DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

AMENAGEMENT DES CALES DE LOIRE ET DE LA PLACE KLEBER

PIECE D
DOSSIER LOI SUR L'EAU

PIECE A : PRESENTATION DU DOSSIER ET CONTEXTE REGLEMENTAIRE

PIECE B : NOTICE NON TECHNIQUE

PIECE C : ETUDE D'IMPACT

PIECE D : DOSSIER LOI SUR L'EAU

PIECE E : ANNEXES

AVRIL 2025

Ville de SAUMUR

VILLE DE SAUMUR

MOE AMENAGEMENT CALES DE LOIRE ET PLACE KLEBER A SAUMUR

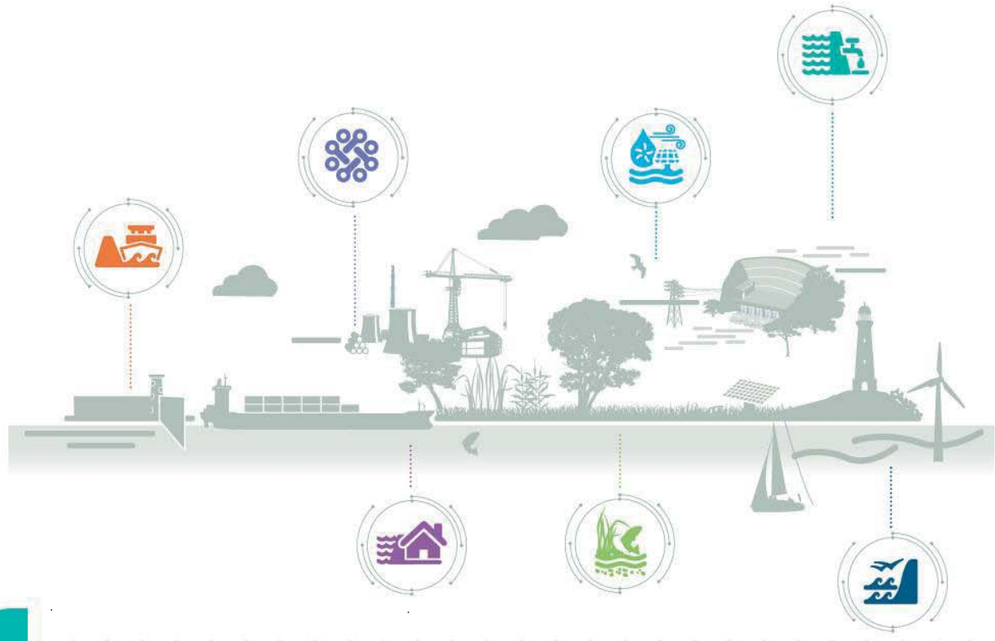
Rapport

N° : 22F-169-RA-3

Révision n° : A

Date : 16/01/2025

Votre contact :
Antoinette TARDIEU
tardieu@isl.fr



// Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

ISL Ingénierie SAS – ANGERS
25 rue Lenepveu
49100 – Angers
France
Tel : +33.2.41.36.01.77
Fax : +33.1.40.34.63.36

www.isl.fr

ISL Ingénierie

Visa

Document actualisé le 16/01/2025.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	16/01/2025	PRI	ATA	BSE	

ATA : TARDIEU Antoinette

BSE : SEUROT Benjamin

PRI : RIBO Pascale

Rapport ISL
22F-169-RA-3
Revision A
MOE aménagement cales de Loire et Place K

http://www.isl.fr/r.php?c=262242

MOE aménagement cales de Loire et Place Kléber à Saumur
Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

ISL Ingénierie

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 0
1.1 CONTEXTE 0
1.2 LOCALISATION 1
1.3 DONNEES D'ENTREES 4
2 RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE LOI SUR L'EAU VISEES PAR LE PROJET 5
3 ETAT INITIAL 6
3.1 SYSTEME D'ENDIGUEMENT 6
3.1.1 Rappel des niveaux associés à un système d'endiguement 6
3.1.2 Système d'endiguement de la ville de Saumur 6
3.1.2.1 Ouvrages du système d'endiguement et niveaux de référence 7
3.1.2.2 Autres composants du système d'endiguement 9
3.2 AMENAGEMENTS EXISTANTS 15
3.2.1 Profil en travers de la Loire à Saumur 15
3.2.2 Plantations 1
3.3 ZONAGE PPRI 3
3.4 CONTEXTE GEOTECHNIQUE 8
3.4.1 Analyse de la carte géologique locale 8
3.4.2 Reconnaissances disponibles 10
3.4.3 Composition du mur 11
3.4.4 Géométrie 12
3.4.5 Remblais 13
4 TRAVAUX AU DROIT DE LA ZONE DE PROJET 14
4.1 AMENAGEMENTS DES QUAIS 14
4.2 ESCALIERS 18
4.3 HAHA 22

4.4 PLANTATIONS 23
4.5 SYSTEME D'ENDIGUEMENT 27
5 INCIDENCES DES AMENAGEMENTS 32
5.1 INCIDENCES LIEES A L'AMENAGEMENTS DES ESCALIERS 32
5.1.1 Incidences hydrauliques 32
5.1.2 Incidences structurelles 38
5.2 INCIDENCES LIEES A LA MISE EN PLACE DU HAHA 38
5.2.1 Incidences hydrauliques 38
5.2.2 Incidences structurelles 39
5.3 INCIDENCES LIEES AU COMBLEMENT DU PASSAGE SOUTERRAIN 40
5.3.1 Incidences hydrauliques 40
5.3.2 Incidences structurelles 41
5.4 INCIDENCES DES MODIFICATIONS DES RAMPES D'ACCES 41
5.4.1 Incidences hydrauliques 41
5.4.2 Incidences structurelles 42
5.5 INCIDENCES LIEES AUX AMENAGEMENTS PAYSAGERS (PLANTATIONS) 42
5.5.1 Incidences hydrauliques 42
5.5.1.1 Plantations 42
5.5.1.2 Non aggravation des phénomènes d'embâcles 43
5.5.2 Incidences structurelles 46
5.6 INCIDENCES DES AMENAGEMENTS SUR LES OUVRAGES TRAVERSANTS 47
5.7 INCIDENCES DES AMENAGEMENTS SUR LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT 47
5.8 INCIDENCES EN PHASES TRAVAUX 50
5.8.1 Cote de références 50
5.8.2 Incidences phase travaux haha et escalier Kléber 51
5.8.3 Incidence phase travaux escaliers République 52
5.8.4 Incidence phase travaux escalier du Château 53
5.8.5 Incidence phase travaux passage souterrain 54

6 MISE A JOUR DU DOCUMENT D'ORGANISATION ET DE CONSIGNES D'EXPLOITATION, D'ENTRETIEN ET DE SURVEILLANCE 54

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 OUVRAGES TRAVERSANTS 1

ANNEXE 2 TABLEAU DES BOUCHURES 8

ANNEXE 3 PLANS DES PLANTATIONS 9

ANNEXE 4 VERIFICATION STABILITE HAHA 10

ANNEXE 5 DETAILS PRECONISATIONS ET INCIDENCE ESCALIER 23

ANNEXE 6 DETAILS ET PRECONISATIONS INCIDENCE PASSAGE SOUTERRAIN 28

ANNEXE 7 MODALITES DE GESTION DES BATARDEAUX 31

ANNEXE 8 TRAME DU RAPPORT DE SURVEILLANCE EN PHASE CHANTIER 34

ANNEXE 9 PLAN DES RESEAUX 39

ANNEXE 10 PLANNING DES TRAVAUX 40

TABLE DES FIGURES

Figure 1-1 : Localisation de la zone de projet (1/25 000 -ème) 1
Figure 1-2 : Localisation de la zone de projet (1/10 000 -ème) 2

Figure 1-3 : Localisation du système d'endiguement de la ville de Saumur (source : Saumur Val de Loire) 3
Figure 3-1 : Niveaux associés à un système d'endiguement 6
Figure 3-2 : Localisation des digues composant le SE de la ville de Saumur 8
Figure 3-3 : Profil en long levée de Limoges et du Chardonnet 9
Figure 3-4 : Localisation des ouvrages de la levée de Limoges 10
Figure 3-5 : Localisation des ouvrages de la levée du Chardonnet 11
Figure 3-6 : Ouvrage traversant associé à la station de pompage Hôtel de Ville 13
Figure 3-7 : Ouvrage traversant associé à la station de pompage Kleber 13
Figure 3-8 : Bouchures levée de Limoges 14
Figure 3-9 : Bouchure levée du Chardonnet 15
Figure 3-10 : Localisation des profils en travers 16
Figure 3-11 : Profils en travers de la Loire en état initial 1
Figure 3-12 : Sujets arborés quai Carnot 1
Figure 3-13 : Sujets arborés Quai Mayaud 3
Figure 3-14 : Zonage aléas PPRi 4
Figure 3-15 : Zonages réglementés PPRi 5
Figure 3-16 : Tableau réglementaire du croisement des aléas et des enjeux 6
Figure 3-17 : Carte géologique BRGM 1/50 000 9
Figure 3-18 : Position des sondages géotechniques 11
Figure 3-19 : Carotte sondage horizontaux SCH1 et SCH2 [1] 12
Figure 3-20 : Coupe Haha et sondage géotechnique 13
Figure 3-21 : Carotte sondage vertical SCV1 – Remblais de sable de Loire [1] 13
Figure 4-1 : Localisation des déblais et remblais au niveau des quais (d'aval en amont) 16
Figure 4-2 : Localisation de déblai - remblai au niveau du passage souterrain 17
Figure 4-3 : Plans de principe AVP de l'aménagement de la promenade en bord de Loire 18
Figure 4-4 : Escalier Kleber 20
Figure 4-5 : Escalier République 20
Figure 4-6 : Escalier Château 21
Figure 4-7 : Localisation du Haha quai Carnot 22
Figure 4-8 : Coupe au niveau du Haha 23
Figure 4-9 : Extrait du plan des plantations 23
Figure 4-10 : Bilan des plantations au niveau du quai Carnot et de la place Kleber 25
Figure 4-11 : Bilan des plantations au niveau du quai et de la cale Mayaud 27
Figure 4-12 : Interférence avec la digue 28
Figure 4-13 : Etat projet quai Mayaud, localisation des ouvrages traversants et bouchures existants 30

Figure 4-14 : Etat projet quai Carnot, localisation des ouvrages traversants et bouchures existants 31
Figure 5-1 : Profil au niveau de l'escalier Kleber 33
Figure 5-2 : Profil au niveau de l'escalier République 34
Figure 5-3 : Profil au niveau de l'escalier Château 35
Figure 5-4 : Escalier Château modifications apportées au SE 36
Figure 5-5 : Escalier République modifications apportées au SE 37
Figure 5-6 : Principe et localisation du haha 39
Figure 5-7 : Niveau de protection du système d'endiguement au niveau du Haha 39
Figure 5-8 : Localisation du passage souterrain - vue aérienne 40
Figure 5-9 : Passage souterrain (source : ISL, 2024) 41
Figure 5-10 : Modification de la rampe d'accès aval du quai Carnot 41
Figure 5-11 : Détail de la réhausse du mur parapet le long de la rampe 41
Figure 5-12 : Modification de la rampe d'accès amont du quai Mayaud 42
Figure 5-13 : Détail de la réhausse du mur parapet le long de la rampe 42
Figure 5-14 : Zones de dépôts prévisibles des amas de branchages escalier Kleber (en vert) 44
Figure 5-15 : Zones de dépôts prévisibles des amas de branchages escalier République (en vert) 45
Figure 5-16 : Zone de dépôts prévisibles des amas de branchages escalier du Château (en vert) 46
Figure 5-17 : Schéma de principe des fosses de plantations 47
Figure 5-18 : Profil en long levée de Limoges et du Chardonnet (source Cardigue) – localisation des aménagements en état initial et état projet 49
Figure 6-1 : Localisation des bouchures sur le système d'endiguement de Saumur centre-ville 55
Figure 6-2 : Localisation des bouchures modifiées 56
Figure 6-3 : Photographies des bouchures concernées 57

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Données d'entrées 4
Tableau 3-1 : Caractéristiques des stations de pompage (source : Dossier de demande de régularisation au titre du décret n°2015-526 du SE de Saumur centre-ville [7]) 12
Tableau 3-2 : Reconnaissance Fondouest 2024 11
Tableau 4-1 : Bilan des déblais/remblais sur la zone de projet 17
Tableau 5-1 : Ecarts état initial / état projet à l'échelle de la Loire 32
Tableau 5-2 : Cote de début d'inondation en phase travaux (avec sécurité de 50 cm) 51

MOE aménagement cales de Loire et Place Kléber à Saumur
Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

ISL Ingénierie

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La ville de Saumur projette le réaménagement des cales de Loire (Carnot et Mayaud en rive gauche) et de la place Kléber, situés à proximité immédiate du centre-ville.

Ce site a vocation à être restructuré pour libérer les cales d'une partie du stationnement de voitures (réduction de 262 à 124 places) et pour en améliorer l'accès et l'appropriation des habitants et visiteurs. Les travaux visent à s'appuyer sur les valeurs naturelles et patrimoniales de ce bord de Loire et d'en favoriser de nouveaux usages (promenade, détente, animations saisonnières).

Les principaux travaux sont les suivants :

- Aménagement d'un ha-ha sur le quai Carnot (dispositif permettant d'ouvrir la vue sur la Loire à la place du parapet du quai) ;
- Reprise des rampes d'accès aux cales afin d'en adoucir la pente ;
- Aménagement de 3 escaliers d'accès (73 m cumulés) : un de 31 m de large sur la cale Carnot et deux d'environ 20 m de large sur la cale Mayaud (20 m pour République et 22 m pour le Château) pour faciliter les accès aux cales ;
- Réalisation d'un carrefour en T en lieu et place du giratoire actuel sur la place Kléber ;
- Réaménagement global des revêtements des cales, de l'éclairage et de la végétation d'ornement en place.

Le projet a fait l'objet d'une demande d'examen au cas-par-cas n°2023-7310 en octobre 2023. L'arrêté préfectoral portant décision d'examen au cas par cas en application de l'article R. 122-3 du code de l'environnement du « Projet d'aménagement des cales de Loire et de la place Kléber sur la commune de Saumur (49) » du 03/11/2023 soumet le projet à étude d'impact.

Le présent rapport a pour objet l'analyse des incidences hydraulique et structurelle des aménagements projetés sur le système d'endiguement de la ville de Saumur.

1.2 LOCALISATION

La localisation de la zone de projet est présentée ci-après.

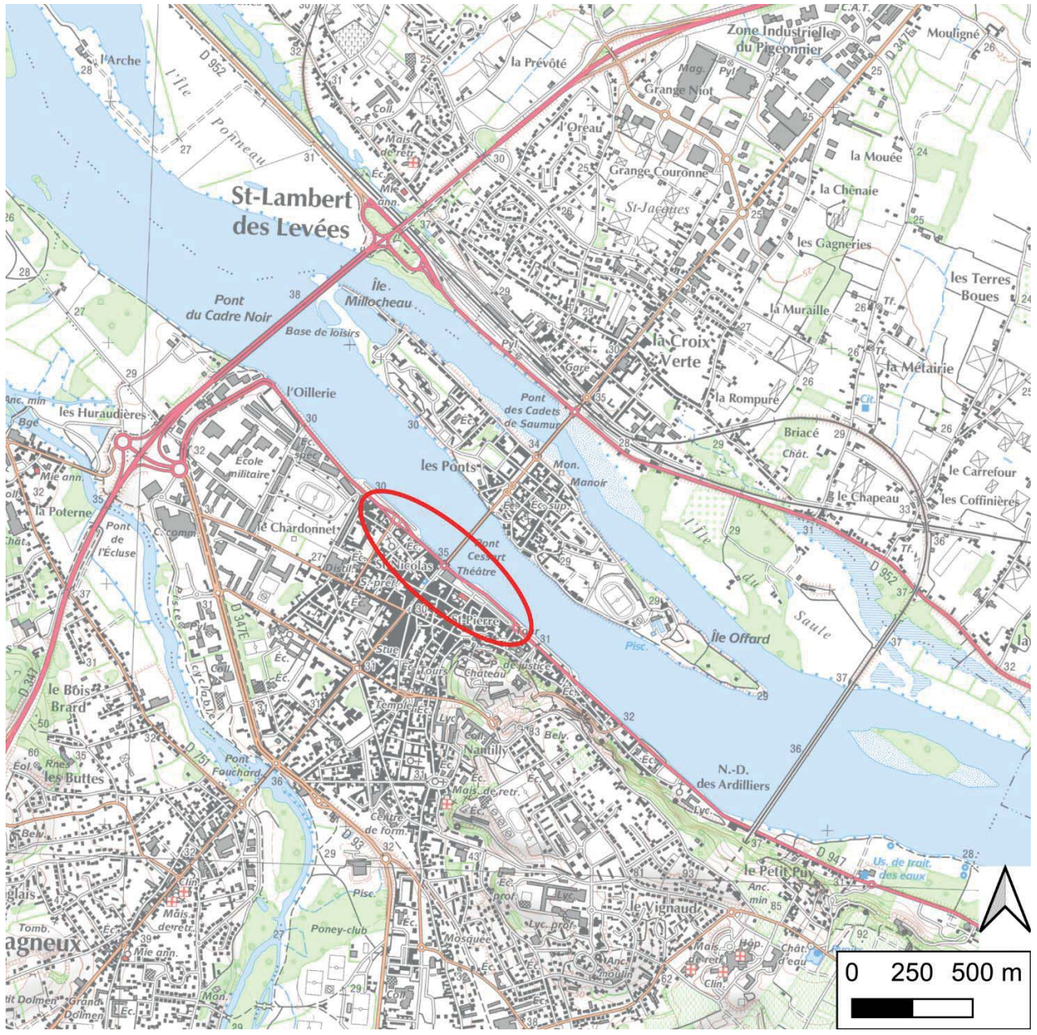


Figure 1-1 : Localisation de la zone de projet (1/25 000 -ème)

