



Comité Intercommunautaire pour l'assainissement du lac du Bourget

Programme d'actions de prévention des inondations (PAPI) Bassin versant du lac du Bourget

Annexe 4a

Analyse coût bénéfice (ACB) du projet de l'Hyères



Crue du Sierroz le 16 juin 2016
(Aix-les-Bains)



Crue de la Leysse le 4 janvier 2018
(La Motte-Servolex)



Crue de l'Hyères le 14 février 1990
(Chambéry)



Mission de Maîtrise d'Œuvre pour les travaux de confortement des digues et de restauration écologique de l'Hyères

Analyse Coûts-Bénéfices des projets d'aménagement



Hyères en amont de la confluence avec la Leysse – photographie CNR ©

Affaire suivie par :

 Responsable d'affaire : Gurvan PEDEN Chargé d'étude : Hippolyte GRANADOS	 Responsables d'affaire : Yoann LAFFONT/ Sophie TROSSAT Chargé d'étude : Luc DURON	 Responsable d'affaire : Florent PEZET
--	--	---

Version	Date	Rédaction	Validation	Commentaire
A	15/02/2021	SEPIA : HG CNR : LD	SEPIA : GP CNR : ST	Première version sans analyse d'incertitude des résultats
B	16/02/2021	SEPIA : HG CNR : LD	SEPIA : GP CNR : ST	Rapport complet

SEPIA CONSEILS

Siège : 53, rue de Turbigo-75003 PARIS France

Agence Chambéry : 19 rue du Lac Saint-André, BP503 – Savoie Technolac, 73370 LE-BOURGET-DU-LAC

☎ : +33 1 53 01 92 95 ○ fax : +33 1 42 71 85 24 ○ e-mail : sepia@sepia-uw.fr ○ <http://www.sepia-uw.fr>

S.A.S. au capital de 50 000€ - R.C.S. Paris B 382 310 761 - APE 742C ○ Siret 382 310 761 00038 ○ N°Identification TVA : FR27382310761

Table des matières

LISTE DES FIGURES	6
LISTE DES TABLEAUX.....	6
LISTE DES ANNEXES.....	7
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	8
1.1. Contexte	8
1.2. Objectifs	8
1.3. Guide méthodologique suivi	8
2. ETAT INITIAL DES OUVRAGES ET AMENAGEMENTS ENVISAGES	9
2.1. Localisation du secteur concerné par les aménagements	9
2.2. Ouvrages de protection existants	10
2.2.1. Généralités	10
2.2.2. Système d'endiguement SE3.3 (rive droite).....	12
2.2.3. Système d'endiguement SE4 (rive gauche).....	12
2.3. Projet d'aménagement envisagé par le CISALB	12
2.3.1. Principe des aménagements retenus.....	12
2.3.2. Description des aménagements retenus	14
2.3.3. Aménagements concernés par l'ACB	15
3. PERIMETRE RETENU POUR L'ANALYSE SOCIOECONOMIQUE DU PROJET	16
3.1. Périmètre impacté par les aménagements prévus	16
3.2. Organisation générale de l'occupation du périmètre d'étude	19
4. CARACTERISATION DES ALEAS.....	20
4.1. Scénarios d'inondation étudiés.....	20
4.1.1. Crue des premiers dommages	20
4.1.2. Scénarios d'inondation modélisés	20
4.1.3. Hypothèses liées aux probabilités de rupture des ouvrages	21
4.2. Modélisation hydraulique.....	24
4.2.1. Modèle hydraulique	24
4.2.2. Dynamique de rupture	25

4.3.	Résultats.....	26
5.	EVALUATION DES COUTS DU PROJET	27
5.1.	Coûts initiaux.....	27
5.1.1.	Coûts d'investissement	27
5.1.2.	Coûts environnementaux.....	27
5.1.3.	Bilan des coûts initiaux.....	27
5.2.	Coûts annuels différés	28
5.2.1.	Coûts d'entretien	28
5.2.2.	Coûts de réparation	29
5.2.3.	Bilan des coûts annuels différés.....	30
5.3.	Bilan des coûts associés à chaque scénario d'aménagements.....	30
6.	CARACTERISATION DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE	31
6.1.	Catégories d'enjeux étudiés.....	31
6.2.	Caractérisation des enjeux.....	31
7.	CARACTERISATION DE LA VULNERABILITE DU TERRITOIRE AVANT ET APRES REALISATION DU PROJET	32
7.1.	Généralités sur le calcul des dommages.....	32
7.2.	Domages aux logements et nombre d'habitants dans les logements exposés	33
7.2.1.	Méthodologie spécifique pour le calcul des dommages et l'estimation du nombre d'habitants exposés 33	
7.2.2.	Résultats.....	33
7.3.	Domages aux entreprises et nombre d'emplois dans les entreprises exposées	34
7.3.1.	Méthodologie spécifique pour le calcul des dommages.....	34
7.3.2.	Résultats.....	34
7.4.	Domages aux établissements et équipements publics	35
7.4.1.	Méthodologie spécifique pour le calcul des dommages.....	35
7.4.2.	Résultats.....	35
7.5.	Domages aux parcelles agricoles	36
7.6.	Bilan	36
7.7.	Analyse critique des résultats	37
7.7.1.	Situation dégradée	37
7.7.2.	Situation aménagée	39
8.	ANALYSE COUTS-BENEFICES DES SCENARIOS D'AMENAGEMENT.....	40

8.1. Hypothèses et méthodologie de calcul	40
8.1.1. Horizon temporel de l'analyse et taux d'actualisation appliqué.....	40
8.1.2. Scénario de référence considéré pour l'analyse des projets	40
8.2. Résultats de l'analyse coûts-bénéfices	42
8.3. Analyse d'incertitude des résultats	44
8.4. Conclusion	44

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du tronçon de l'Hyères concerné par les aménagements.....	9
Figure 2 : Photographies des systèmes d'endiguement actuels (source CNR) En haut : Seuil de Charrière Neuve (vue vers l'amont) - En bas: Vue sur le lit et ses abords au droit du cimetière (vue vers l'aval).....	10
Figure 3 : Localisation des tronçons de digues concernés par l'étude des systèmes d'endiguements de l'Hyères	11
Figure 4 : Décomposition en tronçons des aménagement projetés.....	13
Figure 5 : Périmètre d'étude retenu pour l'analyse coûts-bénéfices du projet d'aménagement et zone inondable pour la crue centennale de l'Hyères (avec rupture d'ouvrages) à l'intérieur du périmètre d'étude.....	16
Figure 6 : Périmètre de l'ACB et zone exposée aux inondations de l'Hyères non concernées par les aménagements	17
Figure 7 : Localisation des principales zones de concentration d'enjeux dans le territoire d'étude	19
Figure 8 : Localisation des brèches modélisées	22
Figure 9: Vue en plan du modèle hydraulique.....	24
Figure 10 : Représentation schématique du scénario conforté et du scénario de référence (SEPIA Conseils)	41

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principe du projet d'aménagement de l'Hyères.....	13
Tableau 2 : Comparaison des aléas causés par la surverse en rive gauche en état actuel et aménagé	18
Tableau 3 : Bilan des hypothèses liées aux ruptures d'ouvrages.....	23
Tableau 4 : Bilan des scénarios modélisés et exploités dans l'ACB.....	26
Tableau 5: Coûts initiaux associés au projet d'aménagement (montants hors taxe)	28
Tableau 6 : Tableau de synthèse des ratios linéaires de coûts d'investissement, entretien et gestion proposés par le guide <i>Coûts de protections contre les inondations fluviales</i> , CEREMA 2018.....	28
Tableau 7: Coûts annuels différés associés à l'état initial et à chaque projet d'aménagement (montants hors taxes).....	30
Tableau 8 : Comparaison des coûts associés à l'état initial et à l'état aménagé (montants hors taxes)	30
Tableau 9 : Logements exposés et montant des dommages calculés pour chaque scénario de crue étudié	33
Tableau 10 : Entreprises exposées et montant des dommages calculés pour chaque scénario de crue étudié (dommages donnés en € HT de l'année 2020 et arrondis à 10 k€ près).....	34
Tableau 11 : Fonction de dommage spécifique appliquée à l'UDEP de Chambéry.....	35
Tableau 12 : Etablissements publics et ERP exposés et montant des dommages calculés pour chaque scénario de crue étudié (dommages donnés en € HT de l'année 2020 et arrondis à 10 k€ près)	35
Tableau 13 : Tableau de synthèse des résultats des calculs de dommages et des recensement d'habitant et emplois.....	36
Tableau 14 : Dommages Moyens Annuels en situation dégradée et confortée, en rive gauche et rive droite de l'Hyères (€ 2020 HT).....	36
Tableau 15 : Indicateurs synthétiques liés aux dommages évités grâce aux aménagements	42
Tableau 16 : Indicateurs synthétiques liés aux enjeux protégés par les aménagements	42
Tableau 17 : Détail des scénarios testés et des résultats des analyses d'incertitude	44

Liste des annexes

Annexe 1 : Cartographie des aléas inondation issue des modélisations

Annexe 2 : Cartographie des enjeux exposés aux inondations dans le périmètre d'étude

Annexe 3 : Tableau détaillé des résultats des calculs de dommages et du dénombrement des habitants et emplois exposés

Annexe 4 : Note de calcul relative aux calcul des coûts et dommages moyens annuels dans la situation de référence de l'ACB

Annexe 5 : tableau détaillé de calcul des indicateurs synthétiques financiers

Annexe 6 : Tableau détaillé de calcul des indicateurs synthétiques liés aux enjeux protégés

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Contexte

Depuis 2005, l'agglomération de Grand Chambéry a initié un ambitieux programme de travaux de protection contre les inondations qui s'est traduit par des travaux sur la Leysse et l'Albanne au centre-ville de Chambéry de part et d'autre de leur confluence, la réalisation du bras de décharge de la Leysse et l'aménagement de Leysse depuis le pont des Allobroges jusqu'à l'aval de l'A41 (travaux dits confluence Leysse/Hyères).

Le CISALB est actuellement en cours d'élaboration d'un dossier PAPI à l'échelle de l'ensemble du bassin versant du lac du Bourget. Un des aménagements principaux de l'axe 6 du programme d'actions consiste à poursuivre ces travaux sur l'Hyères entre l'amont du pont d'Hyères et la confluence avec la Leysse (système d'endiguement n°4-1), avec pour double objectif d'assurer la protection des personnes et des biens contre les débordements et ruptures de digues (pour la crue centennale du PPRi), ainsi que la restauration écologique de l'Hyères.

1.2. Objectifs

Cette étude d'inscrit dans la mission de maîtrise d'œuvre pour la définition des travaux.

Elle vise à répondre au cahier des charges PAPI 3 en effectuant une Analyse Coûts-Bénéfices complète du programme de travaux envisagés.

1.3. Guide méthodologique suivi

La méthodologie appliquée dans le cadre de cette étude s'appuie largement sur celle décrite dans la nouvelle version du « Guide méthodologique pour Analyses Multicritères des projets de prévention des inondations » publiée par le Commissariat général au Développement Durable (CGDD)¹ au printemps 2018.

Remarque : La méthodologie retenue dans cette étude a été fixée en cohérence avec celle de l'étude d'Analyse Multicritères du programme de travaux envisagé sur la Leysse aval. Dans le cadre de cette étude, l'ensemble des hypothèses avaient été largement détaillées dans une note validée par le CISALB et présentée pour validation à la DREAL en juin 2020.

¹ Dans la suite de ce rapport, ce guide sera désigné comme le « guide méthodologique AMC 2018 » ou « guide AMC ».

2. Etat initial des ouvrages et aménagements envisagés

2.1. Localisation du secteur concerné par les aménagements

Le secteur concerné par le projet d'aménagement porte sur un linéaire de 1.9 km, à partir de 600m en amont du pont d'Hyères (PKH1.9) à l'amont et jusqu'à la confluence avec la Leysse (PKH0) à l'aval. Ce tronçon se situe sur les communes de Cognin et Chambéry (73).

En amont du projet d'étude, l'Hyères reçoit un affluent, le Nant Forézan, qui conflue en rive gauche au PKH2.2.

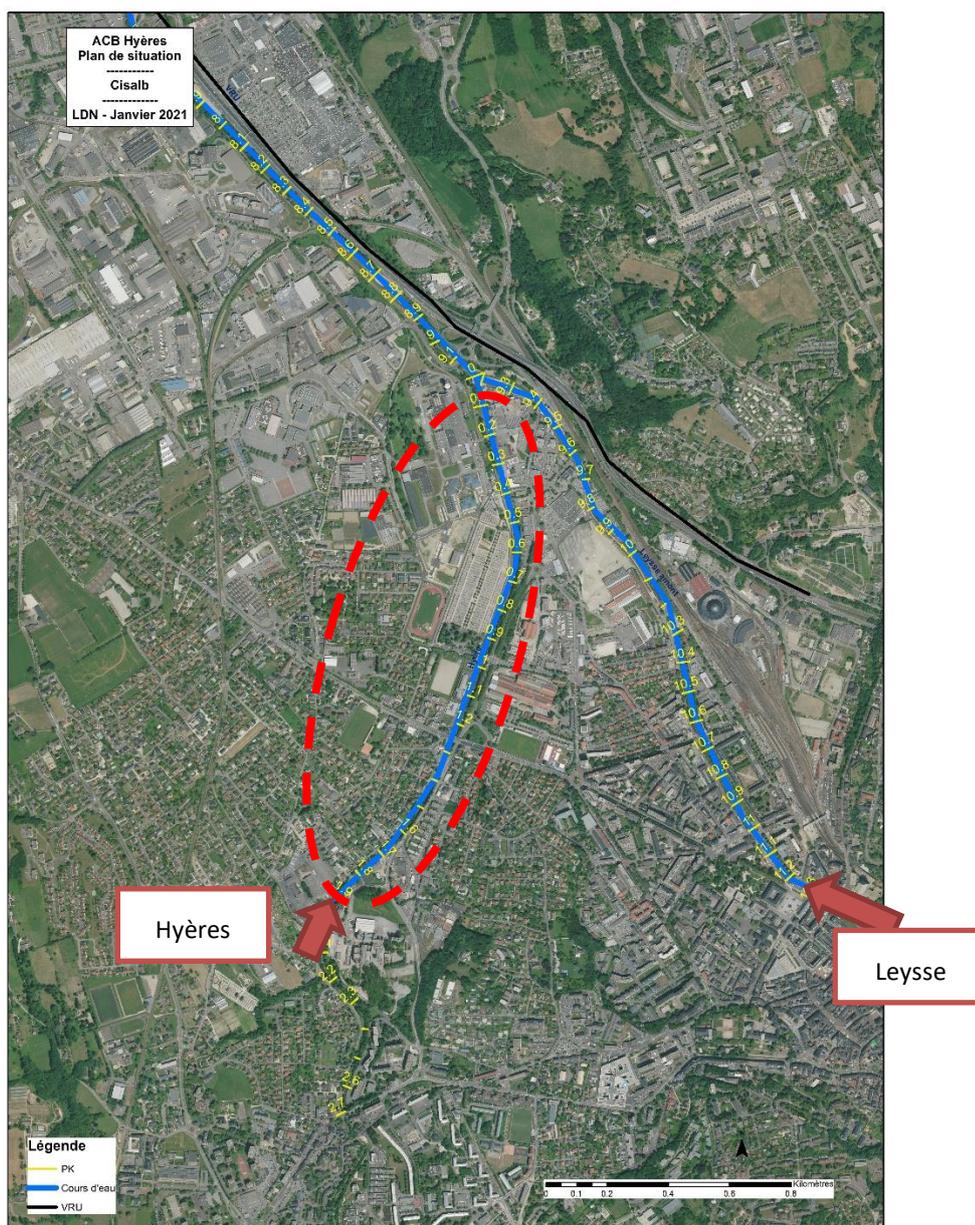


Figure 1 : Localisation du tronçon de l'Hyères concerné par les aménagements

2.2. Ouvrages de protection existants

2.2.1. Généralités

En rive gauche, l'Hyères est endigué en amont du pont d'Hyères (système d'endiguement SE4.1) et en aval du pont des Chevaliers Tireurs jusqu'à la confluence avec la Leysse (système d'endiguement SE4.2).

En rive droite, le système d'endiguement SE3.3 s'étend sur un linéaire compris entre le pont d'Hyères et le seuil de Charrière Neuve.

La carte présentée en page suivante localise précisément les tronçons de digues du secteur d'étude à l'échelle des systèmes d'endiguement de l'Hyères.



Figure 2 : Photographies des systèmes d'endiguement actuels (source CNR)
En haut : Seuil de Charrière Neuve (vue vers l'amont) -
En bas: Vue sur le lit et ses abords au droit du cimetière (vue vers l'aval)

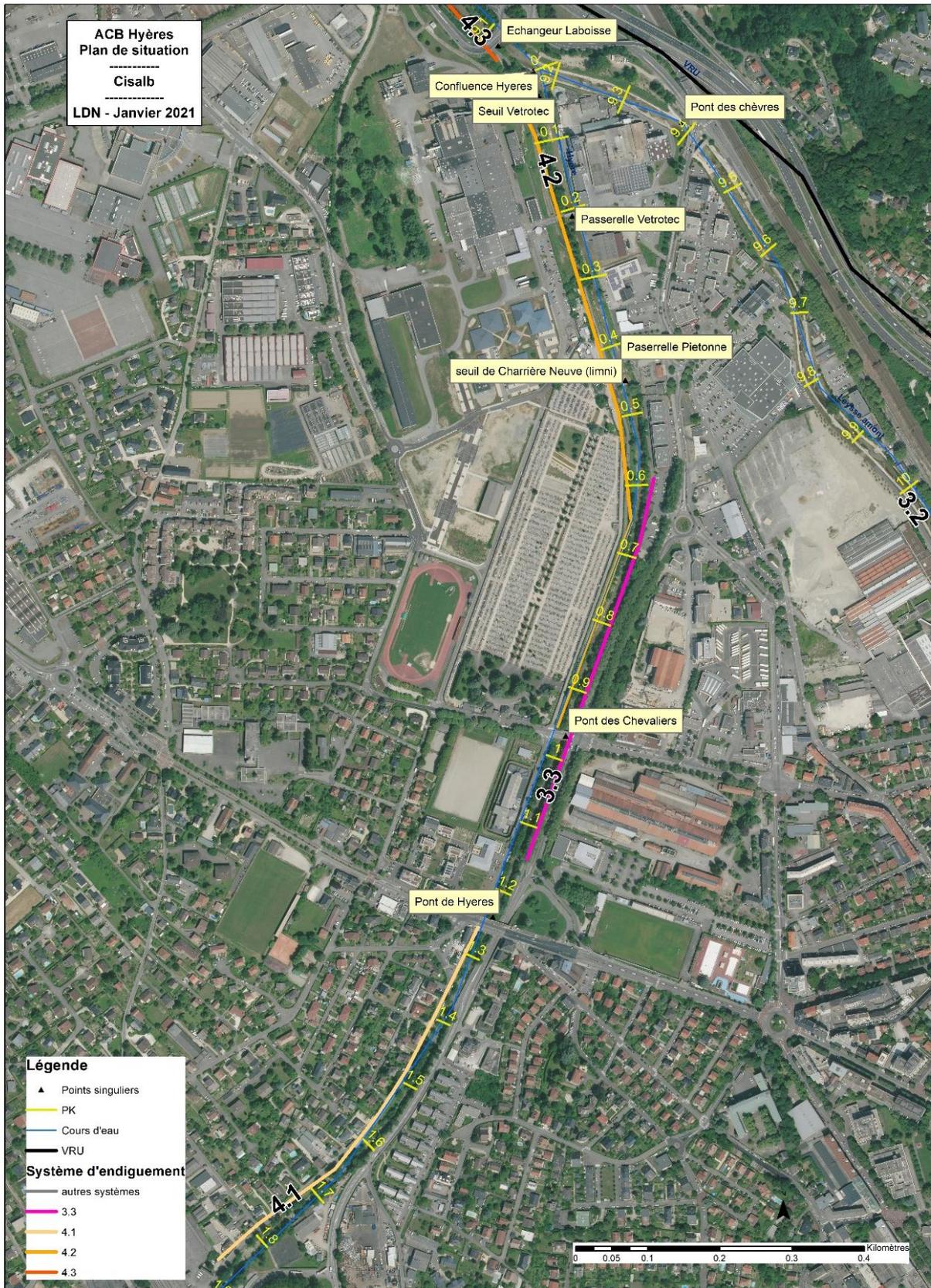


Figure 3 : Localisation des tronçons de digues concernés par l'étude des systèmes d'endiguements de l'Hyères

2.2.2. Système d'endiguement SE3.3 (rive droite)

Le système d'endiguement SE3.3, s'étendant sur 540 m en rive droite de l'Hyères, débute 110 m en aval du pont d'Hyères et prend fin 650 m en amont de la confluence avec la Leysse. Ce système protège la zone de la confluence Leysse / Hyères.

Les Etudes de Danger réalisées par Chambéry Métropole (nouvellement CISALB) ont révélé que cet ouvrage ancien, marqué notamment par des profils structurels très variés, présente un risque élevé de rupture. Le niveau de protection en état actuel a été fixé à la crue décennale.

2.2.3. Système d'endiguement SE4 (rive gauche)

Le système SE4, sur la section Hyères, est séparé en 2 tronçons. Le tronçon SE4.1 s'étend sur 650m en amont du pont d'Hyères et le SE4.2 s'étend sur 1km en aval du pont des Chevaliers Tireurs. Ces tronçons protègent la plaine de la ZI de Bissy. Le tronçon 4.3 ne fait pas partie de cette étude, étant localisé sur la Leysse et ayant déjà fait l'objet de confortement pour un niveau de protection à Q100.

Les Etudes de Danger réalisées par Chambéry Métropole (nouvellement CISALB) sur ce système d'endiguement ont apporté les mêmes conclusions sur le niveau de dégradation des ouvrages que pour le SE3.3 et le niveau de protection en état actuel a également été fixé à la crue décennale.

2.3. Projet d'aménagement envisagé par le CISALB

2.3.1. Principe des aménagements retenus

Le projet d'aménagement de l'Hyères répond aux objectifs suivants :

- Objectif hydraulique : protection contre les inondations vis-à-vis de la crue de projet de période de retour 100 ans ;
- Objectif de renaturation : intégration écologique, amélioration du franchissement piscicole.

