

Travaux de confortement du système d'endiguement du centre commercial des Eaux Chaudes à Digne les Bains "



Avant-projet

N° de référence : GA21-104
Version 5
FEVRIER 2023

SUIVI ET VISA DU DOCUMENT

Maitre d'ouvrage

SYNDICAT MIXTE ASSE BLEONE

Opération

Travaux de confortement du système d'endiguement du centre commercial des Eaux Chaudes à Digne les Bains

GA21-104

Vincent ARNAUD

Avant-projet

Emetteur

HYDRETTUDES - Alpes du Sud

25, rue du Forest d'Entrais

05000 GAP

Tél : 04.92.21.97.26

Mail : contact-gap@hydretudes.com



Document

FEVRIER 2023

Indice	Date	Mise à jour	Rédigé par	Vérifié par
1	Janvier 22		E. LALOT	V. ARNAUD
2	Nov 22	Suppression piste cyclable		
3				
4	JAN 23	VERSION DEFINITIVE		
5	Fev 23	Ajout éléments géotechniques		

SOMMAIRE

1. LOCALISATION	5
2. DONNEES INITIALES :	6
2.1. Études existantes :	6
2.2. topographie	6
2.3. Demande de travaux	6
2.4. Plans d'archives :	6
3. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE :	8
4. ÉVOLUTION DU PROFIL EN LONG :	10
5. ANALYSE HYDRAULIQUE :	11
5.1. Données utilisées	11
5.1.1. Topographie	11
5.1.2. Débits de crues	11
5.1.3. Rugosité	12
5.2. analyse de la ligne d'eau et ligne de charge	12
5.3. Prise en compte du transport solide	13
5.4. Comparaison des données	14
6. ANALYSE VISUEL DE L'OUVRAGE :	15
7. PRIORISATION DES ZONES D'INTERVENTIONS :	17
8. PROPOSITION DE TRAVAUX :	18
8.1. Calcul d'affouillements	18
8.2. Blocométrie des enrochements	19
8.3. objet des travaux :	19
8.3.1. L'élargissement du lit :	20
8.3.2. Confortement de la partie aval du secteur D :	21
8.3.3. Confortement du secteur C :	21
8.3.4. Confortement du secteur B :	22
8.3.5. Confortement du secteur A :	22
8.4. Période de réalisation	23
8.5. Accès au site	23
8.6. matériaux excédentaires :	24
8.7. Matériaux devant être évacués en décharge :	24
8.8. dérivation des eaux :	24
8.9. planning de la mission :	25
9. MONTANT ESTIMATIF DES TRAVAUX	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1: plan de situation	5
Figure 2 : Extrait des données topographiques utilisées dans le modèle	11
Figure 3: Modèle hydraulique réalisé.....	12
Figure 4 : Lignes d'eau et lignes d'eau + 1/2 ligne de charge du torrent des Eaux Chaudes pour les différentes crues de références	13
Figure 5 : Profil en long des lignes d'eau avec et sans prise en compte du transport solide... 14	
Figure 6 : comparaison des profils en long de la crue cinquantennale à millénaire avec ceux obtenus par SCE.....	15
Figure 7 : Profil type cheminement piéton.....	22
Figure 8 : les accès en phase travaux.....	23
Figure 9 : les emprises des installations de chantier :	24
Figure 10 : montant estimatif des travaux.....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Débits de crues.....	11
Tableau 2: Hypothèses de rugosités	12
Tableau 3 : Revanche hydraulique en crue centennale considérant la ligne d'eau	13
Tableau 4:: réhausse du fond du lit considéré pour chaque crue.....	14
Tableau 5: Impact moyen du transport solide sur la ligne d'eau pour différentes crues.	14
Tableau 6: valeurs utilisées en crue centennale pour déterminer la valeur d'affouillement par tronçon	18
Tableau 7: valeurs d'affouillements retenues par tronçon et débit de crue	18

1. LOCALISATION

Le système d'endiguement du centre commercial à Digne les Bains est un ouvrage de 440 ml situé en rive droite du torrent des Eaux Chaudes. Son extrémité amont est localisée environ 230 m en aval du pont du Pigeonnier.

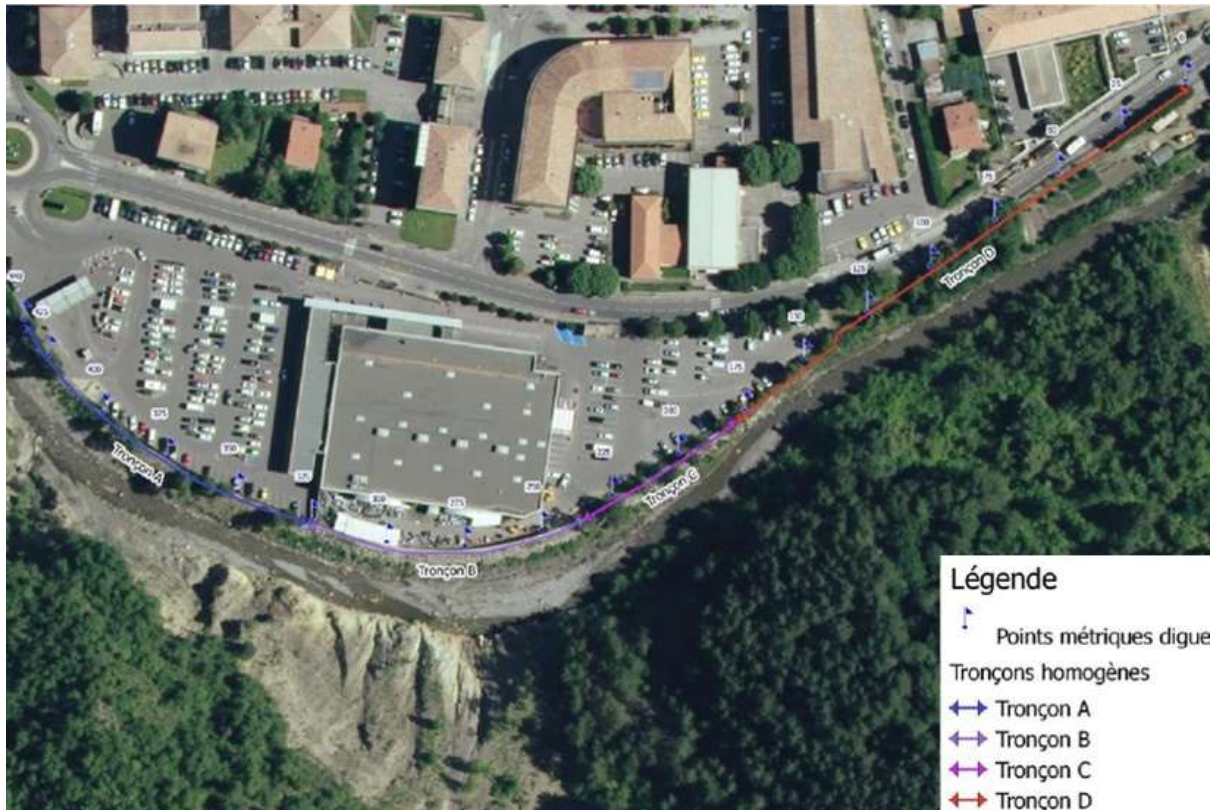


Figure 1: plan de situation

Le syndicat Mixte Asse Bléone a engagé les études règlementaires concernant cet ouvrage, il a été classé C par l'arrêté préfectoral du 18/08/21.