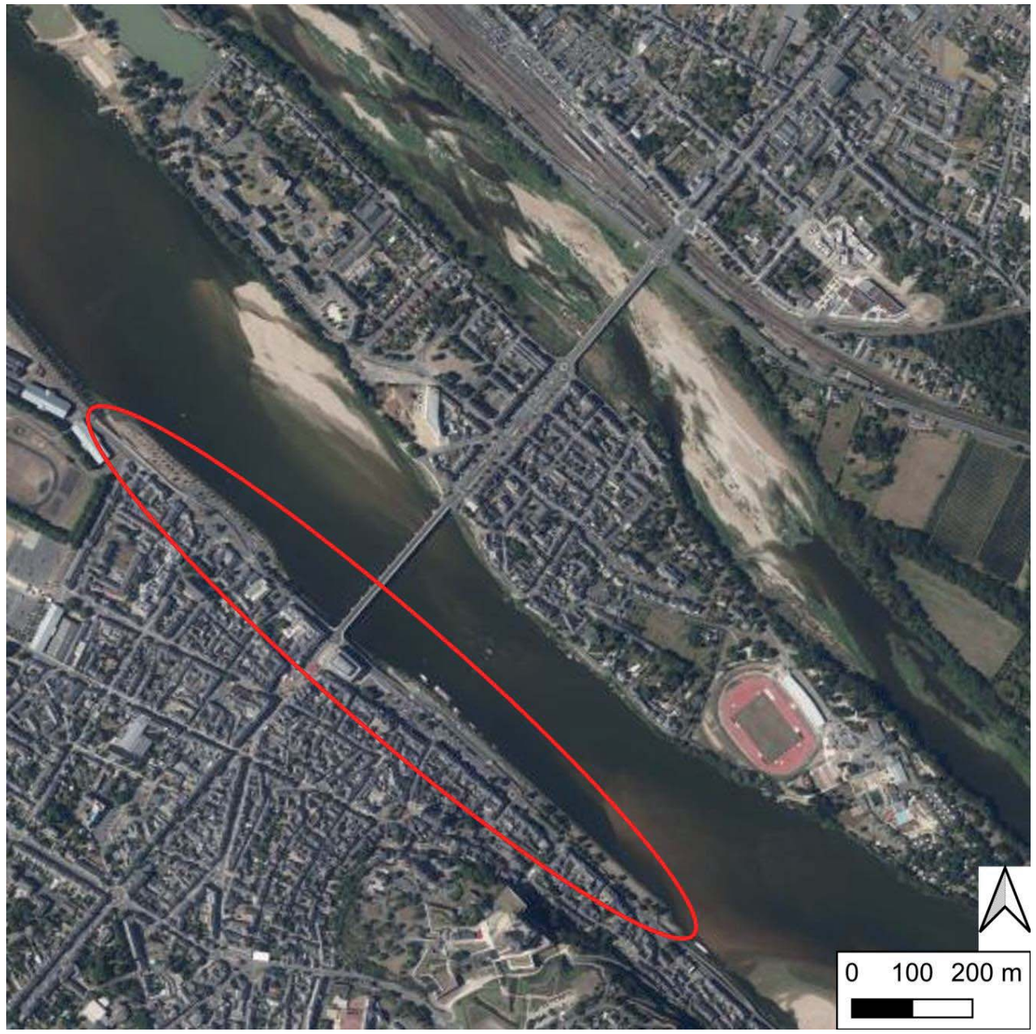


Figure 1-2 : Localisation de la zone de projet (1/10 000 -ème)

MOE aménagement cales de Loire et Place Kléber à Saumur
Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

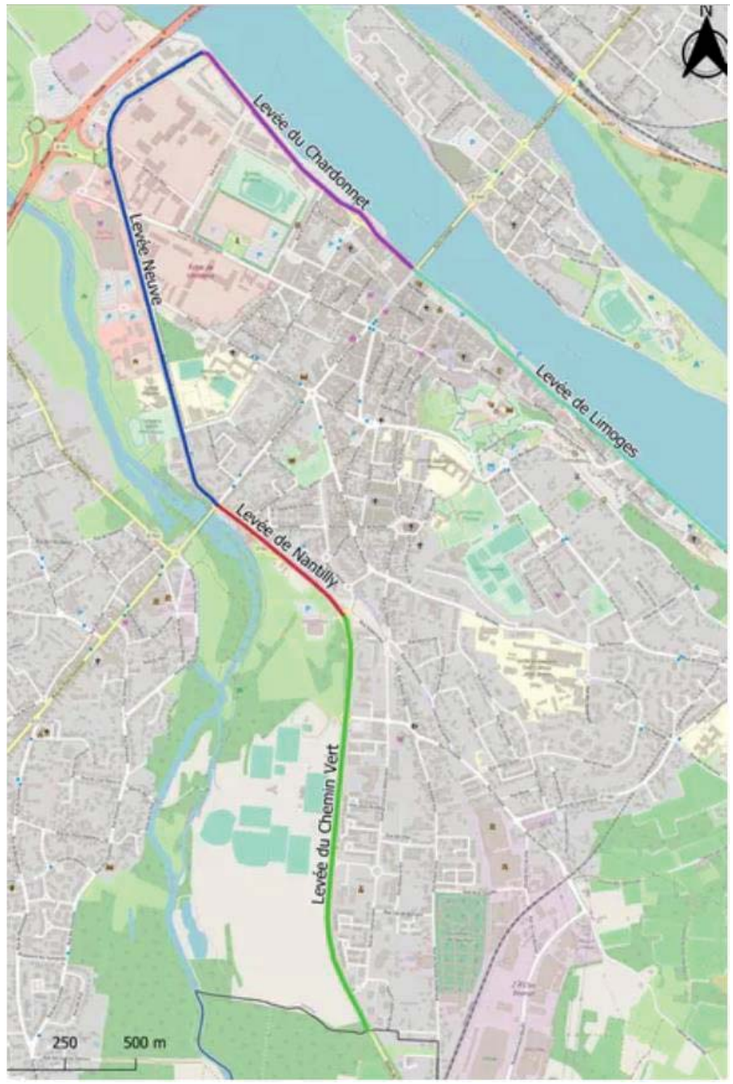


Figure 1-3 : Localisation du système d'endiguement de la ville de Saumur (source : Saumur Val de Loire)

1.3 DONNEES D'ENTREES

Le tableau suivant présente les données d'entrées utilisées pour la réalisation de la présente note.

	Nom	Date	Entité
[1]	Investigations géotechniques [AN004421-01A]	20/03/2024	Fondouest
[2]	Missions d'investigation géotechnique [R-S001349]	08/09/2014	Fondouest
[3]	Carnet de présentation Avant-Projet « Saumur – les cales de Loire »	28/07/2023	Agence Bertrand Penneron
[4]	Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages poids	10/2012	CFBR
[5]	Etude de danger – digue de protection des crues de la Loire et du Thouet à Saumur	13/01/2016	ISL Ingénierie
[6]	Note incidences du projet _ Aménagement cales de Loire	27/09/2024	ISL Ingénierie
[7]	Dossier de demande de régularisation au titre du décret n°2015-526 du SE de Saumur centre-ville	2022	EPL

Tableau 1-1 : Données d'entrées

MOE aménagement cales de Loire et Place Kléber à Saumur
Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

2 RUBRIQUES DE LA NOMENCLATURE LOI SUR L'EAU VISEES PAR LE PROJET

Le projet est concerné par les rubriques de la nomenclature I.O.T.A suivantes :

Numéro des rubriques concernées	Libellés des rubriques	Désignation des seuils ou critères dans lesquels s'inscrit l'IOTA	Régime
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3. 1. 4. 0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau : Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	Autorisation
3.2.2.0	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau	2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m^2 et inférieure à 10 000 m^2	Déclaration

Les aménagements du projet détaillés ci-après constituent des modifications « notables » du système d'endiguement au sens des articles L.181-14 et R.181-46 du code de l'environnement. A ce titre un porté à connaissance au titre de la réglementation "sécurité" est nécessaire.

Les éléments présentés ci-après et intégré à l'Autorisation environnemental du projet global portent le « porté à connaissance des modifications apportées au système d'endiguement de la ville de Saumur » auprès de l'administration.

3 ETAT INITIAL

3.1 SYSTEME D'ENDIGUEMENT

3.1.1 RAPPEL DES NIVEAUX ASSOCIES A UN SYSTEME D'ENDIGUEMENT

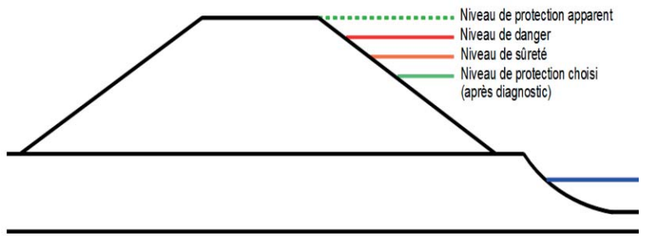


Figure 3-1 : Niveaux associés à un système d'endiguement

Le niveau de protection : Niveau jusqu'auquel il n'y a pas d'entrée d'eau dans la zone protégée (ou dans une quantité limitée et acceptable par le système d'assainissement et de drainage de la zone protégée). ***C'est le niveau choisi et garanti par le gestionnaire du système d'endiguement, notamment suite à l'étude de dangers.***

Le niveau de sûreté : Niveau jusqu'auquel le système d'endiguement est sûr (probabilité de défaillance négligeable pour les différents modes de rupture).

Le niveau de danger : Niveau à partir duquel la probabilité de défaillance du système d'endiguement est très élevée à certaine.

Niveau de protection apparent : Niveau de protection « géométrique » correspond à l'altitude de la crête (en prenant l'hypothèse que celui-ci ne rompe pas avant la surverse, ou avant le fonctionnement du ou de ses éventuels déversoirs de sécurité).

3.1.2 SYSTEME D'ENDIGUEMENT DE LA VILLE DE SAUMUR

Le système d'endiguement (SE) de protection contre les inondations de Saumur centre-ville protégeant contre les crues de la Loire et du Thouet est autorisé au titre de l'article R.562-14 du Code de l'Environnement par arrêté préfectoral DIDD-BPEF-2023 n°2 du 05 janvier 2023.

Le bénéficiaire de l'autorisation du SE est la Communauté d'Agglomération Saumur Val de Loire (CASVL). L'Etablissement Public Loire (EPL) assure la gestion du SE par délégation de la CASVL.

Le système d'endiguement est de classe B (population protégée comprise entre 3 000 et 30 000 hab). Les obligations réglementaires liées au classement du système d'endiguement sont les suivantes :

- Dossier d'ouvrage
- Registre de l'ouvrage
- Visite Technique Approfondie : à réaliser tous les 5 ans
- Rapport de surveillance : à réaliser tous les 5 ans
- Consignes écrites
- Etude de danger : à réaliser tous les 15 ans

3.1.2.1 Ouvrages du système d'endiguement et niveaux de référence

Le système d'endiguement (SE) se compose des ouvrages principaux suivants :

Nom	Type	Ouvrages constituant le système d'endiguement	Gestionnaire / exploitant	Propriétaire
Levée de protection de Saumur centre-ville	Digue de 1er rang	Levée de Limoges	CASVL	Etat
		Levée du Chardonnet		Etat
		Levée Neuve		Indéterminé
		Levée de Nantilly		Indéterminé
		Levée du Chemin Vert		Ville de Saumur

Le linéaire de digue protégeant des inondations de la Loire et du Thouet est de 6 530 m dont 1 700 m pour la levée de Limoges et 1 070 m pour la levée du Chardonnet.

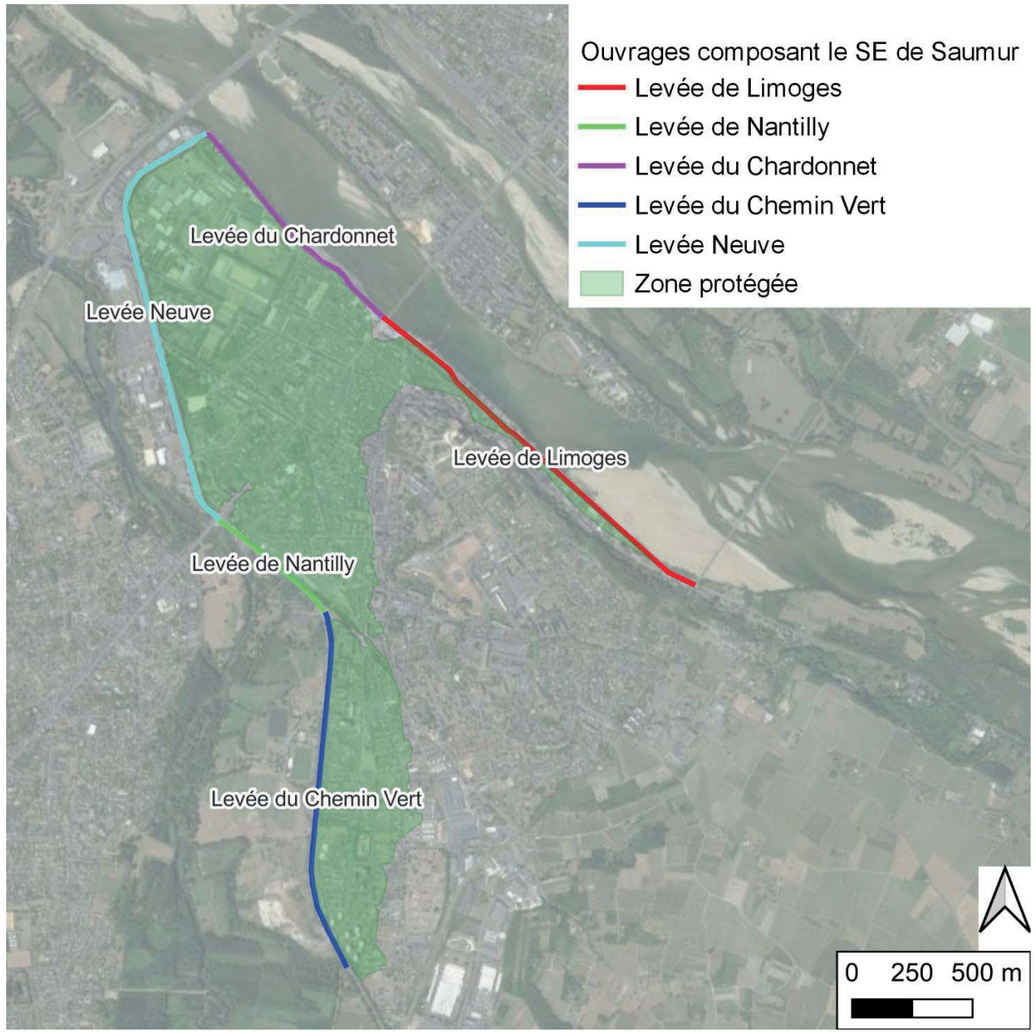


Figure 3-2 : Localisation des digues composant le SE de la ville de Saumur

Le niveau de protection du système d'endiguement est défini par :

- Une hauteur d'eau de 5,95 m à l'échelle de la station de Saumur (soit la cote 30,09 mNGF),
- Un débit de 5 800 m^3/s à la station de Saumur soit une crue de période de retour 50 ans de la Loire.

La tenue du système d'endiguement est garantie par le gestionnaire jusqu'à ce niveau de protection.

Les levées concernées par le projet sont la levée de Limoges et la levée du Chardonnet.

Le niveau de sureté de la levée de Limoges est fixé à une crue de période de retour 100 ans et de 50 ans pour la levée du Chardonnet.

Le niveau de protection apparent de la levée de Limoges correspond à une crue de période de retour 400 ans au niveau du muret de revanche et 100 ans au niveau de la chaussée. Le niveau de protection apparent de la levée du Chardonnet correspond à une crue de période de retour 1700 ans au niveau de muret de revanche et 500 ans au niveau de la chaussée.

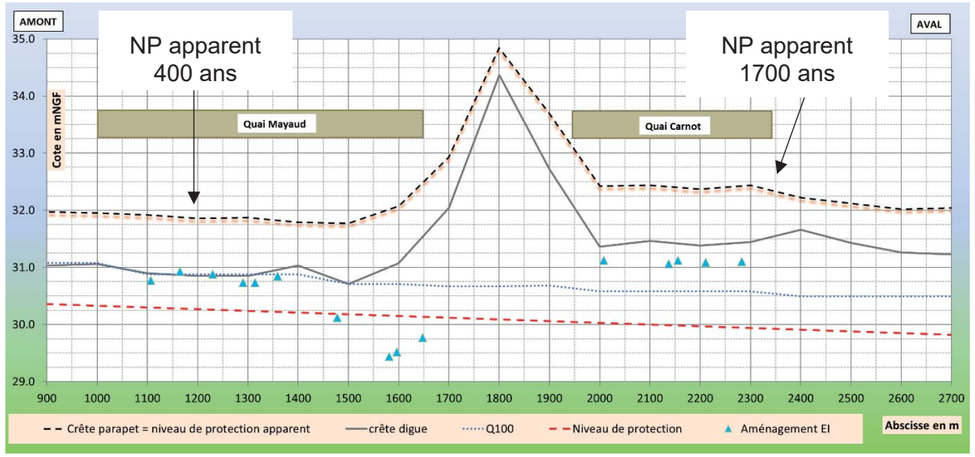


Figure 3-3 : Profil en long levée de Limoges et du Chardonnet

La crête de digue des levées de Limoges et du Chardonnet est occupée par la RD 947 en amont du pont Cessart et par la route communale D347E en amont du pont du Cadre Noir. Le talus côté Loire est constitué d'un mur de quai et d'un perré en pierres sèches ou jointoyées. Celui-ci a pour objectif de protéger la digue en remblai contre l'érosion fluviale. Le perré n'a pas de fonction d'étanchéité, qui est assurée par le corps de digue.

L'ouvrage de revanche se compose d'un muret positionné en crête du talus côté Loire. Le muret de revanche est en moellons maçonnés. Il a une hauteur moyenne de 70 cm pour une largeur en crête de 50 cm. Il est très largement lié à la voirie pour laquelle l'ouvrage sert de dispositif de retenue des véhicules.

3.1.2.2 Autres composants du système d'endiguement

Les figures ci-après localisent les autres ouvrages composants le SE tels que les ouvrages traversants, stations de pompage et les ouvertures batardables.