Le linéaire du projet peut être découpé en 4 tronçons (de l'amont vers l'aval) en fonction des singularités hydrauliques :

- Tronçon 1 : Amont pont d'Hyères sur 600 m
- Tronçon 2 : Entre le pont d'Hyères et le pont Chevaliers Tireurs
- Tronçon 3 : Entre le pont Chevaliers Tireurs et le seuil Charrière Neuve
- Tronçon 4 : Entre le seuil Charrière Neuve et la confluence Leysse Hyères

Tableau 1 : Principe du projet d'aménagement de l'Hyères

Tronçons	Rive Gauche	Lit	Rive Droite
T1 : Amont pont d'Hyères sur 600 ml	Protection de berge contre l'érosion externe Digue de protection en terre (SE 4.1)	-	Hors périmètre
T2 : Entre le pont d'Hyères et le pont Chevalier Tireur	Protection de berge contre l'érosion externe Bordure pare-vague	-	Protection de berge contre l'érosion externe
T3 : Entre le pont Chevalier Tireur et le seuil Charrière Neuve	Protection de berge contre l'érosion externe Digue de protection en terre (SE 4.2)	Protection de berge contre l'érosion externe Suppression de seuil Charrière Neuve	Protection de berge contre l'érosion externe Mur de protection en béton (S3.3)
T4 : Entre le seuil Charrière Neuve et la confluence Laysse Hyères	Digue de protection en terre (SE 4.2) Bordure pare-vague	-	Hors périmètre

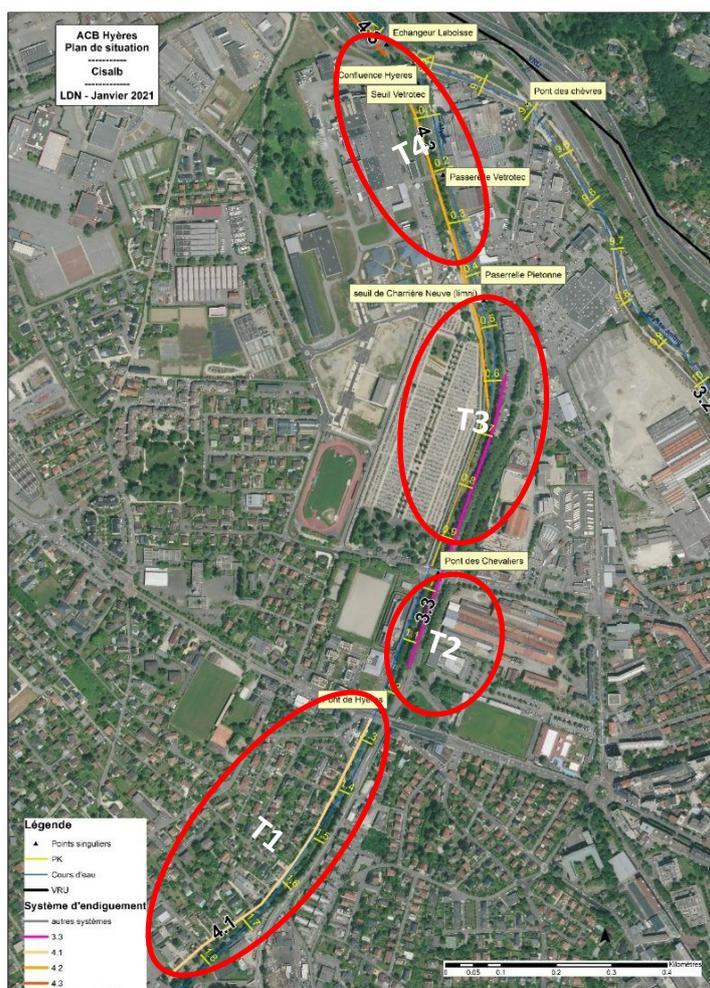
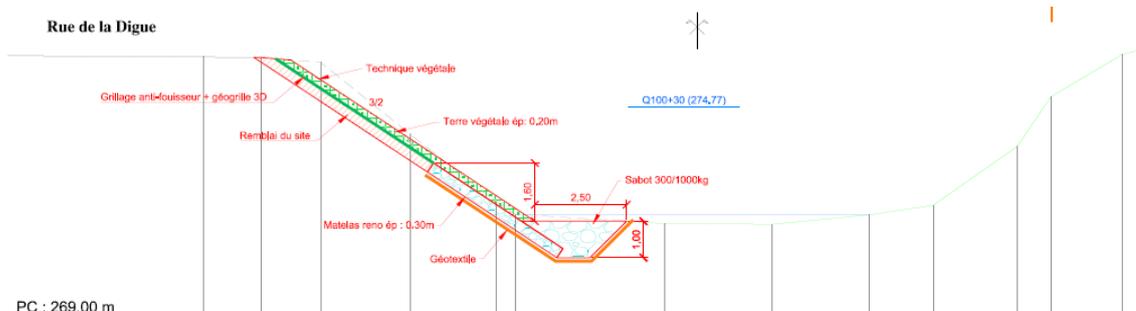


Figure 4 : Décomposition en tronçons des aménagement projetés

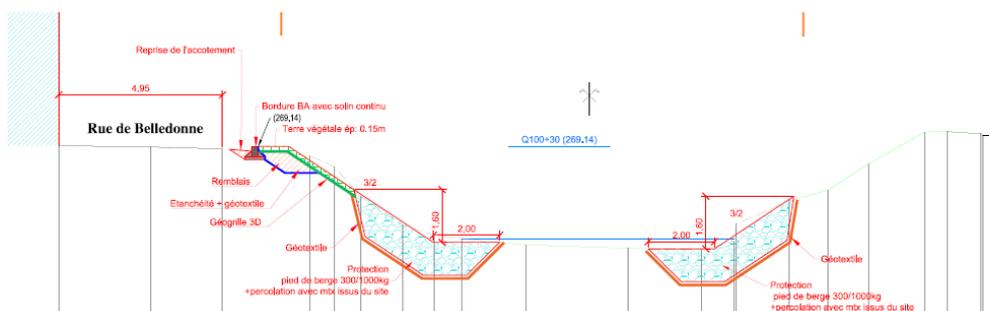
2.3.2. Description des aménagements retenus

Les aménagements prévus sont présentés dans la fiche action du PAPI, dont le contenu est rappelé ci-dessous.

Tronçon 1 : A l'amont du pont d'Hyères, la digue SE4.1, large, présente essentiellement un risque d'érosion externe sur le talus amont de l'ouvrage. Le projet prévoit de conforter ce talus à l'aide d'engrèvements en pied et de matelas Reno sur la partie exposée aux écoulements, le tout sera enherbé et entretenu régulièrement (technique utilisée sur la Leyse qui donne entière satisfaction).

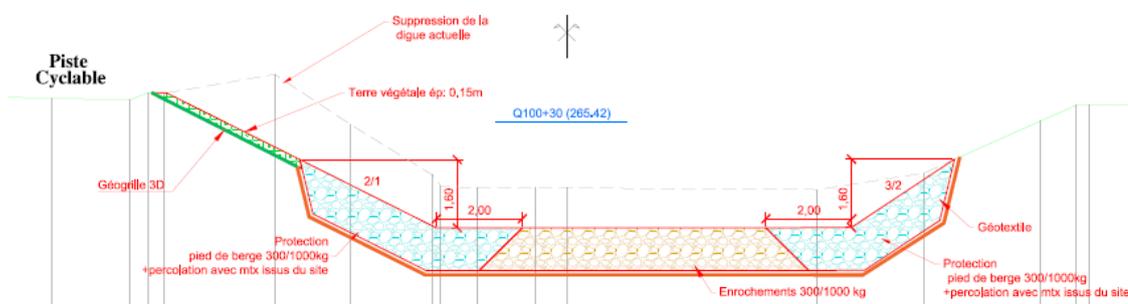


Tronçon 2 : Entre le pont d'Hyères et le pont des chevaliers tireurs, l'aléa majeur immédiat est la maison d'arrêt de Chambéry en première ligne puis la plaine économique de Bissy. Sur ce tronçon, un confortement du pied de berge situé sous la digue rive droite, et un reprofilage de la berge rive gauche (coté maison d'arrêt) permettront de laisser transiter le débit de projet.



Tronçon 3 : Entre le pont des chevaliers tireurs et le seuil de Charrière Neuve, un approfondissement progressif sera réalisé par effacement du seuil.

De plus d'un mètre au droit du seuil, à moins de 90 cm au droit du pont des chevaliers tireurs, cet approfondissement sera accompagné d'un confortement des berges et d'une restructuration des digues voir même de l'effacement d'une partie du linéaire de digue.



Sur le profil ci-dessus, la digue est effacée en rive gauche au profit d'un talus de berge adouci.

Le pied de digue en rive droite est conforté par un sabot anti-affouillement surmonté d'un engrèvement calé à la crue biennale.

3. Périmètre retenu pour l'analyse socioéconomique du projet

3.1. Périmètre impacté par les aménagements prévus

A la différence des études de conception, le périmètre de l'analyse socioéconomique des projets d'aménagement ne se limite pas aux abords immédiats des aménagements : il correspond à l'emprise maximale à l'intérieur de laquelle la réalisation des aménagements entraîne un impact sur l'aléa inondation.

Il s'étend :

- En rive gauche de l'Hyères : dans le secteur globalement délimité par la Leysse à l'est, la confluence Merderet-Nant Bruyant au nord et l'avenue de la Houille Blanche prolongée jusqu'au pont de l'Hyères à l'ouest.
- En rive droite : dans le secteur délimité par la Leysse à l'est et le nouvel écoquartier Vetrotex au sud.

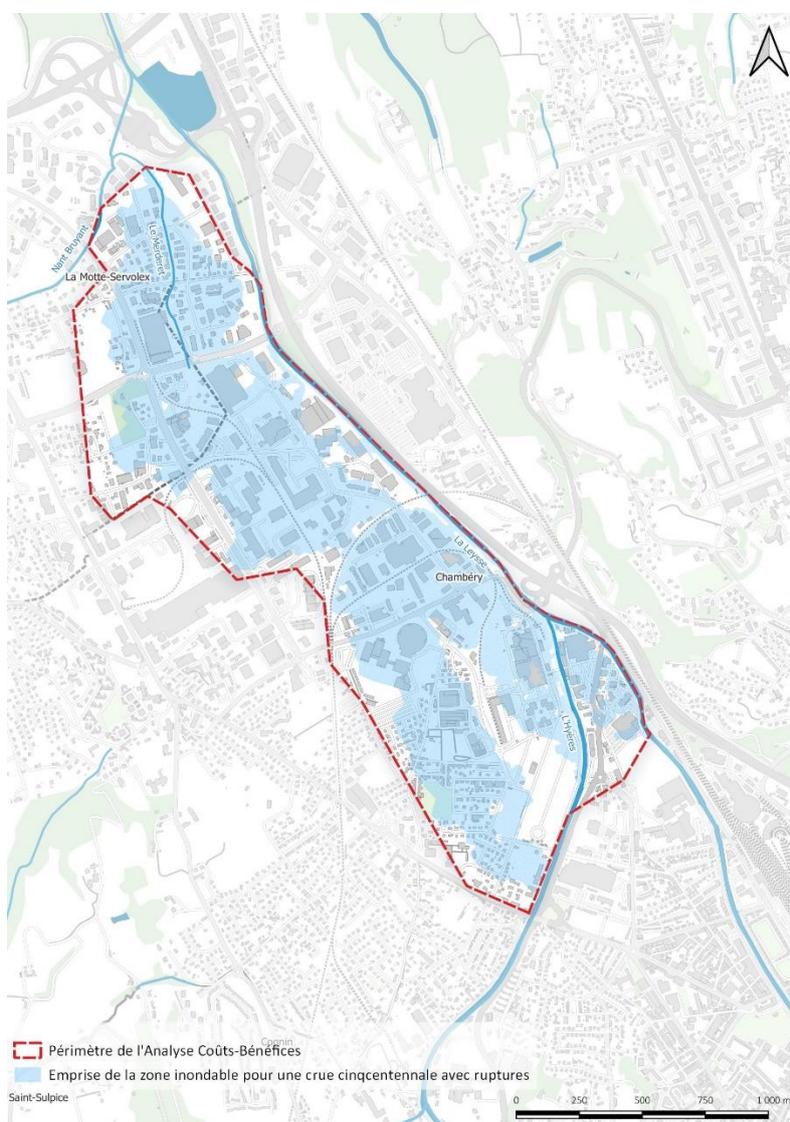


Figure 5 : Périmètre d'étude retenu pour l'analyse coûts-bénéfices du projet d'aménagement et zone inondable pour la crue centennale de l'Hyères (avec rupture d'ouvrages) à l'intérieur du périmètre d'étude

Remarques importantes relatives au périmètre de l'ACB :

- La réalisation des aménagements entraîne une élévation de la ligne d'eau dans la Leysse à l'aval de la confluence de l'Hyères. Toutefois, cette élévation (de l'ordre de 7 cm pour la Q500) n'aggrave pas significativement la mise en charge des digues à l'aval et n'a donc pas d'impact sur la probabilité d'apparition d'éventuelles brèches sur ces ouvrages. Les zones éventuellement inondables par la Leysse à l'aval de la confluence n'entrent donc pas dans le périmètre de l'ACB.
- Les modélisations hydrauliques mettent en évidence une inondation par surverse en rive gauche de l'Hyères au niveau du pont d'Hyères. Toutefois, la comparaison des modélisations en état actuel et en état projet (Tableau 2) montre que les aménagements ont une influence très marginale sur cet aléa. La zone exposée aux inondations liées à cette surverse (visible en violet sur la Figure 6) n'entre donc pas non plus dans le périmètre d'étude.

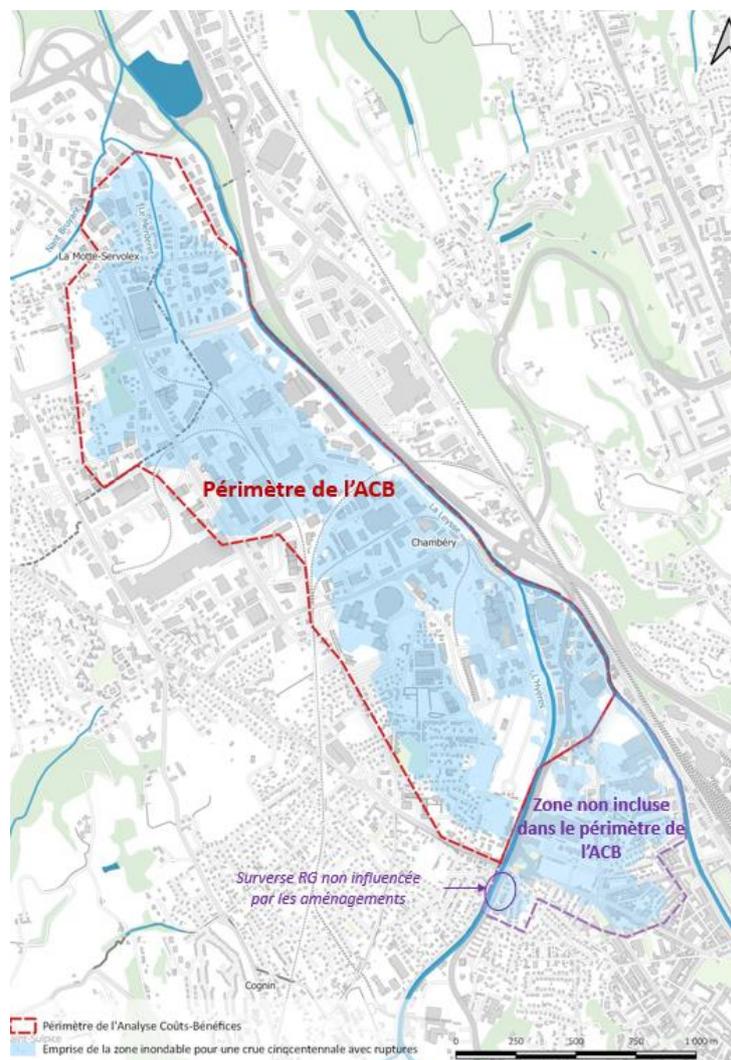


Figure 6 : Périmètre de l'ACB et zone exposée aux inondations de l'Hyères non concernées par les aménagements

Tableau 2 : Comparaison des aléas causés par la surverse en rive gauche en état actuel et aménagé

	Etat actuel	Etat aménagé
<p>Q100 (avec ruptures)</p>		
<p>Q500 (avec ruptures)</p>		

3.2. Organisation générale de l'occupation du périmètre d'étude

On retrouve :

- En rive gauche : des zones d'habitat résidentiel globalement peu denses, et la zone d'activités de Bissy, avec de nombreux enjeux majeurs du tissu industriel de la région chambérienne ;
- En rive droite : une zone d'activité commerciale et tertiaire.

Notons qu'aucune parcelle agricole n'est identifiée à l'intérieur du périmètre d'étude.

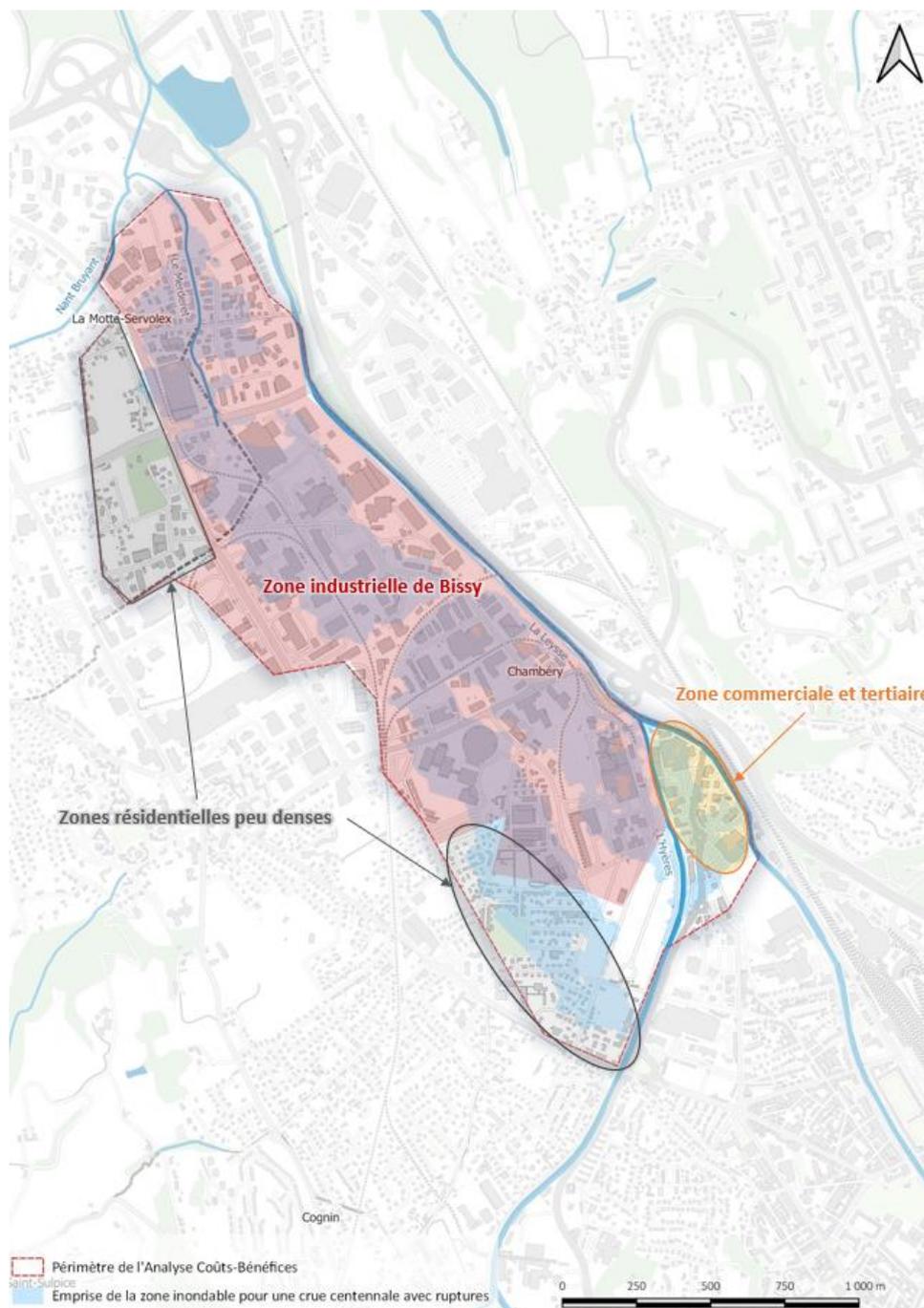


Figure 7 : Localisation des principales zones de concentration d'enjeux dans le territoire d'étude

4. Caractérisation des aléas

4.1. Scénarios d'inondation étudiés

4.1.1. Crue des premiers dommages

La crue désignée comme « crue des premiers dommages » dans le guide méthodologique AMC 2018 correspond la crue la plus forte n'engendrant pas de dommages (mais à la limite d'engendrer des dommages) sur le territoire, en situation initiale.

Cette crue n'a donc pas d'intérêt à être modélisée, les dommages évités par les aménagements pour cette crue étant nuls par définition. La détermination de sa période de retour est toutefois importante pour les résultats de l'analyse synthétique des aménagements.

En cohérence avec les Etudes de Danger des systèmes d'endiguements, la période de retour de cette crue a été fixée à 10 ans, correspondant au niveau de protection des ouvrages. Dans le cadre des EDD, ce niveau a été déterminé sur la base du retour d'expérience des crues observées, notamment celles de janvier 2018 et de 1990.

4.1.2. Scénarios d'inondation modélisés

Trois occurrences de crue ont été modélisées, en situation actuelle et en situation projet, en tenant compte des ruptures potentielles des ouvrages et des débordements susceptibles de se produire sans rupture d'ouvrages :

- **La crue de période de retour 30 ans** (crue pour laquelle les premiers dommages significatifs sont susceptibles de se produire, à la différence de la « crue des premiers dommages » présentée au paragraphe précédent). Cette période de retour a été calée sur la crue de danger définie dans l'EDD ;
- **La crue de période de retour 50 ans** (crue intermédiaire permettant d'affiner l'analyse) ;
- **La crue de période de retour 100 ans** (crue de protection) ;
- **La crue de période de retour 500 ans** (crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique très limité).

En complément de ces 4 crues, nous avons estimé les dommages causés par une crue extrême (de période de retour « infinie ») par un ratio de 1,5 fois le montant des dommages calculés pour la crue maximale modélisée.²

² Préconisation des Annexes Techniques du cahier des charges ACB de 2010, d'après Erdlenbruch et al., 2007

4.1.3. Hypothèses liées aux probabilités de rupture des ouvrages

La localisation et les probabilités de rupture ont été établies par la CNR dans le cadre des études de conception des ouvrages.