Après réalisation de l'étude de danger, le SMAB a confié à HYDRETTUDES ALPES DU SUD la mission de maîtrise d'œuvre relative au confortement de l'ouvrage. **Le présent rapport concerne la phase AVP.**

2. DONNEES INITIALES :

2.1. ÉTUDES EXISTANTES :

Les études mises à notre disposition sont :

- 1998 - Schéma de restauration des Eaux Chaudes, SOGREAH,
- 2002 - Modèle physique de la couverture des Eaux Chaudes, ETRM.
- 2011 - Rétablissement de la continuité biologique entre la Bléone et ses affluents, étude hydraulique, BURGEAP.
- Sondages des digues des Eaux Chaudes 18 juin 2015 - ISL / SMAB
- 2016 - Diagnostic initial et 1ère EDD, ISL.
- 2017, 2019, 2020, 2021, 2022 - compte-rendu de visites annuelles du Syndicat.
- AVP SCE 2021
- Étude de danger SCE 2021
- Fiche de présentation de la digue - SMAB

2.2. TOPOGRAPHIE

Les données topographiques sont :

- 1992 – nov. crête de digue (format pdf, précision faible) (ST DIGNE)
- 1993 – nov. profil en long fil d'eau, profils en travers et crête de digue (format dwg, voir 2014/Pianet) (ST DIGNE)
- 1994 – juin. profil en long fil d'eau (format pdf, précision faible) (ST DIGNE)
- 1995 – janv. profil en long fil d'eau et crête de digue (format pdf, précision faible) (ST DIGNE)
- 2011 – avril et mai. profil en long du torrent et quatre profils en travers au droit de la digue (format dwg) (PIANET)
- 2014 – oct. plan topographique et parcellaire, profil en long et 13 profils en travers au droit de la digue [C à H] (format dwg) (PIANET)
- 2015 – levé Lidar (SINTEGRA)
- 2021 – levé du centre commercial pour projet d'extension (BBAS)

2.3. DEMANDE DE TRAVAUX

Les demandes de travaux ont été réalisées, on ne note qu'un seul réseau public (réseau pluvial se rejetant dans le cours d'eau en amont de l'Intermarché)

Nous n'avons à ce jour aucune information du centre commercial sur les réseaux privés présents sur leur terrain

2.4. PLANS D'ARCHIVES :

Nous n'avons à notre disposition que les éléments suivants :

- Profil en travers type
- Vue en plan simplifiée
- Profil en long

3. HISTORIQUE DE L'OUVRAGE :

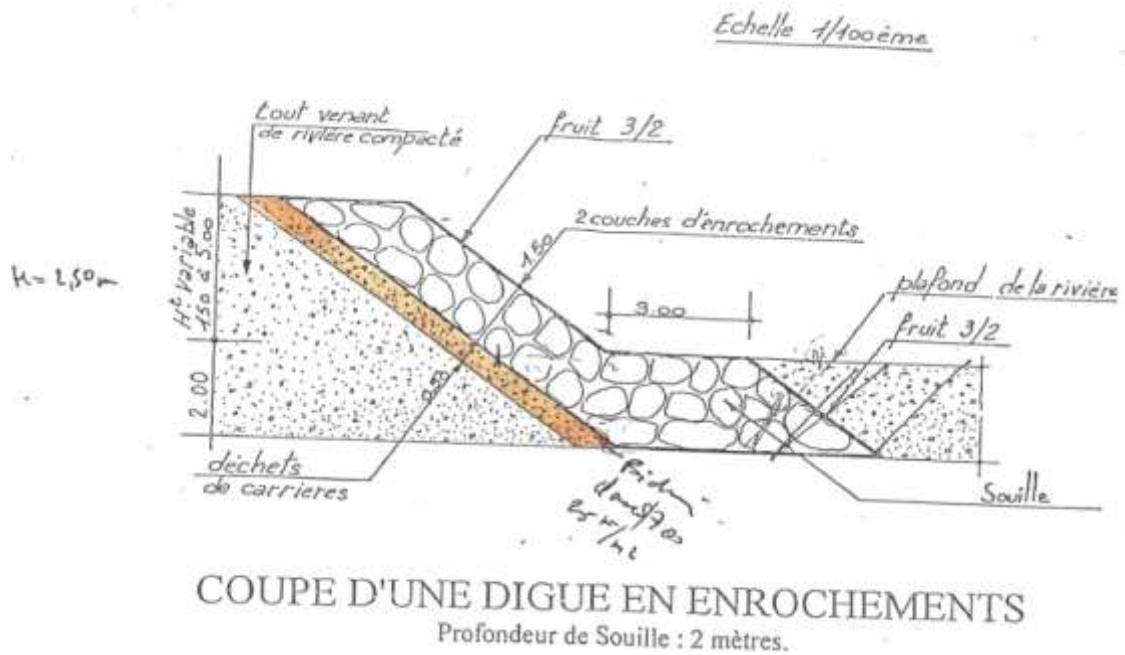
Il existe très peu de documents retraçant la construction de cet ouvrage. La bibliographie de l'ouvrage permet d'estimer que celui-ci est composé de deux tronçons réalisés à des époques différentes :

- Le tronçon amont est constitué d'un mur de pierres maçonnées, dont l'époque de construction est indéterminée. Ce tronçon s'étend sur des parcelles privées et sur des parcelles appartenant à la commune de Digne-les-Bains. Les éléments de dimensionnement de l'ouvrage ne sont pas connus.
- Le tronçon aval est composé de tout-venant protégé par différents revêtements de protection. Ce tronçon a été construit en deux phases, à savoir réalisation en 1992 et rehausse avec des blocs bétons posés sur l'ancienne crête en 1993 lors de la création du centre commercial. Cette rehausse a été supprimée en 2014.



La partie amont (180 ml) est formée d'un mur en pierres maçonnées, de niveau de fondation inconnu, assez éloigné du haut de berge (de l'amont vers l'aval l'écart varie de 16 à 2 m).

La partie aval (260 ml) est formée d'une digue en remblai constituée avec du tout-venant. Contrairement à ce qui est indiqué dans l'étude de danger, ce linéaire de digue est à priori uniforme composé d'enrochements libres selon le profil en travers ci-dessous.



Au droit du centre commercial, la crête de digue est bétonnée. En aval, la crête de digue est constituée par le rebord du parking, marqué par une palissade en bois.

4. ÉVOLUTION DU PROFIL EN LONG :

Pour l'évolution du profil en long, nous pouvons nous appuyer sur les données suivantes :

- 2011, 2015 en version informatique
- 1993 et 1995 en version papier
- et la superposition des profils en travers en version papier également

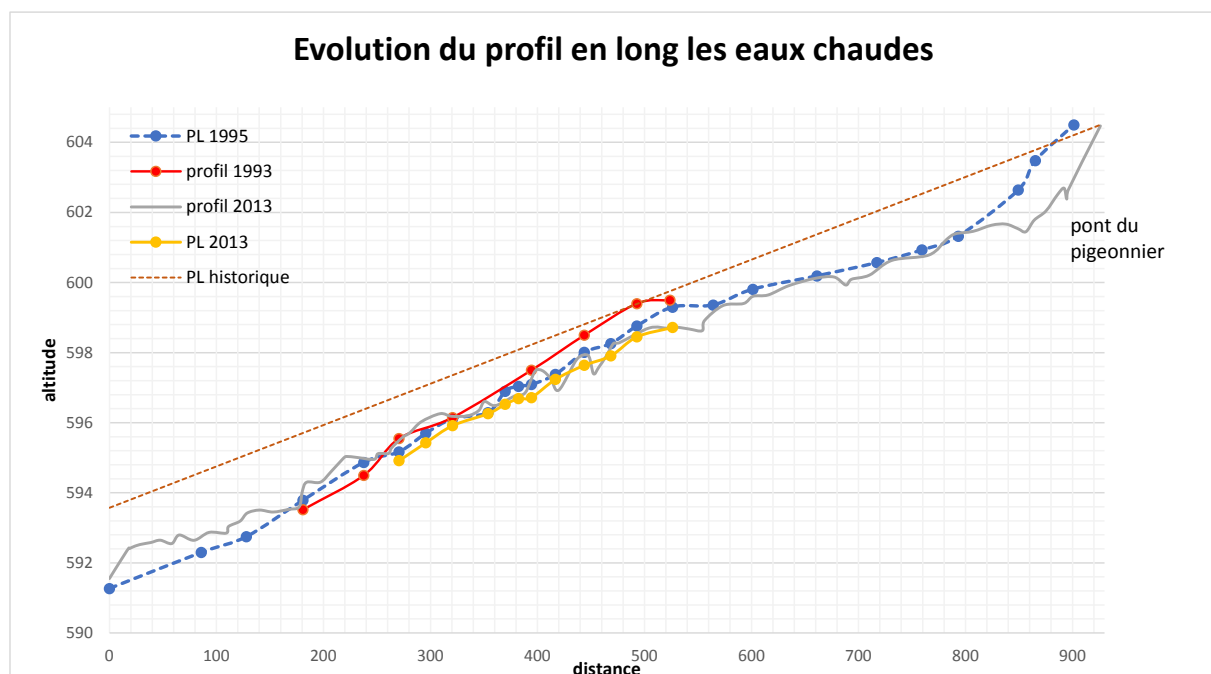
L'ensemble de ces profils a été superposé ci-dessous. Nous avons également essayé de reconstituer un profil en long historique considérant un fond de lit stable au niveau du pont du Pigeonnier (considérant le seuil existant en aval commune point de référence) et un fond rehaussé au niveau de la confluence avec la Bléone (pour tenir compte de l'enfoncement du lit de la Bléone).