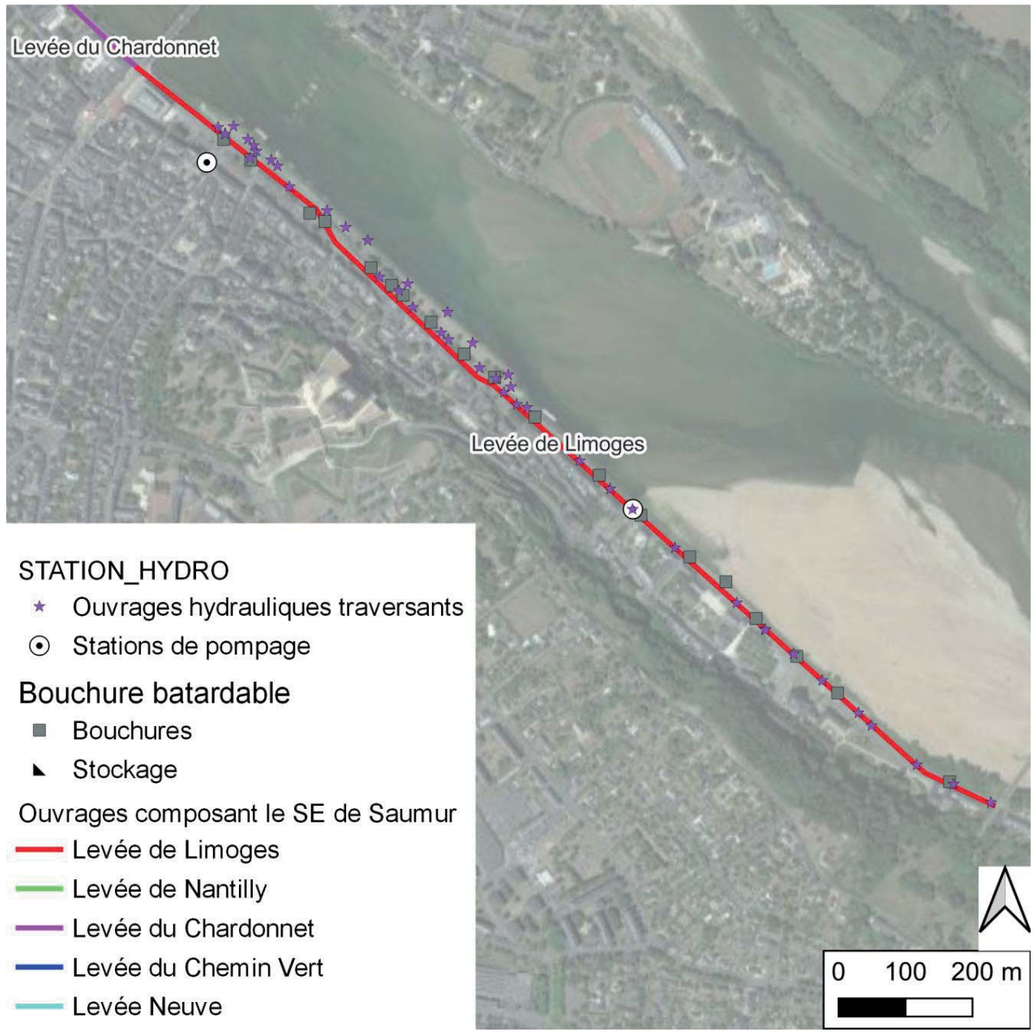


Figure 3-4 : Localisation des ouvrages de la levée de Limoges

MOE aménagement cales de Loire et Place Kléber à Saumur
Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

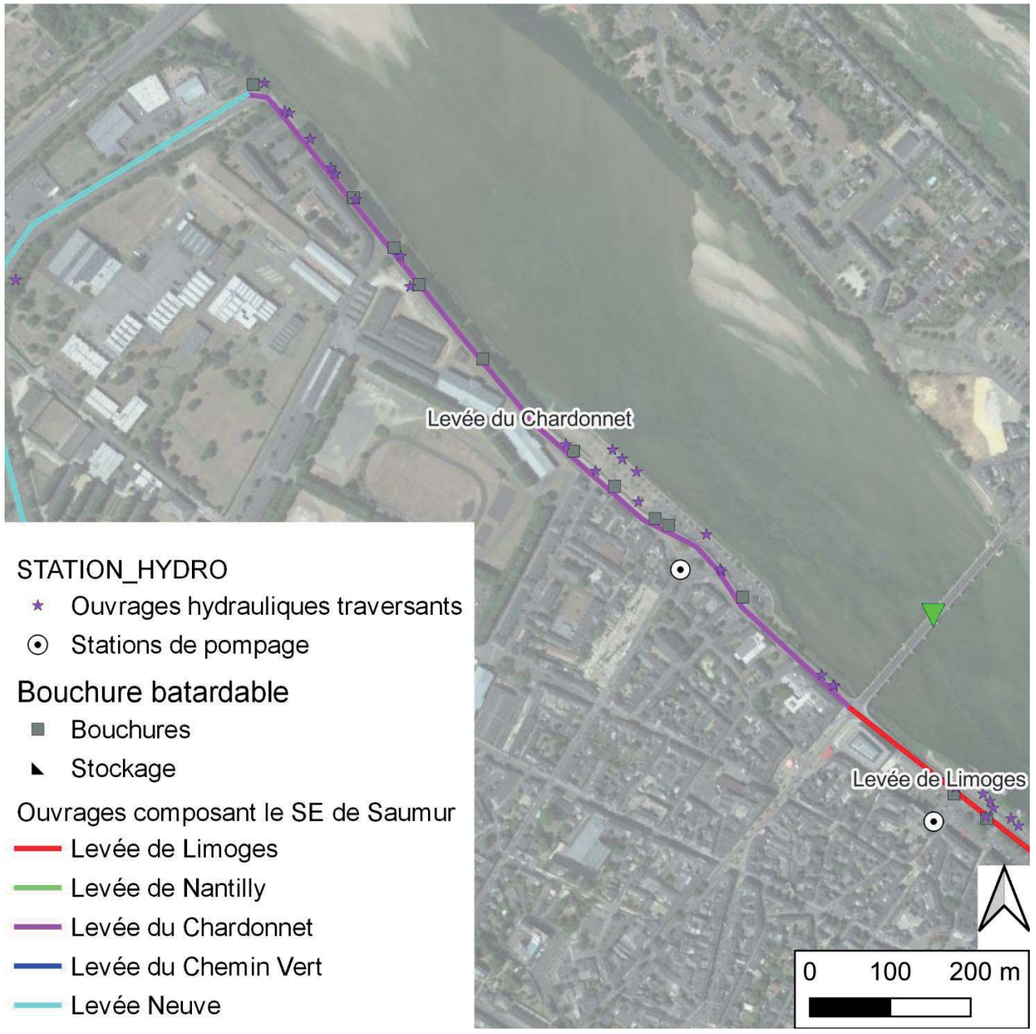


Figure 3-5 : Localisation des ouvrages de la levée du Chardonnet

Au droit de la levée de Limoges les ouvrages suivants sont recensés :

- Station de pompage Hôtel de Ville
- 44 ouvrages hydrauliques traversants
- 19 bouchures batardables

Au droit de la levée du Chardonnet les ouvrages suivants sont recensés :

- Station de pompage Kleber
- 21 ouvrages hydrauliques traversants
- 10 bouchures batardables

Les stations de pompage participent au ressuyage des eaux pluviales et de remontée de nappe du val protégé. Elles permettent en période de crue et/ou lors d'un événement pluvieux de stopper le fonctionnement gravitaire du réseau d'évacuation d'eaux pluviales et de les refouler dans la Loire ou le Thouet via un système de pompage. Au droit de la zone de projet deux stations sont concernées.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Station de pompage	Accès	Réseaux	Débits	Exutoire	Manipulations
Hôtel de Ville	Quai Lucien Gauthier : Trappe d'accès au pied de l'hôtel de ville	EP gravitaire de diamètre 170 x 90 mm	2 pompes immergées Q = 250 m³/h chacune avec déclenchement automatique avec poire d'amorçage	Clapet rectangulaire à battant 1,4 x 1,2 m	Manipulation possible si toutes les plaques sont retirées. Vanne ouverte
Kléber	Quai Carnot : Trappe d'accès sur le rond-point	EP gravitaire	2 pompes immergées Q = 80 à 100 m³/h chacune	Coté Loire de diamètre 1,80 m et souvent en eau	Vanne ouverte Dimension : 3 à 3,20 m de haut et 1 à 1,40 m de large

Tableau 3-1 : Caractéristiques des stations de pompage (source : Dossier de demande de régularisation au titre du décret n°2015-526 du SE de Saumur centre-ville [7])

Les stations de pompage n'assurent pas de rôle direct de protection contre les inondations. Elles sont prises en compte dans le système de protection mais ne le sont pas dans le système d'endiguement. Les ouvrages traversants associés aux stations de pompage sont eux pris en compte dans le système d'endiguement.

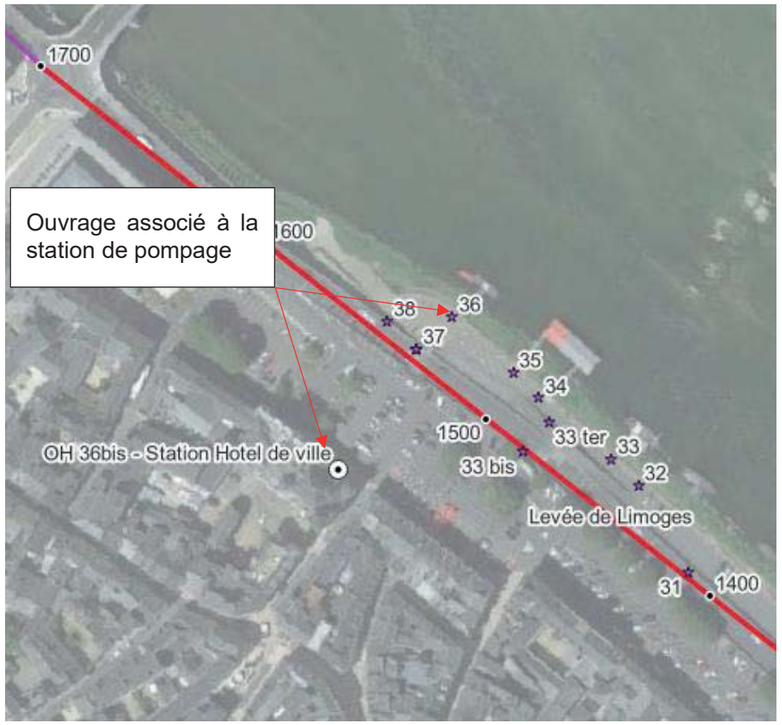


Figure 3-6 : Ouvrage traversant associé à la station de pompage Hôtel de Ville

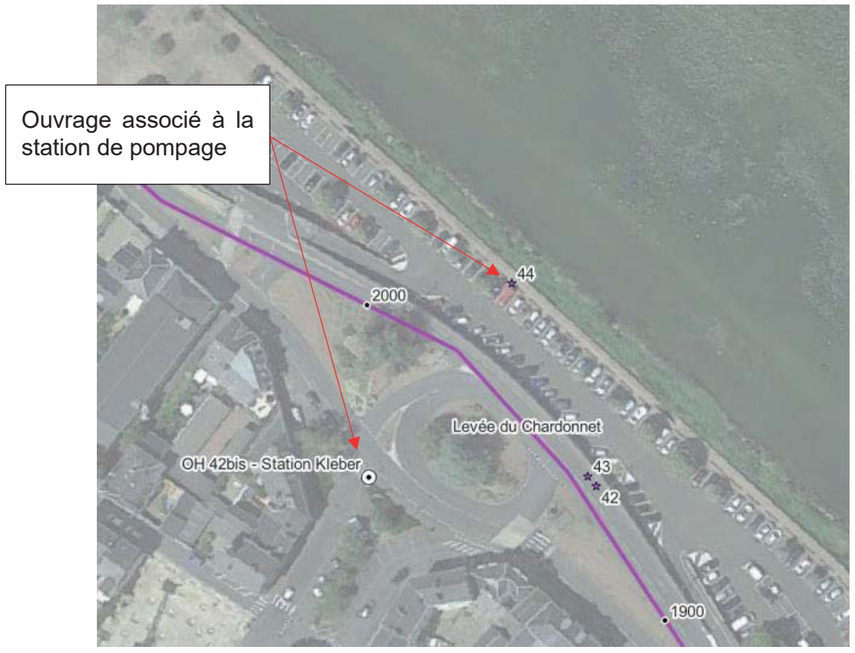


Figure 3-7 : Ouvrage traversant associé à la station de pompage Kleber

Les caractéristiques des ouvrages traversants situés au droit de la zone de projet sont détaillées en ANNEXE 1. Les ouvrages concernés sont situés entre les PK 0.9 et 1,7 pour la levée de Limoges et entre les PK 1.7 et 2.3 pour la levée du Chardonnet.

Au droit de la zone de projet plusieurs bouchures batardables sont présentes, les caractéristiques sont présentées en ANNEXE 2 :

- Levée de Limoges : bouchures n°11 à 21 concernées

Figure 3-8 : Bouchures levée de Limoges

- Levée du Chardonnet : bouchures n°25 à 29 concernées

MOE aménagement cales de Loire et Place Kléber à Saumur
Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

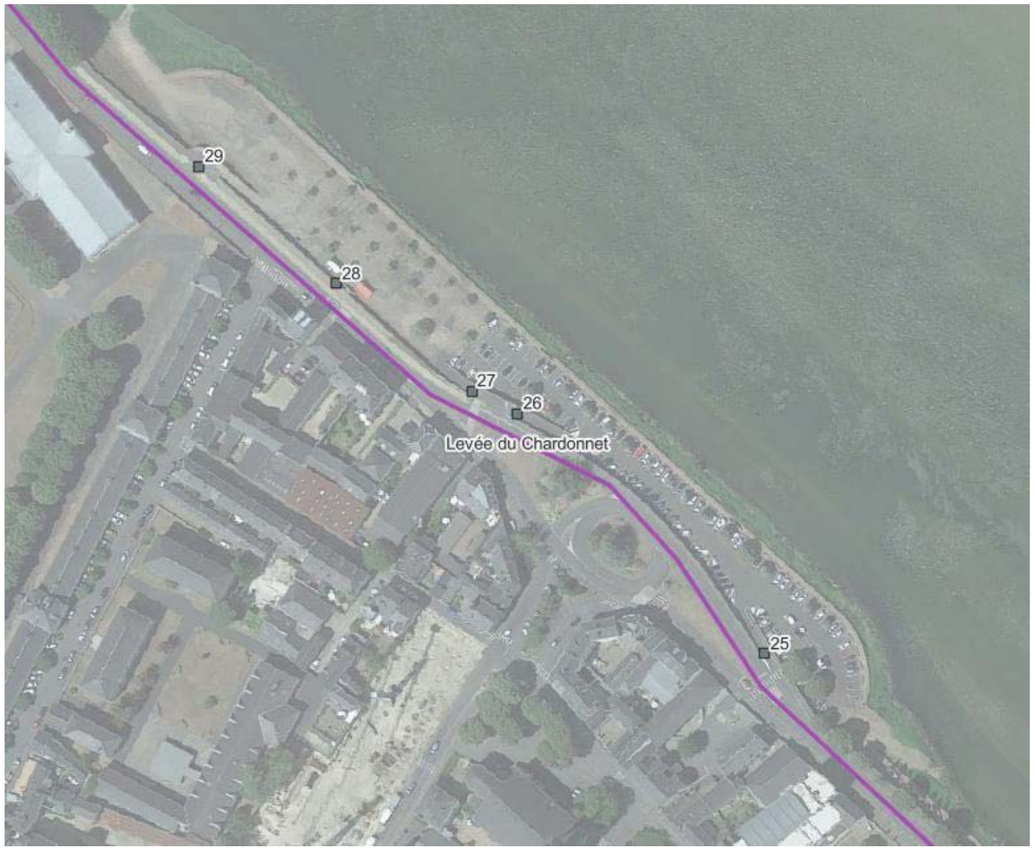


Figure 3-9 : Bouchure levée du Chardonnet

3.2 AMENAGEMENTS EXISTANTS

3.2.1 PROFIL EN TRAVERS DE LA LOIRE A SAUMUR

Trois profils en travers de la Loire au droit de la zone de projet sont présentés au droit des futurs aménagements d'escaliers :

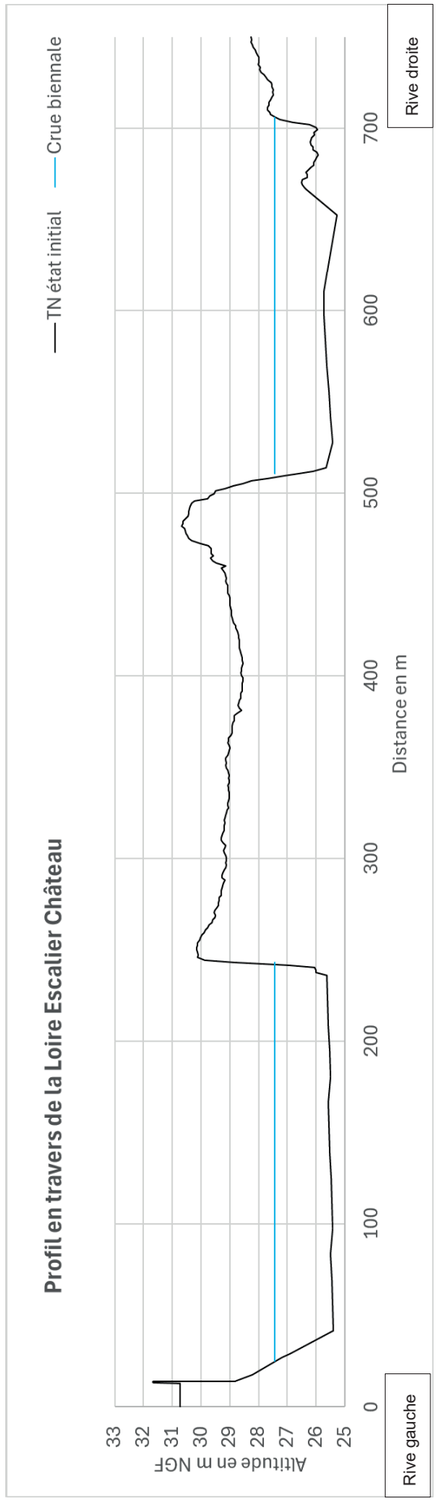
- Au niveau de l'escalier Kleber quai Carnot
- Au niveau de l'escalier République quai Mayaud
- Au niveau de l'escalier du château quai Mayaud

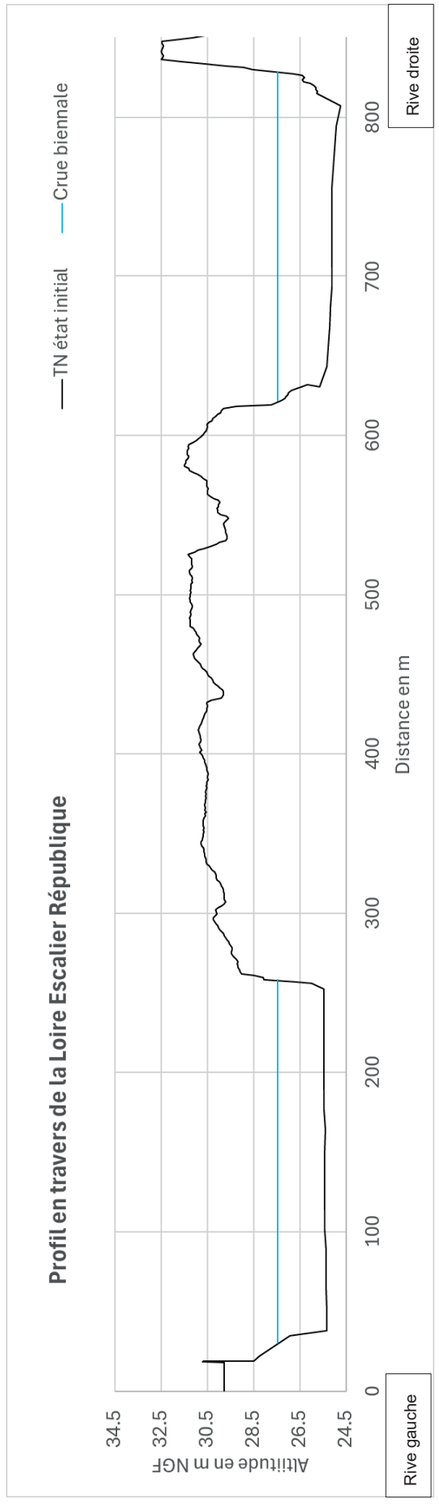
La délimitation entre le lit mineur et le lit majeur est calée sur le niveau d'eau de la crue biennale (27,45 m NGF au niveau de la cale Mayaud).

La largeur du lit mouillé pour cette crue est respectivement de 413 m au niveau de l'escalier du Château, 435 m au niveau de l'escalier République, 502 m au niveau de Kleber.

ISL Ingénierie

Figure 3-10 : Localisation des profils en travers





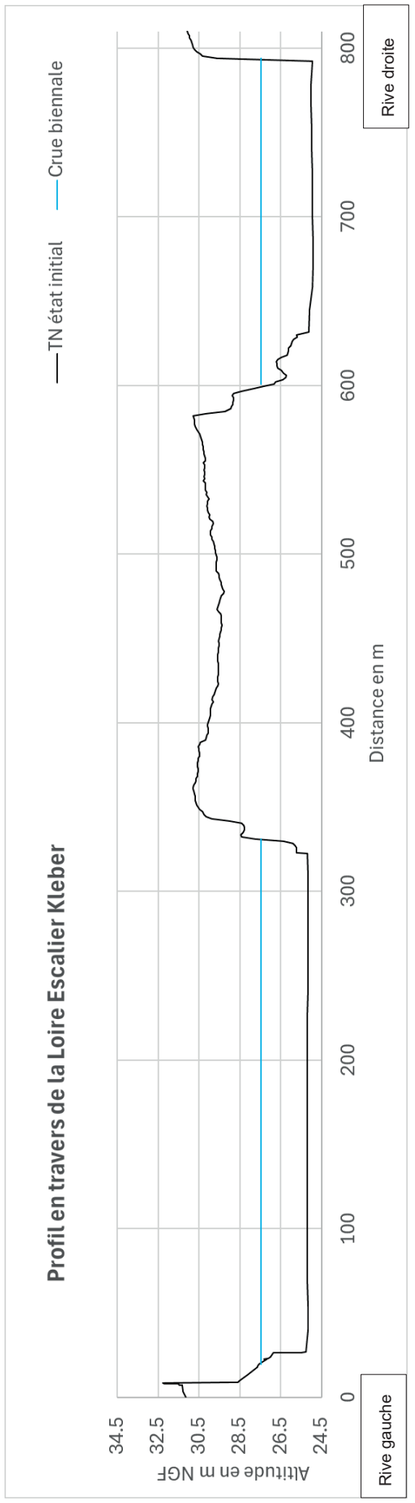


Figure 3-11 : Profils en travers de la Loire en état initial

MOE aménagement cales de Loire et Place Kléber à Saumur
Note d'incidences hydraulique et structurelle du projet

3.2.2 Plantations

Les cartes ci-après localisent les plantations arborées existantes sur la zone de projet.

