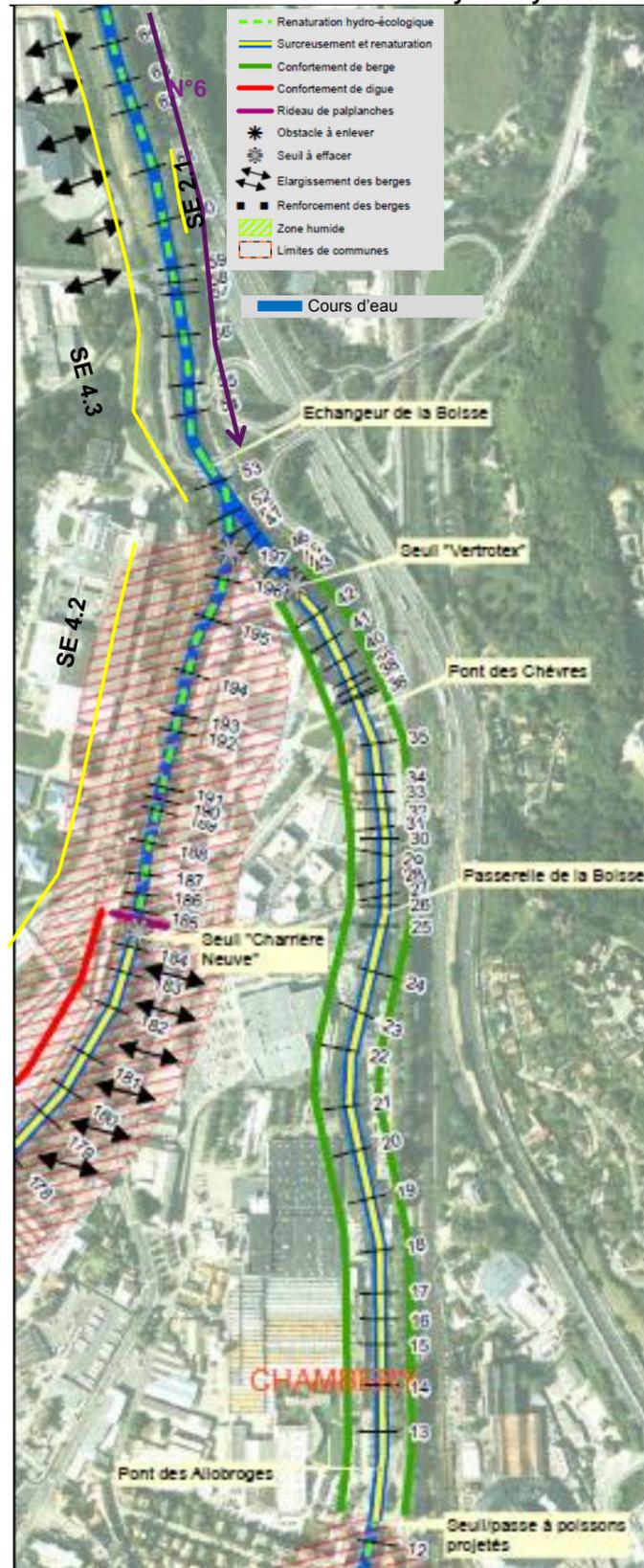
- Poursuivre les visites périodiques du gestionnaire prévues dans la consigne de surveillance ;
- Poursuivre les actions d'entretien afin de faciliter les inspections ;
- Engager la mise en place du système des systèmes d'échelles ;
- Poursuivre les travaux Leysse-Hyères programmés en 2017 sur le secteur SE2.1 ;
- Poursuivre la réflexion sur le confortement du SE2.2 aval dans le but d'augmenter le niveau de sûreté des ouvrages et ainsi rendre le risque acceptable.
- Réaliser un contrôle altimétrique de la crête de digue en cas de constat de désordres en tête.