On remarque un net enfoncement du lit sur le secteur visible sur le terrain via :

- le seuil au droit du pont du Pigeonnier
- le seuil des eaux chaudes
- la terrasse végétalisée en face du mur en pierres maçonnées

Le profil en long historique a une pente d'environ 1.2% et s'aligne de façon presque remarquable avec les fonds les plus récents. On note un profil 1993 relativement haut sur la partie amont peut être lié à la présence d'un méandre important et du substratum rocheux visible en rive opposée.

Depuis 1993, le fond du lit s'abaisse sur l'ensemble du secteur, l'abaissement est de l'ordre de 0.5m à 1m sur l'amont. Il serait intéressant de réaliser un profil en 2022 qui devrait nous mettre en avant que le profil en long baisse encore (sabot parafouille visible en contre bas de la station essence).



5. ANALYSE HYDRAULIQUE :

La modélisation hydraulique a été réalisée avec le logiciel libre HECRAS 6.1.0 développé par le corps des ingénieurs de l'armée américaine. Le modèle réalisé est un modèle 1 D qui s'étend sur l'ensemble du système d'endiguement soit 480 m.

5.1. DONNEES UTILISEES

5.1.1. Topographie

Les données topographie sont issues des profils en travers réalisés par PIANET en 2014.

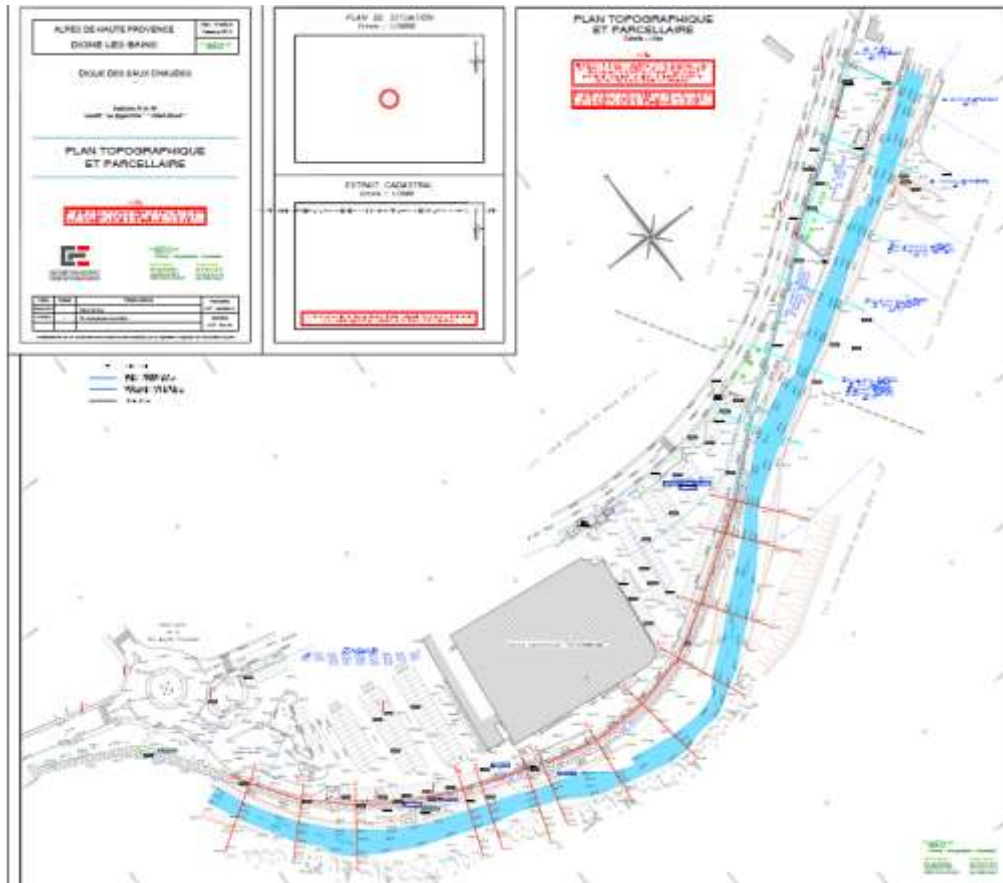


Figure 2 : Extrait des données topographiques utilisées dans le modèle

5.1.2. Débits de crues

Les débits de crues utilisés sont issus de l'étude de dangers (EDD) réalisé par SCE en 2021 sur le torrent des Eaux Chaudes. Soit à l'amont du système d'endiguement :

Temps de retour de la crue (ans)	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q1000
Débit (m ³ /s)	20	53	85	126	170	260

Tableau 1: Débits de crues

5.1.3. Rugosité

Une analyse de sensibilité a été effectuée sur les rugosités issues de l'EDD et des valeurs moyennes établis sur ce type de cours d'eau. Pour ce faire nous avons retenu différentes hypothèses, soit :

	Lit mineur	Berges
Rugosité (Strickler) élevé	20	15
Rugosité (Strickler) moyenne	25	18
Rugosité (Strickler) faible	30	25

Tableau 2: Hypothèses de rugosités

L'analyse de sensibilité montre une différence moyenne des hauteurs d'eau de l'ordre de 5 à 7 % pour les rugosités faibles et élevés par rapport au profil avec une rugosité moyenne.

Nous retiendrons des valeurs de 25 en lit mineur (valeur utilisée dans le cadre de l'EDD), ainsi que 18 pour les berges.



Figure 3: Modèle hydraulique réalisé

5.2. ANALYSE DE LA LIGNE D'EAU ET LIGNE DE CHARGE

Les résultats des modélisations hydrauliques sont disponibles ci-dessous sous forme de profils en long pour les différentes crues de références. Sont présentées les lignes d'eau ainsi que les lignes d'eau + demi-ligne de charge.

La charge hydraulique représente l'énergie totale du cours d'eau, l'énergie cinétique (liée à la vitesse de l'écoulement) + l'énergie potentielle (liée à la hauteur d'eau). La hauteur de charge prend en compte les possibles arrêts soudains de l'écoulement (énergie cinétique nulle donc l'énergie potentielle augmente) potentiellement causés par des blocs, flottants, ponts. Cette hauteur dépend des vitesses d'écoulements et est donc plus élevée que la ligne d'eau. La prise

en compte de la ligne de demi charge additionnée de la ligne d'eau est courant dans le cadre d'étude de dangers, et permet de majorer le risque d'inondation.