Les arbres présents sur le quai Carnot sont des tilleuls dont l'état sanitaire, la croissance et l'esthétisme ne sont pas satisfaisants. De plus, en vertu de la convention de gestion relevant de l'Etablissement public Loire, ces arbres sont destinés à être abattus, élagués et possiblement remplacés. À la suite du diagnostic et du plan de gestion de la végétation implantée le long des digues de Saumur, ces mêmes arbres sont considérés comme présentant un danger pour les tiers.

Figure 3-12 : Sujets arborés quai Carnot

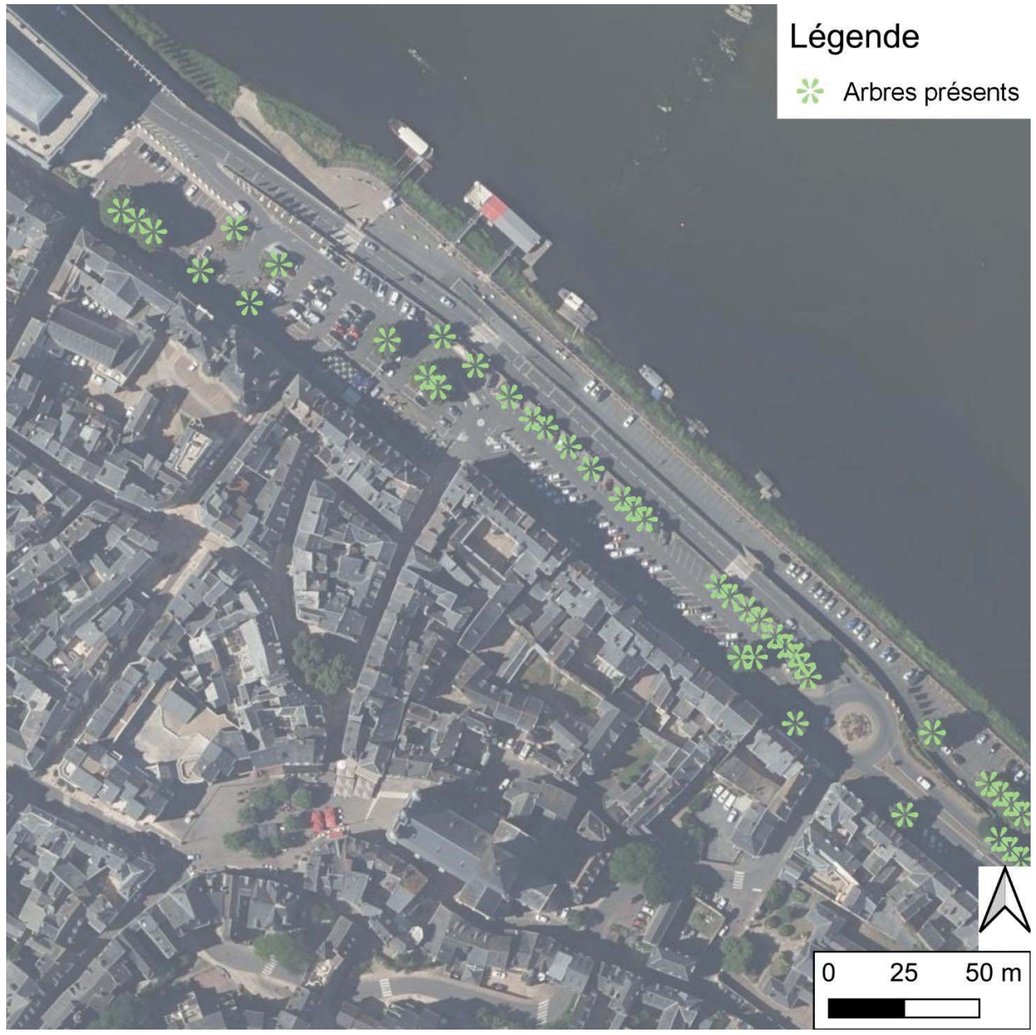


Figure 3-13 : Sujets arborés Quai Mayaud

3.3 ZONAGE PPRI

La zone de projet est concernée par le PPR inondation du Val d'Authion et de la Loire Saumuroise, révision approuvée le 07/03/2019.

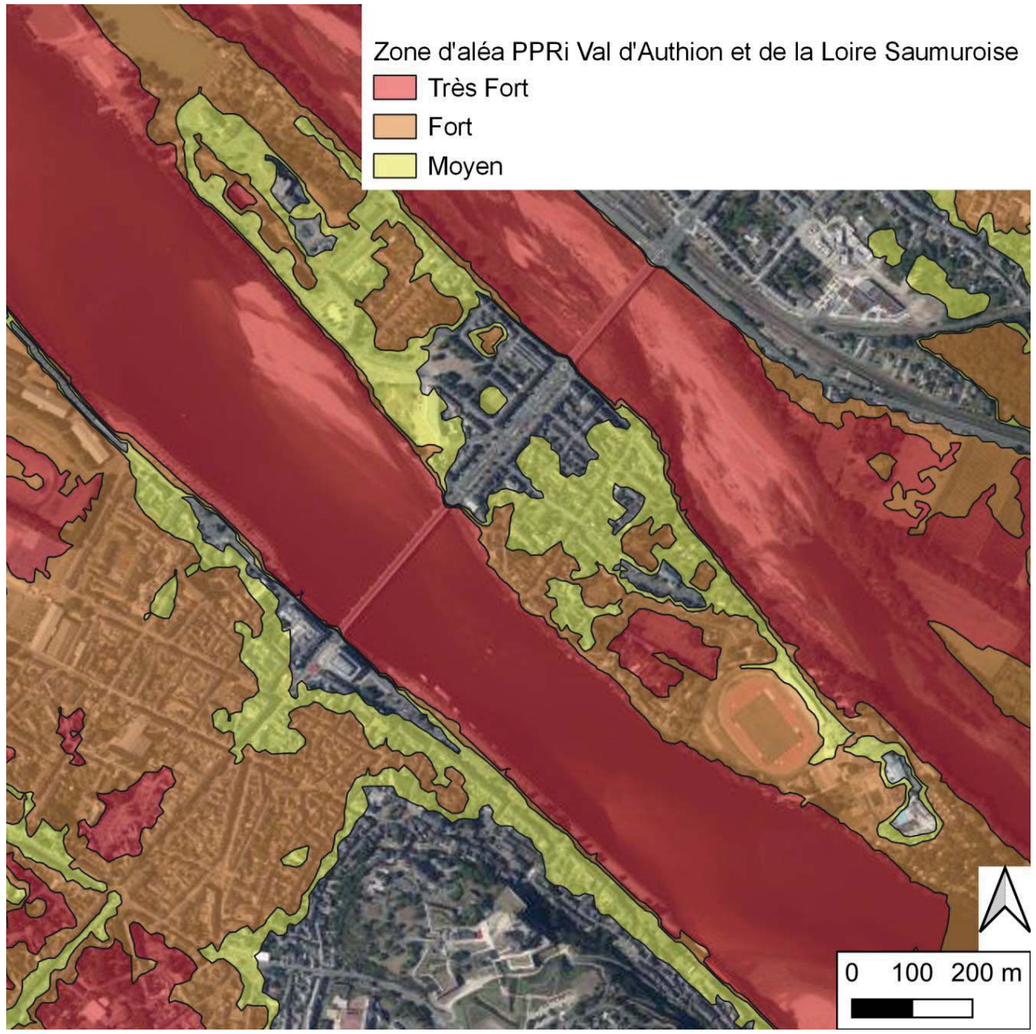


Figure 3-14 : Zonage aléas PPRi

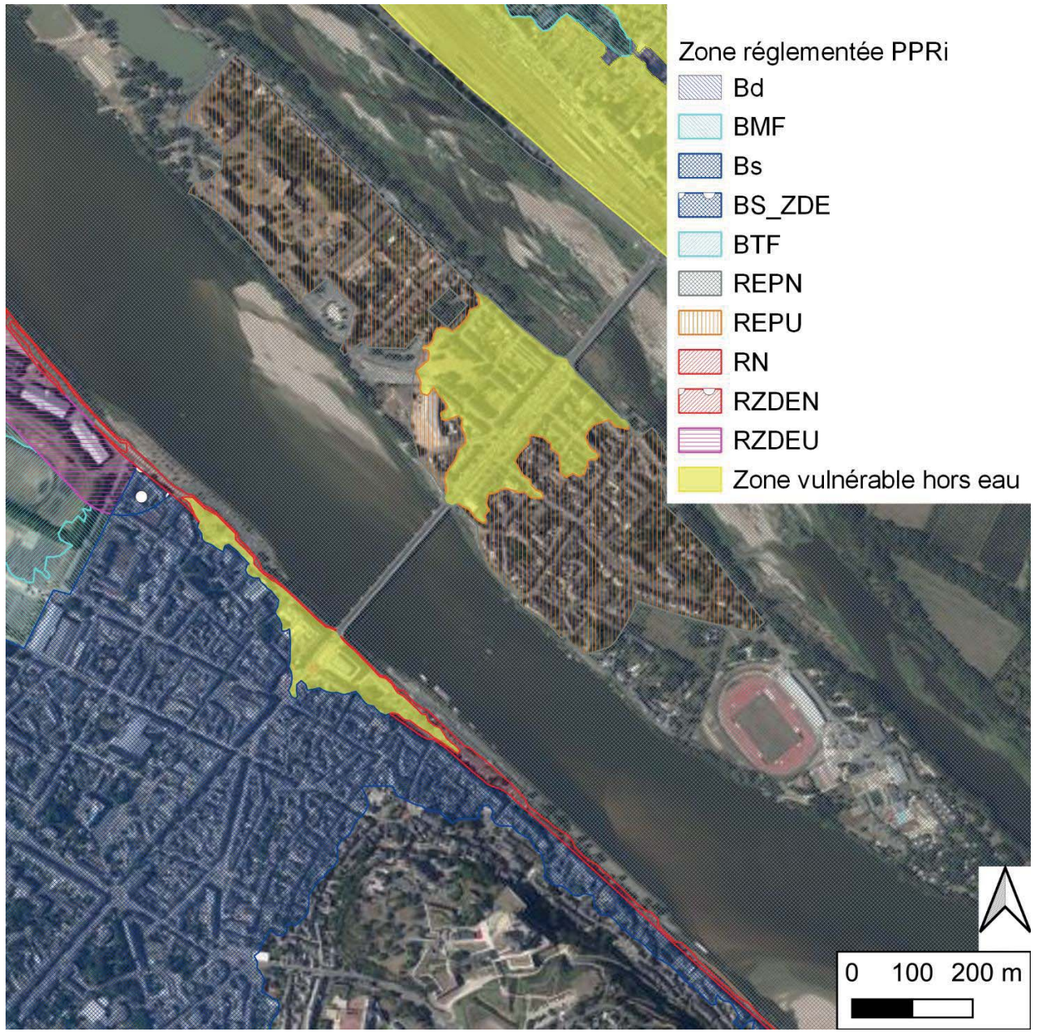


Figure 3-15 : Zonages réglementés PPRi

- Bd : Zone urbaine dense, sans vitesse significative
- BMF : Autre zone urbaine, en aléa moyen ou fort, sans vitesse significative
- BTF : Autre zone urbaine, en aléa très fort, sans vitesse significative
- RN : Zone non urbanisée et d'expansion des crues, en aléa moyen, fort ou très fort, sans vitesse significative
- Bs : Zone de rénovation urbaine à règlement spécifique
- BS_ZDE : Zone de rénovation urbaine à règlement spécifique et de dissipation d'énergie (ZDE)
- REPU : Zone urbaine et d'écoulement préférentiel
- REPN : Zone non urbanisée et d'écoulement préférentiel
- RZDEU : Zone urbaine et de dissipation d'énergie (ZDE)
- RZDEN : Zone non urbanisée et de dissipation d'énergie (ZDE)
- Zone vulnérable hors eau

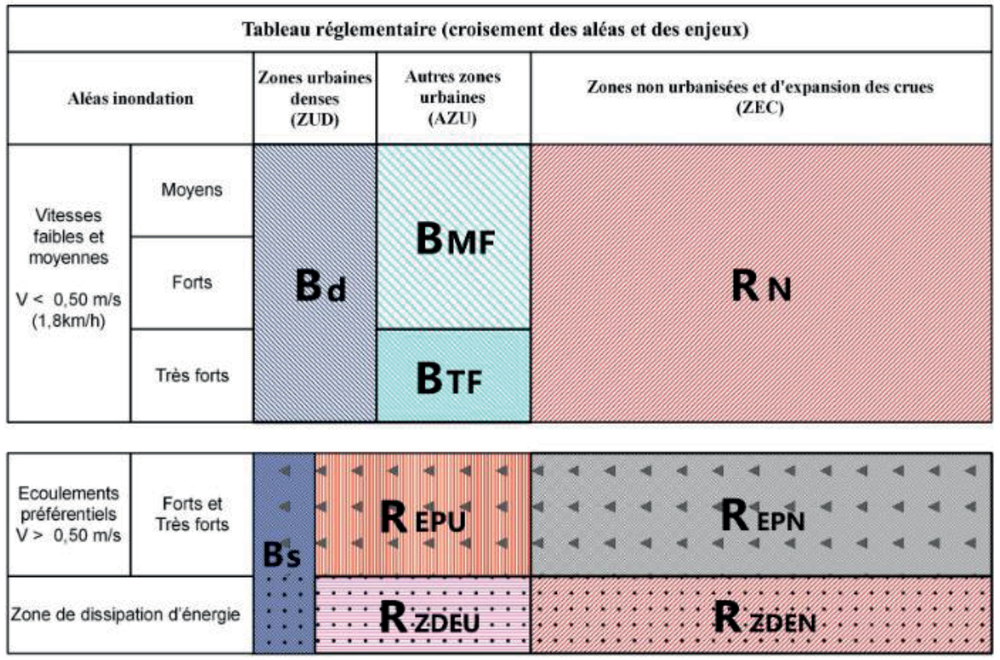


Figure 3-16 : Tableau réglementaire du croisement des aléas et des enjeux

Au droit de la zone de projet les zonages suivants sont concernés :

- REPN : Zone non urbanisée et d'écoulement préférentiel
- RN : Zone non urbanisée et d'expansion des crues, en aléa moyen, fort ou très fort, sans vitesse significative
- Zone vulnérable hors d'eau

Les règles applicables aux zonages concernés par le projet sont les suivantes :

- Toutes zones :

Sont interdits les nouvelles plantations forestières (dans le lit de la Loire, en zone REPN et REPU).

Les ouvrages de protection, remblaiements ou endiguements, nouveaux qui ne seraient pas justifiés par la protection des lieux déjà fortement urbanisés ou qui ne seraient pas indispensables à la réalisation de travaux d'infrastructures publiques.

En application de l'article L. 2124-18 du Code général de la propriété des personnes publiques, modifié par la loi n°2014-366 du 24 mars 2014 - art. 127, sont interdits :

- les ouvrages, plantations, constructions, excavations et clôtures situés à moins de 19,50 mètres du pied des levées, à l'exception de ceux qui feraient l'objet d'une autorisation préfectorale préalable prescrivant les mesures nécessaires pour assurer, en toutes circonstances, la sécurité des biens et des personnes, l'accès aux ouvrages de protection, leur entretien ou leur fonctionnement.

Le projet nécessite le recours à un architecte :

Dès lors que le projet, au titre du code de l'urbanisme, nécessite le recours à l'architecte, le pétitionnaire a l'obligation de fournir l'attestation prévue à l'article R. 431-16-e) du code de l'urbanisme, certifiant :

"- la réalisation préalable d'une étude déterminant les conditions de prise en compte du risque inondation dans la réalisation, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, avec une attention particulière portée aux projets présentant un risque de pollution ;

- que la conception du projet prend en compte les conditions fixées par l'étude."

- 2.1. Règles communes aux zones Bd, BMF, BTF, BS, RN, RZDEU et RZDEN (hors REPU et REPN) :
  - ♦ 2.1.1. Prescriptions applicables aux nouvelles Installations, Constructions et Occupations du Sol
    - ◊ 2.1.1.1 Les apports de matériaux et les mouvements de terrain

Les mouvements de terrain et les régalages sous les règles suivantes cumulatives :

- ils sont sans apports extérieurs à la zone inondable en termes de volume et restent inférieurs à 400 m^3 sur une même unité foncière ;

- ils ne font pas obstacle à l'écoulement des eaux ;

- les déblais excédentaires sont évacués en dehors des zones inondables.

◊ 2.1.1.2 Les travaux de réalisation, d'entretien, de réparation des ouvrages de protection du val d'Authion

Les règles suivantes sont cumulatives :

- ils répondent aux dispositions du plan de gestion des risques d'inondation du Bassin Loire Bretagne ;

- ils sont conformes à l'avis de la Commission Inondations du Plan Loire.

◊ 2.1.1.3 Les infrastructures de transport et leurs équipements et les constructions nécessaires à leur exploitation et à leur entretien

Les règles suivantes sont cumulatives :

- la solution retenue, parmi toutes celles envisagées, est le meilleur compromis entre les enjeux hydrauliques, économiques et environnementaux ;

- leurs fonctions rendent impossible toute implantation en dehors des zones inondables ;

- toutes les mesures sont prises pour ne pas aggraver les risques et les effets des crues ;

- les remblais sont limités au strict nécessaire et les déblais excédentaires sont évacués en dehors de la zone inondable ;

- les champs d'expansion des crues ne sont pas réduits au-delà des remblais autorisés en zone inondable conformément aux dispositions de l'article 2.1.1.1.

◊ 2.1.1.10 L'aménagement de places de stationnement collectif en surface

Les règles suivantes sont cumulatives :

- les apports de matériaux et les mouvements de terrain, nécessaires à leur aménagement, sont réalisés conformément aux dispositions de l'article 2.1.1.1 ;

- les surfaces imperméabilisées sont limitées aux cheminements ;

- leur accès est interdit en cas d'annonce de crue.

- 2.4 : Règles applicables aux zones Rouges non urbanisées RN
  - ♦ 2.4.1.7 Les boisements constitués de plantations et les haies rurales

Sans prescription particulière.

- 2.9 : Règles applicables aux zones Rouges non urbanisées REPN
  - ♦ 2.9.1 Prescriptions applicables aux nouvelles Installations, Constructions et Occupations du Sol
    - ◊ 2.9.1.1 Les mouvements de terrain

Les mouvements de terrain et les régalages sous les règles cumulatives suivantes :

- ils sont sans apports extérieurs à la zone inondable en termes de volume et restent inférieurs à 400 m3 sur une même unité foncière ;

- ils ne font pas obstacle à l'écoulement des eaux ;

- les déblais excédentaires sont évacués en dehors des zones inondables.