9 Annexes

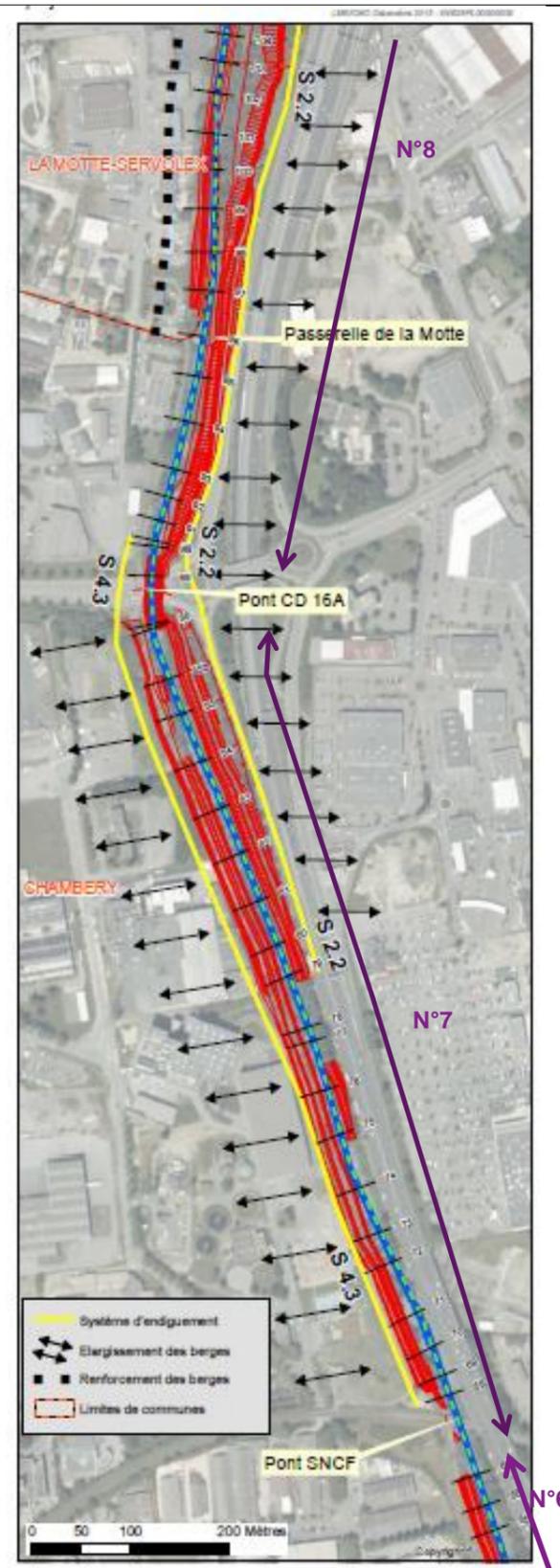
Annexe 1 : Localisation des travaux Leysse-Hyères

Annexe 2 : Localisation des désordres et des risques d'instabilité (hors SE2.2 amont en cours de travaux)

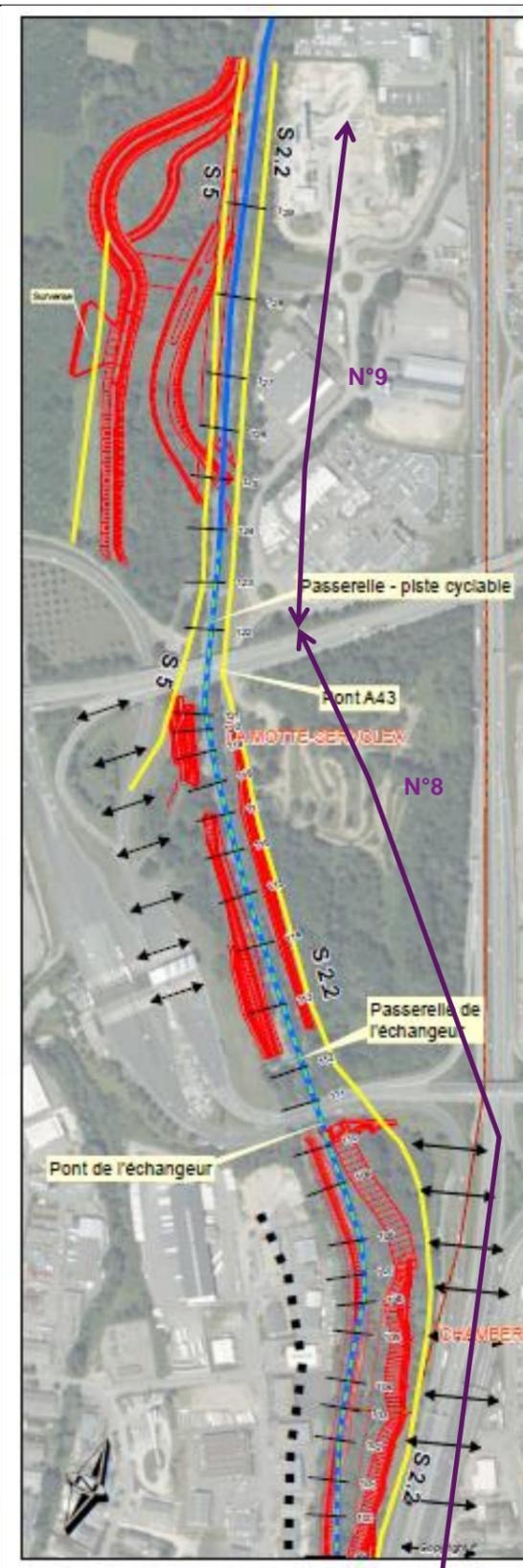
Annexe 1 : Localisation des travaux Leysse-Hyères