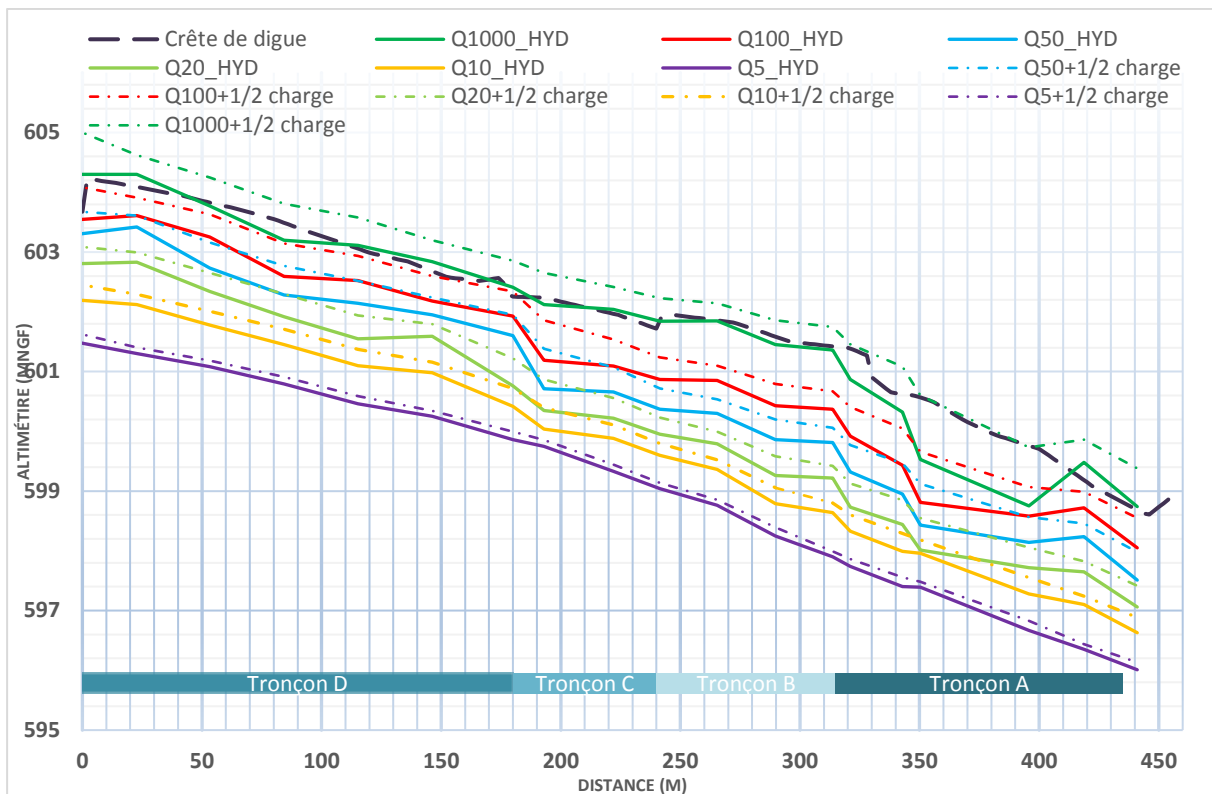


Figure 4 : Lignes d'eau et lignes d'eau + 1/2 ligne de charge du torrent des Eaux Chaudes pour les différentes crues de références

On observe que les premiers débordements ont lieu pour un crue millénaire et ce dès l'amont du système d'endiguement, seuls les tronçons A et B sont épargnés. En crue centennale la revanche est supérieure ou égale à 0.5 m sur l'ensemble du linéaire sauf à la jonction entre les tronçons C et D, et ponctuellement sur l'amont du tronçon D où elle est égale à 0.3 m.

Distance (ml)	22	54	84	116	146	180	192	222	242	266
Revanche (m)	0.49	0.57	0.90	0.53	0.51	0.33	1.05	0.88	1.03	1.00
Distance (ml)	290	314	320	342	350	396	418	440	290	314
Revanche (m)	1.15	1.05	1.48	1.20	1.76	1.18	0.48	0.66	1.15	1.05

Tableau 3 : Revanche hydraulique en crue centennale considérant la ligne d'eau

La considération de la demi-ligne de charge en crue centennale montre une revanche de l'ordre de 20 cm sur le tronçon D sauf sur l'aval de celui-ci avec notamment un point de débordement à la jonction du tronçon C et D. Sur les tronçons en aval la revanche augmente et avoisine 50 cm au maximum.

5.3. PRISE EN COMPTE DU TRANSPORT SOLIDE

Le transport solide a été pris en compte en considérant l'hypothèse faite par SCE dans l'EDD d'une réhausse du fond du lit pour chaque temps de retour de crue.

Cette hypothèse, pessimiste car considérant un dépôt en crue alors que celle-ci aurait plutôt tendance à avoir lieu lors de la décrue permet d'approcher le volume solide charrié influant sur la ligne d'eau.

Nous avons donc considéré une réhausse homogène du fond du lit pour les différents temps de retour de crue. Les valeurs choisies correspondent à la moyenne des valeurs obtenues par SCE, on retiendra :

	Q5	Q10	Q50	Q100
Réhausse considéré (m)	0.4	0.5	0.7	0.9

Tableau 4: réhausse du fond du lit considéré pour chaque crue

Ces valeurs sont aussi cohérentes avec celle retenue par BURGEAP dans son étude hydraulique de 2011 (surélévation de 0.8 m sur l'ensemble du linéaire modélisé).

Ci-dessous les profils en long avec et sans prise en compte du transport solide :

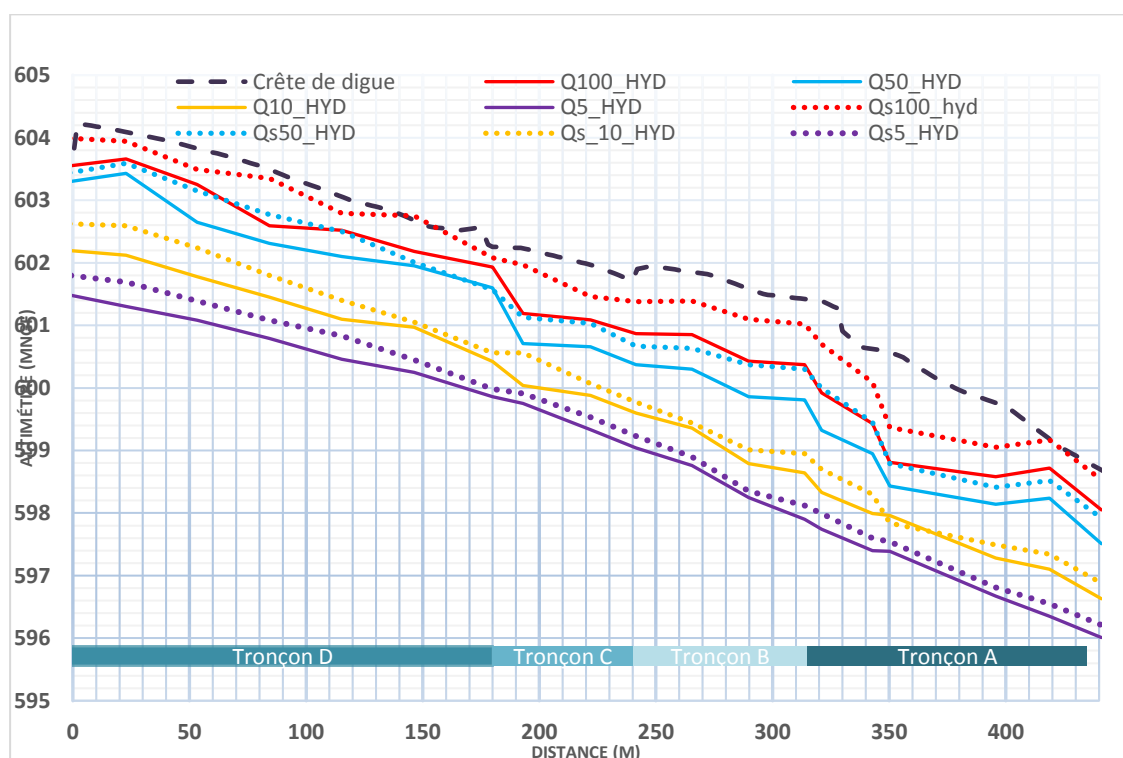


Figure 5 : Profil en long des lignes d'eau avec et sans prise en compte du transport solide.

Ci-dessous les valeurs de réhausse moyenne causé par le transport solide :

	Q5	Q10	Q50	Q100
Réhausse moyenne de la ligne d'eau (m)	0.2	0.25	0.35	0.45

Tableau 5: Impact moyen du transport solide sur la ligne d'eau pour différentes crues.

5.4. COMPARAISON DES DONNEES

La comparaison de ces profils en long avec ceux obtenus par SCE montre une différence maximale de hauteur d'eau de l'ordre de 0.3 à 0.4 m en crue centennale.