Les grands modelages agricoles sont autorisés quel que soit leur volume.

Ces mouvements restent soumis aux dispositions réglementaires au titre de la loi sur l'eau, en application des articles R214-1 et suivants, du code de l'environnement, ainsi qu'aux législations relatives aux installations classées et à l'urbanisme.

◊ 2.9.1.2 Les travaux de réalisation, d'entretien et de réparation des ouvrages de protection du val d'Authion

Les règles suivantes sont cumulatives :

- ils répondent aux dispositions du plan de gestion des risques d'inondation du Bassin Loire Bretagne ;

- ils sont conformes à l'avis de la Commission Inondations du Plan Loire.

◊ 2.9.1.3 Les infrastructures de transport et leurs équipements et les constructions nécessaires à leur exploitation et à leur entretien

Les règles suivantes sont cumulatives :

- la solution retenue, parmi toutes celles envisagées, est le meilleur compromis entre les enjeux hydrauliques, économiques et environnementaux ;

- leurs fonctions rendent impossible toute implantation en dehors des zones inondables ;

- toutes les mesures sont prises pour ne pas aggraver les risques et les effets des crues ;

- les mouvements de terrain sont limités au strict nécessaire.

◊ 2.9.1.10 L'aménagement de places de stationnement collectif en surface

Les règles suivantes sont cumulatives :

- les mouvements de terrain, nécessaires à leur aménagement, sont réalisés conformément aux dispositions de l'article 2.9.1.1 ;

- les surfaces imperméabilisées sont limitées aux cheminements ;

- leur accès est interdit en cas d'annonce de crue.

3.4 CONTEXTE GEOTECHNIQUE

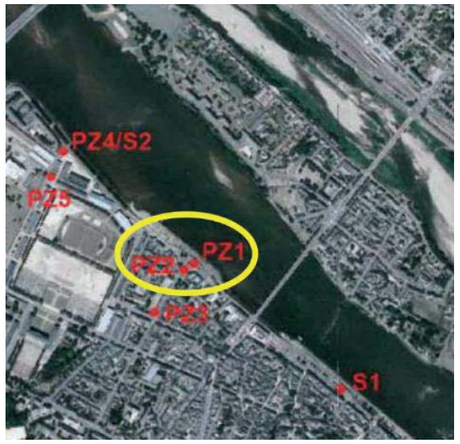
3.4.1 ANALYSE DE LA CARTE GEOLOGIQUE LOCALE

Les alluvions modernes tapissent le fond des vallées occupées et anciennement occupées par la Loire. Au niveau de Saumur, elles atteignent 6 m d'épaisseur en moyenne.

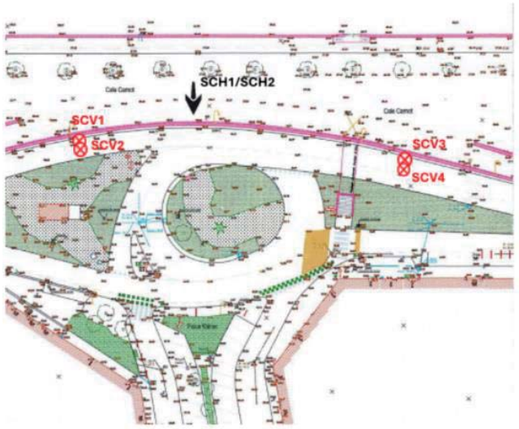
Figure 3-17 : Carte géologique BRGM 1/50 000

3.4.2 Reconnaissances disponibles

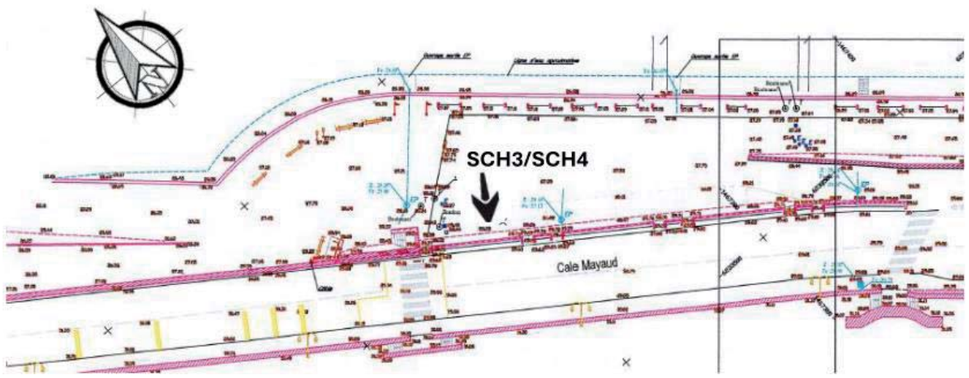
Les figures ci-après présente l'ensemble des sondages réalisés par Fondouest en 2024 [1] dans le cadre du projet de réaménagement et en 2014 [2] dans le cadre d'étude de dangers de 2016.



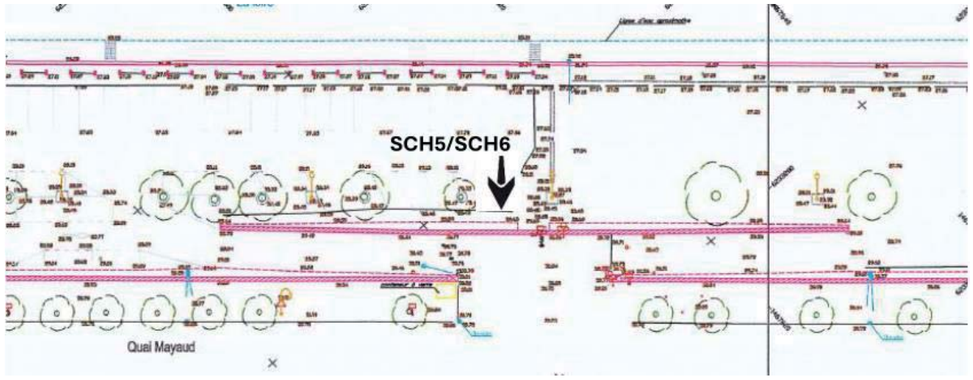
Investigation 2014



Investigation 2024 – Quai Carnot (futur escalier Kleber)



Quai Julien Gauthier (futur escalier République)



Quai Mayaud (futur escalier du château)

Figure 3-18 : Position des sondages géotechniques

Les résultats du PZ1 de 2014 indique la présence de remblais limoneux et sableux jusqu'à 30,2 mNGF et du sable beige avec passages graveleux de 30 à 21,6 mNGF et probablement au-delà.

Les sondages réalisés dans le cadre du projet d'aménagement donnent plus de précision sur la structure des murs (parement amont des digues). Ces sondages sont répertoriés dans le tableau ci-après.

Secteur / ouvrage	Date	Nom	Type	Z (mNGF)	Profondeur (m)
Ahah et escalier Kléber sur le quai Carnot	13/02/2024	SCV1	Sondage vertical au carottier Ø100 puis tarière Ø63	31,25	3,0
	13/02/2024	SCV2	Sondage vertical au carottier Ø100 puis tarière Ø63	31,25	3,0
	n.d.	SCH1	Sondage horizontal au carottier Ø82, incliné 90°du perré	~31,12	1,0
	n.d.	SCH2	Sondage horizontal au carottier Ø82, incliné 90°du perré	~29,82	1,2
	13/02/2024	SCV3	Sondage vertical au carottier Ø100 puis tarière Ø63	31,30	3,2
	13/02/2024	SCV4	Sondage vertical au carottier Ø100 puis tarière Ø63	31,30	3,0
Escalier République sur le quai Julien Gauthier	n.d.	SCH3	Sondage horizontal au carottier Ø82	~29,25	1,0
	n.d.	SCH4	Sondage horizontal au carottier Ø82, incliné 90°du perré	~28,82	1,0
Escalier du château sur le quai Mayaud	n.d.	SCH5	Sondage horizontal au carottier Ø82, incliné 90°du perré	~30,4	1,2
	n.d.	SCH6	Sondage horizontal au carottier Ø82, incliné 90°du perré	~30,0	1,5

Tableau 3-2 : Reconnaissance Fondouest 2024

3.4.3 Composition du mur

Les différentes périodes de reconstructions sont source d'hétérogénéité pour les éléments constitutifs du corps de digue. Cette hétérogénéité est d'autant plus importante que la digue a subi des avaries et modification telle la création de rehausse, le comblement de brèches, la construction de route d'accès, démolition d'ouvrage et/ou d'habitation etc.

Les deux photos de carottées données ci-après en sont le parfait exemple, après quelques centimètres de maçonnerie des éléments bétons sont visibles.

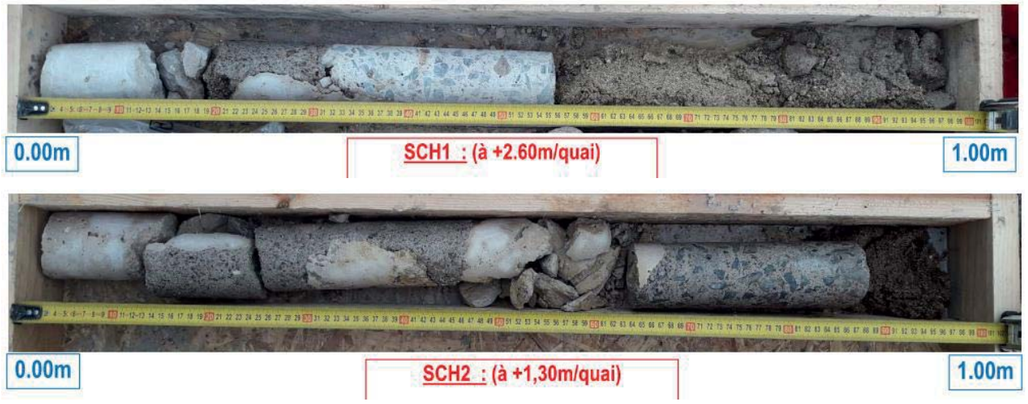
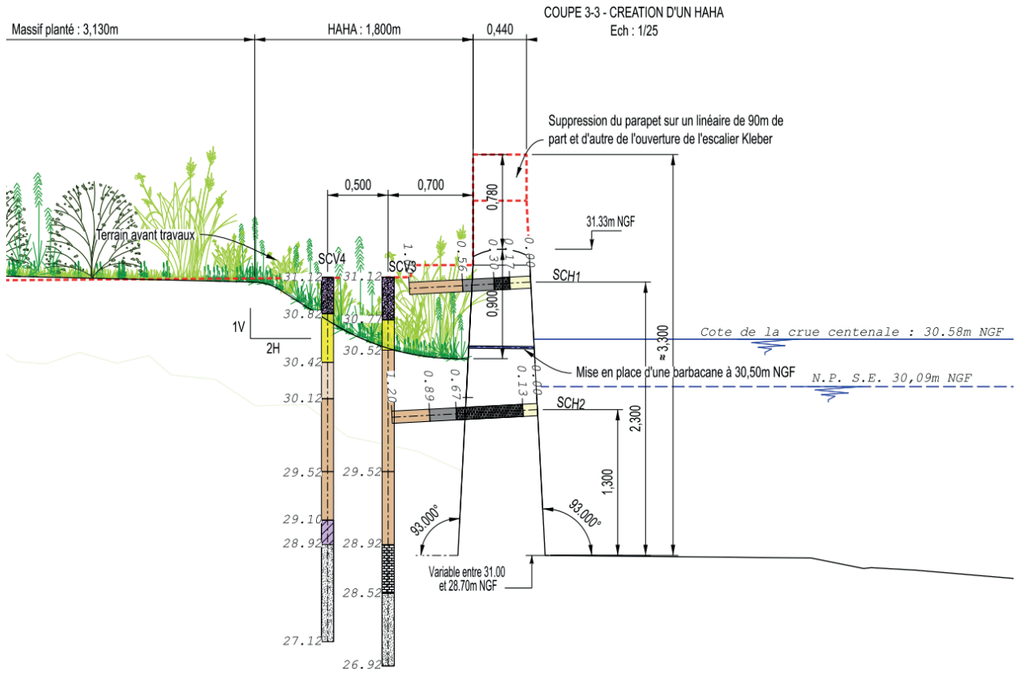


Figure 3-19 : Carotte sondage horizontaux SCH1 et SCH2 [1]

3.4.4 GEOMETRIE

Les sondages ont été superposés sur les plans disponibles afin de déterminer la géométrie du mur. La largeur du complexe « maçonnerie béton » augmente entre SCH1 et SCH2, un fruit côté val est de fait probablement présent. En outre, sur le sondage SCV1 et SCV3 des refus sont observés vers 2 m de profondeur (respectivement à 29,25 et 29,1 mNGF), ces refus indiquent la présence de maçonnerie et d'une semelle. D'après les deux mêmes sondages l'épaisseur de la semelle varie entre 0,4 et 1 m. L'épaisseur de la maçonnerie de la cale n'est pas connue.



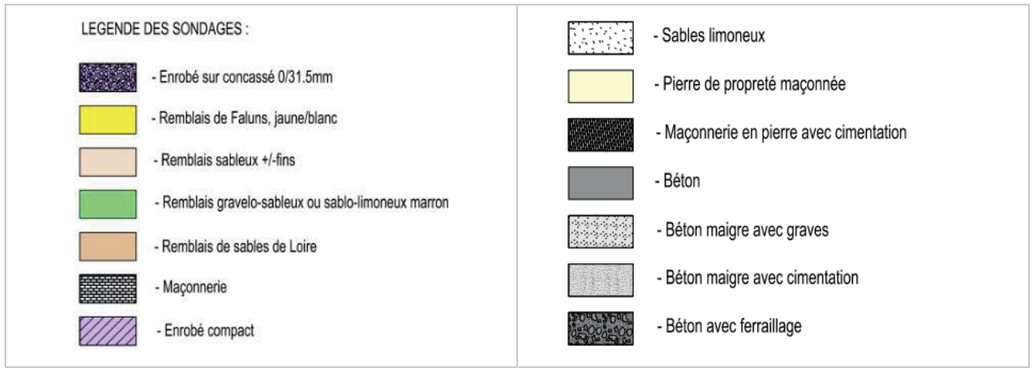


Figure 3-20 : Coupe Haha et sondage géotechnique

3.4.5 REMBLAIS

Les logs de Fondouest [1] identifient le remblai à proximité du mur comme des remblais de faluns et sable de Loire. Un extrait de photographie des carottes est donné ci-après.

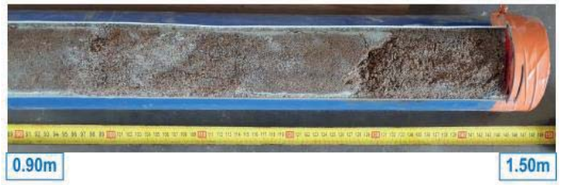
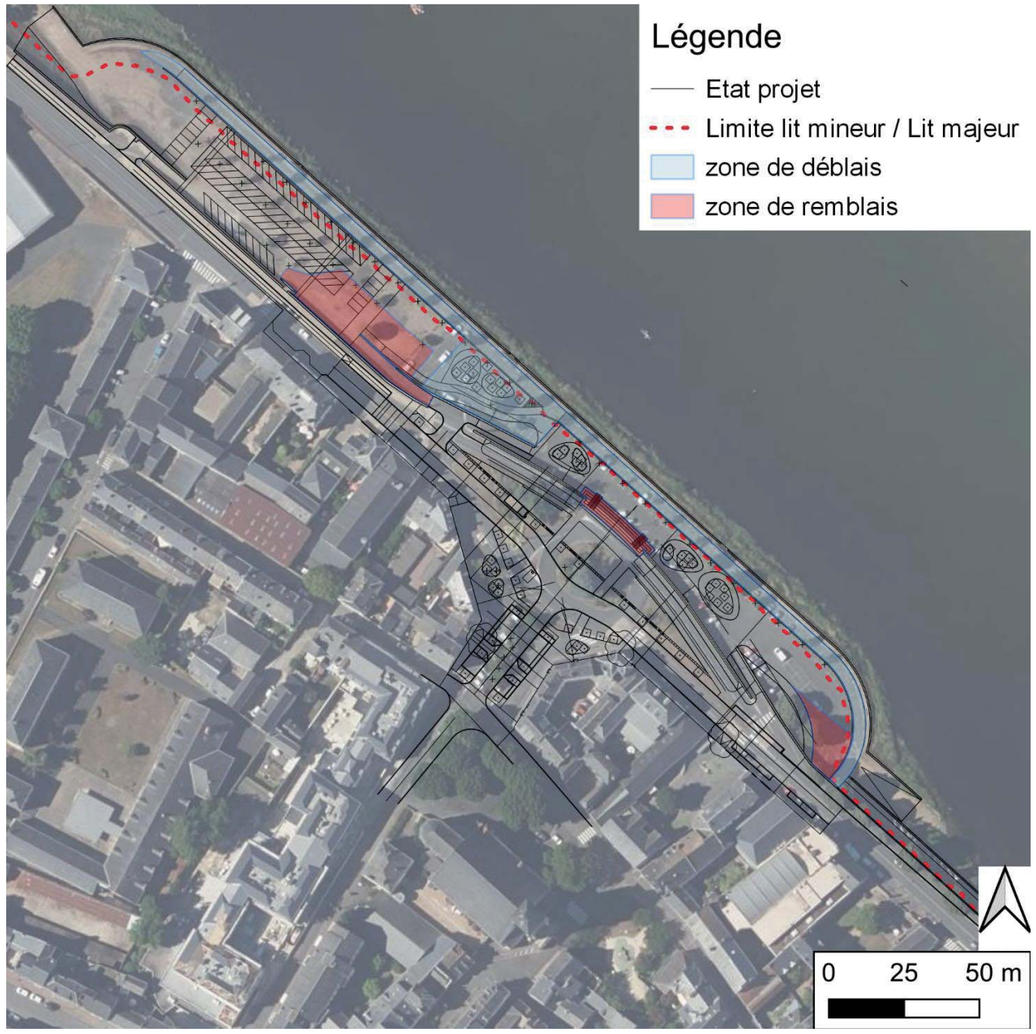


Figure 3-21 : Carotte sondage vertical SCV1 – Remblais de sable de Loire [1]

4 TRAVAUX AU DROIT DE LA ZONE DE PROJET

4.1 AMENAGEMENTS DES QUAIS

L'aménagement des quais va conduire à une remobilisation des terres et une modification du profil en travers de la rive gauche de la Loire sur un linéaire de 800 m.