Pont des Chèvre jusqu'au pont SNCF



Pont SNCF jusqu'à Passerelle de la Motte



Passerelle de la Motte à Aval de l'A43

Annexe 2 :

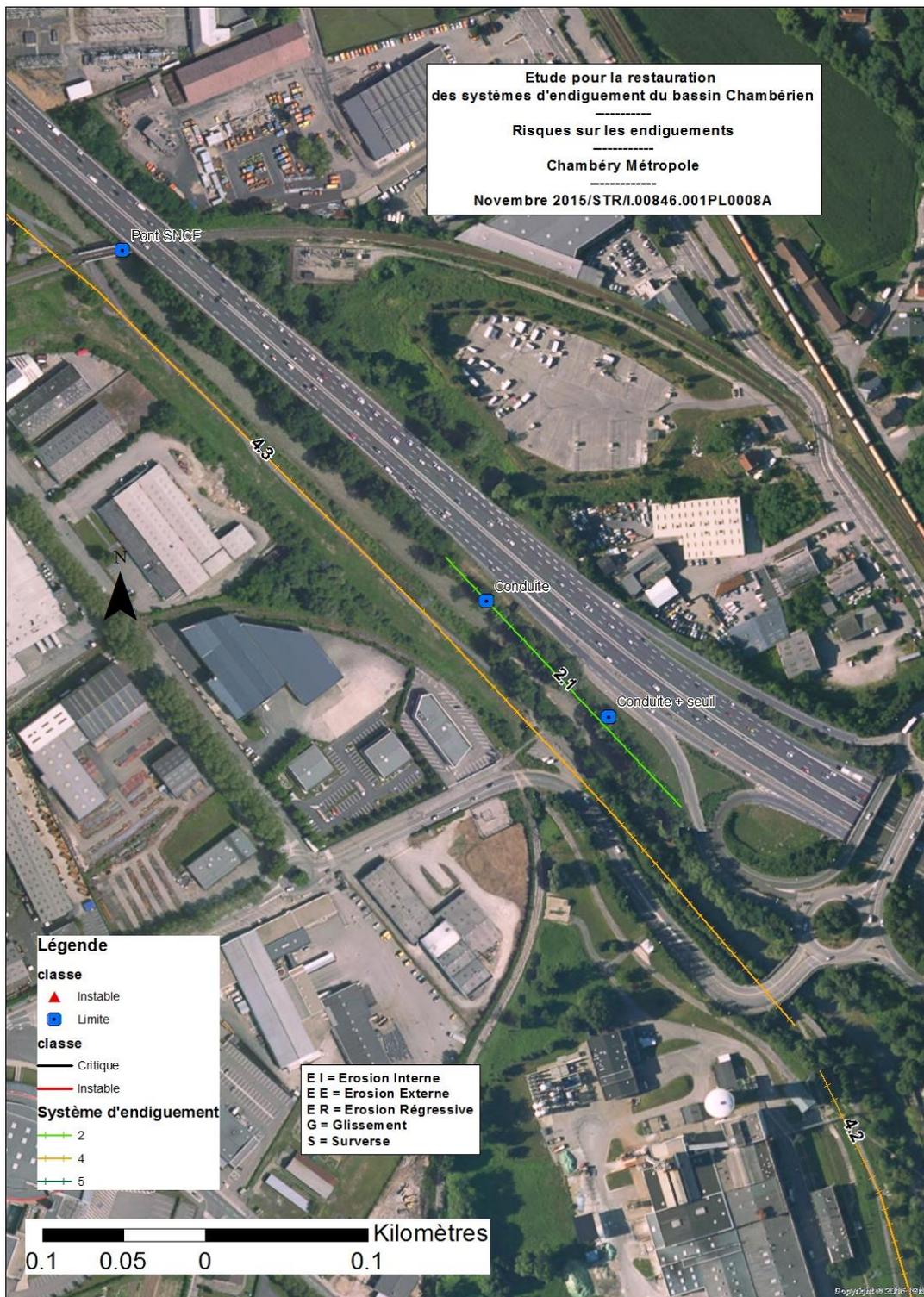