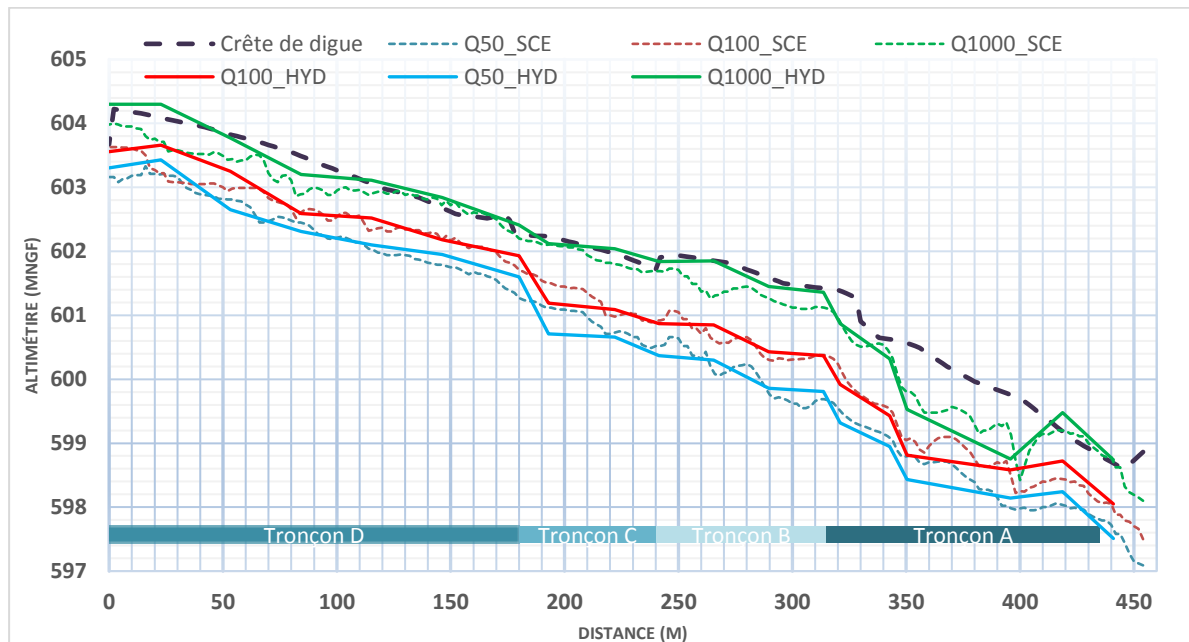


Figure 6 : comparaison des profils en long de la crue cinquantennale à millénaire avec ceux obtenus par SCE.

Ces différences s'expliquent par :

- Données topographiques différentes :
 - LIDAR + profils en travers pour SCE
 - Profils en travers pour HYDRETTUDES
- Type de modèle réalisé :
 - 1D/2D pour SCE
 - 1D pour HYDRERUDES
- Logiciels de modélisations différents (donc équations de calculs différentes) :
 - HEC-RAS pour HYDRETTUDES
 - XP-SWMM couplé avec TUFLOW pour SCE

Conclusion sur l'analyse hydraulique :

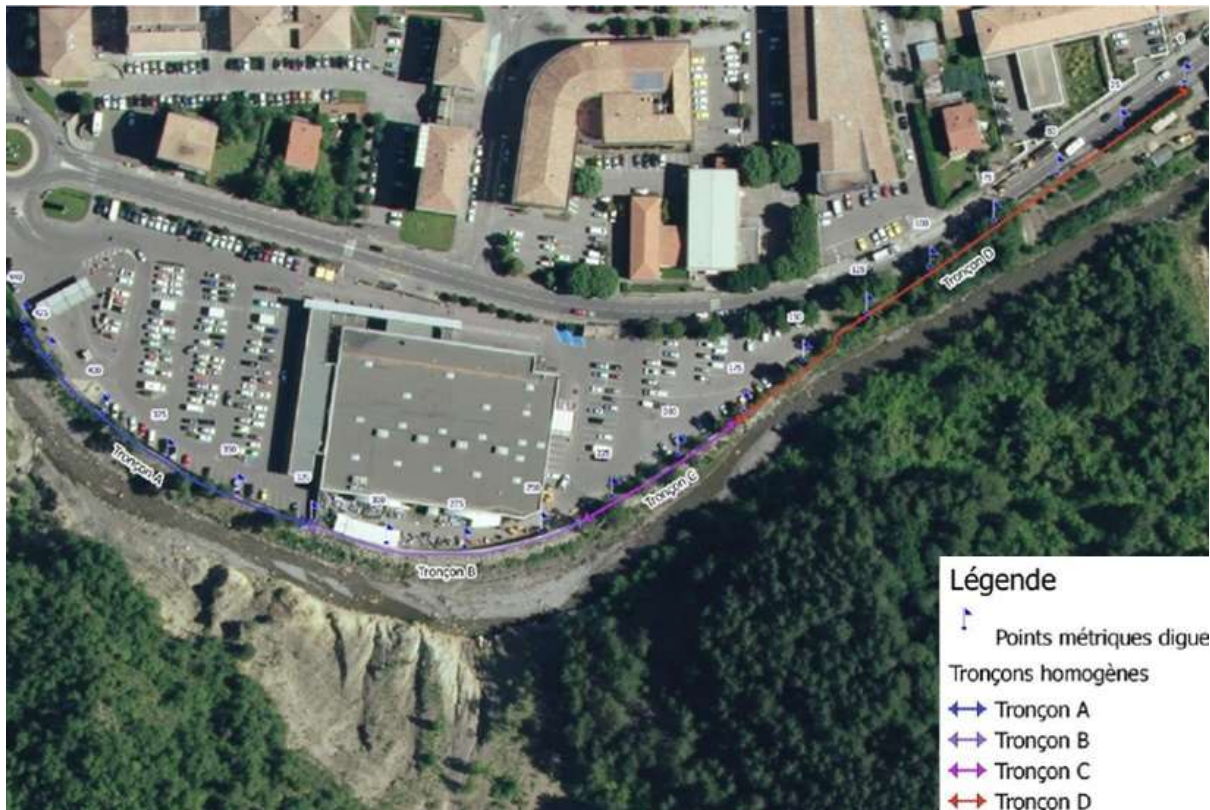
Sans considérer de débordement en amont du système d'endiguement, en crue centennale, le cours d'eau s'écoule pratiquement à plein bord sur l'ensemble du secteur. Ceci conduit donc à une mise en charge de la digue sur toute la hauteur (1.60m en son point le plus haut).

6. ANALYSE VISUEL DE L'OUVRAGE :

L'ouvrage peut être découpé en 4 tronçons homogènes (ceux définis dans l'EDD):

- ▶ **Tronçon D** : 180 mètres du PM 0 au PM 180
- ▶ **Tronçon C** : 60 mètres du PM 180 au PM 240
- ▶ **Tronçon B** : 95 mètres du PM 240 au PM 335

► **Tronçon A** : 115 mètres du PM 335 au PM 440



Sur les tronçons A et B, la digue est protégée coté cours d'eau par un perré et un sabot parafouille en enrochements libres réalisés en 1994.

Sur le tronçon A, le profil en digue traditionnel n'apparaît pas clairement sur le terrain car l'arrière de la digue a été remblayé jusqu'à son sommet pour constituer le parking du supermarché.

Sur le tronçon B, la partie en digue de l'ouvrage a été aménagée et bétonnée pour que le corps de digue ait une emprise la plus faible possible sur les terrains à construire en arrière. on note la présence de quelques fissures millimétriques dans ce béton.

Le tronçon C constitue un tronçon de raccordement entre le tronçon B et le tronçon D (muret en pierre maçonneries). Il est constitué coté cours d'eau de blocs et dominos bétons bétonnés entre eux avec des traces d'affouillement en pied (assez logique au vu de l'évolution des fonds depuis 1993)

Le tronçon D concerne le mur historique. Il est largement dégradé avec des défauts de maçonneries continus sur l'ensemble du linéaire. Il présente à priori un défaut certain de fondation. L'ensemble de la partie aval de ce secteur est aujourd'hui menacé directement par les érosions du cours d'eau en crue.

7. PRIORISATION DES ZONES D'INTERVENTIONS :

Le tronçon A et le tronçon B se situent en intrados, ils ont été protégés en 1993. En crue, ces secteurs sont ceux avec une revanche de sécurité la plus importante. L'intervention sur ces secteurs pour des enjeux purement de sécurité publique n'apparaît pas urgente. On surveillera néanmoins l'évolution du lit (enfouissement en cours).

On notera néanmoins que l'accès au secteur B est difficile en cas de crue.

Sur le secteur A, la palissade existante masque le cours d'eau et empêche une visualisation du niveau d'eau. Elle doit être retirée.

Concernant le secteur C et la partie aval du secteur D, il existe un risque important d'érosion surtout si on considère l'abaissement du lit important dans ce secteur depuis 1993. Ceux sont également les secteurs où en crue la revanche est la plus faible.

Concernant l'amont du secteur D, il est protégé par la présence d'une parcelle construite. En aval, on pourrait penser que dans le prolongement de cette parcelle, le muret bénéficie d'un effet de masque sur une longueur difficile à estimer.