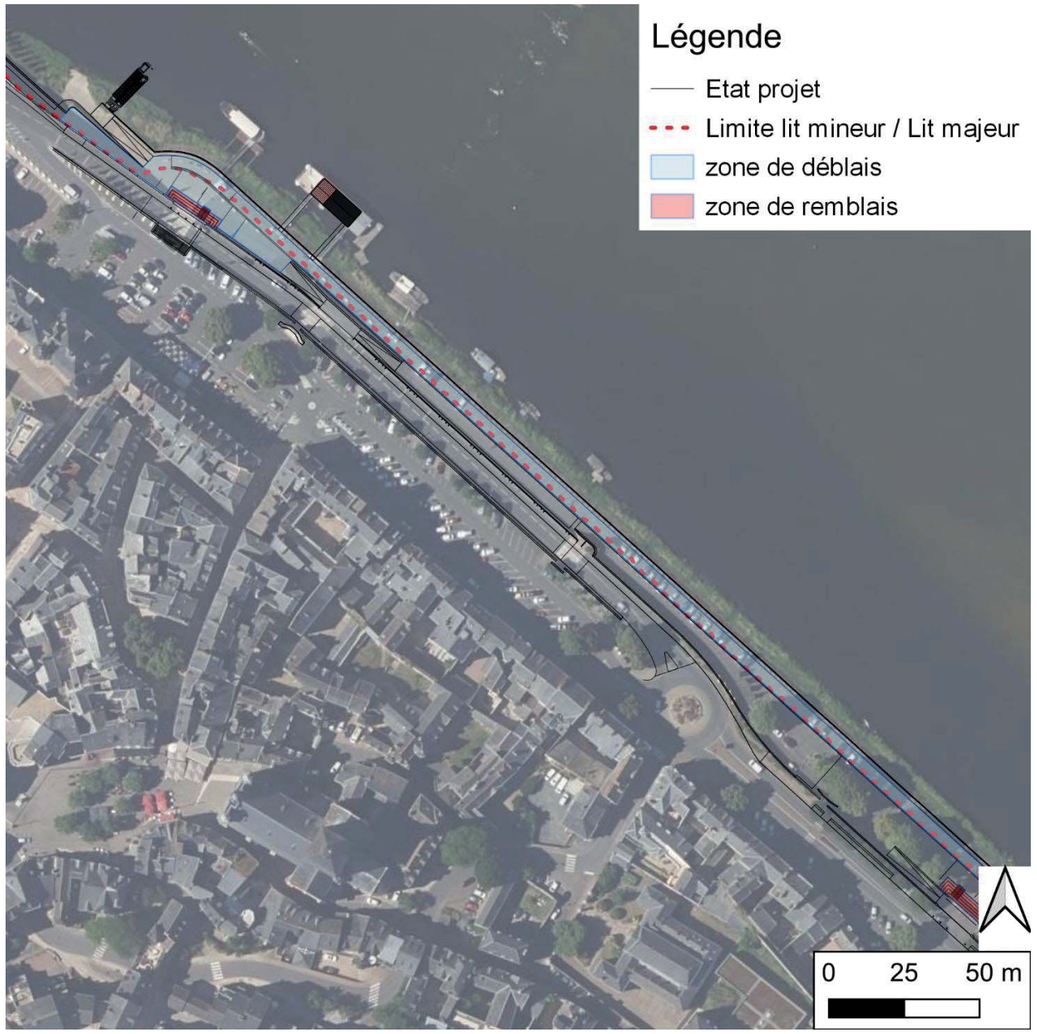


Figure 4-1 : Localisation des déblais et remblais au niveau des quais (d'aval en amont)

Un point particulier concerne la suppression du passage souterrain. Le remblai en place sera réutilisé dans la mesure du possible. Un apport sera néanmoins nécessaire notamment pour combler le vide laissé par la suppression du génie civil. En première approche l'apport est estimé à 200 m^3 et est localisé sur le lit majeur.

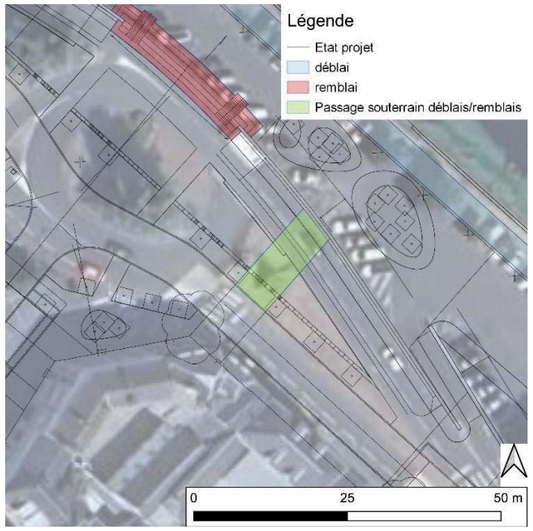


Figure 4-2 : Localisation de déblai - remblai au niveau du passage souterrain

Le bilan des déblais / remblais est le suivant :

	Déblais en m^3	Remblais en m^3	Total
Lit mineur	609	141	Excédentaire en déblais 468 m^3
Lit majeur	812	742	Excédentaire en déblais 70 m^3
Total	1421	883	Excédentaire en déblais 538 m^3

	Déblais en m^2	Remblais en m^2
Lit mineur	3615	25
Lit majeur	1832	1850
Total	5447	1874

Tableau 4-1 : Bilan des déblais/remblais sur la zone de projet

Les travaux sont excédentaires en déblais que cela soit en lit mineur ou en lit majeur. Les déblais devront être exportés en décharge agréée.

Au niveau du lit mineur, les travaux consistent principalement en un remodelage de la partie haute de la berge acceuillant actuellement les quais.

Le projet conduit à une modification du profil en long et en travers de la Loire sur une largeur moyenne de 5,5 m correspondant à la mise en place de la promenade en bord de Loire accessible PMR. Cette dernière, d'une largeur de 4 m sera positionnée à 1,5 m des pierres de rives. La largeur moyenne en eau de la Loire au droit des quais (pour la crue biennale) est de 450 m, la modification apportée sur le profil en travers concerne 1,2 % de la largeur mouillée de la Loire et concerne une portion d'ores et déjà aménagée (quai existant avec pavage). Aucune anthropisation supplémentaire du lit mineur de la Loire n'est prévue concernant la modification du profil en long et en travers dans le cadre de ce projet.

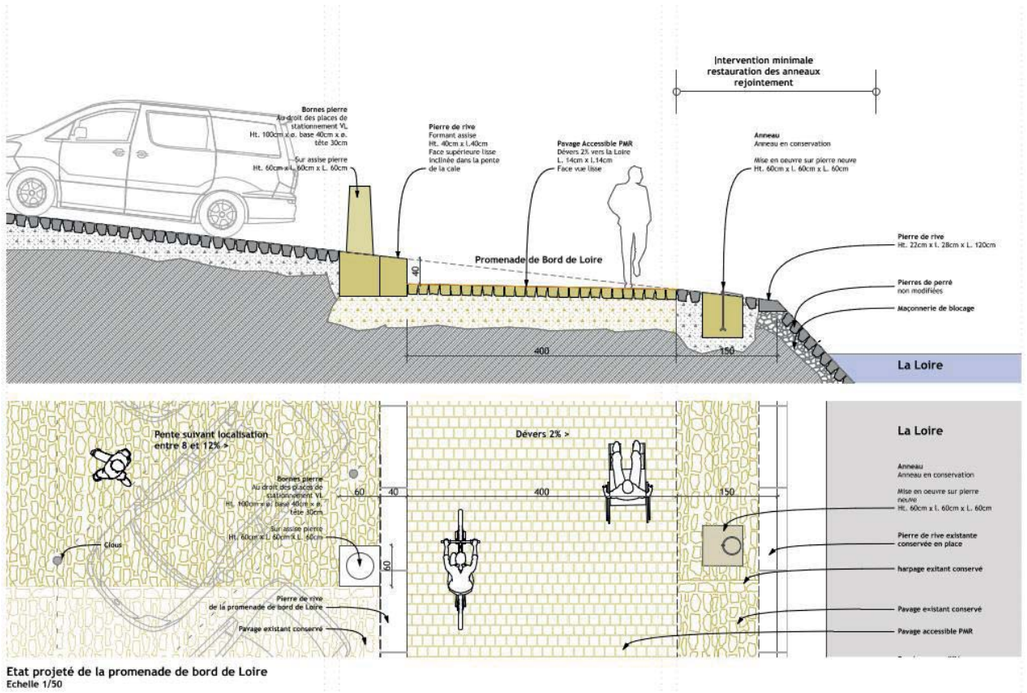


Figure 4-3 : Plans de principe AVP de l'aménagement de la promenade en bord de Loire

Au niveau du lit majeur les travaux consistent en un réaménagement des quais avec une reprise des revêtements et un remaniement des terres pour reprofilage de la pente des quais.

Nota : les rampes de mise à l'eau située en aval de la cale Carnot, en amont de la cale Carnot ne sont pas modifiées dans le projet. De même les rampes de mises à l'eau amont et aval de la cale Mayaud ne sont pas modifiées dans le cadre du projet.

Ainsi le point de mise à l'eau du bateau du service hydrométrie pour le suivi des débit de la Loire n'est pas modifié dans le cadre des aménagements de ce projet.

4.2 ESCALIERS

Les escaliers sont localisés en lit majeur :

- En alignement de la place Kleber au niveau du quai Carnot ;
- A l'aval du quai Mayaud pour l'escalier République ;

- Dans l'alignement de la rue Raspail pour l'escalier du Château à l'amont du quai Mayaud.

Les escaliers République et Château au niveau du quai Mayaud seront équipés d'un dispositif de batardeaux anti-crues de type poutrelles métalliques sur le même modèle que ceux actuellement utilisé pour les bouchures batardables du système d'endiguement de la ville de Saumur.

L'analyse des incidences de la mise en place des escaliers est présentée au §5.1.

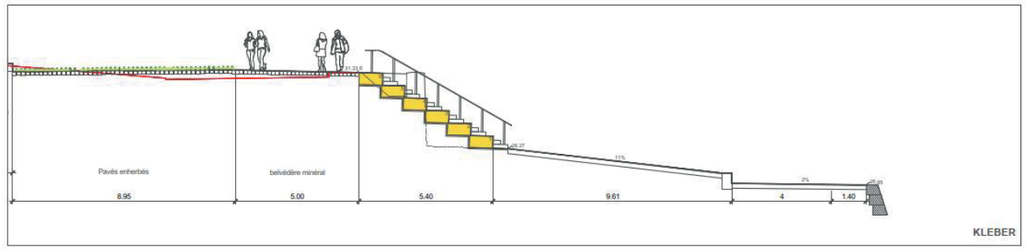


Figure 4-4 : Escalier Kleber

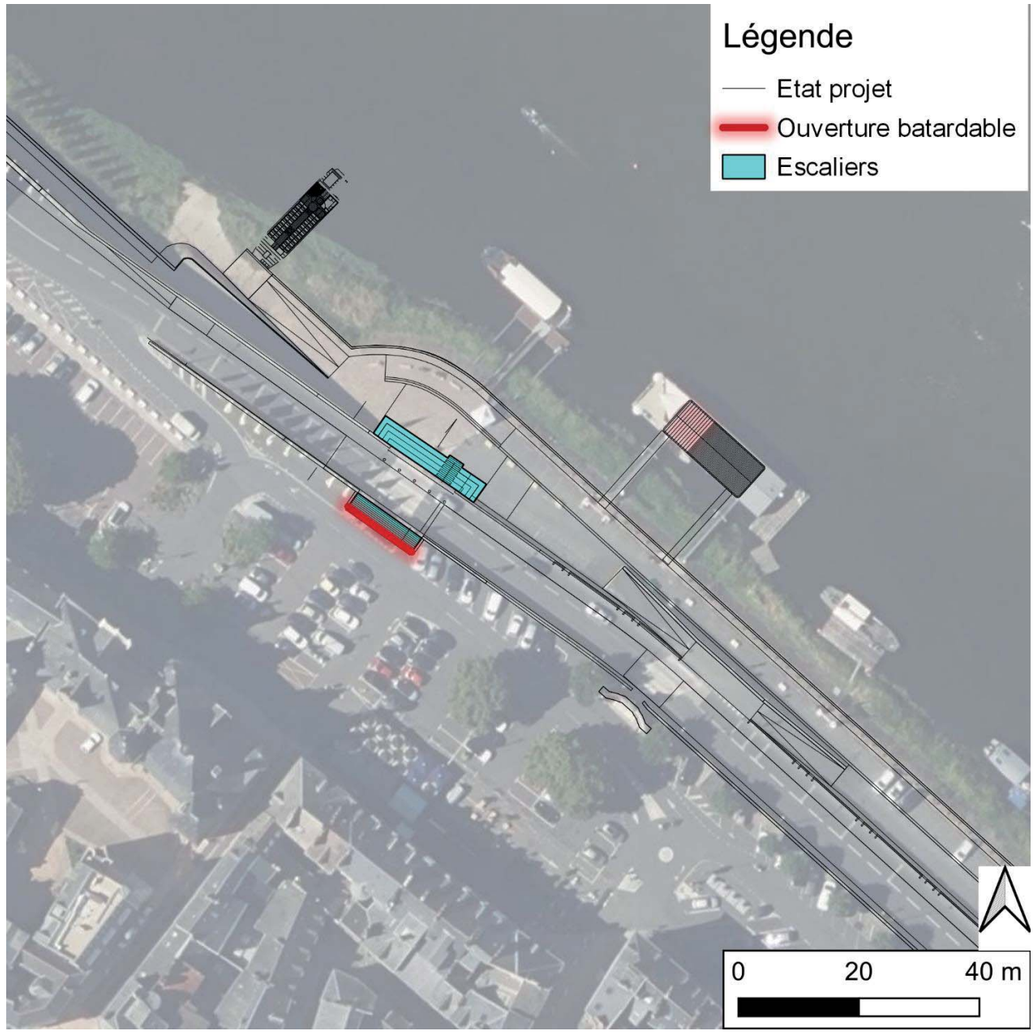


Figure 4-5 : Escalier République

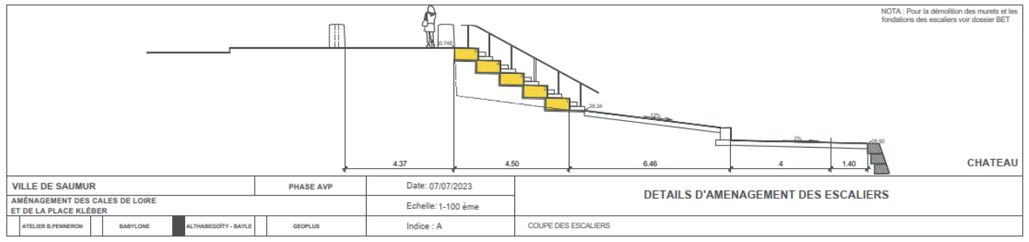


Figure 4-6 : Escalier Château

4.3 HAHA

Au niveau du quai Carnot le dispositif de Haha va amener l'abaissement du muret parapet sur un linaire d'environ 90 m de part et d'autre de l'escalier Kleber.

L'incidence de la mise en place du Haha est présentée au §5.2.

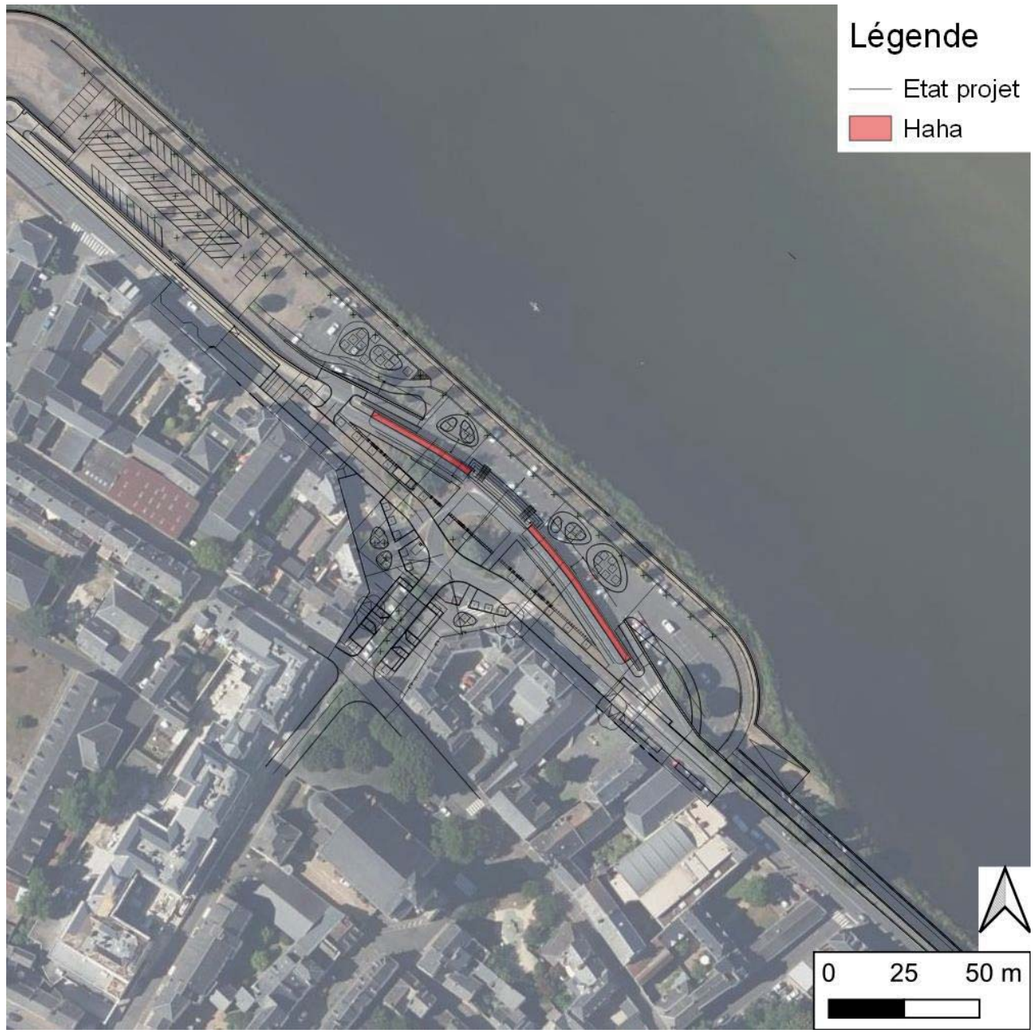


Figure 4-7 : Localisation du Haha quai Carnot

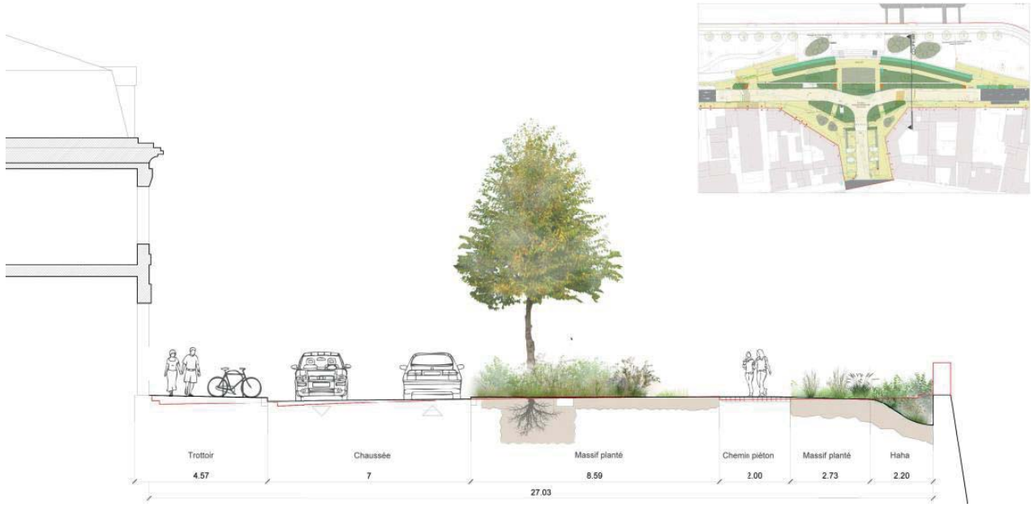


Figure 4-8 : Coupe au niveau du Haha

4.4 PLANTATIONS

Dans le cadre du projet, un réaménagement des espaces vert est proposé. L'analyse des incidences est présentée au §5.5.