4.1.3.1. Localisation des ruptures et nombre de ruptures par scénario

Les scénarios de ruptures sont localisés aux profils suivants (voir la vue en plan sur la Figure 8) :

- Au P178 et P184, en rive gauche de l'Hyères : secteur où l'Hyères déborde par-dessus les digues pour des crues faibles à partir de Q30 en état actuel ;
- Au P195, en rive gauche de l'Hyères : secteur où l'Hyères déborde par-dessus les digues pour des crues fortes à partir de Q500 en état actuel et en état projet.
- Au P181, en rive gauche de l'Hyères : secteur où l'Hyères déborde par-dessus les digues pour des crues fortes à partir de Q500 en état projet (mais pas de débordement en état actuel).
- Au P179, en rive droite de l'Hyères : secteur sensible à l'érosion externe (forte vitesse d'écoulement) et interne (notamment d'érosion de conduit avec la présence de nombreuses souches sur le talus amont) et présentant une mise en charge importante.

Pour l'état initial, les scénarios de rupture par brèche aux P178 et P184 sont intégrés dès la crue trentennale. La possibilité d'une combinaison de ces deux brèches en rive gauche avec la brèche en rive droite au P179 a été vérifiée par la CNR. En effet, la diminution de la charge hydraulique occasionnée par la modélisation des brèches en rive gauche étant très faible, elle ne réduit pas le risque de rupture en rive droite.

Pour la Q500, une brèche complémentaire par surverse apparaît au P195.

En cohérence avec le guide AMC qui indique que la probabilité de rupture des ouvrages confortés peut être considérée comme nulle pour les crues inférieures ou égales à la crue de projet, aucune brèche n'est simulée à l'état projet jusqu'à la Q100 incluse. Pour la crue Q500, les brèches simulées sont occasionnées par des surverses sur les endiguements au P181 et P195.

4.1.3.2. Probabilités de rupture des ouvrages

Les probabilités de rupture associées à chaque événement sont définies d'après les éléments issus des Etudes de Danger des systèmes d'endiguements :

- Brèche causée par une surverse : probabilité de 100%,
- Brèche par érosion interne : probabilité de 10%.

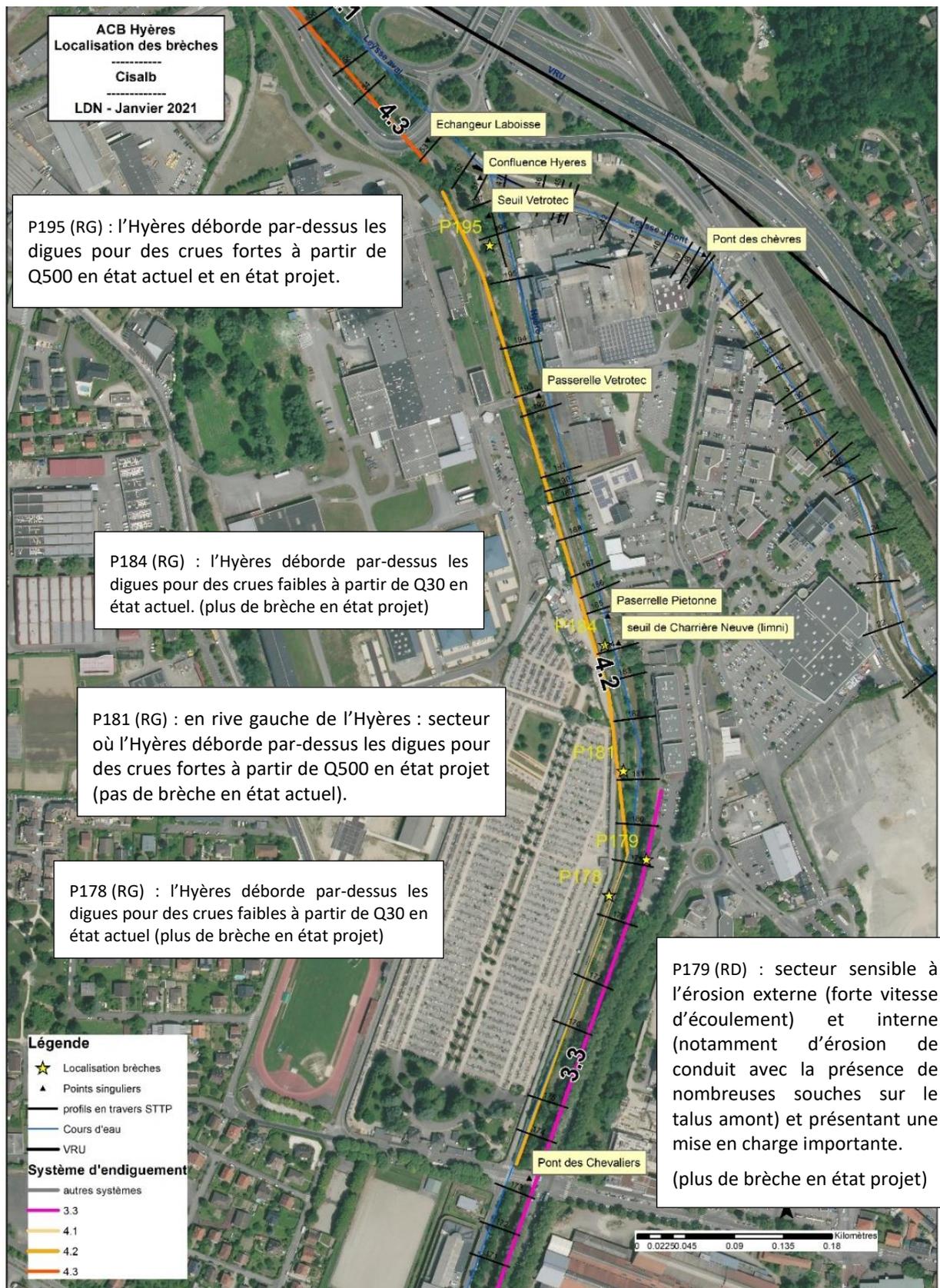


Figure 8 : Localisation des brèches modélisées

Le Tableau 3 récapitule l'ensemble des hypothèses liées aux ruptures d'ouvrages :

Tableau 3 : Bilan des hypothèses liées aux ruptures d'ouvrages

Type de crue	Période de retour	Situation actuelle (ouvrages dégradés)				Situation aménagée (ouvrages confortés)			
		Rive gauche		Rive droite		Rive gauche		Rive droite	
		Rupture(s)	Probabilité de rupture(s)	Rupture(s)	Probabilité de rupture(s)	Rupture(s)	Probabilité de rupture(s)	Rupture(s)	Probabilité de rupture(s)
Crue la plus forte n'engendrant pas de dommages (« crue des premiers dommages »)	10 ans	Pas de rupture	≈0%	Pas de rupture	≈0%	Pas de rupture	≈0%	Pas de rupture	≈0%
Crue pour laquelle les premiers dommages <u>significatifs</u> se produisent	30 ans	2 ruptures par surverse (P178, P184)	100%	1 rupture par érosion interne (P179)	10%	Pas de rupture	≈0%	Pas de rupture	≈0%
Crue intermédiaire permettant d'affiner l'analyse	50 ans	2 ruptures par surverse (P178, P184)	100%	1 rupture par érosion interne (P179)	10%	Pas de rupture	≈0%	Pas de rupture	≈0%
Crue de projet	100 ans	2 ruptures par surverse (P178, P184)	100%	1 rupture par érosion interne (P179)	10%	Pas de rupture	≈0%	Pas de rupture	≈0%
Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité	500 ans	3 ruptures par surverse (P178, P184, P195)	100%	1 rupture par érosion interne (P179)	10%	2 ruptures par surverse (P181, P195)	100%	Pas de rupture	≈0%

4.2. Modélisation hydraulique

4.2.1. Modèle hydraulique

Le modèle hydraulique 2D utilisé est réalisé sous le logiciel Telemac 2D, développé par EDF – LNHE.

Ce logiciel utilise la méthode des éléments finis pour résoudre les équations de Saint Venant bidimensionnelles sur un maillage à base triangulaire : ce type de modélisation permet d'étudier de façon précise la dynamique des écoulements aussi bien dans le lit ordinaire que dans la plaine inondable, ainsi que de connaître en tout point du domaine modélisé la hauteur d'eau et la vitesse (moyennée sur la hauteur) en direction et en intensité. La comparaison directe des résultats fournis par deux calculs distincts (reposant sur le même maillage de calcul) permet une grande finesse d'analyse en termes d'impact.

Le maillage du modèle est issu du modèle hydraulique effectué pour les Etudes De Danger (EDD) des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien. Il intègre le levé Lidar de 2013 (DREAL) pour la plaine et des levés topographiques STTP de 2009 pour le lit mineur et les digues de l'Hyères.



Figure 9: Vue en plan du modèle hydraulique

Le calage du modèle état actuel est effectué en intégrant notamment :

- les laisses de la crue de référence (1990) et les évolution du fond depuis cette date,
- les laisses de crue d'évènements plus récents (janvier 2018, mars 2019).

Pour chaque scénario et chaque occurrence de crue, en chaque point du maillage, le modèle renvoi plusieurs variables dont :

- la hauteur d'eau et l'altimétrie de la surface libre (plan d'eau),
- la vitesse d'écoulement.

Les modélisations sont menées en régime transitoire. Les hydrogrammes de crues sont issus de l'étude Hydrolac de 2013 et sont ceux utilisés dans le cadre des EDD des systèmes d'endiguements du bassin Chambérien.

4.2.2. Dynamique de rupture

Les scénarios de rupture sont modélisés par des brèches de 20 m de large, de l'ordre de grandeur de la largeur du cours d'eau. Une durée d'1h est intégrée entre le début de la rupture et la rupture totale (atteinte du niveau de la plaine).

Cette dynamique est identique à celle définie dans les études de dangers des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien.

4.3. Résultats

Le Tableau 4 récapitule les modélisations exploitées pour la réalisation de l'ACB.

La cartographie détaillée des hauteurs de submersion et vitesses d'écoulement pour chacun des scénarios modélisés est jointe en Annexe 1 du rapport.

Tableau 4 : Bilan des scénarios modélisés et exploités dans l'ACB

Période de retour	Situation actuelle (ouvrages dégradés)		Situation aménagée (ouvrages confortés)	
	Sans rupture d'ouvrages	Avec rupture(s) d'ouvrages	Sans rupture d'ouvrages	Avec rupture(s) d'ouvrages
Q10	Aucun débordement en l'absence de rupture d'ouvrages Probabilité de rupture nulle		Aucun débordement en l'absence de rupture d'ouvrages + Probabilité de rupture nulle	
Q30	Aucun débordement en l'absence de rupture d'ouvrages	Modélisé ✓		
Q50	Aucun débordement en l'absence de rupture d'ouvrages	Modélisé ✓		
Q100	Modélisé ✓	Modélisé ✓		
Q500	Modélisé ✓	Modélisé ✓		

5. Evaluation des coûts du projet

5.1. Coûts initiaux

5.1.1. Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement sont définis dans le guide AMC 2018 comme « l'ensemble des dépenses engagées par le maître d'ouvrage public, depuis l'origine du projet jusqu'à la conception, la réalisation et la mise en service de l'aménagement. Ils comprennent :

- les coûts du foncier (acquisition, indemnisation, démolition, dépollution, viabilisation),
- les coûts d'études et d'accompagnement de la mission de maîtrise d'ouvrage (assistance à maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, contrôles, études réglementaires, etc.),
- les coûts des travaux et les coûts d'équipement. »

Nous avons pris en compte les coûts de travaux hors taxe chiffrés dans le cadre du rapport PRO, et estimé les coûts d'étude et maîtrise d'œuvre travaux sur la base d'un ratio de 3,5% du coûts des travaux³.

Par ailleurs, aucune acquisition foncière n'est prévue dans le cadre de ce projet d'aménagement.

5.1.2. Coûts environnementaux

5.1.2.1. Recommandations du guide AMC

Le nouveau guide AMC introduit également une méthodologie permettant de réaliser une première approximation grossière du coût des mesures environnementales de la séquence ERC (éviter, réduire, compenser) des différents projets d'aménagements, dans le cas où ces mesures n'auraient pas été chiffrées au moment de l'analyse financière du projet.

Dans le cadre de confortement d'ouvrages de protections (digues, merlons...), le guide AMC recommande d'estimer ces coûts environnementaux via un ratio de 1 à 3% du coût d'investissement du projet.

5.1.2.2. Valeur retenue

Nous avons estimé les coûts environnementaux par un ratio de 2% du coût des travaux.

5.1.3. Bilan des coûts initiaux

Les coûts initiaux associés au projet sont récapitulés dans le Tableau 5.

³ Source : *Guide à l'intention des maîtres d'ouvrage publics pour la négociation des rémunérations de maîtrise d'œuvre*, MIQCP 2019.

Tableau 5: Coûts initiaux associés au projet d'aménagement (montants hors taxe)

Coûts d'investissement	Travaux	Génie civil	2 650 000 €
		Génie végétal	385 000 €
		Autres (provisions pour risques)	317 000 €
		Total	3 352 000 €
	Etudes et MOE	117 000 €	
	Acquisitions foncières	0 €	
Coûts environnementaux			100 000 €
TOTAL HT des Coûts Initiaux, arrondi à 10 k€			3 570 000 €

5.2. Coûts annuels différés

5.2.1. Coûts d'entretien

- *Définition*

Les coûts d'entretien comprennent l'ensemble des coûts de maintenance et d'exploitation des aménagements, pour le scénario initial et pour le scénario conforté. Ils comprennent, selon le guide AMC :

- les coûts de maintenance (entretien courant, maintenance préventive, maintenance curative, gros entretien et renouvellement des équipements) ;
- les coûts d'exploitation (consommation d'énergie et d'autres fluides, gestion des déchets, ...) ;
- le coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles de l'aménagement ;
- le coût de pilotage de l'ensemble de l'exploitation.

Ce sont donc des coûts annuels qui vont s'appliquer tout au long de l'intervalle temporel considéré par l'AMC.

- *Recommandations du guide AMC pour l'estimation des coûts d'entretien*

Dans le cas de digues et à défaut de retours d'expérience récents du maître d'ouvrage, le guide AMC propose d'estimer ces coûts annuels en s'appuyant sur le guide *Coûts de protections contre les inondations fluviales* publié par le CEREMA en 2014 et reposant sur des chiffres issus de l'étude de l'entretien et de la gestion des ouvrages sur le Delta du Rhône et sur le Drac, la Romanche et l'Isère.

Comme on peut le voir sur le Tableau 6 extrait du guide CEREMA, les dépenses moyennes annuelles observées sur les 3 territoires-témoins sont de l'ordre de 4 400 à 8 500€ HT par an et par kilomètre linéaire de digue.

Tableau 6 : Tableau de synthèse des ratios linéaires de coûts d'investissement, entretien et gestion proposés par le guide *Coûts de protections contre les inondations fluviales*, CEREMA 2018

	Dépenses linéaires annuelles observées (€/km/an HT)
Investissement	7 500<33 800<104 000
Entretien	4 400<6 300<8 500
Gestion	2 000<2 300<3 800
Total	18 000<40 000<114 000

La définition des coûts d'entretien du guide AMC incluant également les coûts liés au pilotage de l'ensemble de l'exploitation de la digue (désigné comme dépenses de « Gestion » dans le Tableau 6), le ratio à considérer est donc de 6 400 à 12 300€ HT par an et par kilomètre linéaire (kml) de digue.

Remarque : il semble que le guide AMC contienne une coquille en p.127 (coûts d'entretiens annuels moyens donnés en euros par mètre linéaire de digue au lieu d'en euros par kilomètre linéaire)

Par ailleurs, dans le cas d'une AMC de travaux de confortement d'ouvrages, le guide AMC considère que la nécessité de confortement est par défaut due à un défaut d'entretien dans le scénario de référence, et qu'ainsi les coûts d'entretien à prendre en compte pour la situation confortée devraient théoriquement être supérieurs à ceux considérés pour la situation de référence.

- *Hypothèses retenues pour les situations dégradée et confortée*

A la différence du postulat retenu dans le guide AMC, les retours d'expérience récents du CISALB sur les digues de la Leyse et l'Hyères (digues anciennes et digues récemment confortées) montrent que **les coûts de maintenance annuels sont en réalité nettement plus élevés pour les digues anciennes que pour les digues récentes.**

En effet, sur les anciennes digues, les opérations de maintenance courante comprennent de l'abattage d'arbres anciens et du débroussaillage (compliqué par la présence des arbres), tandis que pour les nouvelles digues, seul un fauchage des parements est nécessaire (de surcroît peu cher au mètre linéaire car sans obstacles et avec des accès en pied ou crête de digue facilitant les interventions).

Les valeurs des coûts de maintenance annuels constatés par le CISALB sont les suivants :

- 10 400 €HT/an/kml de digue pour les ouvrages dégradés,
- 3 100 €HT/an/kml de digue pour les ouvrages confortés.

En intégrant des coûts de gestion annuels de 2 300€ HT/kml de digues (valeur moyenne préconisée dans le guide AMC), nous avons donc retenu les valeurs suivantes pour les coûts d'entretien annuels totaux des ouvrages :

- **12 700 €HT/an/kml de digue pour les ouvrages dégradés,**
- **5 400 €HT/an/kml de digue pour les ouvrages confortés.**

5.2.2. Coûts de réparation

5.2.2.1. Coûts de réparation (CR)

- *Définition*

A la différence de la première version publiée en 2014, le guide AMC de 2018 distingue les coûts d'entretien annuels et les coûts de réparation des ouvrages.

En effet, en cas de survenue d'un événement d'occurrence supérieur à l'évènement de dimensionnement des ouvrages, ceux-ci risquent de subir des dommages substantiels ne relevant pas de l'entretien courant, et impliquant donc des coûts de réparation supplémentaires pour le maître d'ouvrage.

- *Recommandations du guide AMC*

Afin de tenir compte de la probabilité d'occurrence d'un évènement susceptible de générer ces dommages substantiels, le guide AMC préconise d'évaluer un coût moyen annuel correspondant à la somme des coûts de réparation pour chaque évènement pondéré par leur probabilité d'occurrence.

De plus, il est précisé que « *Dans la mesure où il reste complexe d'évaluer les coûts de réparation associés aux différents scénarios d'aléa [...], il est possible de s'intéresser uniquement aux détériorations substantielles sur l'ouvrage, c'est-à-dire celles qui nécessitent une réparation conséquente qui se rapproche d'une reconstruction. Le coût des réparations substantielles pourra alors être approché par un coût de construction de*

l'ouvrage. L'événement impliquant des réparations substantielles sera identifié au cas par cas en fonction du type d'ouvrage étudié : il pourra s'agir [...] du niveau de protection de l'ouvrage dans le cas de digues en terre ».

- *Hypothèses retenues pour les situations dégradée et confortée*

Compte tenu du scénario de référence retenu pour l'analyse (réalisation de l'ensemble du projet dès le premier événement provoquant des dommages substantiels sur les ouvrages – voir §8.1.2.2), le calcul de coûts moyens annuels de réparation dans la situation dégradée ne présente aucun intérêt. Nous ne l'avons donc pas réalisé.

En revanche, nous avons suivi la recommandation du guide AMC pour calculer le coût moyen annuel de réparation en situation confortée, en considérant des dommages aux ouvrages négligeables pour toutes les crues inférieures à la crue de projet et une dégradation généralisée pour la crue de période de retour 500 ans. **Ce coût s'élève à 17 000 € HT/an.**

5.2.3. Bilan des coûts annuels différés

Les coûts annuels différés associés à chaque projet sont récapitulés dans le Tableau 7.

Tableau 7: Coûts annuels différés associés à l'état initial et à chaque projet d'aménagement (montants hors taxes)

	Situation dégradée	Situation confortée
Coûts annuels d'entretien	37 000 €	16 000 €
Coûts annuels de réparation		17 000 €
TOTAL HT, arrondi à 10 k€	37 000 €	32 000 €

5.3. Bilan des coûts associés à chaque scénario d'aménagements

Le Tableau 8 récapitule les différents coûts associés au projet d'aménagement.

Tableau 8 : Comparaison des coûts associés à l'état initial et à l'état aménagé (montants hors taxes)

	Situation dégradée	Situation confortée
Coûts initiaux		3 570 000 €
Coûts annuels différés	37 000 €	32 000 €

6. Caractérisation de l'occupation du territoire

6.1. Catégories d'enjeux étudiés

Conformément au guide AMC, nous avons étudié 4 types d'enjeux :

- Les logements,
- Les activités économiques,
- Les établissements publics et établissements recevant du publics,
- Les parcelles agricoles.

6.2. Caractérisation des enjeux

Nous avons exploité la base de données des enjeux mise au point dans le cadre de l'étude de diagnostic globale de la vulnérabilité aux inondations du bassin versant du lac du Bourget.

Cette base de données s'était notamment appuyée sur les bases de données suivantes :

- BD Topo v3 (2019), et base de données OpenStreetMap,
- Pour l'estimation du nombre d'habitants en zone inondable : carroyage INSEE à 200 mètres (populations 2016, données de carroyage les plus récentes disponibles),
- Pour le recensement des activités économiques : base SIRENE 2019,
- Pour la caractérisation des surfaces cultivées : RPG 2019.

Nous avons effectué des compléments à cette base de données à partir d'une **visite de terrain de l'ensemble du périmètre d'étude**, visant notamment à :

- Corriger localement les éventuelles imprécisions de la base de données existante,
- Positionner précisément les points de la base de données SIRENE sur le(s) bâtiment(s) occupé(s) par chaque entreprise (en particulier pour les entreprises situées au rez-de-chaussée),
- Recenser les entreprises visibles sur le territoire et ne figurant pas dans la base de données SIRENE (code APE et nombre d'employés renseignés *a posteriori* à partir des bases de données en ligne type SOCIETE.COM),
- Déterminer la hauteur du premier plancher habitable en dénombrant le cas échéant le nombre de marche d'accès visibles (en considérant une hauteur moyenne de 16 cm par marche),
- Déterminer la présence ou non d'un sous-sol.

Comme évoqué au §3.2, les principales zones d'enjeux du périmètre d'étude sont :

- En rive gauche : des zones d'habitat résidentiel globalement peu denses, et la zone d'activités de Bissy, avec de nombreux enjeux majeurs du tissu industriel de la région chambérienne ;
- En rive droite : une zone d'activité commerciale et tertiaire.

Notons qu'aucune parcelle agricole n'est identifiée à l'intérieur du périmètre d'étude.

Une cartographie détaillée des enjeux est présentée en Annexe 2 du rapport.