8. PROPOSITION DE TRAVAUX :

8.1. CALCUL D'AFFOUILLEMENTS

La profondeur d'affouillement nécessaire au calage des ouvrages est calculée à l'aide de la formule de Ramette :

$$P_a = 0,73 \left(\frac{Q}{L\sqrt{d_{50}}} \right)^{2/3} - Y_0$$

Avec :

- Q : débit de crue de référence
- L : largeur du cours d'eau actif la plus discriminante pour le secteur concerné
- d₅₀ : diamètre calculé pour lequel 50% des éléments mesurés ont un diamètre inférieur
- Y₀ : hauteur d'eau moyenne

Ainsi la profondeur d'affouillement a été calculée pour chaque tronçon en fonction de la largeur du lit à son niveau et des hauteurs d'eau pour les différents débits de crues.

À noter que cette formule n'est qu'indicative, et que la profondeur de mise en mouvement des matériaux lors des crues est difficile à estimer, notamment sur les cours d'eau à forte pente.

Sur chaque tronçon le calcul a été effectué sur deux profils en travers représentatifs de la section. La valeur d'affouillement la plus forte a été retenue. Ci-dessous les valeurs utilisées pour le calcul en crue centennale :

Tronçon	Q (m³/s)	L (m)	D50 (m)	Y ₀ (m)
Tronçon A	170	21	0.037	2.8
Tronçon B	170	20	0.037	3.6
Tronçon C	170	18	0.037	2.5
Tronçon D	170	24	0.037	2.9

Tableau 6: valeurs utilisées en crue centennale pour déterminer la valeur d'affouillement par tronçon

Le tableau ci-après, récapitule les valeurs d'affouillement retenus par tronçon et pour chaque débit de crue :

Profondeur d'affouillement (m)	Q100	Q50	Q20	Q10
Tronçon A	2.4	2	1.5	1.3
Tronçon B	1.7	1.3	1	0.9
Tronçon C	2	2.5	2.1	1.4
Tronçon D	1.8	1.2	1.1	1.5

Tableau 7: valeurs d'affouillements retenues par tronçon et débit de crue

Les valeurs d'affouillements maximales sont comprises entre 2 et 2.5m, elles correspondent au tronçon A en crue centennale et au tronçon C en crue cinquantennale.

On remarque qu'en crue centennale le tronçon C présente une valeur d'affouillement inférieure à la crue cinquantennale. Cela s'explique par la largeur active du cours d'eau qui augmente fortement d'un débit à l'autre (écoulement en lit majeur), c'est le même phénomène qui se produit entre la crue vicennale et décennale sur le tronçon D.

On retrouve des valeurs proches des travaux réalisés en 1993 avec un encastrement du sabot de 2m par rapport au fond du cours d'eau.

8.2. BLOCOMETRIE DES ENROCHEMENTS

Différentes formules présentées ci-dessous nous permettent de calculer le diamètre et le poids moyen de la blocométrie à mettre en place en fonction des vitesses et des hauteurs d'eau à attendre. Celles-ci ont été calculés sur chaque tronçon pour les valeurs les plus discriminantes :

Formule d'Isbach :

$$d \geq \frac{1}{s-1} \frac{U^2}{\sqrt{2} \cdot 2g}$$

Avec :

U : Vitesse d'écoulement (m/s)

s : Densité du bloc (2.6 t/m³)

d : Diamètre des blocs (m)

Formule de Maynard :

$$\frac{D_{30}}{h} = SF \cdot 0,30 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{s-1}} \cdot \frac{V}{\sqrt{gh}} \right)^{2,5}$$

Avec :

V : Vitesse d'écoulement (m/s)

s : Densité du bloc (2.6 t/m³)

D30 : 30 % des échantillons prélevés ont un diamètre inférieur à D30 (avec D30 = 13mm)

h : Hauteur d'eau (m)

Formule du CEMAGREF :

$$D \geq \frac{A}{s-1} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Avec :

A : coefficient de turbulence =1.4

S : Densité du bloc (2.6 t/m³)

V : Vitesse d'écoulement

En application d'un terme correctif (formule de Lane). Ces valeurs conduisent à utiliser les blocométries suivantes :

Blocométrie	Tronçon A	Tronçon B	Tronçon C	Tronçon D
Diamètre moyen (m)	0.8	0.9	1.25	1.1
Poids (t)	0.7	1.0	2.6	2

8.3. OBJET DES TRAVAUX :

Les travaux doivent permettre de

1/réduire le risque de rupture par érosion en :

- confortant la partie aval du tronçon D,
- confortant le tronçon C,
- élargissant le lit tronçons D et C
- conforter le tronçon B

2/ améliorer la visibilité du système d'endiguement pour permettre sa surveillance par le gestionnaire :

- tronçon B, recul (côté zone protégée) de la palissade métallique du magasin,
- tronçon A, retrait de la palissade en bois bordant la parking, remplacement par une barrière simple ou des gabions espacés)

8.3.1. L'élargissement du lit :

Il est important que le cours d'eau ait une largeur constante sur l'ensemble du secteur afin que le transport solide en crue soit homogène limitant ainsi les phénomènes de dépôt comme les phénomènes d'érosion.

Le tableau ci-dessous met en avant la largeur du lit au droit de chaque profil existant (cf plan topo PIANET 2014).

Profil	Largeur (mesuré en pied de berge)	Profil	Largeur (mesuré en pied de berge)
C	13	F	15.6
C1	16.5	G	17
C'	18.5	H	11
DP	11.5	I	12
D	11.5	J	9.5
D'	11.5	K	9.5
E	17	L	9
E1	14	M	8
E'	22	N	15
E1	20		

On remarque :

- Une largeur stable en aval du bâtiment
- Une nette réduction au passage du bâtiment
- Un élargissement dans le méandre
- Puis enfin une nette réduction de largeur sur toute la partie amont

Ces variations de sections impactent le transport solide en crue mais également l'évolution du fond du cours d'eau. Ainsi, en amont, la réduction de la largeur du lit est directement liée à l'enfoncement du cours d'eau.

En arrière du bâtiment, compte tenu de la place disponible un élargissement du lit est impossible.

Par contre sur la partie amont un recul de la berge semble possible et de toute façon nécessaire en phase travaux pour la dérivation des eaux du cours d'eau.

On pourra s'interroger sur la nécessité de réaliser une protection de berge sur cette rive. En effet, on note que la berge actuelle est pratiquement dénudée de végétation du fait d'un entretien réalisé annuellement par le Syndicat et ne présente aucun enjeu.

8.3.2. Confortement de la partie aval du secteur D :

À la lecture des études de dangers précédemment réalisées (ISL et SCE), le mur ne présente à priori pas de risque de basculement sous le poids de l'eau, pour la crue centennale (cf tableau 30 et 31 EDD ISL), mais un risque persiste concernant sa rupture (compte tenu de son état général). Ce mur présente par ailleurs un risque important d'effondrement par affouillement en l'absence de fondation.

On note qu'en amont l'habitation a été construite devant le mur digue historique. Considérant l'effet de masque de cette habitation et la très forte végétation qui s'est développée sur la terrasse, il n'apparaît pas nécessaire de travailler sur l'ensemble du linéaire.

La partie amont du secteur D ne sera donc pas concernée, 70m du mur historique sera conforté selon le principe suivant :

- Réaliser des opérations de rejointoiement de ce mur coté val pour éviter sa déstructuration complète
- Réaliser un second mur par devant afin de supprimer le risque de rupture
- Réaliser une protection de berge le long de la rivière afin d'éviter tout risque d'effondrement par affouillement
- De disposer entre la protection de berge et le pied de mur un complexe composé d'un géotextile et d'un grillage part bloc afin d'éviter tout phénomène d'érosion en pied de mur pour tout niveau d'eau supérieur à environ 2m.

La protection de berge viendra se refermer en amont vers le mur digue afin d'éviter toute sujétion de contournement par l'amont.

On notera que sur ce secteur il existe un panneau publicitaire qui devra être démonté. Le projet prévoit sa remise en place. Sa suppression serait préférable.

Concernant l'exutoire du réseau pluvial, il sera intégré aux enrochements en berge.

La berge en rive gauche sera reculée pour atteindre une largeur en fond de 12m. Le linéaire d'intervention est de 160m.

8.3.3. Confortement du secteur C :

Concernant le secteur C, l'étude de danger réalisée par SCE ne met pas en avant de problème d'instabilité de l'ouvrage par glissement du corps de digue aussi bien coté rivière que coté val. Dans ce cadre-là, une reprise de la géométrie du corps de digue n'est pas nécessaire.

Par contre, cette même étude de danger met en avant le risque d'érosion sur la partie la plus amont (éléments bétons noyés dans du béton).