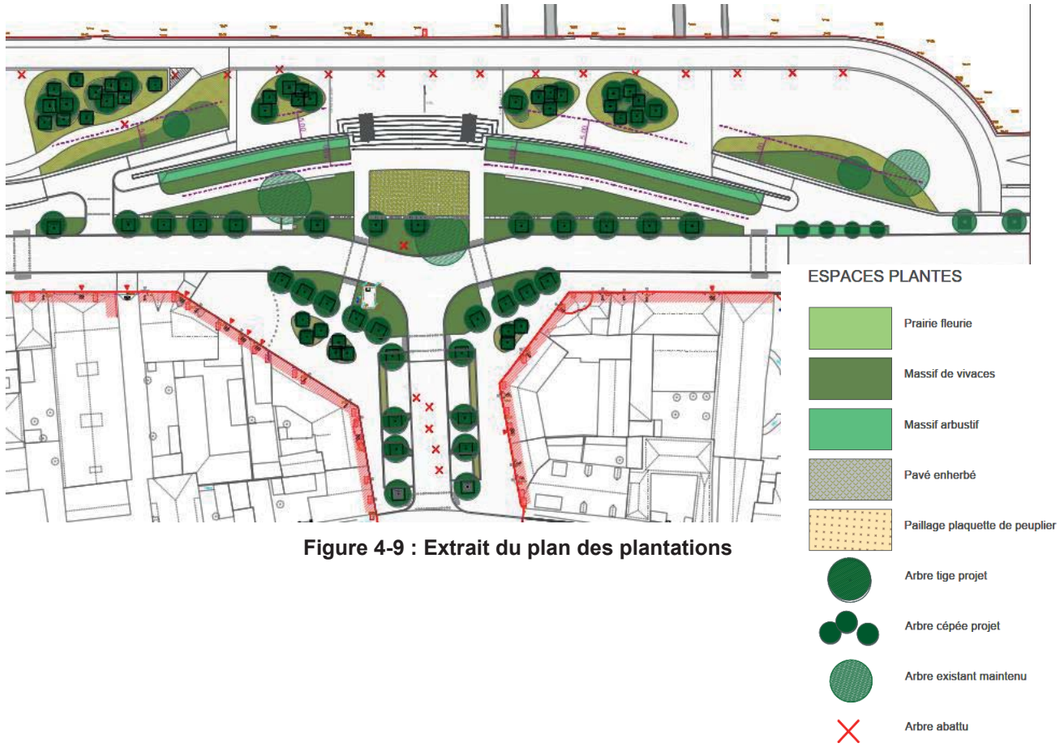


Figure 4-9 : Extrait du plan des plantations

Les essences plantées seront les suivantes :

LES ARBRES		LES ARBUSTES	
Nom scientifique	**Nom commun**	**Nom scientifique**	**Nom commun**
Carpinus betulus	Charme commun	*Acer opalus*	Erables à feuilles d'obier
Pinus sylvestris	Pin sylvestre	*Buxus sempervirens*	Buis commun
Prunus avium	Merisier	*Cornus mas*	Cornouiller mâle
Prunus cerasus	Cerisier	*Corylus avellena*	Noisetier commun
Prunus mahaleb	Bois de Sainte-Lucie	*Crataegus monogyna*	Aubépine monogyne
Quercus ilex	Chêne vert	*Euonymus europaeus*	Fusain d'Europe
Salix alba	Saule blanc	*Rhamnus cathartica*	Nerprun purgatif
Salix viminalis	Saule des vanniers	*Ribes rubrum*	Groseillier à grappes
Sorbus aucuparia	Sorbier des oiseleurs	*Rosa canina*	Eglantier
Tilia cordata	Tilleul à petites feuilles	*Salix cinerea*	Saule cendré
Tilia platyphyllos	Tilleul à grandes feuilles	*Viburnum lantana*	Viorne lantane
		Viburnum opulus	Viorne obier

Au niveau du quai les plantations comprendront des massifs d'arbres en cépées plantés en fosse de plantation.

Au niveau de la place Kleber et de la route de Saumur, une rangée de 13 tilleuls seront replantés à l'emplacement de la digue historique. Des précautions seront prises afin de ne pas endommager la structure de la digue existante sous-jacente (fosse de plantation). Les autres sujets seront plantés sur la place Kleber sous la forme de bosquets et en alignement de la place.

Au niveau du quai Carnot et de la place Kleber le projet comprend :

Arbres supprimés	Arbres plantés	Arbres conservés	Bilan
49 arbres	73 arbres	12 arbres	+ 24 arbres

Figure 4-10 : Bilan des plantations au niveau du quai Carnot et de la place Kleber

Au niveau du quai et de la cale Mayaud, la majorité des sujets sont conservés :

Arbres supprimés	Arbres conservés	Bilan
4 arbres	35 arbres	- 4 arbres

Figure 4-11 : Bilan des plantations au niveau du quai et de la cale Mayaud

4.5 SYSTEME D'ENDIGUEMENT

Le projet des cales a une interférence avec le système d'endiguement au niveau de la levée de Limoges et du Chardonnet. L'interférence des travaux avec la digue se situe dans le fuseau définit ci-après.

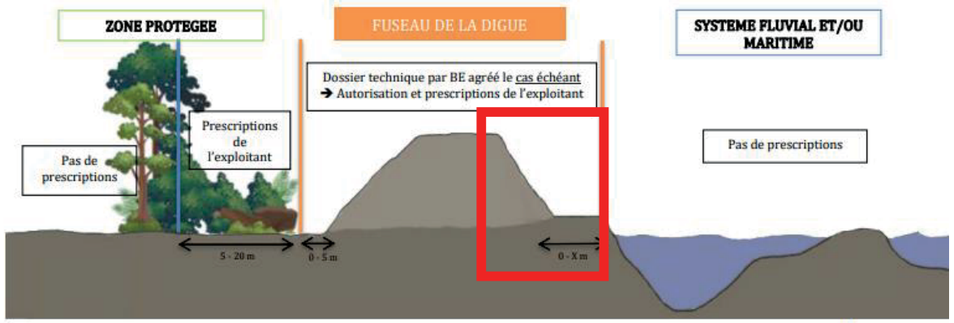


Figure 4-12 : Interférence avec la digue

L'interférence concerne donc :

- La cale, principalement dans sa zone en proximité de la digue de part notamment la réfection des revêtements ainsi que des plantations en fosses,
- Le parement amont de la digue en particulier au droit de l'implantation des escaliers et des modifications des rampes d'accès,
- La crête de digue côté fleuve (mur parapet) au niveau de l'implantation du Haha, et au niveau de la place Kleber
- Les éléments annexes : bouchures et ouvrages traversants.

Les cartes suivantes localisent les différents éléments.

Figure 4-13 : Etat projet quai Mayaud, localisation des ouvrages traversants et bouchures existants

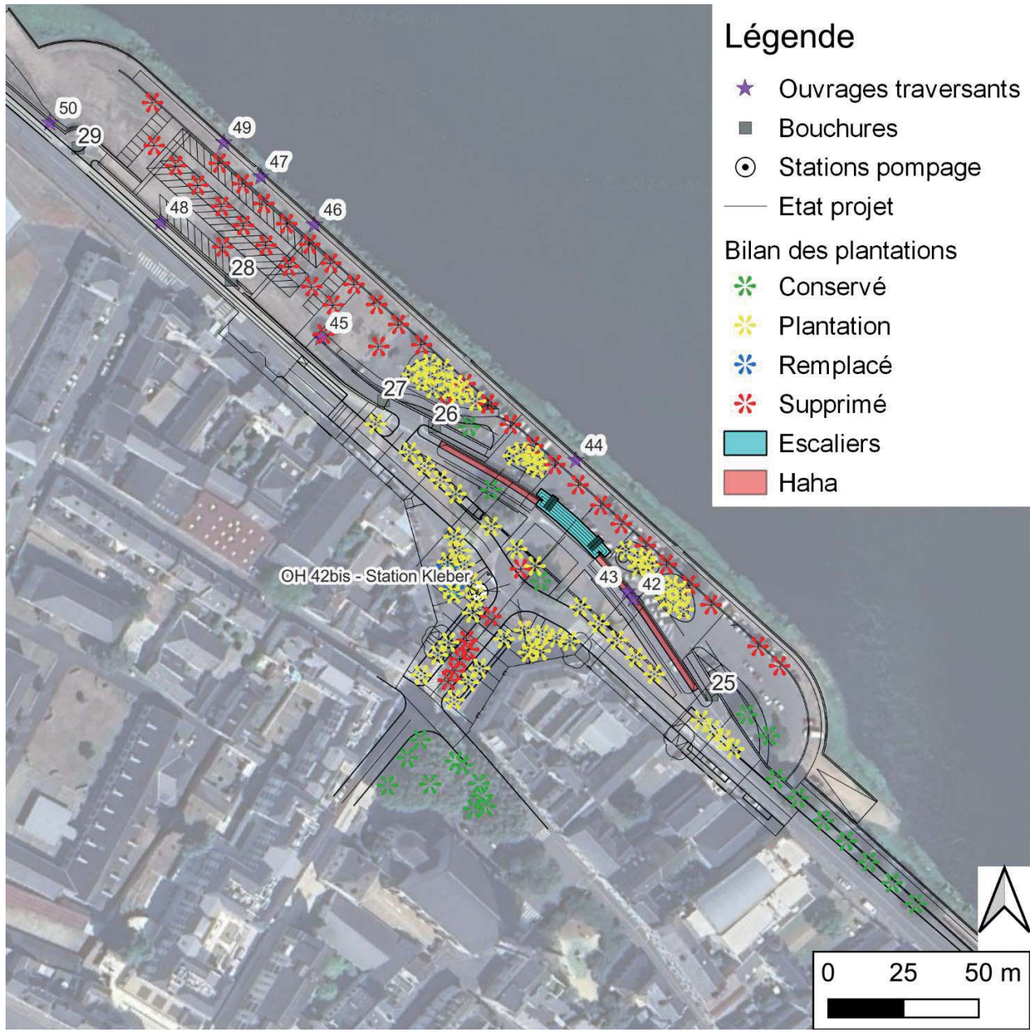


Figure 4-14 : Etat projet quai Carnot, localisation des ouvrages traversants et bouchures existants

5 INCIDENCES DES AMENAGEMENTS

5.1 INCIDENCES LIEES A L'AMENAGEMENTS DES ESCALIERS

5.1.1 INCIDENCES HYDRAULIQUES

Les coupes ci-après présentent les profils en travers de la Loire au droit des trois escaliers en état actuel et aménagé. Les lignes d'eau des différentes crues de références sont figurées sur les profils.

Au droit du profil de l'escalier Kleber, les écarts en lien avec la modification du profil de la berge rive gauche sont non significatifs à l'échelle de la Loire. En effet, ces écarts que cela soit sur la largeur du lit mouillé ou sur la section hydraulique pour les différentes crues sont largement inférieurs à 1 % ce qui n'est pas de nature à modifier la capacité d'écoulement de la Loire en crue.

Profil	Crue	Largeur lit mouillé EI	Largeur lit mouillé EP	Ecart en %	Section hydraulique EI	Section hydraulique EP	Ecart %
Escalier Kleber	Q2	502 m	502 m	0 %	1125 m^2	1125 m^2	0 %
	Q20	546 m	545 m	- 0.18 %	2294 m^2	2291 m^2	- 0.13 %
	Q50	546 m	547 m	+ 0.18 %	2578 m^2	2575 m^2	- 0.12 %
	Q100	552 m	553 m	+0.18 %	2792 m^2	2789 m^2	- 0.11 %
Escalier République	Q2	435 m	438 m	+0.7 %	894 m^2	897 m^2	+ 0.33 %
	Q20	488 m	488 m	0 %	2011 m^2	2014 m^2	+ 0.12 %
	Q50	539 m	539 m	0 %	2299 m^2	2302 m^2	+ 0.11 %
	Q100	620 m	620 m	0 %	2552 m^2	2555 m^2	+ 0.10 %
Escalier Château	Q2	413 m	414 m	+ 0.24 %	739 m^2	739 m^2	0 %
	Q20	667 m	663 m	- 0.6 %	2116 m^2	2111 m^2	- 0.24%
	Q50	913 m	913 m	0 %	2793 m^2	2787 m^2	- 0.21 %
	Q100	925 m	925 m	0 %	3181 m^2	3175 m^2	- 0.19 %

Tableau 5-1 : Ecarts état initial / état projet à l'échelle de la Loire

La mise en place des escaliers sur la zone de projet n'a pas d'incidences hydrauliques pour les crues de la Loire.

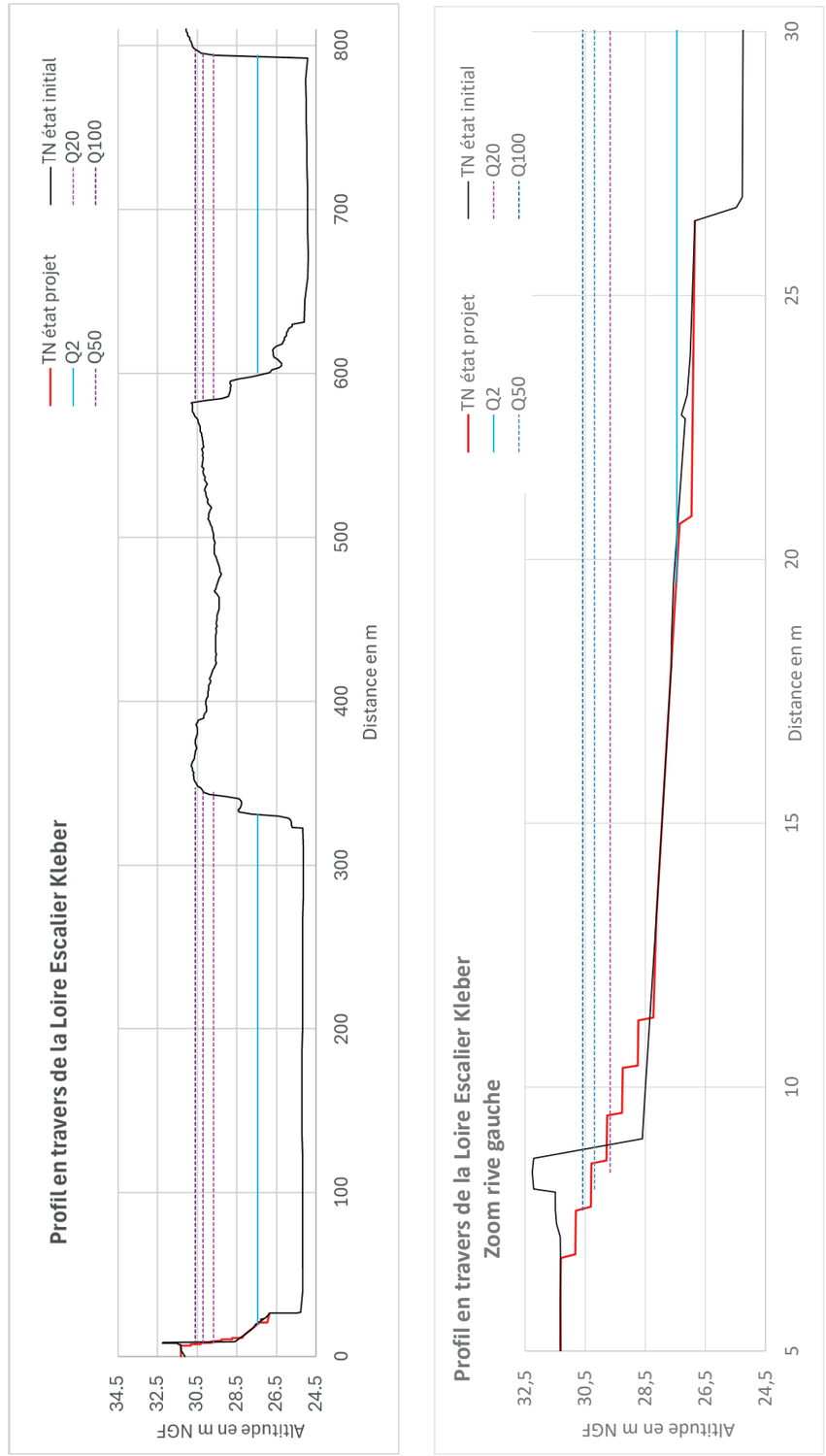
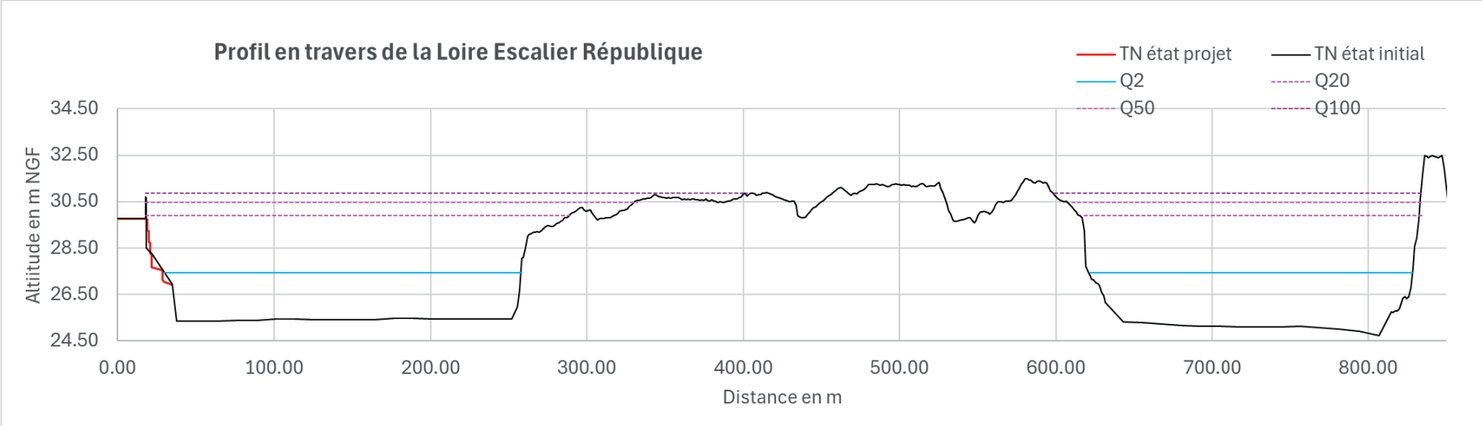