7. Caractérisation de la vulnérabilité du territoire avant et après réalisation du projet

7.1. Généralités sur le calcul des dommages

Conformément aux prescriptions du guide AMC, nous avons appliqué chaque fois où cela était possible que possible les fonctions de dommages nationales annexées à celui-ci pour l'évaluation des dommages à chaque catégorie d'enjeu⁴. Ces fonctions permettent d'évaluer un montant de dommages en fonction de la nature de l'enjeu et de l'aléa au droit de cet enjeu.

Les crues constatées dans le bassin versant de la Leysse sont des crues le plus souvent hivernales, et relativement rapides. Dans l'ensemble de l'analyse, **nous considérons donc des durées de submersion inférieures à 48 heures**. Le paramètre de caractérisation de l'aléa au droit de chaque enjeu bâti est donc la hauteur de submersion.

L'ensemble des résultats détaillés des calculs est récapitulé dans le tableau-bilan présenté en Annexe 3. Les paragraphes suivants présentent les principaux résultats pour chaque catégorie d'enjeu prise indépendamment.

⁴ A l'exception de l'UDEP de Chambéry, CF §Chapitre 17.4.1.2.

7.2. Dommages aux logements et nombre d'habitants dans les logements exposés

7.2.1. Méthodologie spécifique pour le calcul des dommages et l'estimation du nombre d'habitants exposés

Pour chaque scénario hydraulique analysé, nous avons dénombré le nombre de logements collectifs, individuels de plain-pied et individuels avec étages exposés aux inondations et calculé les montants de dommages associés en utilisant les fonctions de dommages nationales surfaciques annexées au guide AMC. Les valeurs indiquées par ces fonctions de dommages étant données en euros de l'année 2016, nous avons procédé à une actualisation sur la base de la valeur de l'indice des coûts de la construction (ICC) la plus récente disponible, à savoir celle du 3^{ème} trimestre 2020.

La valeur de hauteur de submersion prise en compte correspond à la valeur moyenne modélisée sur l'ensemble du bâtiment.

Enfin, nous avons évalué le nombre d'habitants exposés selon la méthodologie décrite dans les annexes techniques du guide AMC pour l'indicateur élémentaire P1.

7.2.2. Résultats

Tableau 9 : Logements exposés et montant des dommages calculés pour chaque scénario de crue étudié

Comportement des ouvrages		Situation initiale (ouvrages dégradés)								Situation aménagée (ouvrages confortés)					
		Q30 (crue produisant les premiers dommages significatifs)		Q50 (crue intermédiaire)		Q100 (Crue de projet)		Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)		Q30	Q50	Q100	Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)		
		SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	Aucun débordement + aucune rupture jusqu'à la crue de projet			SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	
Nombre de ruptures		0	3	0	3	0	3	0	4				0	2	
M1	Logements individuels	Nombre de bâtiments ZI	0	23	0	25	135	139	194	195	0	0	0	176	180
		Surface totale des bâtiments en ZI (m ²)	0	2 650	0	2 910	15 050	15 600	22 330	22 380	0	0	0	20 310	20 800
		Dommages moyens par logement individuel	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	10 000 €	11 000 €	17 000 €	18 000 €	0 €	0 €	0 €	15 000 €	15 000 €
		Total des dommages aux logements individuels	0 €	350 000 €	0 €	370 000 €	1 385 000 €	1 485 000 €	3 335 000 €	3 495 000 €	0 €	0 €	0 €	2 575 000 €	2 740 000 €
		Nombre d'habitants dans des bâtiments en ZI	0	62	0	69	365	384	485	486	0	0	0	453	459
M1	Logements collectifs	Nombre de bâtiments ZI	0	1	0	1	23	22	33	33	0	0	0	33	33
		Surface totale des bâtiments en ZI (m ²)	0	55	0	55	5 350	5 050	7 910	7 910	0	0	0	7 910	7 910
		Dommages moyens par logement collectif	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	28 000 €	27 000 €	49 000 €	46 000 €	0 €	0 €	0 €	37 000 €	37 000 €
		Total des dommages aux logements collectifs	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	640 000 €	600 000 €	1 610 000 €	1 510 000 €	0 €	0 €	0 €	1 205 000 €	1 205 000 €
		Nombre d'habitants dans des bâtiments en ZI	0	3	0	3	287	281	365	365	0	0	0	365	365
Total des dommages aux logements		0 €	365 000 €	0 €	385 000 €	2 025 000 €	2 085 000 €	4 945 000 €	5 005 000 €	0 €	0 €	0 €	3 780 000 €	3 945 000 €	
<i>Part représentée par les dommages aux logements dans le total des dommages</i>		<i>0</i>	<i>2%</i>	<i>0</i>	<i>2%</i>	<i>15%</i>	<i>10%</i>	<i>11%</i>	<i>10%</i>	<i>0%</i>	<i>0%</i>	<i>0%</i>	<i>10%</i>	<i>10%</i>	
Nombre total d'habitants dans des bâtiments en ZI			65		72	652	665	850	851	0	0	0	818	824	

7.3. Dommages aux entreprises et nombre d’emplois dans les entreprises exposées

7.3.1. Méthodologie spécifique pour le calcul des dommages

7.3.1.1. Cas général

Pour chaque scénario hydraulique analysé, nous avons dénombré les entreprises exposées aux inondations (au rez-de-chaussée des bâtiments d’activité) et calculé les montants de dommages associés en utilisant les fonctions de dommages nationales recommandées par le AMC : fonction de dommages aux équipements et aux stocks par employé (fonction *equipement.stock.employe*) et fonction de dommages surfacique pour le bâti (fonction *batiment.surface*). Les valeurs indiquées par ces fonctions de dommages étant données en euros de l’année 2016, nous avons procédé à une actualisation sur la base des valeurs les plus récentes de l’indice des coûts de la construction (ICC) et de l’indice des prix à la consommation (IPC).

Nous avons évalué le nombre d’employés à prendre en compte dans le calcul à partir des « tranches d’effectifs » de la base SIRENE et du tableau de correspondance fourni en annexe des fonctions de dommages. Dans le cas d’entreprises occupant plusieurs bâtiments, le nombre d’employés a été ventilé selon le quote-part de la surface de chaque bâtiment. De plus, nous avons calculé la surface utile des bâtiments en déduisant 25% de la surface des entités de la BD TOPO, correspondant à la surface au sol des murs et parois. La valeur de hauteur de submersion prise en compte correspond à la valeur moyenne modélisée sur l’ensemble de chaque bâtiment. Enfin, nous avons considéré que seules les entreprises dont plus de 20% de la surface au sol est située à l’intérieur de l’emprise inondable modélisée étaient véritablement exposées, et devaient donc être prises en compte dans le recensement et le calcul des dommages.

7.3.1.2. Cas particulier des entreprises pour lesquelles le montant de dommage calculé dépasse 1,5 M€ HT

Les dommages calculés à six sites industriels dépassent la valeur de 1,5 M€, définie dans le guide AMC comme la borne maximale de validité des fonctions de dommages. On retrouve :

- Le complexe de fabrication de fibre de verre OCV CHAMBERY, s’étendant de part et d’autre de l’Hyères au niveau de la confluence avec la Leysse,
- De cinq entreprises majeures de la zone industrielle de Bissy :
 - Les entreprises agroalimentaires CAFES FOLLIET, ALPINA SAVOIE et VERMOUTH DOLIN,
 - L’entreprise de fabrication d’engrenages et autres organes mécaniques de transmission TRANSROL – SKF,
 - L’entreprise de fabrication d’éléments en plâtre pour la construction PLACOPLATRE.

Le montant des dommages calculés dépasse le plus souvent très largement cette valeur seuil, et ce dès la crue trentennale pour toutes les entreprises concernées à l’exception d’OCV et PLACOPLATRE (ex : 7,9 M€ pour TRANSROL-SKF en cas de crue trentennale).

Pour ces 6 entreprises, un diagnostic approfondi individualisé serait nécessaire pour caractériser finement les dommages potentiels. A défaut de pouvoir réaliser ce diagnostic dans le cadre de cette étude, **nous avons choisi de considérer un montant de dommages de 1,5 M€ HT pour chacun de ces sites**. Ce choix tend à minimiser très largement le montant total des dommages en situation dégradée, et donc le montant des dommages évités. Il va donc dans le sens d’une minimisation des indicateurs synthétiques de l’ACB, et notamment de la VAN.

7.3.2. Résultats

Tableau 10 : Entreprises exposées et montant des dommages calculés pour chaque scénario de crue étudié (dommages donnés en € HT de l’année 2020 et arrondis à 10 k€ près)

Comportement des ouvrages		Situation initiale (ouvrages dégradés)								Situation aménagée (ouvrages confortés)					
		Q30 (crue produisant les premiers dommages significatifs)		Q50 (crue intermédiaire)		Q100 (Crue de projet)		Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)		Q30	Q50	Q100	Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)		
		SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	Aucun débordement + aucune rupture jusqu’à la crue de projet		SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES		
Nombre de ruptures		0	3	0	3	0	3	0	4	Aucun débordement + aucune rupture jusqu’à la crue de projet		0	2		
M2	Entreprises	Nombre d’entreprises au RDC de bâtiments en ZI	0	56	0	56	56	85	125	135	0	0	0	112	119
		Dommages moyens par entreprise	0	230 000 €	0	230 000 €	175 000 €	195 000 €	235 000 €	240 000 €	0 €	0 €	0 €	210 000 €	230 000 €
		Total des dommages aux entreprises	0	12 790 000 €	0	12 810 000 €	9 840 000 €	16 765 000 €	29 615 000 €	32 630 000 €	0 €	0 €	0 €	23 275 000 €	27 310 000 €
		Part représentée par les dommages aux entreprises dans le total des dommages	0	83%	0	83%	74%	76%	66%	68%	0%	0%	0%	63%	66%
		Nombre total approximatif d’emplois dans les entreprises au RDC de bâtiments en ZI	0	1 762	0	1 762	1 255	2 089	2 781	2 995	0	0	0	2 452	2 695

7.4. Dommages aux établissements et équipements publics

7.4.1. Méthodologie spécifique pour le calcul des dommages

7.4.1.1. Cas général

Pour chaque scénario hydraulique analysé, nous avons dénombré les établissements exposés aux inondations et calculé les montants de dommages associés en utilisant la fonction de dommages surfaciques associée aux centres techniques municipaux (fonction *TECH*), considérée comme la plus proche au vu des caractéristiques des bâtiments concernés.

Les valeurs indiquées par cette fonction de dommages étant données en euros de l'année 2016, nous avons procédé à une actualisation sur la base de la valeur du 3^{ème} trimestre 2020 de l'indice des coûts de la construction (ICC).

La valeur de hauteur de submersion prise en compte correspond à la valeur moyenne modélisée sur l'ensemble du bâtiment.

7.4.1.2. Cas particulier de l'UDEP de Chambéry

A la date de réalisation de cette étude, il n'existe pas fonctions de dommages nationales spécifiques aux stations d'épuration.

Afin d'estimer le montant des dommages à cet équipement public structurant et récemment modernisé pour un montant total de 49 M€ HT, nous avons repris les ratios d'endommagements utilisés lors de l'ACB des travaux de réfection des digues de la Leysse réalisée en 2015, basés sur nos retours d'expériences sur d'autres études :

Tableau 11 : Fonction de dommage spécifique appliquée à l'UDEP de Chambéry

Hauteur de submersion	< 0,5 m	0,5 - 1 m	> 1 m
Taux d'endommagement (% du coût initial)	3%	15%	25%
Montant des dommages (€ HT)	1 470 000 €	7 350 000 €	12 250 000 €

7.4.2. Résultats

Tableau 12 : Etablissements publics et ERP exposés et montant des dommages calculés pour chaque scénario de crue étudié (dommages donnés en € HT de l'année 2020 et arrondis à 10 k€ près)

Comportement des ouvrages		Situation initiale (ouvrages dégradés)								Situation aménagée (ouvrages confortés)				
		Q30 (crue produisant les premiers dommages significatifs)		Q50 (crue intermédiaire)		Q100 (Crue de projet)		Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)		Q30	Q50	Q100	Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)	
		SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	Aucun débordement + aucune rupture jusqu'à la crue de projet			SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES
Nombre de ruptures		0	3	0	3	0	3	0	4				0	2
M3	Nombre d'établissements ou équipements publics en ZI	0	7	0	7	12	12	18	18	0	0	0	16	16
	Dommages moyens par établissement ou équipement public	0	330 000 €	0	330 000 €	115 000 €	255 000 €	565 000 €	590 000 €	0 €	0 €	0 €	605 000 €	640 000 €
	Somme des dommages aux établissements et équipements publics	0	2 295 000 €	0	2 295 000 €	1 385 000 €	3 085 000 €	10 160 000 €	10 645 000 €	0 €	0 €	0 €	9 695 000 €	10 230 000 €
	Part représentée par les dommages aux établissements et équipements publics dans le total des dommages	0	15%	0	15%	10%	14%	23%	22%	0%	0%	0%	26%	25%

7.5. Dommages aux parcelles agricoles

Comme précisé précédemment, aucune parcelle agricole n'est recensée dans le périmètre d'étude. Les dommages à cette catégorie d'enjeux sont donc nuls pour tous les scénarios d'aléas.

7.6. Bilan

L'ensemble des résultats est récapitulé dans le Tableau 13. En complément, et comme mentionné précédemment un tableau détaillant les dommages associés aux enjeux situés en rive droite et en rive gauche de l'Hyères est présenté en Annexe 3.

Tableau 13 : Tableau de synthèse des résultats des calculs de dommages et des recensement d'habitant et emplois

			Situation initiale (ouvrages dégradés)						Situation aménagée (ouvrages confortés)						
			Q30 (crue produisant les premiers dommages significatifs)		Q50 (crue intermédiaire)		Q100 (Crue de projet)		Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)		Q30	Q50	Q100	Q500 (Crue pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)	
Comportement des ouvrages			SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURE	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES	Aucun débordement + aucune rupture jusqu'à la crue de projet			SANS RUPTURES	AVEC RUPTURES
Rive de l'Hyères			Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total				Total	Total
Nombre de ruptures			0	3	0	3	0	3	0	4				0	2
TOTAL DES DOMMAGES (€2020 HT, arrondi à 10 k€)			0	15 450 000 €	0	15 490 000 €	13 250 000 €	21 940 000 €	44 720 000 €	48 280 000 €	0 €	0 €	0 €	36 750 000 €	41 490 000 €
Dommages évités pour un scénario de crue équivalent grace aux aménagements (€)											12 660 000 €	12 680 000 €	18 860 000 €	7 970 000 €	6 790 000 €
Dommages évités pour un scénario de crue équivalent grace aux aménagements (% des dommages en situation dégradée)											100%	100%	100%	18%	14%
M1	Logements	Total des dommages aux logements	0 €	365 000 €	0 €	385 000 €	2 025 000 €	2 085 000 €	4 945 000 €	5 005 000 €	0 €	0 €	0 €	3 780 000 €	3 945 000 €
		Part représentée par les dommages aux logements dans le total des dommages	0	2%	0	2%	15%	10%	11%	10%	0%	0%	0%	10%	10%
		Nombre total d'habitants dans des bâtiments en ZI		65		72	652	665	850	851	0	0	0	818	824
M2	Entreprises	Total des dommages aux entreprises	0	12 790 000 €	0	12 810 000 €	9 840 000 €	16 765 000 €	29 615 000 €	32 630 000 €	0 €	0 €	0 €	23 275 000 €	27 310 000 €
		Part représentée par les dommages aux entreprises dans le total des dommages	0	83%	0	83%	74%	76%	66%	68%	0%	0%	0%	63%	66%
		Nombre total approximatif d'emplois dans les entreprises au RDC de bâtiments en ZI	0	1 762	0	1 762	1 255	2 089	2 781	2 995	0	0	0	2 452	2 695
M3	Etablissements et équipements publics	Total des dommages aux établissements et équipements publics	0	2 295 000 €	0	2 295 000 €	1 385 000 €	3 085 000 €	10 160 000 €	10 645 000 €	0 €	0 €	0 €	9 695 000 €	10 230 000 €
		Part représentée par les dommages aux établissements et équipements publics dans le total des dommages	0	15%	0	15%	10%	14%	23%	22%	0%	0%	0%	26%	25%

Les Dommages Moyens Annuels, calculés en tenant compte des probabilités de rupture définies précédemment pour chaque période de retour, sont les suivants :

Tableau 14 : Dommages Moyens Annuels en situation dégradée et confortée, en rive gauche et rive droite de l'Hyères (€ 2020 HT)

	Rive gauche	Rive droite
Situation dégradée	1 110 000 €	30 000 €
Situation confortée	260 000 €	15 000 €

7.7. Analyse critique des résultats

7.7.1. Situation dégradée

7.7.1.1. Crue trentennale

- *Situation sans ruptures*

En l'absence de rupture, une crue trentennale de l'Hyères ne produit aucun débordement. Les dommages associés sont donc nuls.

- *Situation avec ruptures*

- ▷ Rive gauche de l'Hyère

Le montant total des dommages est de 12,66 M€, dont près de 80% correspond aux dommages aux entreprises (45 sites et près de 1 200 emplois exposés). Quatre entreprises situées dans la zone industrielle de Bissy (TRANSROL – SKF, CAFES FOLLIET, ALPINA SAVOIE et VERMOUTH DOLIN) concentrent à elles seules concentrent 6 M€ de dommages⁵, soit près de 50% du total.

Les dommages aux établissements et équipements publics s'élèvent à 2,30 M€, soit légèrement moins de 20% du total. Les dommages à l'UDEP représentent à eux seuls près de 1,5 M€, soit plus de 10% du total tous types d'enjeux confondus.

Les dommages aux logements sont proportionnellement très limités (0,37 M€, soit environ 3% du total). On note toutefois l'exposition de 62 habitants, essentiellement dans des logements individuels.

- ▷ Rive droite de l'Hyère

Les dommages en rive droite de l'Hyères s'élèvent à 2,79 M€. Ils sont exclusivement liés à l'exposition de 11 entreprises, en particulier le site OCV CHAMBERY (1,5 M€) et le supermarché E. LECLERC. Les entreprises potentiellement impactées regroupent au total près de 570 emplois.

7.7.1.2. Crue cinquennale

- *Situation sans ruptures*

En l'absence de rupture, une crue trentennale de l'Hyères ne produit aucun débordement. Les dommages associés sont donc nuls.

- *Situation avec ruptures*

Les enjeux exposés pour la crue cinquennale sont les mêmes que pour la crue trentennale, à l'exception de 2 logements individuels supplémentaires en rive gauche. De plus, les hauteurs de submersion évoluent globalement peu entre ces deux crues. Les dommages calculés et la décomposition des dommages entre les différentes catégories d'enjeux sont donc très proches.

7.7.1.3. Crue centennale

- *Situation sans ruptures*

A partir de la crue centennale, des surverses sont susceptibles de se produire en rive gauche de l'Hyères, à proximité des ruptures modélisées pour les crues trentennale et cinquennale d'une part et au droit de la

⁵ Voir 7.3.1.2

Maison d'Arrêt de Chambéry d'autre part. Les zones inondables associées à ces deux surverses se rejoignent au niveau du site ALPINA SAVOIE.

La zone inondable à l'aval de la surverse située au niveau de la Maison d'Arrêt inclut de nombreux établissements publics : stade du Mas Barral, Centre Technique Gilbert Perrotton, Parc des Expositions Savoieexpo, et salle plurifonctionnelle Le Phare...ainsi que de nombreux logements.

L'exposition de ces enjeux induit que le total des dommages (13,25 M€) dépasse celui calculé pour la crue centennale avec ruptures. Les dommages aux entreprises représentent environ 75% du total, contre 15% pour les dommages aux logements et 10% pour les établissements et équipements publics.

- *Situation avec ruptures*

- ▶ Rive gauche

Dans le scénario avec ruptures, la surverse évoquée précédemment au niveau de la Maison d'Arrêt est toujours présente. L'enveloppe de la zone inondable est très proche de celle issue de la modélisation sans rupture, mais on observe des hauteurs de submersion plus importantes, en particulier dans la ZA de l'Erier.

Le total des dommages est donc plus important (18,86 M€) mais la décomposition relative entre les différentes catégories d'enjeux est globalement proche de celle présentée pour la situation sans rupture.

- ▶ Rive droite

L'aléa associé à la rupture modélisée en rive droite pour la crue centennale est très proche de celui modélisé pour la crue centennale. Les montants de dommages calculés en rive droite évoluent donc peu entre ces deux périodes de retour (3,08 M€ pour la crue centennale).

7.7.1.4. Crue centennale

- *Situation sans ruptures*

- ▶ Rive gauche

En cas de crue centennale, de multiples surverses au-dessus des ouvrages sont susceptibles de se produire en rive gauche de l'Hyères. La zone inondable associée dépasse donc largement celle modélisée pour la crue centennale, y compris dans le scénario avec ruptures.

Plus de 130 logements sont exposés aux inondations dans le secteur de Charrière Neuve. De plus, les hauteurs de submersion sont très supérieures à celles modélisées pour la crue centennale - une part importante de la ZA de l'Erier est exposé à des hauteurs de submersion supérieures à 1 mètre, avec des hauteurs dépassant 2 mètres sur certains sites (entreprise BROSSETTE). Certains bâtiments de l'UDEP de Chambéry sont exposés à des hauteurs d'eau dépassant 70 cm.

Les dommages calculés sont donc extrêmement importants (42,04 M€), dont environ 65% correspondent à des dommages aux entreprises, 25% à des dommages aux équipements publics (en particulier l'UDEP), et 10% à des dommages aux logements.

- ▶ Rive droite

Une surverse à l'aval du P179 en rive droite entraîne une inondation de presque tout périmètre d'étude à l'exception des enjeux situés le plus à l'amont. Les dommages calculés (2,71 M€) sont donc proches et légèrement inférieurs à ceux calculés en crue centennale avec rupture.

- *Situation avec ruptures*

- ▶ Rive gauche

En cas d'apparition de 3 brèches en rive gauche, l'emprise de la zone inondable est globalement proche de celle modélisée sans brèches. Toutefois, les hauteurs de submersion sont globalement plus importantes, et de nombreux sites industriels (OCV, ALPINA SAVOIE, DOLIN, BROSSETTE) sont exposés à des hauteurs de submersion dépassant 1 mètre. Les dommages calculés (44,61 M€) sont donc supérieurs à la situation sans brèche.

▷ Rive droite

La brèche modélisée entraîne une inondation généralisée du périmètre d'étude en rive droite y compris le secteur du supermarché LIDL, avec des hauteurs de submersion plus importantes qu'en situation sans brèche. Les dommages calculés (3,68 M€) sont donc logiquement plus importants.