Il est aisé et cohérent dans le prolongement des travaux réalisés sur le secteur D de reprendre les premiers mètres de l'ouvrage.

On notera sur ce secteur une largeur en tête de digue variable avec ponctuellement une largeur très faible. On rappellera que les calculs hydrauliques ont mis en avant un écoulement à plein bord dans ce secteur en cas de crue centennale. Cette partie d'ouvrage devra faire l'objet d'une analyse géotechnique. En première approche, nous considérons d'avoir en tout point une largeur de crête supérieur à 2m.

Coté terre, le projet prévoit l'intégration d'un cheminement piéton qui passera tout le long du bâtiment Intermarché. Il débutera sur le tronçon C et comprendra l'ensemble du secteur C Ce cheminement aura deux vocations :

- Assurer la surveillance de l'ouvrage en crue
- Créer un cheminement doux

Ce chemin aura une largeur constante de 2m.

Le linéaire concerné est de 62m sur ce tronçon.

8.3.4. Confortement du secteur B :

L'étude de danger SCE ne met pas en avant de risque d'instabilité de cette portion de l'ouvrage.

On nuancera ce propos avec la tendance à l'enfoncement du lit observé sur l'analyse des profils en long.

Ce secteur est concerné en totalité par le cheminement piéton. La coupe type est la suivante, elle consiste à :

- Créer un mur en L permettant de garantir le maintien de la crête de digue selon le profil en long actuel
- Créer un remblai technique en arrière (matériaux 0/80 compacté + couche de 0/31.5 compacté)
- Créer un cheminement de 2m de largeur en tête avec un revêtement en bicouche
- Repositionner la clôture existante en pied de talus
- baisser le niveau de fondation
- Recréer un parement à 3H/2V
- Créer un cheminement en sommet de berge de 2m de hauteur
- Repositionner la clôture du centre commercial à 1m du haut de digue afin de permettre les opérations d'inspection

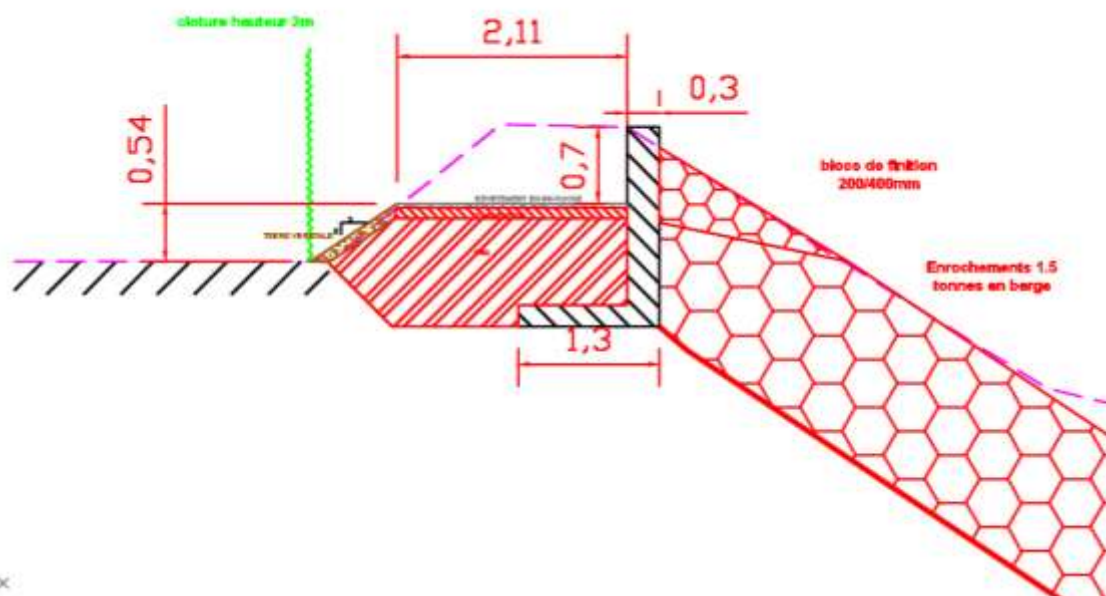


Figure 7 : Profil type cheminement piéton

8.3.5. Confortement du secteur A :

L'étude de danger SCE ne met pas en avant de risque d'instabilité de cette portion de l'ouvrage.

On nuancera ce propos avec la tendance à l'enfoncement du lit observé sur l'analyse des profils en long (sabot partiellement visible sur le secteur).

A ce stade, nous ne proposons pas de travaux sur ce secteur. La zone devra toutefois faire l'objet d'une surveillance accrue.

Nous prévoyons le retrait de la balustrade en haut de berge et substitution par une rambarde ou des blocs gabions régulièrement espacés

On rappellera l'importance du calage du profil en long par la section couverte des Eaux Chaudes en aval.

Comme vu précédemment, le profil en long du cours d'eau tend à s'ajuster dans le temps selon une pente à 1.2% avec comme point de base l'entrée de la section couverte. Une dégradation de ce point fixe entrainera de façon liée un enfoncement du profil en long amont et des ouvrages en berge.

8.4. PERIODE DE REALISATION

Les travaux en rivière doivent être réalisés en tenant compte des débits du cours d'eau et des périodes de travaux favorables à la réalisation des ouvrages (hors période froide pour les bétons).

Les Eaux Chaudes étant en 2^{ème} catégorie piscicole, le cours d'eau n'est pas concerné (interdiction des travaux en rivière entre le 1er novembre et le 15 mars dans le département des Alpes-de-Haute-Provence).

Sur le secteur, nous devons également tenir compte de l'activité du supermarché, forte en période estivale.

La période favorable par rapport aux débits se situe entre août et octobre, profitant de l'étiage estival et automnal. Cette période est également favorable vis-à-vis de la végétation est des espèces à enjeux potentiellement présentes à proximité du cours d'eau (chiroptères).

En conclusion, nous préconisons une réalisation des travaux entre septembre en novembre 2023.

8.5. ACCES AU SITE

L'accès au site pourra se faire depuis l'amont, il sera nécessaire de conventionner avec la mairie de Digne les Bains pour disposer d'une partie du parking communal adjacent à celui du supermarché.



Figure 8 : les accès en phase travaux

Concernant la zone d'installation de chantier, il sera nécessaire de disposer :

- De l'ensemble des places de parking existantes le long de la digue

- D'une zone en amont pour des stocks tampons, installation de chantier et parking des engins.

La surface totale est d'environ 1000 m²



Figure 9 : les emprises des installations de chantier :

8.6. MATERIAUX EXCEDENTAIRES :

Le chantier sera excédentaire en matériaux. Le volume est important issu des sabot parafouille.

Les volumes concernés sont les suivants :

- Secteur D : 2000 m³
- Secteur C : 390 m³
- Secteur B : 450 m³

Compte tenu de la proximité de la tranchée couverte et du risque d'obstruction associé, ces matériaux seront évacués à 80% pour être remis en dépôt dans le lit de la Bléone en aval immédiat du Grand Pont.

8.7. MATERIAUX DEVANT ETRE EVACUES EN DECHARGE :

Il s'agira principalement des souches, de morceaux de béton et de ferrailles issus du démantèlement des ouvrages existants en rive droite. Ils seront redirigés vers un site de décharge agréé.

8.8. DERIVATION DES EAUX :

Les modalités de dérivations des eaux et des pêches de sauvetages devront être définies avec les services de l'État avant le début des travaux.

Le chantier devra être réalisé en dérivant les eaux du cours d'eau vers la rive opposée. On note la largeur faible du lit qui n'excède pas 12m en fond.

Deux solutions sont possibles :

- Soit réaliser un merlon et renvoyer les écoulements vers la rive opposée

- Soit créer un chenal d'écoulement provisoire en surprofondeur du chenal existant

La pente du cours d'eau est d'environ 1%.

Concernant la solution 1, au vu de la largeur du lit, on ne peut envisager un chenal de plus de 5 à 6m de largeur en fond soit un débit maximum de 6 m³/s pour une hauteur d'eau de 60cm.

Concernant la solution 2, en considérant un chenal étroit de 3m de largeur en fond et une pente équivalente à celle actuelle, le débit passant est alors d'environ 3 m³/s pour une hauteur de 60cm. Il est nécessaire de rattraper cette surprofondeur sur le linéaire aval du cours d'eau. Le linéaire sera de plus de 100m avec une pente de 0.5%.

La solution 1 nous paraît donc préférable avec un débit passant plus important et une emprise sur le profil en long se limitant à la zone de travaux.