Figure 18 : Synthèse des Potentiels de danger – SE 2.1

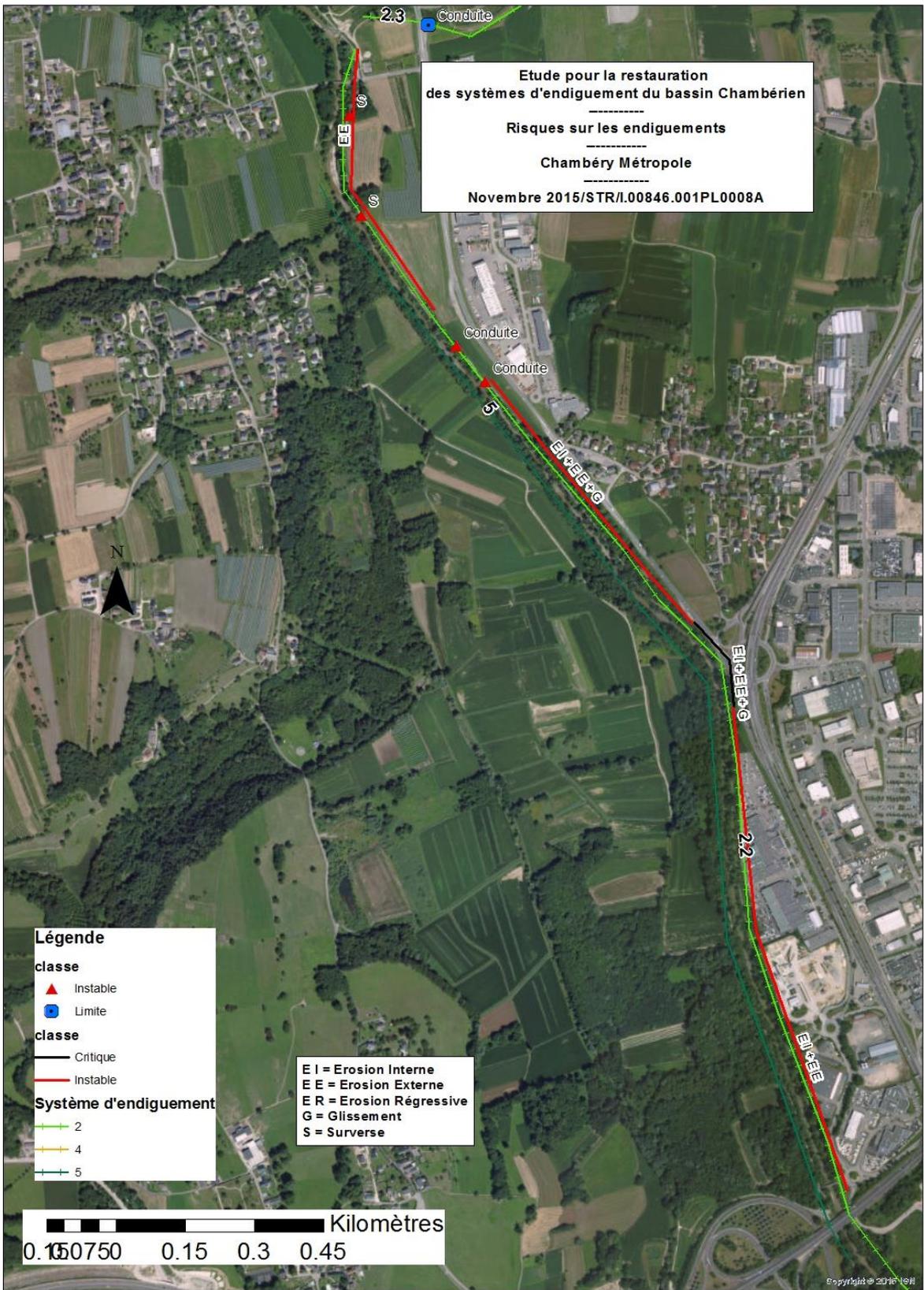


Figure 19 : Synthèse des Potentiels de danger – SE 2.2 aval



Figure 20 : Synthèse des Potentiels de danger – SE 2.3