7.7.2. Situation aménagée

7.7.2.1. Crues inférieures ou égales à la crue centennale

Après confortement des ouvrages, les modélisations ne montrent aucun débordement hors rupture pour les crues inférieures ou égales à la crue centennale. De plus, comme précisé précédemment, la probabilité de rupture des ouvrages est considérée comme nulle pour toutes ces crues. Le montant total des dommages est donc nul.

7.7.2.2. Crue cinquantennale

Les aménagements ont un impact hydraulique limité pour la crue cinquantennale : les zones inondables sont équivalentes à celles modélisées pour la situation actuelle, avec des hauteurs de submersion légèrement inférieures.

Les dommages calculés avec et sans brèche sont donc globalement proches de ceux calculés pour la situation actuelle : moins de 20% de dommages évités dans la situation sans brèche et 15% dans la situation avec brèches.

8. Analyse coûts-bénéfices des scénarios d'aménagement

8.1. Hypothèses et méthodologie de calcul

8.1.1. Horizon temporel de l'analyse et taux d'actualisation appliqué

Conformément aux prescriptions du guide AMC, nous avons réalisé l'analyse sur une période de 50 ans, en considérant un taux d'actualisation de 2,5% constant jusqu'à 2070.

8.1.2. Scénario de référence considéré pour l'analyse des projets

8.1.2.1. Avertissement : distinction entre situation initiale et scénario de référence

La nouvelle méthodologie décrite dans la version 2018 du guide AMC introduit la notion de scénario de référence dans l'analyse synthétique des projets d'aménagements (comparaison des coûts et des bénéfices entre ce scénario et le scénario avec aménagements).

Le scénario de référence est différent de la « situation initiale » qui constitue toujours le support de comparaison pour la réalisation des analyses élémentaires des AMC.

En effet, « *La situation initiale est une photographie à l'instant t d'un territoire caractérisé par une exposition à l'inondation et une vulnérabilité* », tandis que « *le scénario de référence correspond à une évolution prévisible du territoire sans nouveau projet.* » (guide AMC 2018, p. 31).

L'analyse des mesures de sécurisation d'ouvrages de protection hydraulique (type digues, merlons...) constitue un cas particulier d'Analyse Coûts-Bénéfices ou Multicritères. Nous reproduisons ci-dessous le paragraphe définissant les différents scénarios de référence envisageables pour l'analyse de cette catégorie de projets :

« *À la différence des autres mesures structurelles, les mesures de sécurisation d'ouvrages n'ont pas d'effet sur la ligne d'eau lors de la submersion. Seules les probabilités de rupture de l'ouvrage diffèrent entre le scénario de référence et le scénario d'aménagement. Ainsi, sur l'ensemble de l'horizon temporel, pour chaque événement d'aléa, l'ouvrage a un risque de rompre. Le scénario de référence se définit alors par la réaction du gestionnaire face à cette rupture. Ces options définissent plusieurs scénarios de référence possibles :*

- *Scénario de référence 1 : lors de la rupture de l'ouvrage, des mesures d'urgence seront réalisées au coup par coup. Ces mesures ne permettent pas de réduire les probabilités de rupture qui restent identiques avant et après la rupture,*
- *Scénario de référence 2 : lors de la rupture de l'ouvrage, celui-ci est conforté, les probabilités de rupture de l'ouvrage sont réduites voire négligeables jusqu'au niveau de protection,*
- *Scénario de référence 3 : lors de la rupture de l'ouvrage, l'ouvrage est abandonné et les enjeux présents sont relocalisés.* » (guide AMC 2018, p.32)

Le guide AMC préconise, sauf cas particulier, d'appliquer le scénario de référence n°2.

8.1.2.2. Scénario de référence retenu

Conformément aux préconisations du guide AMC 2018, nous avons retenu le scénario de référence n°2 pour l'évaluation du projet de réfection des digues de la Leysse.

En effet, au vu des nombreux enjeux humains et matériels situés immédiatement en retrait des digues et de leur état de dégradation, ni le scénario 1 (actions ponctuelles au coup par coup), ni le scénario 3 (relocalisation des enjeux), ne seraient envisageables.

Ce scénario correspond donc à la modélisation d'une situation dans laquelle :

- les ouvrages sont laissés dans leur état dégradé, jusqu'au jour où un évènement entraîne une rupture ;
- à l'issue de cet évènement, l'ensemble du programme de réfection de la digue concernée par la rupture est mis en œuvre.

Il s'agit donc d'un scénario « statistique » dépendant des probabilités de ruptures des ouvrages pour chacun des évènements d'inondations considérés. La Figure 10 permet de comparer le scénario « conforté », dans lequel les travaux de réfection de la digue sont engagés dès le commencement de l'intervalle temporel de l'AMC, et le scénario de référence.

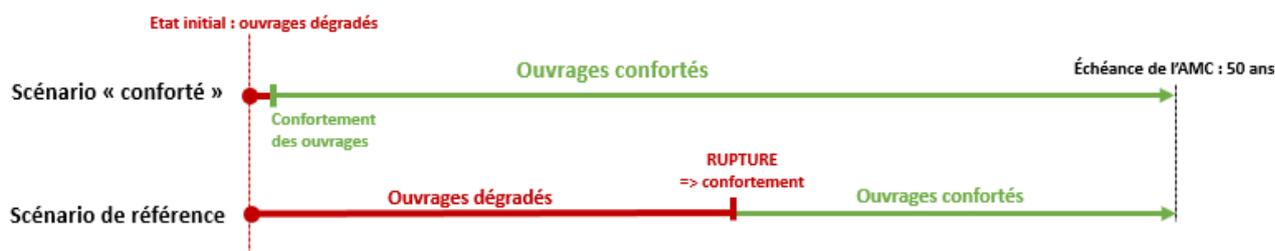


Figure 10 : Représentation schématique du scénario conforté et du scénario de référence (SEPIA Conseils)

8.1.2.3. Probabilité annuelle de rupture dans le scénario de référence

Les probabilités de ruptures de digue correspondant à chaque scénario de crue étudié ont été présentées dans le Tableau 3.

Le détail de la définition et la méthodologie de calcul de la probabilité moyenne annuelle de rupture est présenté dans l'Annexe 4.

Les probabilités moyennes annuelles de rupture résultantes pour le scénario de référence sont de :

- 3% en rive gauche,
- 0,4% en rive droite.

8.2. Résultats de l'analyse coûts-bénéfices

Les résultats de l'application des indicateurs synthétiques évalués à l'échéance 50 ans sont donnés dans le Tableau 15 et le

Tableau 16 ci-après (détail de l'évolution des flux visibles en Annexes 5 et 6) :

Tableau 15 : Indicateurs synthétiques liés aux dommages évités grâce aux aménagements

Indicateur	Définition/explicitation	Rive gauche	Rive droite
DMA₀	Dommages Moyens Annuels en situation initiale (digues dégradées)	1 110 000 €	30 000 €
DMA_c	Dommages Moyens Annuels en situation aménagée (digues confortées)	260 000 €	15 000 €
DMA₀ - DMA_c	Différence entre les DMA en situation initiale et en situation aménagée (ancienne définition des DEMA)	850 000 €	15 000 €
B	Bénéfices totaux apportés par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" <u>par rapport au scénario de référence</u>	13 625 000 €	
B/ΣDMA_{ref}	Rapport entre les bénéfices totaux apportés par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence et la somme des dommages moyens annuels dans le scénario de référence sur 50 ans	39%	
C	Surcoût total représenté par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (investissement + coûts annuels différés, sur 50 ans)	195 000 €	
C_{moy}	Surcoût moyen annuel actualisé représenté par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (investissement + coûts annuels différés, sur 50 ans)	6 800 €	
B/C	Rapport entre le total des bénéfices et le total des surcoûts correspondant à la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence	70	
VAN	Valeur Actualisée Nette du projet à 50 ans	13 430 000 €	
Analyse coûts-bénéfice positive au bout de...		4 ans	

Tableau 16 : Indicateurs synthétiques liés aux enjeux protégés par les aménagements

Indicateur	Définition/explicitation	Rive gauche	Rive droite
NMA(emplois)₀	Nombre Moyens Annuels d'emplois exposés en situation initiale (digues dégradées)	50	4
NMA(emplois)_c	Nombre Moyens Annuels d'emplois exposés en situation aménagée (digues confortées)	13	2
NMA(emplois)₀ – NMA(emplois)_c	Différence entre les NMA(emplois) en situation initiale et en situation aménagée (ancienne définition des NEMA)	37	2
NEMA(emplois)	Nombre moyen annuel d'emplois supplémentaires protégés par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (à l'échéance 50 ans)	19	
Σ NEMA(emplois)	Nombre total d'emplois supplémentaires protégés par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (à l'échéance 50 ans)	965	
C_{moy}/ΣNEMA(emplois)	Surcoût moyen annuel actualisé correspondant à chaque emploi supplémentaire protégé par la réalisation du projet	7	

Indicateur	Définition/explicitation	Rive gauche	Rive droite
	"dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (à l'échéance 50 ans) (€/emploi/an)		
NMA(habitants)₀	Nombre Moyens Annuels d'habitants exposés en situation initiale (digues dégradées)	11	0
NMA(habitants)_c	Nombre Moyens Annuels d'habitants exposés en situation aménagée (digues confortées)	4	0
NMA(habitants)₀ – NMA(habitants)_c	Différence entre les NMA(habitants) en situation initiale et en situation aménagée (ancienne définition des NEMA)	7	
NEMA(habitants)	Nombre d'habitants supplémentaires protégés en moyenne chaque année par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (à l'échéance 50 ans)	4	
∑ NEMA(habitants)	Nombre total d'habitants supplémentaires protégés par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (à l'échéance 50 ans)	189	
C_{moy}/∑NEMA(habitants)	Surcoût moyen annuel actualisé correspondant à chaque habitant supplémentaire protégé par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence (à l'échéance 50 ans) (€/habitant/an)	36	

8.3. Analyse d'incertitude des résultats

Nous avons réalisé une analyse d'incertitude des résultats en effectuant les calculs avec une variation des principales valeurs d'entrées de l'ACB.

Tableau 17 : Détail des scénarios testés et des résultats des analyses d'incertitude

Indicateur	Définition	Résultat de la première application	Test de sensibilité à la période de retour des 2 premiers scénarios d'inondation		Test de sensibilité à la probabilité de rupture d'ouvrages pour chaque scénario de crue		Test de sensibilité au montant total des dommages associés à chaque scénario d'inondation		Test de sensibilité au coût d'investissement nécessaire à la réalisation du projet d'aménagement		Test de sensibilité aux coûts annuels d'entretien	
			- 50%	+ 50%	5% pour les ruptures par érosion interne / 50% pour les ruptures par surverse	100% pour tous les scénarios	- 50%	+ 50%	- 50%	+ 50%	- 50% (env. 0,5% des coûts d'investissement)	5% du coûts d'investissement
B	Bénéfices totaux apportés par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence	13 625 000 €	17 580 000 €	10 875 000 €	10 470 000 €	14 920 000 €	6 810 000 €	20 435 000 €	13 625 000 €	13 625 000 €	13 625 000 €	13 625 000 €
B/ΣDMAref	Rapport entre les bénéfices totaux apportés par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence et la somme des dommages moyens annuels dans le scénario de référence sur 50 ans	39%	47%	35%	34%	41%	39%	39%	39%	39%	39%	39%
C	Surcoût total représenté par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence	195 000 €	95 000 €	315 000 €	405 000 €	195 000 €	195 000 €	195 000 €	85 000 €	300 000 €	265 000 €	340 000 €
Cmoy	Surcoût moyen annuel représenté par la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence	6 800 €	3 400 €	11 200 €	14 300 €	6 800 €	6 800 €	6 800 €	3 000 €	10 700 €	9 400 €	11 900 €
B/C	Rapport entre le total des bénéfices et le total des surcoûts correspondant à la réalisation du projet "dès aujourd'hui" par rapport au scénario de référence	70.0	184	34	26	77	35	106	160	45	51.0	40.0
VAN	Valeur Actualisée Nette du projet	13 430 000 €	17 485 000 €	10 560 000 €	10 065 000 €	14 730 000 €	6 820 000 €	20 245 000 €	15 540 000 €	13 320 000 €	13 360 000 €	13 290 000 €
	ACB positive au bout de...	4 ans	2 ans	6 ans	7 ans	4 ans	7 ans	3 ans	2 ans	6 ans	4 ans	4 ans

Les résultats des indicateurs d'analyse coûts-bénéfices du projet sont largement positifs pour chacun des 10 scénarios testés dans le cadre de l'analyse d'incertitude.

8.4. Conclusion

En comparaison avec le scénario de référence, le projet de travaux de confortement des digues et de restauration écologique de l'Hyères peut être considéré comme rentable dès 4 ans après sa réalisation, avec une Valeur Actualisée Nette à 50 ans de 13,4 M€ HT et un rapport Bénéfices/Coûts de 70.

Annexe 1 : Cartographie des aléas inondation issue des modélisations



Direction Ingénierie et Grands Projets - DIGP

ACB Hyères

Annexe 1

Cartographies des hauteurs d'eau



Restauration des digues de la Leysse – photographie Chambéry métropole ©

Liste des figures

Figure 1 : Etat actuel – Q30 – Avec rupture.....	3
Figure 2 : Etat actuel – Q50 – Avec rupture.....	4
Figure 3 : Etat actuel – Q100 – Sans rupture	5
Figure 4 : Etat actuel – Q100 – Avec rupture.....	6
Figure 5 : Etat actuel – Q500 – Sans rupture	7
Figure 6 : Etat actuel – Q500 – Avec rupture.....	8
Figure 7 : Etat projet – Q30 – Sans rupture	9
Figure 8 : Etat projet – Q50 – Sans rupture	10
Figure 9 : Etat projet – Q100 – Sans rupture	11
Figure 10 : Etat projet – Q500 – Sans rupture	12
Figure 11 : Etat projet – Q500 – Avec rupture	13