Quelque soit la solution retenue, les espaces de travail sont réduits. On ne pourra envisager de travailler selon des tronçons supérieurs à 30m.

L'élargissement de la rive gauche nécessitera la mise en place d'un passage busé. Le volume à extraire est limité, la durée de travaux n'excèdera pas 1 semaine ce qui permettra de mettre en place un passage busé de taille réduite (1 à 2 buses DN 600).

Avant la dérivation des eaux, une pêche de sauvetage sera réalisée sur l'ensemble du linéaire.

8.9. PLANNING DE LA MISSION :

Deux ateliers seront mis en place travaillant en décalé :

- L'un concernant les travaux d'enrochements en rivière
- L'autre concernant les travaux du cheminement piéton et bétons armés associés

L'enchaînement des tâches sera la suivante.

1. Installation de chantier
2. Pêche de sauvetage sur l'ensemble du linéaire
3. Création de l'accès pour déblais rive gauche et dérivation des eaux vers la rive droite
4. Déblais rive gauche
5. Dérivation des eaux pour travaux en rivière rive droite de l'aval vers l'amont par tronçon de 30m
6. Travaux par tronçon de 30m de l'aval vers l'amont, côté terre
7. Remise en état du lit
8. Travaux de finition côté terre (revêtement de chaussée, peinture au sol etc...)

9. MONTANT ESTIMATIF DES TRAVAUX

Le devis détaillé des travaux est présenté dans le tableau ci-dessous.

DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros
TRAVAUX PREPARATOIRES				
INSTALLATION DE CHANTIER	forfait	1	4 500,00 €	4 500,00 €
ETUDE d'EXECUTION (implantation/GC/G2PRO)	forfait	1	10 000,00 €	10 000,00 €
CREATION DES ACCES	forfait	1	3 500,00 €	3 500,00 €
TRAITEMENT DE LA VEGETATION	forfait	1	4 000,00 €	4 000,00 €
DERIVATION PROVISoire DES EAUX	forfait	1	6 000,00 €	6 000,00 €
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	500,00 €	500,00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	1 000,00 €	1 000,00 €
PLAN DE RECOLEMENT	forfait	1	2 000,00 €	2 000,00 €
PECHE ELECTRIQUE	forfait	2	1 600,00 €	3 200,00 €
TRAVAUX DE CONFORTEMENT SECTEUR D				
<i>coté cours d'eau</i>				
DEBLAIS (inclus rive gauche)	m3	2008	5,00 €	10 040,00 €
REMBLAIS sur site	m3	401,6	5,00 €	2 008,00 €
REMBLAIS dans Bléone	m3	1606,4	10,00 €	16 064,00 €
DEBLAIS BRH	m3	30	35,00 €	1 050,00 €
MISE EN DECHARGE	m3	30	15,00 €	450,00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	880	65,00 €	57 200,00 €
GEOTEXTILE	m2	440	4,00 €	1 760,00 €
COFFRAGE	M2	275,0	55,00 €	15 125,00 €
ARMATURE	KG	3200	3,50 €	11 200,00 €
BETON	M3	40	230,00 €	9 200,00 €
PIQUAGE DU MUR EXISTANT	M2	360	10,00 €	3 600,00 €
REJOINTOEMENT DES PIERRES	M2	200	40,00 €	8 000,00 €
TERRE VEGETALE	m3	40	40,00 €	1 600,00 €
ENGazonnement	m2	200	2,00 €	400,00 €
TOILE DE COCO+ GRILLAGE PART BLOC	m2	220	10,00 €	2 200,00 €
<i>sous total</i>				139 897,00 €
TRAVAUX DE CONFORTEMENT SECTEUR C				
<i>coté cours d'eau</i>				
DEBLAIS	m3	390	5,00 €	1 950,00 €
REMBLAIS sur site	m3	78,0	10,00 €	780,00 €
REMBLAIS dans Bléone	m3	312,0	5,00 €	1 560,00 €
MISE EN DECHARGE	m3	30	15,00 €	450,00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	260	65,00 €	16 900,00 €
ENROCHEMENTS - DEPOSE REPOSE	m3	780	20,00 €	15 600,00 €
GEOTEXTILE	m2	455	4,00 €	1 820,00 €
<i>coté terre</i>				
DEBLAIS	m3	325	10,00 €	3 250,00 €
MISE EN DECHARGE	m3	325	15,00 €	4 875,00 €
COFFRAGE	m2	260,0	65,00 €	16 900,00 €
ARMATURE	kg	5200	4,00 €	20 800,00 €
BETON	m3	65	250,00 €	16 250,00 €
BETON DE PROPLETE	m3	13	230,00 €	2 990,00 €
MATERIAUX GNT 0/60 COMPACTE	m3	292,5	60,00 €	17 550,00 €
TERRE VEGETALE	m3	13	40,00 €	520,00 €
ENGazonnement	m2	97,5	2,00 €	195,00 €
MATERIAUX TYPE 0/31,5	m3	13	75,00 €	975,00 €
SABLE STABILISEE	m2	130	30,00 €	3 900,00 €
<i>sous total</i>				127 265,00 €
TRAVAUX DE CONFORTEMENT SECTEUR B				
<i>coté cours d'eau</i>				
DEBLAIS	m3	450	5,00 €	2 250,00 €
DEBLAIS BRH	m3	135	35,00 €	4 725,00 €

DIGUE DES EAUX CHAUDES

REMBLAIS sur site	m3	90,0	5,00 €	450,00 €
REMBLAIS dans Bléone	m3	360,0	10,00 €	3 600,00 €
MISE EN DECHARGE	m3	135	15,00 €	2 025,00 €
ENROCHEMENTS - DEPOSE REPOSE	m3	1260	20,00 €	25 200,00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	180	65,00 €	11 700,00 €
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE 50/150 kg	m3	63	65,00 €	4 095,00 €
coté terre				
DEBLAIS	m3	405	10,00 €	4 050,00 €
MISE EN DECHARGE	m3	405	15,00 €	6 075,00 €
COFFRAGE	m2	342,0	70,00 €	23 940,00 €
ARMATURE	kg	5760	4,00 €	23 040,00 €
BETON	m3	72	250,00 €	18 000,00 €
BETON DE PROPRETE	m3	14	230,00 €	3 312,00 €
MATERIAUX GNT 0/60 COMPACTE	m3	315	60,00 €	18 900,00 €
TERRE VEGETALE	m3	18	40,00 €	720,00 €
ENGAZONNEMENT	m2	135	2,00 €	270,00 €
MATERIAUX TYPE 0/31,5	m3	18	75,00 €	1 350,00 €
RETEMENT BI COUCHE	m2	180	20,00 €	3 600,00 €
sous total				157 302,00 €
DIVERS				
CAGE GABIONS 50X50X100	U	22	120,00 €	2 640,00 €
RETRAIT PALLISSADE BOIS	F	1	1 200,00 €	1 200,00 €
CLOTURE INTERMARCHE	ML	95	120,00 €	11 400,00 €
REFECTION ENROBES A CHAUD	M2	155	30,00 €	4 650,00 €
RETRAIT REMISE EN PLACE PANNEAU PUBLICITAIRE	F	1	8 000,00 €	8 000,00 €
REFECTION MARQUAGE AU SOL	F	1	3 500,00 €	3 500,00 €
sous total				31 390,00 €
TOTAL HT (€) TRAVAUX				490 554,00 €

Figure 10 : montant estimatif des travaux

NOS DOMAINES D'ACTIVITÉS

UNE EXPERTISE DE L'EAU COMPLETE ET UN ACCOMPAGNEMENT SUR MESURE

Rivières, lacs et torrents

Prévention, prévision, protection, gestion du risque inondation, Expertise post crue, gestion de crise.

Gestion sédimentaire.

Réalisation d'ouvrages de protection des biens et des personnes (Barrages, digues, ouvrages de franchissement).

Environnement et écologie

Renaturation & valorisation des cours d'eau et milieux associés.

Développement durable.

Protection des milieux.

Continuité écologique.

Réseaux

Production, stockage & distribution d'eau potable.

Assainissement & épuration des eaux usées.

Gestion des eaux pluviales.

Conception et gestion des aménagements

D'irrigation et d'enneigement.

Topographie

Topographie de rivières, de réseaux.

Récolement.

Contact :

contact@hydretudes.com

www.hydretudes.com



Flashez et visitez notre site