1 Cartographies état actuel

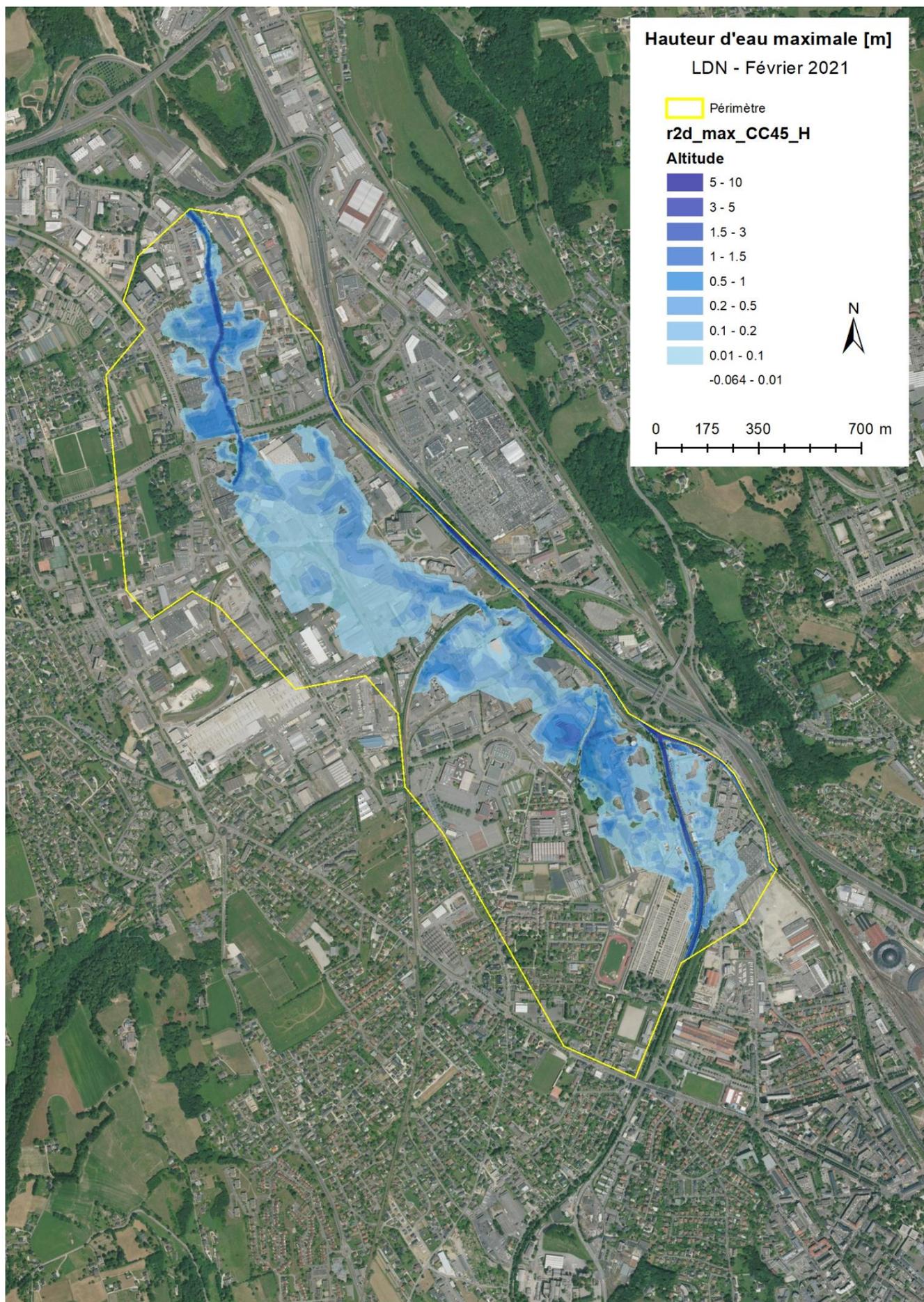


Figure 1 : Etat actuel – Q30 – Avec rupture

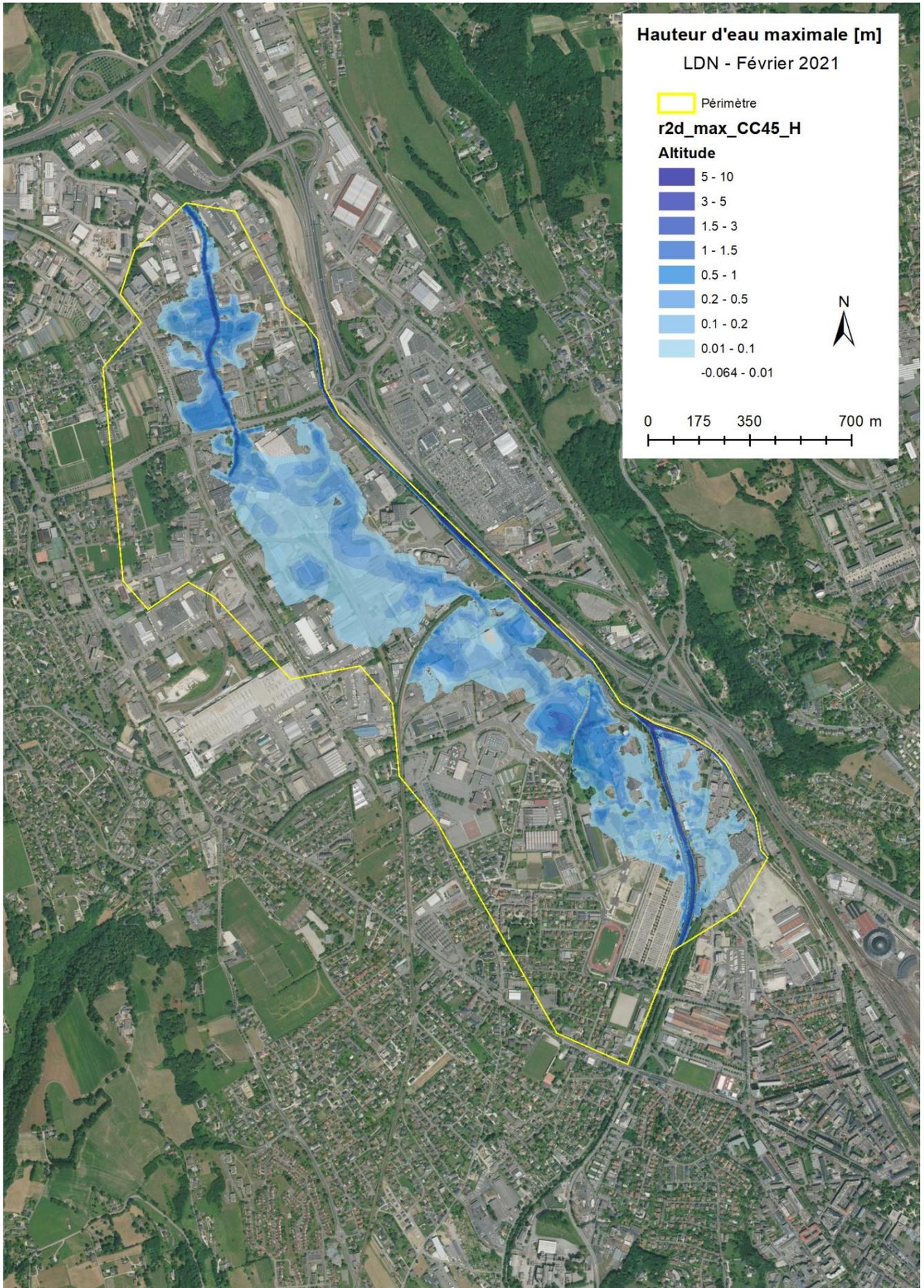


Figure 2 : Etat actuel – Q50 – Avec rupture

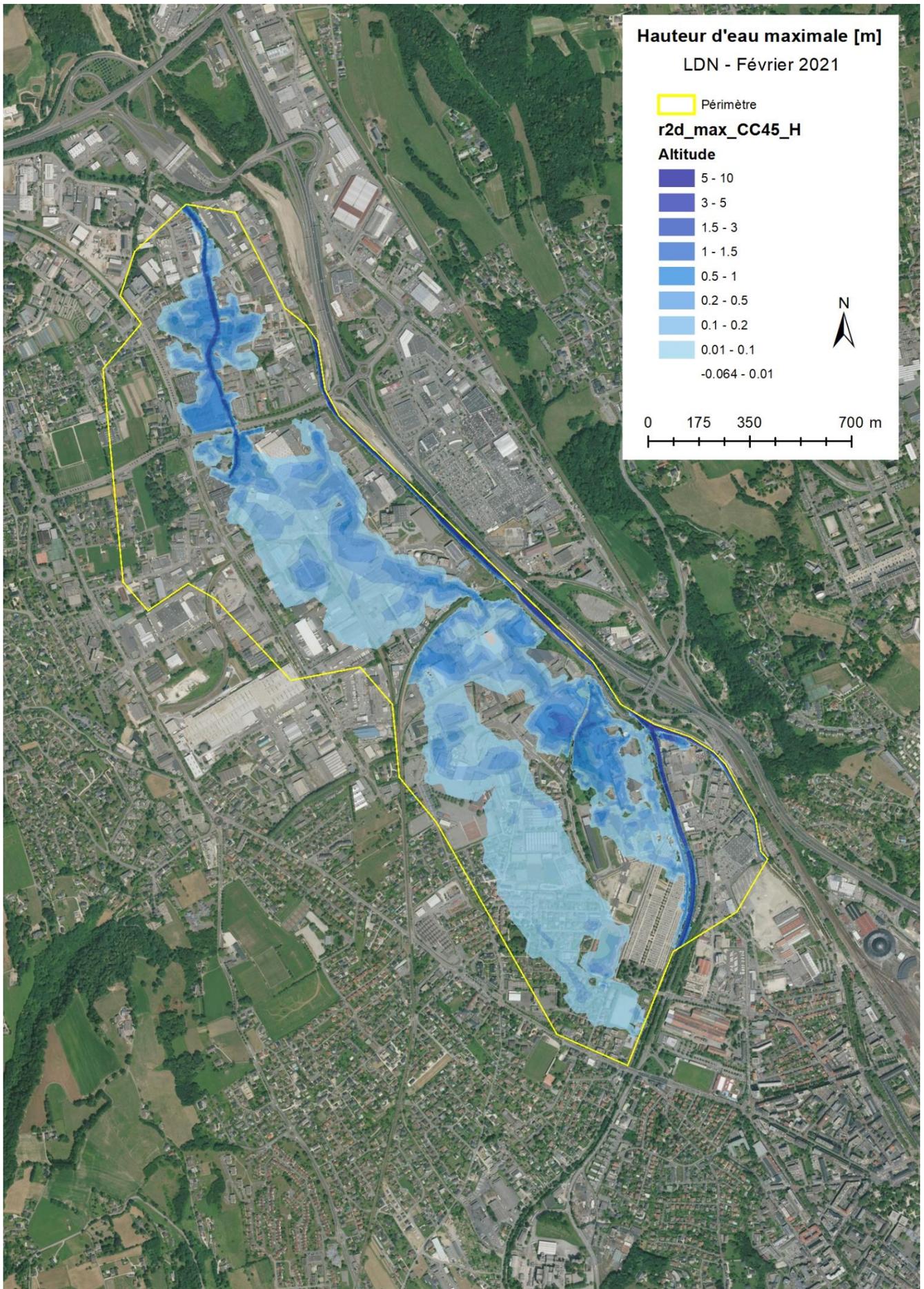


Figure 3 : Etat actuel – Q100 – Sans rupture

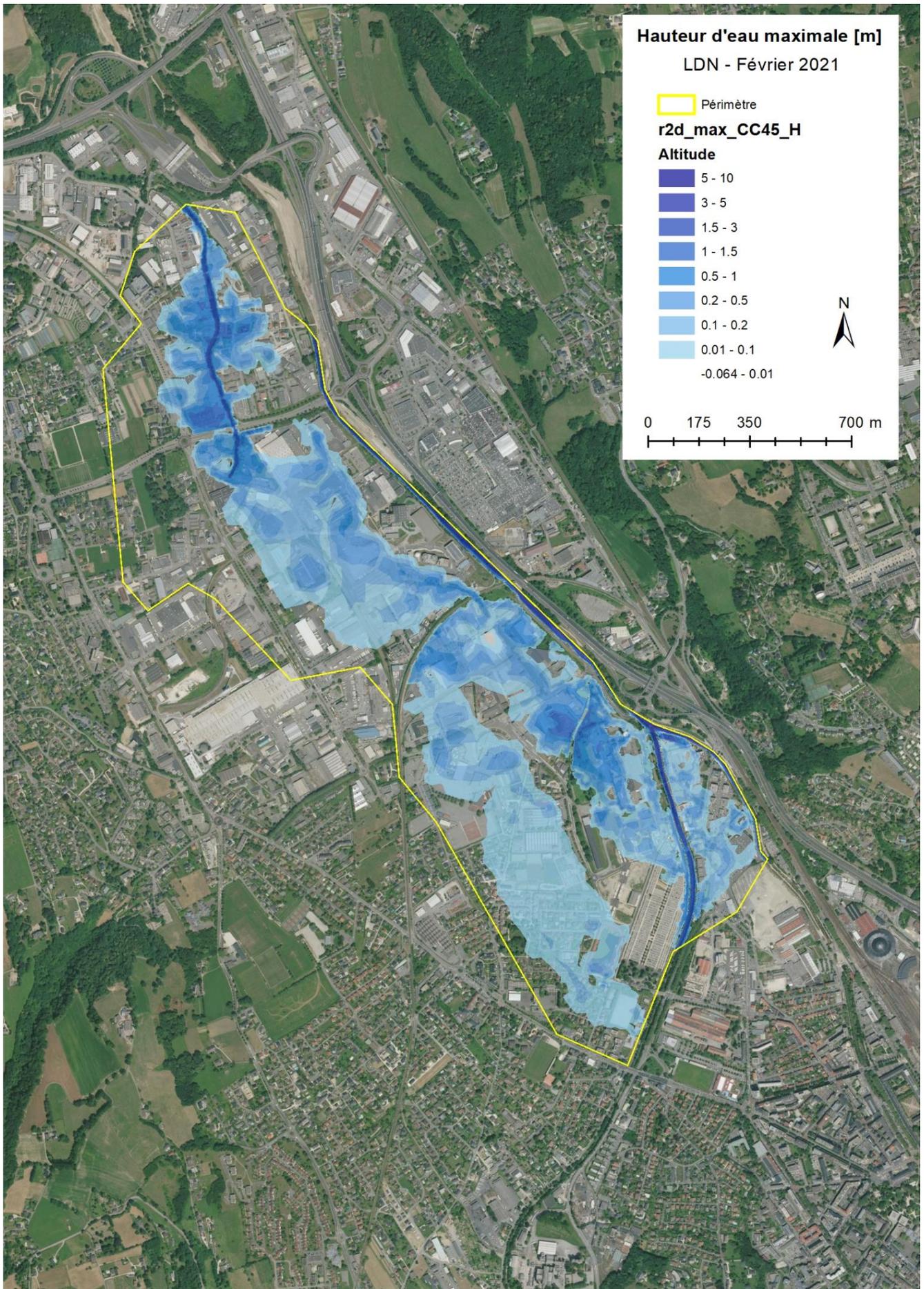


Figure 4 : Etat actuel – Q100 – Avec rupture

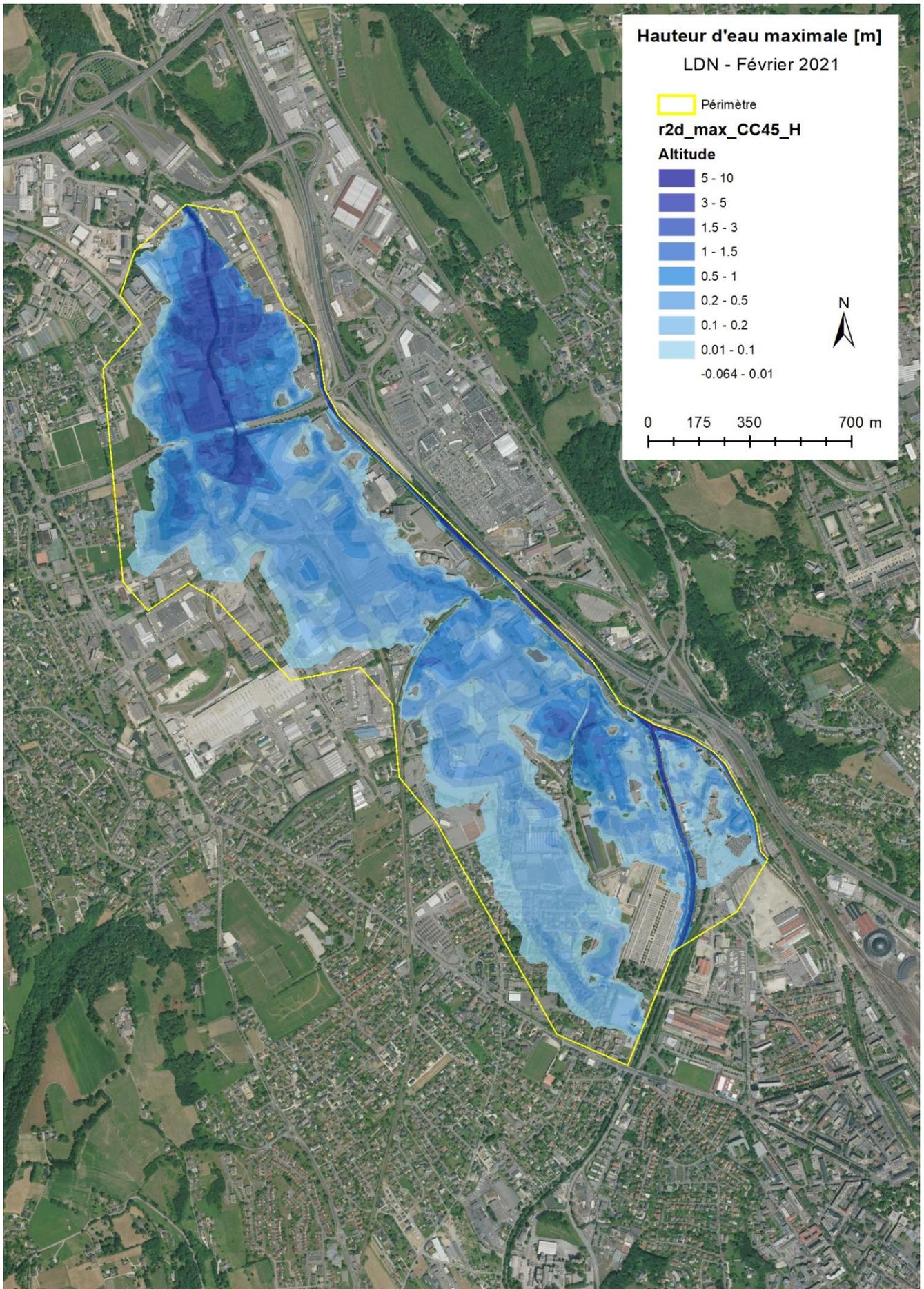


Figure 5 : Etat actuel – Q500 – Sans rupture

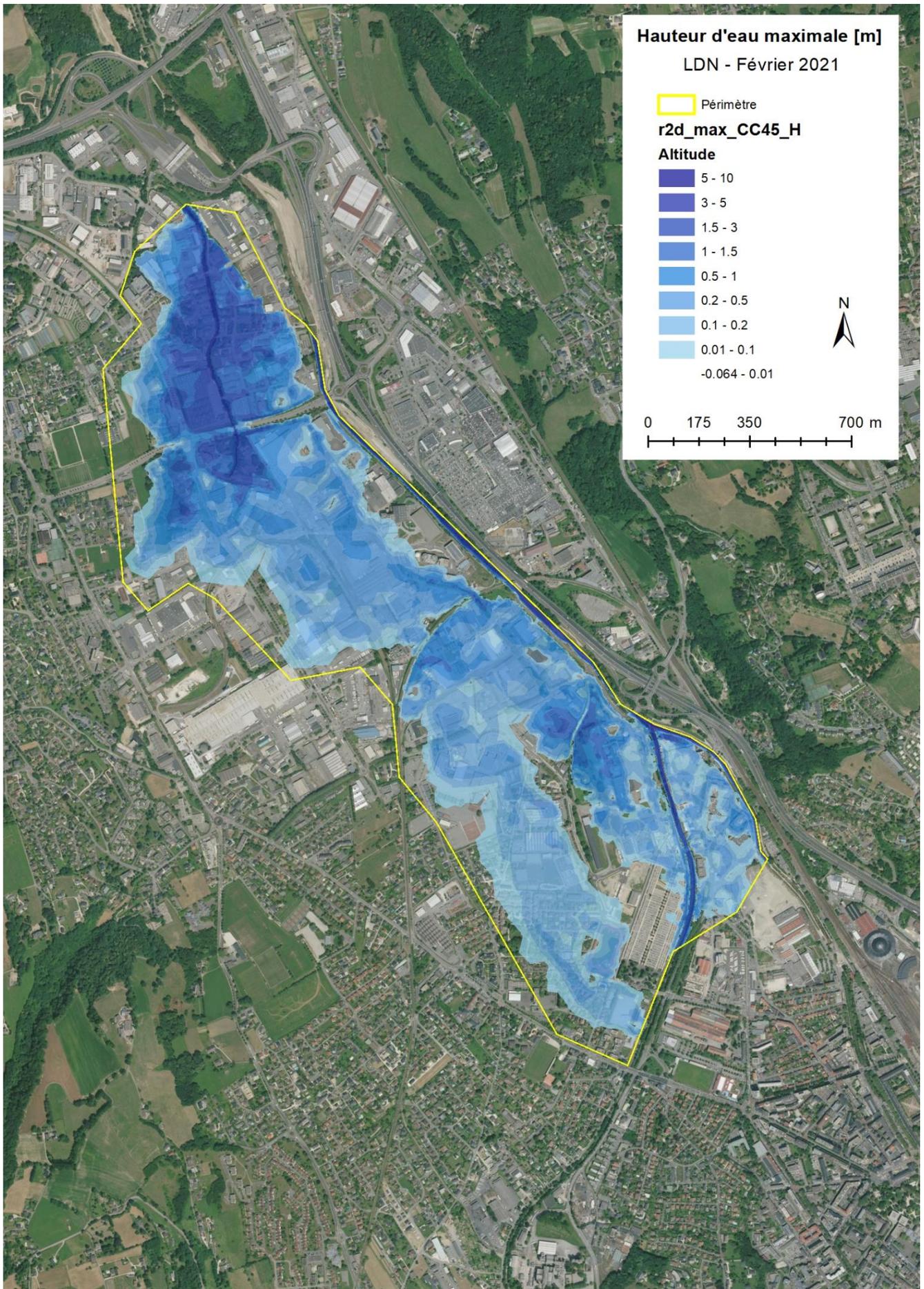


Figure 6 : Etat actuel – Q500 – Avec rupture

2 Cartographies état projet



Figure 7 : Etat projet – Q30 – Sans rupture



Figure 8 : Etat projet – Q50 – Sans rupture



Figure 9 : Etat projet – Q100 – Sans rupture

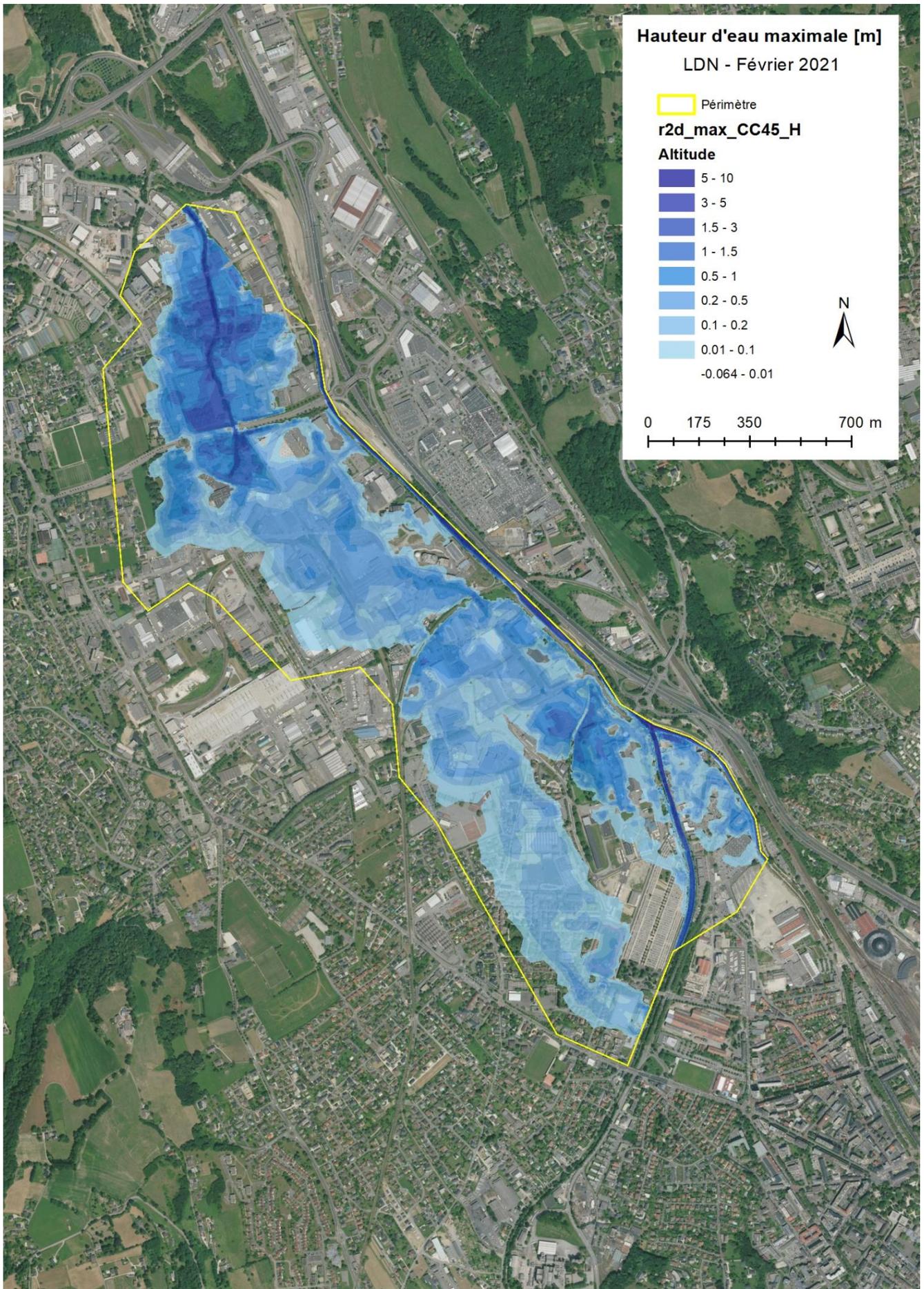


Figure 10 : Etat projet – Q500 – Sans rupture

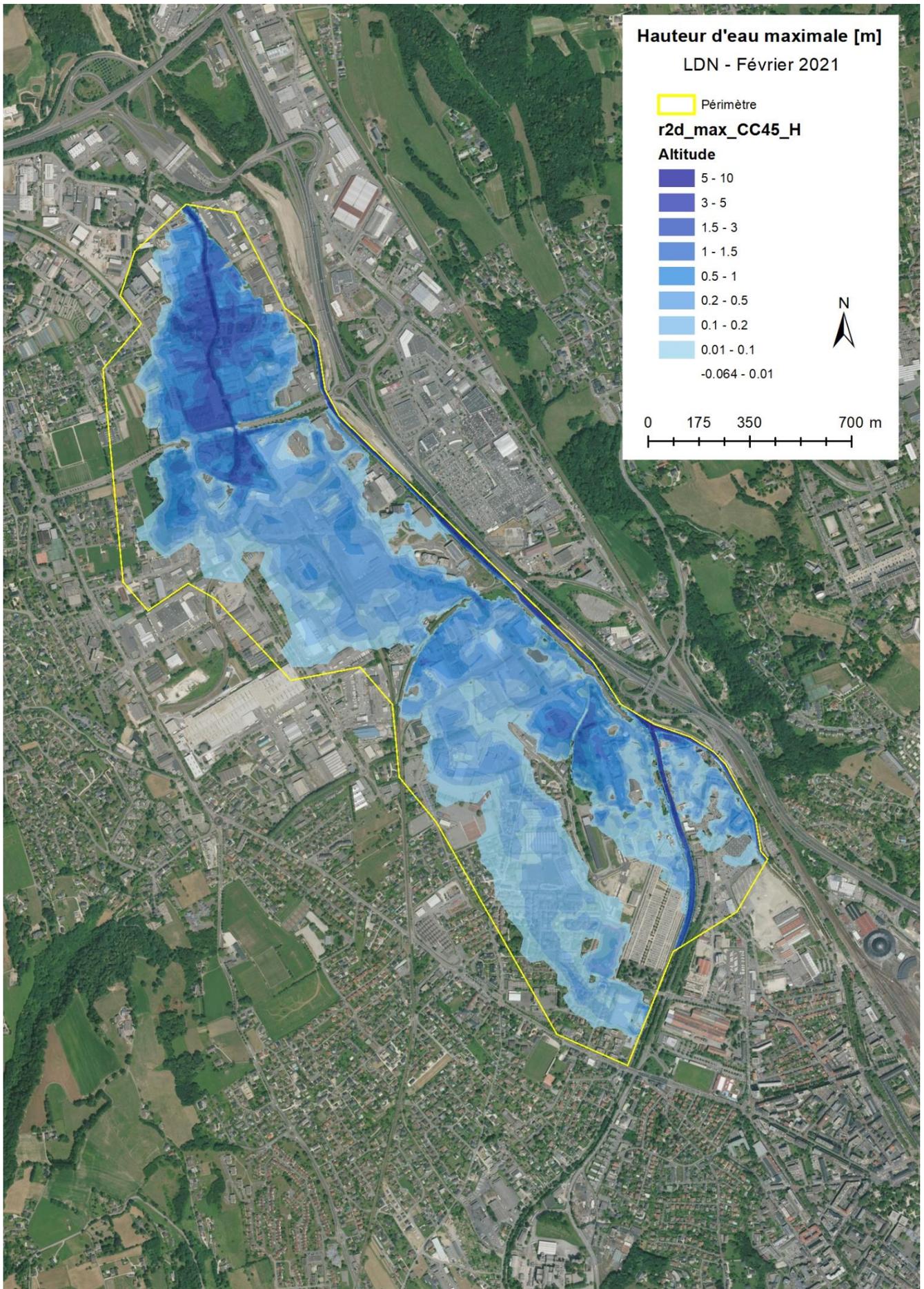


Figure 11 : Etat projet – Q500 – Avec rupture

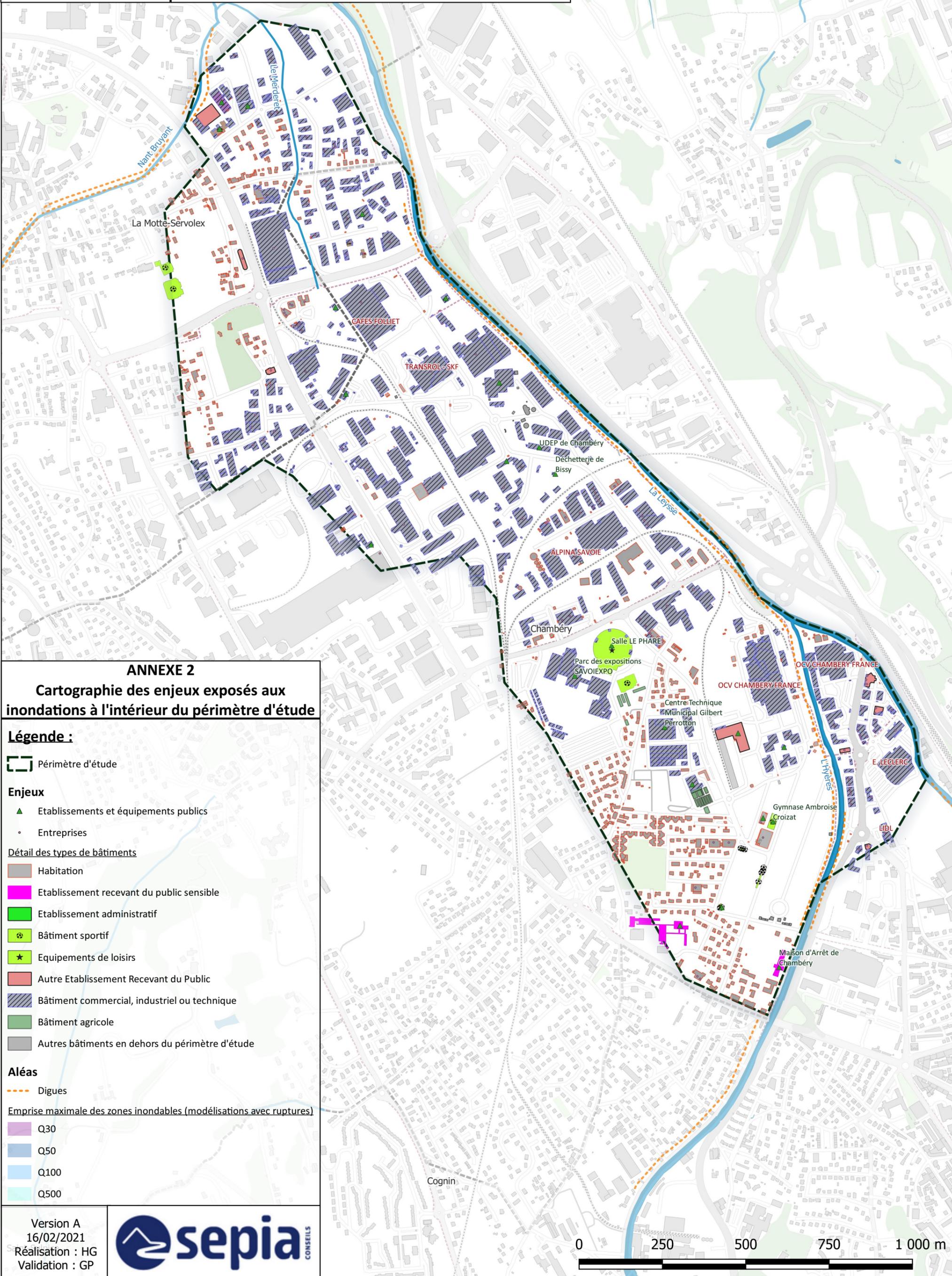
L'énergie au cœur des territoires

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

cnr.tm.fr



Annexe 2 : Cartographie des enjeux exposés aux inondations dans le périmètre d'étude



ANNEXE 2

Cartographie des enjeux exposés aux inondations à l'intérieur du périmètre d'étude

Légende :

Périmètre d'étude

Enjeux

- Etablissements et équipements publics
- Entreprises

Détail des types de bâtiments

- Habitation
- Etablissement recevant du public sensible
- Etablissement administratif
- Bâtiment sportif
- Equipements de loisirs
- Autre Etablissement Recevant du Public
- Bâtiment commercial, industriel ou technique
- Bâtiment agricole
- Autres bâtiments en dehors du périmètre d'étude

Aléas

- Dignes
- Emprise maximale des zones inondables (modélisations avec ruptures)**
- Q30
- Q50
- Q100
- Q500

**Annexe 3 : Tableau détaillé des résultats des calculs de dommages
et du dénombrement des habitants et emplois exposés**



CISALB

PAPI du bassin versant du lac du Bourget

Analyse coûts-bénéfices du projet de travaux de confortement des digues et de restauration écologique de l'Hyères

ANNEXE 2

Evaluation des montants de dommages aux logements, entreprises, établissements ou équipements publics et parcelles agricoles
Dénombrement des habitants et emplois en zone inondable

Comportement des ouvrages		Situation initiale (ouvrages dégradés)															Situation aménagée (ouvrages confortés)														
		Q30 (cruce produisant les premiers dommages significatifs)				Q50 (cruce intermédiaire)				Q100 (Cruce de projet)				Q500 (Cruce pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)							Q30	Q50	Q100	Q500 (Cruce pour laquelle les ouvrages ont un impact hydraulique limité)							
		SANS RUPTURE		AVEC RUPTURES		SANS RUPTURE		AVEC RUPTURES		SANS RUPTURES		AVEC RUPTURES		SANS RUPTURES			AVEC RUPTURES				SANS RUPTURES			AVEC RUPTURES							
Rive de l'Hyères		Total	Rive gauche	Rive droite	Total	Total	Rive gauche	Rive droite	Total	Rive gauche	Rive droite	Total	Rive gauche	Rive droite	Total	Rive gauche	Rive droite	Total	Rive gauche	Rive droite	Total	Aucun débordement + aucune rupture jusqu'à la crue de projet			SANS RUPTURES			AVEC RUPTURES			
Nombre de ruptures		0	2	1	3	0	2	1	3	0	0	0	2	1	3	0	0	0	3	1	4	0	0	0	0	0	0	2			
TOTAL DES DOMMAGES (€2020 HT, arrondi à 10 k€)		0	12 660 000 €	2 790 000 €	15 450 000 €	0	12 680 000 €	2 810 000 €	15 490 000 €	13 250 000 €	0 €	13 250 000 €	18 860 000 €	3 080 000 €	21 940 000 €	42 020 000 €	2 710 000 €	44 720 000 €	44 610 000 €	3 680 000 €	48 280 000 €	0 €	0 €	0 €	34 470 000 €	2 290 000 €	36 750 000 €	39 200 000 €	2 290 000 €	41 490 000 €	
Dommages évités pour un scénario de crue équivalent grace aux aménagements (€)																															
Dommages évités pour un scénario de crue équivalent grace aux aménagements (% des dommages en situation dégradée)																															
M1	Logements individuels	Nombre de bâtiments Zi	0	23	0	23	0	25	0	25	135	0	135	139	0	139	194	0	194	195	0	195	0	0	0	176	0	176	180	0	180
		Surface totale des bâtiments en Zi (m²)	0	2 650	0	2 650	0	2 910	0	2 910	15 050	0	15 050	15 600	0	15 600	22 330	0	22 330	22 380	0	22 380	0	0	0	20 310	0	20 310	20 800	0	20 800
		Dommages moyens par logement individuel	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	10 000 €	0 €	10 000 €	11 000 €	0 €	11 000 €	17 000 €	0 €	17 000 €	18 000 €	0 €	18 000 €	0 €	0 €	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	15 000 €	0 €	15 000 €
		Total des dommages aux logements individuels	0 €	350 000 €	0 €	350 000 €	0 €	370 000 €	0 €	370 000 €	1 385 000 €	0 €	1 385 000 €	1 485 000 €	0 €	1 485 000 €	3 335 000 €	0 €	3 335 000 €	3 495 000 €	0 €	3 495 000 €	0 €	0 €	0 €	2 575 000 €	0 €	2 575 000 €	2 740 000 €	0 €	2 740 000 €
		Nombre d'habitants dans des bâtiments en Zi	0	62	0	62	0	69	0	69	365	0	365	384	0	384	485	0	485	486	0	486	0	0	0	453	0	453	459	0	459
	Logements collectifs	Nombre de bâtiments Zi	0	1	0	1	0	1	0	1	23	0	23	22	0	22	33	0	33	33	0	33	0	0	0	33	0	33	33	0	33
		Surface totale des bâtiments en Zi (m²)	0	55	0	55	0	55	0	55	5 350	0	5 350	5 050	0	5 050	7 910	0	7 910	7 910	0	7 910	0	0	0	7 910	0	7 910	7 910	0	7 910
		Dommages moyens par logement collectif	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	28 000 €	0 €	28 000 €	27 000 €	0 €	27 000 €	49 000 €	0 €	49 000 €	46 000 €	0 €	46 000 €	0 €	0 €	0 €	37 000 €	0 €	37 000 €	37 000 €	0 €	37 000 €
		Total des dommages aux logements collectifs	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	0 €	15 000 €	640 000 €	0 €	640 000 €	600 000 €	0 €	600 000 €	1 610 000 €	0 €	1 610 000 €	1 510 000 €	0 €	1 510 000 €	0 €	0 €	0 €	1 205 000 €	0 €	1 205 000 €	1 205 000 €	0 €	1 205 000 €
		Nombre d'habitants dans des bâtiments en Zi	0	3	0	3	0	3	0	3	287	0	287	281	0	281	365	0	365	365	0	365	0	0	0	365	0	365	365	0	365
Total des dommages aux logements		0 €	365 000 €	0 €	365 000 €	0 €	385 000 €	0 €	385 000 €	2 025 000 €	0 €	2 025 000 €	2 085 000 €	0 €	2 085 000 €	4 945 000 €	0 €	4 945 000 €	5 005 000 €	0 €	5 005 000 €	0 €	0 €	0 €	3 780 000 €	0 €	3 780 000 €	3 945 000 €	0 €	3 945 000 €	
Part représentée par les dommages aux logements dans le total des dommages		0	3%	0%	2%	0	3%	0%	2%	15%	0%	15%	11%	0%	10%	12%	0%	11%	11%	0%	10%	0%	0%	0%	11%	0%	10%	10%	0%	10%	
Nombre total d'habitants dans des bâtiments en Zi			65	0	65		72	0	72	652	0	652	665	0	665	850	0	850	851	0	851	0	0	0	818	0	818	824	0	824	
M2	Entreprises	Nombre d'entreprises au RDC de bâtiments en Zi	0	45	11	56	0	45	11	56	56	0	56	70	15	85	102	23	125	106	29	135	0	0	0	94	18	112	101	18	119
		Dommages moyens par entreprise	0	220 000 €	255 000 €	230 000 €	0	220 000 €	255 000 €	230 000 €	175 000 €	0 €	175 000 €	195 000 €	205 000 €	195 000 €	265 000 €	120 000 €	235 000 €	275 000 €	125 000 €	240 000 €	0 €	0 €	0 €	225 000 €	125 000 €	210 000 €	250 000 €	125 000 €	230 000 €
		Total des dommages aux entreprises	0	10 000 000 €	2 790 000 €	12 790 000 €	0	10 000 000 €	2 810 000 €	12 810 000 €	9 840 000 €	0 €	9 840 000 €	13 690 000 €	3 075 000 €	16 765 000 €	26 910 000 €	2 705 000 €	29 615 000 €	28 955 000 €	3 675 000 €	32 630 000 €	0 €	0 €	0 €	20 990 000 €	2 285 000 €	23 275 000 €	25 025 000 €	2 285 000 €	27 310 000 €
		Part représentée par les dommages aux entreprises dans le total des dommages	0	79%	100%	83%	0	79%	100%	83%	74%	0%	74%	73%	100%	76%	64%	100%	66%	65%	100%	68%	0%	0%	0%	61%	100%	63%	64%	100%	66%
Nombre total approximatif d'emplois dans les entreprises au RDC de bâtiments en Zi		0	1 194	568	1 762	0	1 194	568	1 762	1 255	0	1 255	1 507	582	2 089	2 277	504	2 781	2 300	695	2 995	0	0	0	2 048	404	2 452	2 291	404	2 695	
M3	Etablissements et équipements publics	Nombre d'établissements ou équipements publics en Zi	0	7	0	7	0	7	0	7	12	0	12	12	0	12	18	0	18	18	0	18	0	0	0	16	0	16	16	0	16
		Dommages moyens par établissement ou équipement public	0	330 000 €	0 €	330 000 €	0	330 000 €	0 €	330 000 €	115 000 €	0 €	115 000 €	255 000 €	0 €	255 000 €	565 000 €	0 €	565 000 €	590 000 €	0 €	590 000 €	0 €	0 €	0 €	605 000 €	0 €	605 000 €	640 000 €	0 €	640 000 €
		Total des dommages aux établissements et équipements publics	0	2 295 000 €	0 €	2 295 000 €	0	2 295 000 €	0 €	2 295 000 €	1 385 000 €	0 €	1 385 000 €	3 085 000 €	0 €	3 085 000 €	10 160 000 €	0 €	10 160 000 €	10 645 000 €	0 €	10 645 000 €	0 €	0 €	0 €	9 695 000 €	0 €	9 695 000 €	10 230 000 €	0 €	10 230 000 €
Part représentée par les dommages aux établissements et équipements publics dans le total des dommages		0	18%	0%	15%	0	18%	0%	15%	10%	0%	10%	16%	0%	14%	24%	0%	23%	24%	0%	22%	0%	0%	0%	28%	0%	26%	26%	0%	25%	
M4	Parcelles agricoles	Surface totale de parcelles agricoles en Zi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Total des dommages aux parcelles agricoles	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €



**Annexe 4 : Note de calcul relative aux calcul des coûts et dommages moyens annuels
dans la situation de référence de l'ACB**



Mission de Maîtrise d'Œuvre pour les travaux de confortement des digues et de restauration écologique de l'Hyères

Analyse Coûts-Bénéfices des projets d'aménagement

Annexe 3

**Note de calcul : évaluation des coûts et des
Dommages Moyens Annuels statistiques
dans le scénario de référence**

1 Probabilités moyennes annuelles de rupture des ouvrages

1.1 Définition

La méthodologie détaillée dans le guide AMC pour la réalisation d'analyses coûts-bénéfices de projets de confortement d'ouvrages de protection contre les inondations se base sur le calcul d'une probabilité moyenne annuelle de rupture des ouvrages.

« La probabilité moyenne annuelle de rupture correspond au risque de défaillance de l'ouvrage en tenant compte de l'ensemble des crues possibles sur une année » (Annexes Techniques du guide AMC, p.75).

Cette probabilité, notée $(1-q_0)$, ne correspond pas à une réalité physique. Elle se calcule en réalisant l'intégrale de la courbe des probabilités de rupture d'ouvrages en fonction de la fréquence d'occurrence des scénarios d'inondations considérés (aire sous la courbe représentée sur la Figure 1).

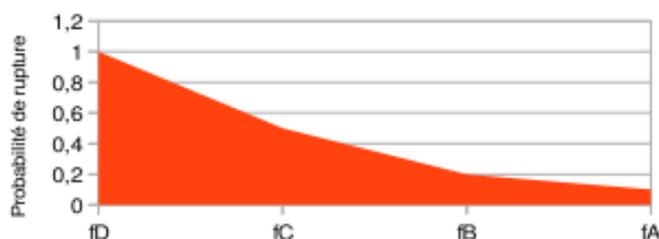


Figure 1 : Illustration d'une courbe des probabilités de rupture d'ouvrages en fonction de la fréquence de retour des événements étudiés (extrait des Annexes Techniques du guide AMC 2018)

1.2 Méthodologie d'évaluation

Dans le cas particulier de l'étude des ouvrages de protection contre les inondations de l'Hyères, les résultats des Etudes de Danger indiquent que la probabilité de rupture des ouvrages est différente en rive gauche (où plusieurs points présentent un risque de rupture par surverse) et en rive droite (où le risque de rupture est lié à une problématique d'érosion interne des digues).

Tableau 1 : Rappel des probabilités de ruptures prises en compte en rive gauche et droite pour chaque période de retour

Période de retour	Rive gauche		Rive droite	
	Rupture(s)	Probabilité de rupture(s)	Rupture(s)	Probabilité de rupture(s)
10 ans	Pas de rupture	≈0%	Pas de rupture	≈0%
30 ans	2 ruptures par surverse	100%	1 rupture par érosion interne	10%
50 ans	2 ruptures par surverse	100%	1 rupture par érosion interne	10%
100 ans	2 ruptures par surverse	100%	1 rupture par érosion interne	10%
500 ans	3 ruptures par surverse	100%	1 rupture par érosion interne	10%
Infinie	Ruine générale de l'ouvrage	100%	Ruine générale de l'ouvrage	100%

Nous avons donc calculé indépendamment la probabilité annuelle de rupture des ouvrages en rive gauche et en rive droite : cette valeur s'élève à **4% en rive gauche** et **0,3% en rive droite**.

2 Evaluation des coûts annuels statistiques pour le scénario de référence

2.1 Coûts annuels d'investissement dans le scénario de référence (CI_{ref})

2.1.1 Interprétation

Ces coûts représentent les coûts annuels statistiques lié à la probabilité pour le pétitionnaire d'avoir à réaliser les travaux de réfection des ouvrages faisant suite à une rupture.

Les coûts d'investissement totaux du scénario de référence correspondent à la somme des coûts annuels statistiques actualisés sur 50 ans.

2.1.2 Méthodologie d'évaluation

Pour une année k , ils sont donnés par la formule suivante dans les annexes techniques du guide AMC :

$$CI_{ref}(k) = q_0^k \cdot (1 - q_0) \cdot CI$$

Où $1 - q_0$ représente la probabilité moyenne annuelle de rupture des ouvrages et CI les coûts initiaux nécessaires à la réalisation du projet

Dans le cas particulier de notre étude, **nous avons appliqué la valeur de probabilité moyenne annuelle de rupture maximale calculée, à savoir celle de la rive gauche (4%), dans ce calcul.**

2.2 Coûts annuels différés dans le scénario de référence

A. Coûts annuels d'entretien (CE_{ref})

2.2.1.1.1.1 Interprétation

Ces coûts représentent les coûts annuels statistiques d'entretien des ouvrages durant le scénario de référence, en considérant :

- Les coûts d'entretien annuels de la situation dégradée (CE_0) jusqu'à la rupture des ouvrages,
- Les coûts d'entretien annuels de la situation confortée (CE_c) à partir des travaux de confortement réalisés après la rupture des ouvrages.

Les coûts d'entretien totaux du scénario de référence correspondent à la somme des coûts annuels statistiques actualisés sur 50 ans.

2.2.1.1.1.2 Méthodologie d'évaluation

Pour une année k , ils sont donnés par la formule suivante dans les annexes techniques du guide AMC :

$$CE_{ref}(k) = q_0^k \cdot CE_0 + (1 - q_0^k) \cdot CE_c$$

Dans le cas particulier de notre étude, **nous avons appliqué la valeur de probabilité moyenne annuelle de rupture maximale calculée, à savoir celle de la rive gauche (4%), dans ce calcul.**

2.2.2 Coûts annuels de réparation (CR_{ref})

2.2.2.1.1.1 Interprétation

Au vu de la définition du scénario de référence (réfection de l'ensemble des ouvrages dès l'apparition d'une rupture, même ponctuelle), la question des coûts de réparation ne se pose que pour la période « post-rupture » dans laquelle les ouvrages ont déjà fait l'objet d'un confortement.

Les coûts de réparation de la situation de référence représentent donc les coûts annuels statistiques des travaux de réparation à effectuer en cas d'évènement entraînant des dommages substantiels sur les ouvrages ayant déjà été confortés à la suite d'une première rupture (évènement ayant donc statistiquement peu de chance de se produire durant l'intervalle temporel de l'AMC).

Le schéma présenté en Figure 2 représente la comparaison entre le scénario conforté et le scénario de référence en prenant en compte l'occurrence d'un évènement provoquant des dommages substantiels sur les ouvrages durant l'intervalle temporel de l'étude.

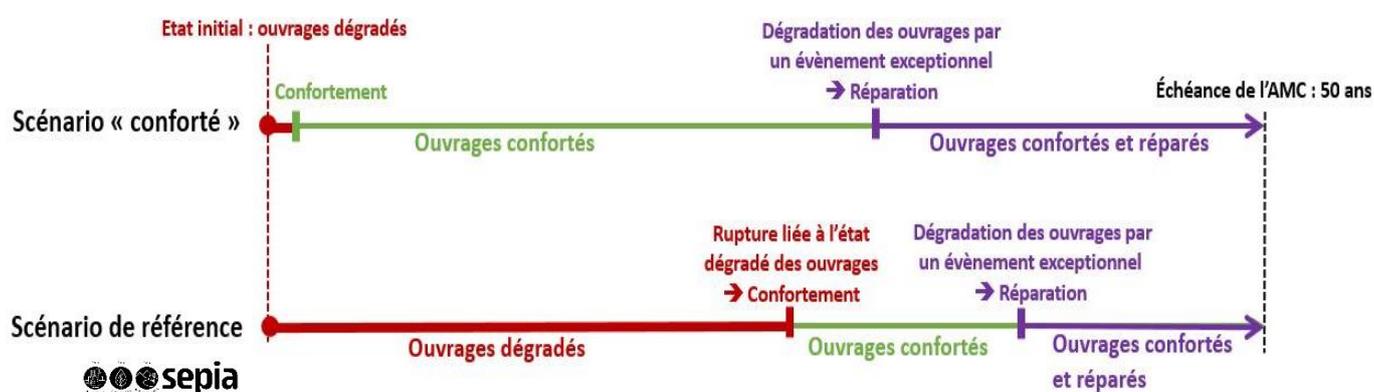


Figure 2 : Représentation schématique du scénario de référence et du scénario conforté prenant en compte l'occurrence d'un évènement provoquant des dommages substantiels sur les ouvrages durant l'intervalle temporel de l'étude (SEPIA Conseils).

Les coûts de réparation totaux du scénario de référence correspondent à la somme des coûts annuels statistiques actualisés sur 50 ans.

2.2.2.1.1.2 Méthodologie d'évaluation

Pour une année k et en nous basant sur la formule donnée dans les annexes techniques pour l'évaluation des coûts d'investissements liés au scénario de référence, nous calculerons ces coûts par la formule suivante :

$$CR_{ref}(k) = q_0^k \cdot (1 - q_0) \cdot CR_c$$

Où CR_c représente les coûts de réparation en situation confortée

Dans le cas particulier de notre étude, nous avons appliqué la valeur de probabilité moyenne annuelle de rupture maximale calculée, à savoir celle de la rive gauche (4%), dans ce calcul.

3 Evaluation des Dommages Moyens Annuels

3.1 Préliminaire

Nous avons calculé indépendamment les Dommages Moyens Annuels en rive gauche et en rive droite de l'Hyère, pour la situation dégradée (DMA_0) et la situation confortée (DMA_c), en suivant les recommandations du guide AMC.

3.2 Dommages Moyens Annuels de la situation de référence

Les annexes techniques du guide AMC recommandent d'évaluer les Dommages Moyens Annuels du scénario de référence par la formule suivante : $DMA_{REF}(k) = q_0^k \cdot DMA_0 + (1 - q_0^k) \cdot DMA_c$.

Par analogie, nous avons calculé les Dommages Moyens Annuels totaux de la situation de référence en sommant les valeurs calculées indépendamment en rive gauche et en rive droite :

$$DMA_{REF}(k) = DMA_{REF(RIVE\ GAUCHE)}(k) + DMA_{REF(RIVE\ DROITE)}(k)$$

Soit

$$DMA_{REF}(k) = q_{0(RIVE\ GAUCHE)}^k \cdot DMA_{0(RIVE\ GAUCHE)} + (1 - q_{0(RIVE\ GAUCHE)}^k) \cdot DMA_{c(RIVE\ GAUCHE)} \\ + q_{0(RIVE\ DROITE)}^k \cdot DMA_{0(RIVE\ DROITE)} + (1 - q_{0(RIVE\ DROITE)}^k) \cdot DMA_{c(RIVE\ DROITE)}$$

3.3 Dommages Moyens Annuels de la situation confortée

Nous avons calculé cette valeur en sommant les DMA en situation confortée calculés en rive gauche et en rive droite : $DMA_c = DMA_{c(RIVE\ GAUCHE)} + DMA_{c(RIVE\ DROITE)}$

Annexe 5 : tableau détaillé de calcul des indicateurs synthétiques financiers

Année	Taux d'actualisation	Coeff d'actualisation	DMAref (k)	DMAref	DMAc (k)	DMAc	DEMA (k)	DEMA (k) actualisés	B	B/ΣDMAref	Cref (k)	Cref	Cic (k)	Cic	CI	CEref (k)	CRref (k)	CADref (k)	CADref	CEc (k)	CRc (k)	CADc (k)	CADc	CAD	C	Cmoy	B/C	VAN
0																												
1	0.025	1.0	1 111 900 €	1 111 900 €	279 530 €	279 530 €	832 370 €	812 068 €	812 068 €	73%	113 949 €	113 949 €	3 536 360 €	3 536 360 €	3 338 937 €	36 300 €	548 €	36 848 €	36 848 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	33 000 €	-3 754 €	3 335 183 €	3 418 563 €	0.2	-2 523 115 €
2	0.025	1.0	1 084 497 €	1 084 497 €	279 530 €	279 530 €	804 967 €	766 179 €	1 578 247 €	72%	110 151 €	224 100 €	0 €	3 536 360 €	3 152 656 €	35 623 €	1 077 €	36 701 €	73 548 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	66 000 €	-7 185 €	3 145 472 €	1 631 956 €	0.5	-1 567 224 €
3	0.025	0.9	1 058 007 €	1 058 007 €	279 530 €	279 530 €	778 477 €	722 893 €	2 301 140 €	71%	106 479 €	330 580 €	0 €	3 536 360 €	2 976 886 €	34 969 €	1 589 €	36 558 €	110 107 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	99 000 €	-10 314 €	2 966 572 €	1 038 707 €	0.8	-665 431 €
4	0.025	0.9	1 032 398 €	1 032 398 €	279 530 €	279 530 €	752 868 €	682 061 €	2 983 202 €	70%	102 930 €	433 510 €	0 €	3 536 360 €	2 811 029 €	34 337 €	2 084 €	36 421 €	146 528 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	132 000 €	-13 161 €	2 797 868 €	743 723 €	1.1	185 334 €
5	0.025	0.9	1 007 641 €	1 007 641 €	279 530 €	279 530 €	728 111 €	643 544 €	3 626 745 €	69%	99 499 €	533 009 €	0 €	3 536 360 €	2 654 525 €	33 726 €	2 562 €	36 288 €	182 816 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	165 000 €	-15 746 €	2 638 778 €	567 989 €	1.4	987 967 €
6	0.025	0.9	983 708 €	983 708 €	279 530 €	279 530 €	704 178 €	607 210 €	4 233 956 €	67%	96 182 €	629 191 €	0 €	3 536 360 €	2 506 842 €	33 135 €	3 025 €	36 159 €	218 975 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	198 000 €	-18 087 €	2 488 756 €	451 834 €	1.7	1 745 200 €
7	0.025	0.8	960 571 €	960 571 €	279 530 €	279 530 €	681 041 €	572 936 €	4 806 892 €	66%	92 976 €	722 168 €	0 €	3 536 360 €	2 367 482 €	32 564 €	3 472 €	36 036 €	255 010 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	231 000 €	-20 199 €	2 347 283 €	369 686 €	2.0	2 459 609 €
8	0.025	0.8	938 204 €	938 204 €	279 530 €	279 530 €	658 674 €	540 605 €	5 347 497 €	65%	89 877 €	812 045 €	0 €	3 536 360 €	2 235 972 €	32 012 €	3 904 €	35 915 €	290 926 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	264 000 €	-22 099 €	2 213 873 €	308 763 €	2.4	3 133 624 €
9	0.025	0.8	916 582 €	916 582 €	279 530 €	279 530 €	637 052 €	510 105 €	5 857 603 €	64%	86 881 €	898 926 €	0 €	3 536 360 €	2 111 868 €	31 478 €	4 321 €	35 799 €	326 725 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	297 000 €	-23 801 €	2 088 067 €	261 962 €	2.8	3 769 536 €
10	0.025	0.8	895 678 €	895 678 €	279 530 €	279 530 €	616 148 €	481 334 €	6 338 937 €	63%	83 985 €	982 911 €	0 €	3 536 360 €	1 994 750 €	30 962 €	4 725 €	35 687 €	362 412 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	330 000 €	-25 320 €	1 969 430 €	225 025 €	3.2	4 369 507 €
11	0.025	0.8	875 470 €	875 470 €	279 530 €	279 530 €	595 940 €	454 193 €	6 793 130 €	63%	81 186 €	1 064 097 €	0 €	3 536 360 €	1 884 222 €	30 463 €	5 115 €	35 578 €	397 990 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	363 000 €	-26 668 €	1 857 555 €	195 240 €	3.7	4 935 575 €
12	0.025	0.7	855 935 €	855 935 €	279 530 €	279 530 €	576 405 €	428 589 €	7 221 719 €	62%	78 479 €	1 142 576 €	0 €	3 536 360 €	1 779 912 €	29 981 €	5 493 €	35 474 €	433 464 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	396 000 €	-27 856 €	1 752 055 €	170 803 €	4.1	5 469 663 €
13	0.025	0.7	837 049 €	837 049 €	279 530 €	279 530 €	557 519 €	404 435 €	7 626 154 €	61%	75 864 €	1 218 440 €	0 €	3 536 360 €	1 681 467 €	29 515 €	5 857 €	35 372 €	468 836 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	429 000 €	-28 898 €	1 652 569 €	150 464 €	4.6	5 973 586 €
14	0.025	0.7	818 791 €	818 791 €	279 530 €	279 530 €	539 261 €	381 650 €	8 007 804 €	60%	73 335 €	1 291 775 €	0 €	3 536 360 €	1 588 554 €	29 065 €	6 210 €	35 274 €	504 111 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	462 000 €	-29 803 €	1 558 751 €	133 330 €	5.1	6 449 052 €
15	0.025	0.7	801 140 €	801 140 €	279 530 €	279 530 €	521 610 €	360 154 €	8 367 958 €	59%	70 890 €	1 362 665 €	0 €	3 536 360 €	1 500 862 €	28 629 €	6 551 €	35 180 €	539 290 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	495 000 €	-30 581 €	1 470 281 €	118 749 €	5.7	6 897 677 €
16	0.025	0.7	784 077 €	784 077 €	279 530 €	279 530 €	504 547 €	339 875 €	8 707 833 €	58%	68 527 €	1 431 192 €	0 €	3 536 360 €	1 418 094 €	28 208 €	6 880 €	35 088 €	574 378 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	528 000 €	-31 242 €	1 386 852 €	106 231 €	6.3	7 320 981 €
17	0.025	0.7	767 580 €	767 580 €	279 530 €	279 530 €	488 050 €	320 744 €	9 028 577 €	57%	66 243 €	1 497 435 €	0 €	3 536 360 €	1 339 971 €	27 801 €	7 198 €	35 000 €	609 378 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	561 000 €	-31 794 €	1 308 179 €	95 402 €	6.9	7 720 399 €
18	0.025	0.6	751 633 €	751 633 €	279 530 €	279 530 €	472 103 €	302 696 €	9 331 273 €	57%	64 035 €	1 581 470 €	0 €	3 536 360 €	1 266 232 €	27 408 €	7 506 €	34 914 €	644 292 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	594 000 €	-32 245 €	1 233 987 €	85 972 €	7.6	8 097 286 €
19	0.025	0.6	736 215 €	736 215 €	279 530 €	279 530 €	456 585 €	285 669 €	9 616 942 €	56%	61 900 €	1 623 370 €	0 €	3 536 360 €	1 196 628 €	27 028 €	7 804 €	34 831 €	679 123 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	627 000 €	-32 605 €	1 164 024 €	77 711 €	8.3	8 452 919 €
20	0.025	0.6	721 510 €	721 510 €	279 530 €	279 530 €	441 780 €	269 606 €	9 886 548 €	55%	59 837 €	1 683 207 €	0 €	3 536 360 €	1 130 925 €	26 660 €	8 092 €	34 751 €	713 875 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	660 000 €	-32 878 €	1 098 047 €	70 437 €	9.0	8 788 501 €
21	0.025	0.6	708 901 €	708 901 €	279 530 €	279 530 €	427 371 €	254 451 €	10 140 999 €	54%	57 842 €	1 741 050 €	0 €	3 536 360 €	1 068 903 €	26 305 €	8 370 €	34 674 €	748 549 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	693 000 €	-33 073 €	1 035 830 €	64 001 €	9.8	9 105 169 €
22	0.025	0.6	692 970 €	692 970 €	279 530 €	279 530 €	413 440 €	240 153 €	10 381 152 €	54%	55 914 €	1 796 964 €	0 €	3 536 360 €	1 010 354 €	25 961 €	8 638 €	34 599 €	783 148 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	726 000 €	-33 196 €	977 158 €	58 294 €	10.6	9 403 994 €
23	0.025	0.6	679 503 €	679 503 €	279 530 €	279 530 €	399 873 €	228 664 €	10 607 815 €	53%	54 051 €	1 851 015 €	0 €	3 536 360 €	955 081 €	25 629 €	8 898 €	34 527 €	817 676 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	759 000 €	-33 251 €	921 629 €	53 186 €	11.5	9 688 886 €
24	0.025	0.6	666 483 €	666 483 €	279 530 €	279 530 €	386 953 €	213 937 €	10 821 752 €	52%	52 249 €	1 903 264 €	0 €	3 536 360 €	902 999 €	25 308 €	9 149 €	34 457 €	852 133 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	792 000 €	-33 246 €	869 653 €	48 625 €	12.4	9 952 099 €
25	0.025	0.5	653 896 €	653 896 €	279 530 €	279 530 €	374 366 €	201 929 €	11 023 681 €	52%	50 507 €	1 953 771 €	0 €	3 536 360 €	853 634 €	24 998 €	9 392 €	34 390 €	886 523 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	825 000 €	-33 185 €	820 449 €	44 531 €	13.4	10 203 233 €
26	0.025	0.5	641 727 €	641 727 €	279 530 €	279 530 €	362 197 €	190 601 €	11 214 282 €	51%	48 824 €	2 002 595 €	0 €	3 536 360 €	807 121 €	24 698 €	9 627 €	34 325 €	920 848 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	858 000 €	-33 073 €	774 048 €	40 846 €	14.5	10 440 234 €
27	0.025	0.5	629 962 €	629 962 €	279 530 €	279 530 €	350 432 €	179 912 €	11 394 194 €	50%	47 196 €	2 049 791 €	0 €	3 536 360 €	763 204 €	24 408 €	9 854 €	34 262 €	955 110 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	891 000 €	-32 914 €	730 290 €	37 520 €	15.6	10 663 904 €
28	0.025	0.5	618 589 €	618 589 €	279 530 €	279 530 €	339 059 €	169 827 €	11 564 021 €	50%	45 623 €	2 095 414 €	0 €	3 536 360 €	721 738 €	24 128 €	10 073 €	34 201 €	989 311 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	924 000 €	-32 713 €	689 025 €	34 512 €	16.8	10 874 995 €
29	0.025	0.5	607 593 €	607 593 €	279 530 €	279 530 €	328 063 €	160 312 €	11 724 332 €	49%	44 102 €	2 139 516 €	0 €	3 536 360 €	682 584 €	23 857 €	10 285 €	34 142 €	1 023 452 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	957 000 €	-32 473 €	650 111 €	31 785 €	18.0	11 074 222 €
30	0.025	0.5	596 962 €	596 962 €	279 530 €	279 530 €	317 432 €	151 333 €	11 876 666 €	49%	42 632 €	2 182 148 €	0 €	3 536 360 €	645 611 €	23 595 €	10 490 €	34 085 €	1 057 537 €	16 000 €	17 000 €	33 000 €	990 000 €	-32 198 €	613 413 €	29 307 €	19.4	11 262 253 €
31	0.025	0.5	586 684 €	586 684 €	279 530 €	279 530 €	307 154 €	142 862 €	12 018 528 €	48%	41 211 €	2 223 359 €	0 €	3 536 360 €	6													

Annexe 6 : Tableau détaillé de calcul des indicateurs synthétiques liés aux enjeux protégés



CIALB
PAPI du bassin versant du lac du Bourget
 Analyse coûts-bénéfices du projet de travaux de confortement des digues et de restauration écologique de l'Hères

ANNEXE 6

Evaluation des indicateurs synthétiques liés aux enjeux protégés

Année	Taux d'actualisation	Coef d'actualisation	Cmoy	NMA0 emploi	NMAc emploi	NMA0 emploi - NMAc emploi	Cmoy/NMA0 emploi - NMAc emploi	NMAref emploi (k)	NE emploi (k)	Somme NE emploi	NEMA emploi	Cmoy/NEMA emploi	NMA0 habitant	NMAc habitant	NMA0 habitant - NMAc habitant	Cmoy/NMA0 habitant - NMAc habitant	NMAref habitants (k)	NEMA habitants (k)	Somme NE habitants	NEMA habitants	Cmoy/NEMA habitants
1	0.025	1.0	3 418 563 €	54	15	39	87 295 50 €	49	34	34	34	101 301 €	11	4	7	488 366 €	6	2	2	2	1 533 227 €
2	0.025	1.0	1 631 956 €	54	15	39	41 673 €	48	33	66	33	24 614 €	11	4	7	233 137 €	6	2	5	2	358 572 €
3	0.025	0.9	1 038 707 €	54	15	39	26 524 €	51	36	102	34	10 198 €	11	4	7	148 387 €	6	2	7	2	156 236 €
4	0.025	0.9	743 723 €	54	15	39	18 992 €	49	34	136	34	5 457 €	11	4	7	106 246 €	6	2	9	2	84 258 €
5	0.025	0.9	567 989 €	54	15	39	14 504 €	48	33	170	34	3 348 €	11	4	7	81 141 €	6	2	11	2	51 231 €
6	0.025	0.9	451 834 €	54	15	39	11 538 €	47	32	202	34	2 238 €	11	4	7	64 548 €	6	2	13	2	33 646 €
7	0.025	0.8	369 886 €	54	15	39	9 440 €	46	31	233	33	1 585 €	11	4	7	52 812 €	6	2	16	2	23 320 €
8	0.025	0.8	308 763 €	54	15	39	7 885 €	45	30	264	33	1 172 €	11	4	7	44 109 €	7	3	18	2	16 818 €
9	0.025	0.8	261 962 €	54	15	39	6 689 €	44	29	293	33	894 €	11	4	7	37 423 €	7	3	21	2	12 506 €
10	0.025	0.8	225 025 €	54	15	39	5 746 €	43	28	321	32	700 €	11	4	7	32 146 €	7	3	24	2	9 528 €
11	0.025	0.8	195 240 €	54	15	39	4 986 €	43	28	349	32	560 €	11	4	7	27 891 €	7	3	26	2	7 404 €
12	0.025	0.7	170 803 €	54	15	39	4 362 €	42	27	376	31	455 €	11	4	7	24 400 €	7	3	29	2	5 849 €
13	0.025	0.7	150 464 €	54	15	39	3 842 €	41	26	401	31	375 €	11	4	7	21 495 €	7	3	32	2	4 685 €
14	0.025	0.7	133 330 €	54	15	39	3 405 €	40	25	426	30	313 €	11	4	7	19 047 €	7	3	35	3	3 798 €
15	0.025	0.7	118 749 €	54	15	39	3 032 €	39	24	451	30	263 €	11	4	7	16 964 €	7	3	38	3	3 110 €
16	0.025	0.7	106 231 €	54	15	39	2 713 €	39	24	474	30	224 €	11	4	7	15 176 €	7	3	41	3	2 570 €
17	0.025	0.7	95 402 €	54	15	39	2 436 €	38	23	497	29	192 €	11	4	7	13 629 €	7	3	45	3	2 141 €
18	0.025	0.6	85 972 €	54	15	39	2 195 €	37	22	519	29	166 €	11	4	7	12 282 €	7	3	48	3	1 796 €
19	0.025	0.6	77 711 €	54	15	39	1 984 €	36	21	541	28	144 €	11	4	7	11 102 €	7	3	51	3	1 516 €
20	0.025	0.6	70 437 €	54	15	39	1 799 €	36	21	561	28	125 €	11	4	7	10 062 €	7	3	55	3	1 287 €
21	0.025	0.6	64 001 €	54	15	39	1 634 €	35	20	581	28	110 €	11	4	7	9 143 €	8	4	58	3	1 099 €
22	0.025	0.6	58 284 €	54	15	39	1 488 €	35	20	601	27	97 €	11	4	7	8 326 €	8	4	62	3	942 €
23	0.025	0.6	53 186 €	54	15	39	1 358 €	34	19	620	27	86 €	11	4	7	7 598 €	8	4	66	3	811 €
24	0.025	0.6	48 625 €	54	15	39	1 242 €	33	18	638	27	76 €	11	4	7	6 946 €	8	4	69	3	702 €
25	0.025	0.5	44 531 €	54	15	39	1 137 €	33	18	656	26	68 €	11	4	7	6 362 €	8	4	73	3	609 €
26	0.025	0.5	40 846 €	54	15	39	1 043 €	32	17	673	26	61 €	11	4	7	5 835 €	8	4	77	3	530 €
27	0.025	0.5	37 520 €	54	15	39	958 €	32	17	690	26	54 €	11	4	7	5 360 €	8	4	81	3	463 €
28	0.025	0.5	34 512 €	54	15	39	881 €	31	16	706	25	49 €	11	4	7	4 930 €	8	4	85	3	406 €
29	0.025	0.5	31 785 €	54	15	39	812 €	31	16	722	25	44 €	11	4	7	4 541 €	8	4	89	3	357 €
30	0.025	0.5	29 307 €	54	15	39	748 €	30	15	737	25	40 €	11	4	7	4 187 €	8	4	93	3	314 €
31	0.025	0.5	27 053 €	54	15	39	691 €	30	15	752	24	36 €	11	4	7	3 865 €	8	4	98	3	277 €
32	0.025	0.5	24 997 €	54	15	39	638 €	29	14	767	24	33 €	11	4	7	3 571 €	8	4	102	3	245 €
33	0.025	0.4	23 120 €	54	15	39	590 €	29	14	781	24	30 €	11	4	7	3 303 €	8	4	106	3	218 €
34	0.025	0.4	21 403 €	54	15	39	547 €	29	14	794	23	27 €	11	4	7	3 058 €	8	4	111	3	193 €
35	0.025	0.4	19 831 €	54	15	39	506 €	28	13	807	23	25 €	11	4	7	2 833 €	8	4	115	3	172 €
36	0.025	0.4	18 389 €	54	15	39	470 €	28	13	820	23	22 €	11	4	7	2 627 €	9	5	120	3	154 €
37	0.025	0.4	17 065 €	54	15	39	436 €	27	12	832	22	21 €	11	4	7	2 438 €	9	5	124	3	137 €
38	0.025	0.4	15 847 €	54	15	39	405 €	27	12	844	22	19 €	11	4	7	2 264 €	9	5	129	3	123 €
39	0.025	0.4	14 727 €	54	15	39	376 €	27	12	856	22	17 €	11	4	7	2 104 €	9	5	134	3	110 €
40	0.025	0.4	13 695 €	54	15	39	350 €	26	11	868	22	16 €	11	4	7	1 956 €	9	5	138	3	99 €
41	0.025	0.4	12 743 €	54	15	39	325 €	26	11	879	21	15 €	11	4	7	1 820 €	9	5	143	3	89 €
42	0.025	0.4	11 865 €	54	15	39	303 €	26	11	889	21	13 €	11	4	7	1 695 €	9	5	148	4	80 €
43	0.025	0.3	11 053 €	54	15	39	282 €	25	10	900	21	12 €	11	4	7	1 579 €	9	5	153	4	72 €
44	0.025	0.3	10 303 €	54	15	39	263 €	25	10	910	21	11 €	11	4	7	1 472 €	9	5	158	4	65 €
45	0.025	0.3	9 609 €	54	15	39	245 €	25	10	920	20	10 €	11	4	7	1 373 €	9	5	163	4	59 €
46	0.025	0.3	8 966 €	54	15	39	229 €	25	10	929	20	10 €	11	4	7	1 281 €	9	5	168	4	53 €
47	0.025	0.3	8 370 €	54	15	39	214 €	24	9	938	20	9 €	11	4	7	1 196 €	9	5	173	4	48 €
48	0.025	0.3	7 817 €	54	15	39	200 €	24	9	947	20	8 €	11	4	7	1 117 €	9	5	178	4	44 €
49	0.025	0.3	7 305 €	54	15	39	187 €	24	9	956	20	8 €	11	4	7	1 044 €	9	5	183	4	40 €
50	0.025	0.3	6 829 €	54	15	39	174 €	24	9	965	19	7 €	11	4	7	976 €	9	5	189	4	36 €



Réalisation : HG	Version A
Validation : GP	16/02/2021