Figure 5-1 : Profil au niveau de l'escalier Kleber



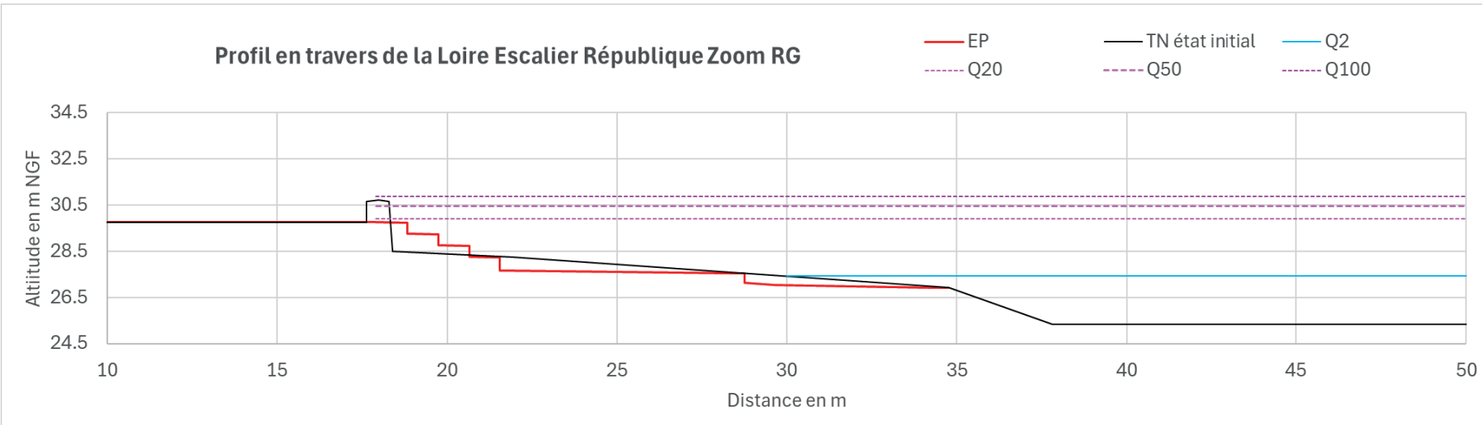
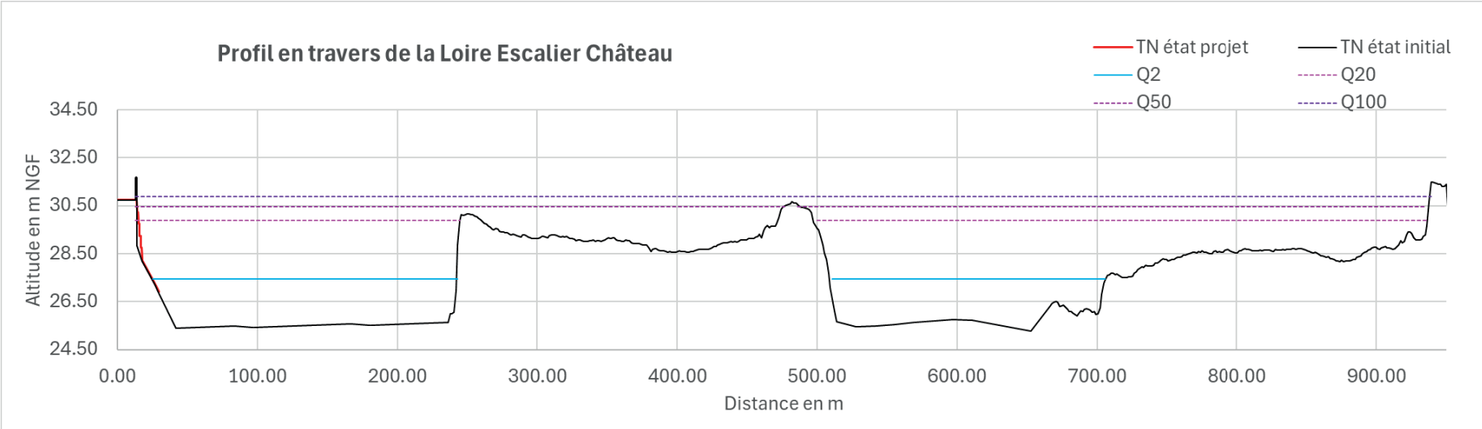


Figure 5-2 : Profil au niveau de l'escalier République



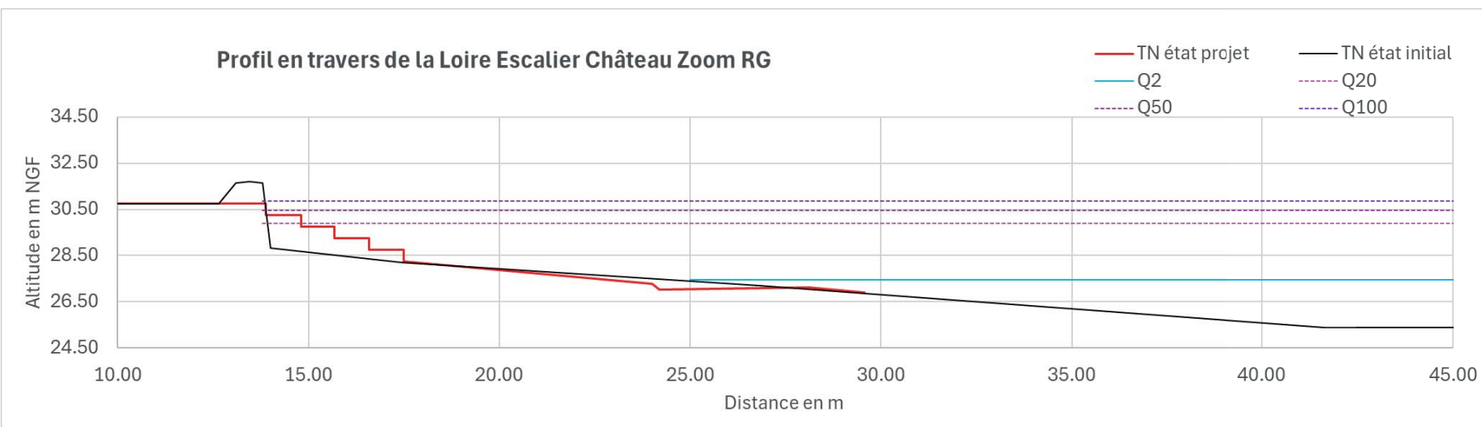


Figure 5-3 : Profil au niveau de l'escalier Château

Escalier du Château

L'escalier du Château est implanté entre les rampes existantes conduisant à l'ouverture du mur parapet sur une longueur de 13 m à une altitude de 30,9 m NGF. Le niveau de protection du SE au droit de l'escalier est à la cote 30,28 mNGF. Le niveau de protection n'est donc pas modifié.

Les bouchures existantes 14 et 15 sur les rampes pourront être abandonnées. Une bouchure batardable est ajoutée en retrait de l'ouverture créée sur l'ouverture existante donnant accès aux rampes.

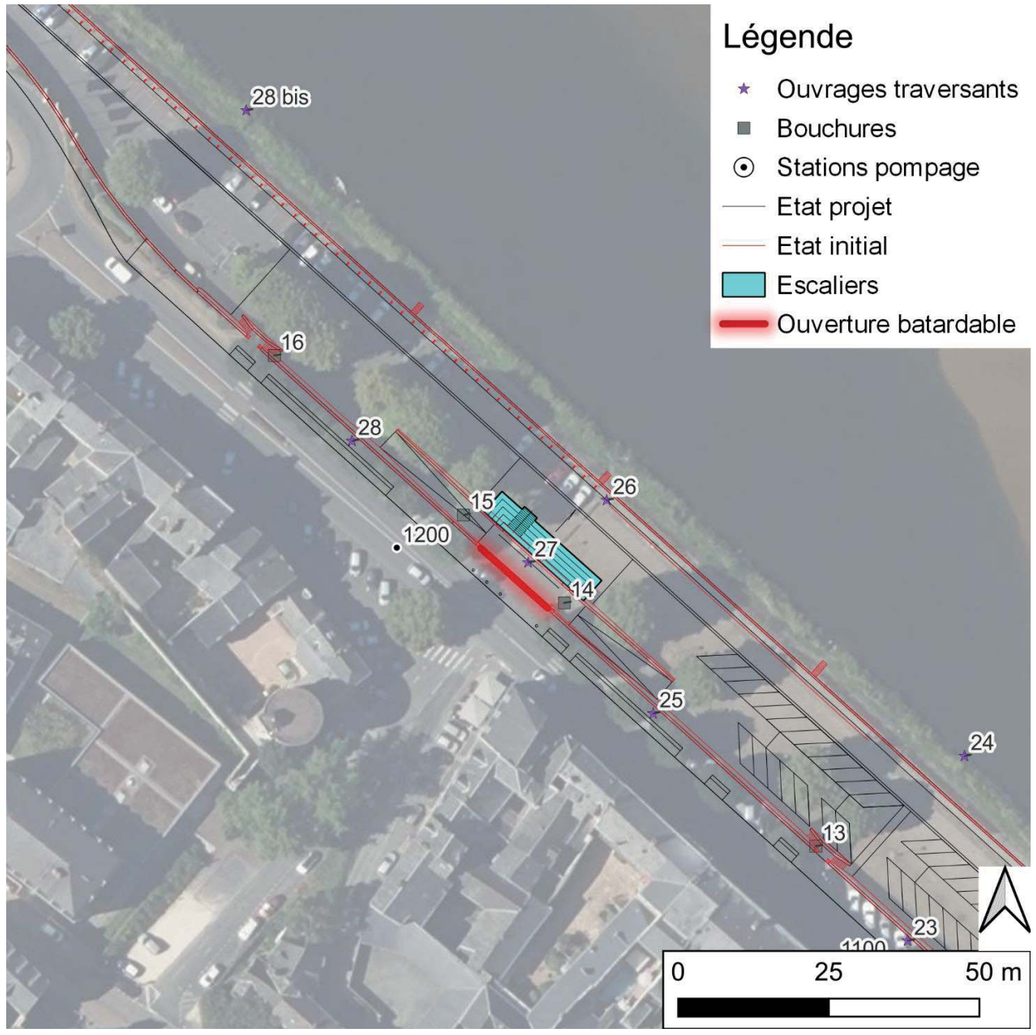


Figure 5-4 : Escalier Château modifications apportées au SE

Escalier République

L'escalier existant est remplacé par un escalier d'une ouverture de 13 m en accès au quai. Le mur parapet de la route inondable est abaissé à la cote 29,76 m NGF. L'escalier amont est aussi modifié avec une ouverture du mur parapet situé de l'autre côté de la route. La bouchure existante n°21 composée de deux batardeaux 21 est et 21 ouest situé en haut d'escalier est remplacée par une bouchure située en haut d'escalier amont.

Le niveau de protection du SE au droit de l'escalier République est 30,17 mNGF. Le niveau de protection en situation actuelle est reporté sur le deuxième quai (route inondable). La situation n'est pas modifiée en état projet avec un fonctionnement identique.

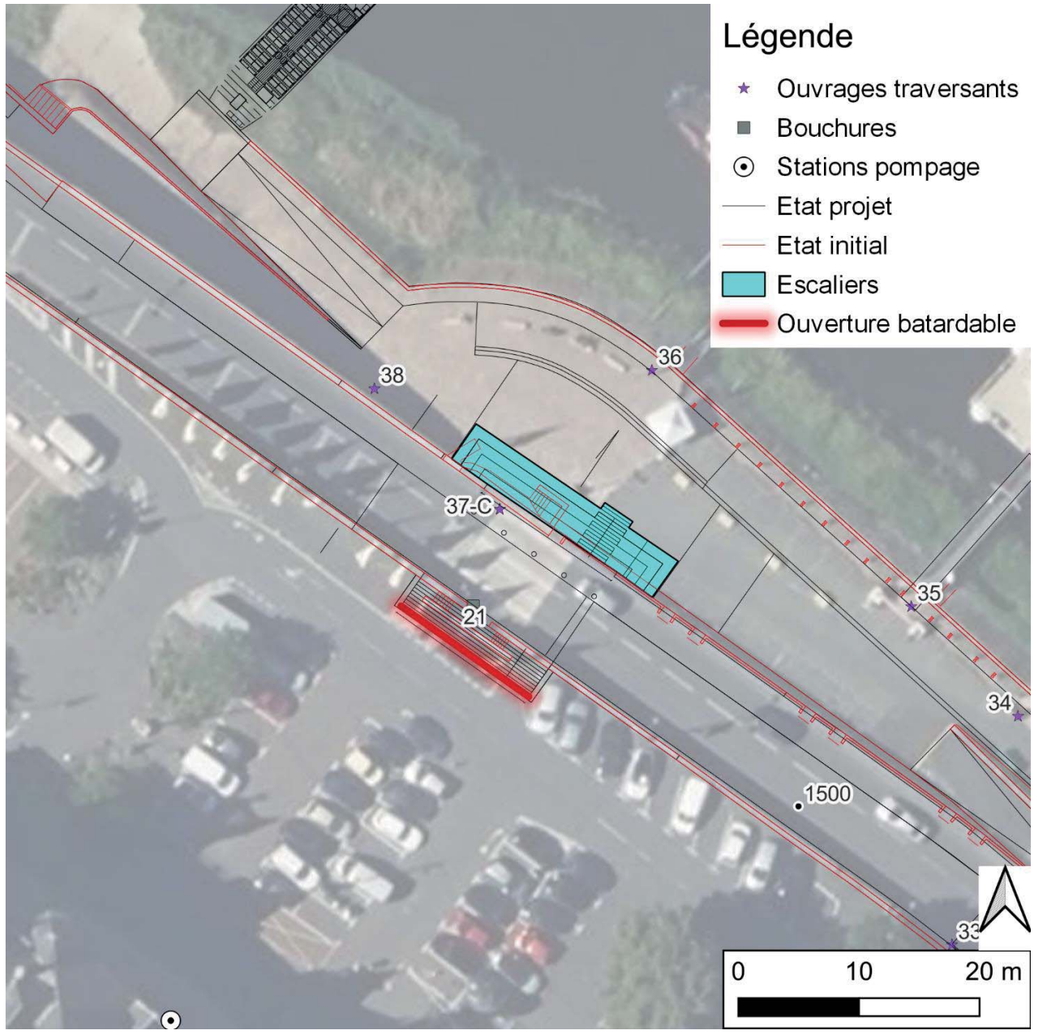


Figure 5-5 : Escalier République modifications apportées au SE

Escalier Kleber

Au niveau du quai Carnot, l'escalier Kleber conduit à une ouverture du mur parapet sur une longueur de 25,3 m à la cote 31,3 m NGF.

Le niveau de protection au niveau de l'escalier Kleber est à la cote 30,06 mNGF. Le niveau de protection n'est donc pas modifié.

L'abaissement du mur parapet à la cote 31,3 m NGF n'a pas d'incidence sur le niveau de protection apparent global du système d'endiguement. En effet, le point bas de protection apparente du SE côté Loire est situé sur la levée de Limoges à une cote inférieure.

Synthèse

L'implantation des différents escaliers et rampes sont représentés en altimétrie par rapport au niveau de protection (cf. Figure 5-18).

Les escaliers République et Château au niveau du quai Mayaud seront équipés d'un dispositif de batardeaux anti-crues de type poutrelles métalliques sur le même modèle que ceux actuellement utilisé pour les bouchures batardables du système d'endiguement de la ville de Saumur. Une actualisation des consignes de gestion et de surveillance sera nécessaire. Ce point est étayé dans le §6.

La mise en place et/ou modification des escaliers n'a pas d'incidence sur le niveau de protection du SE de Saumur centre-ville.

Les mesures compensatoires à apporter sont l'adaptation des bouchures notamment au niveau des escaliers République et du Château.

5.1.2 INCIDENCES STRUCTURELLES

Les modifications des escaliers sont conçues de façon à ne pas avoir d'incidences sur la stabilité de la digue.

Au niveau des escaliers, les structures du quai existant seront à adapter selon la configuration. Lorsque l'escalier vient en débord du quai existant, celui-ci pourra être conservé en l'état et l'escalier ajouté « en applique » sur la structure existante. Lorsque l'escalier rentre dans le quai actuel, la structure en pierre sera soigneusement démolie et des murs en pierre reconstruit en bajoyer.

Il conviendra de veiller à garantir une certaine étanchéité des structures maçonnées (marches d'escaliers et murs) par jointoiement soigné et pose sur un lit de mortier.

Il est présenté aux ANNEXE 5 et ANNEXE 6 des précisions complémentaires listant les préconisations à observer pour limiter l'incidence structurelle.

Une procédure et consigne de gestion des eaux sera a réalisé par l'entreprise afin de limiter les zones de faiblesse de la digue en phase chantier. Un travail par tronçon sera par exemple à observer. Une trame pour le rapport de surveillance en phase travaux est donné ANNEXE 8.

5.2 INCIDENCES LIEES A LA MISE EN PLACE DU HAHA

5.2.1 INCIDENCES HYDRAULIQUES

Le dispositif de Haha va amener la suppression du parapet sur un linéaire de 90 m de part et d'autre de l'ouverture de l'escalier Kleber. Ce dernier comme mentionné au §3.1.2 a principalement une vocation de retenue des véhicules en lien avec la voirie en crête de digue.

La cote du mur du parapet étant en surélévation par rapport à la crête de digue et supérieur au niveau de protection du SE. L'abaissement du muret va localement abaisser le niveau de protection apparent au niveau de la crête de digue de la levée du Chardonnet.

Il va donc modifier « le niveau de protection apparent » de la levée du Chardonnet, mais pas le niveau de protection réel.

Comme le montre la Figure 5-18, le point le plus bas suite à l'abaissement du muret est à la cote 31,2 mNGF. A ce même endroit la cote de la crue centennale (correspondant au niveau de protection apparent de la chaussée sur la levée de Limoges) s'établie à la cote 30,58 m NGF.

L'abaissement liée à la mise en place du Haha modifie donc localement le niveau de protection apparent sur la levée du Chardonnet mais ne modifie pas la protection apparente globale prise sur le cumul des deux levées. L'installation de batardeau dans cette zone est de fait inutile.

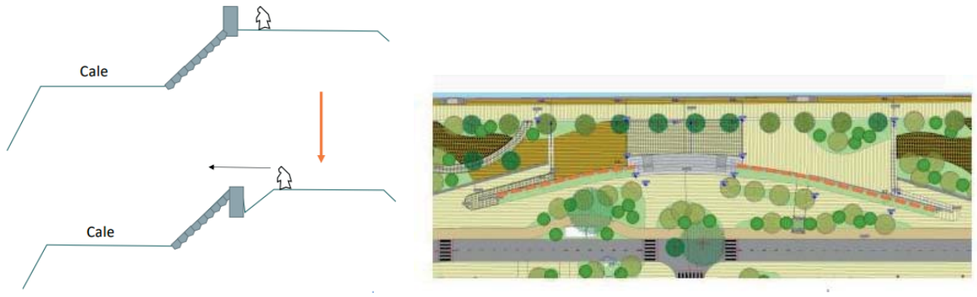


Figure 5-6 : Principe et localisation du haha

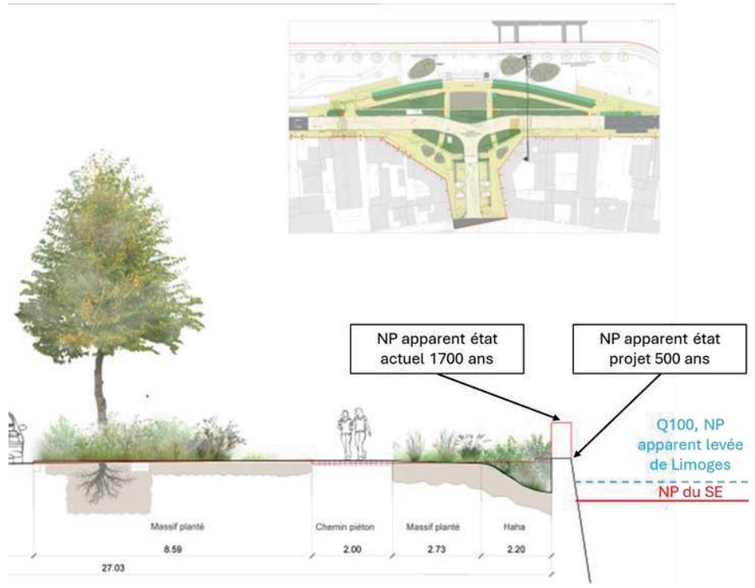


Figure 5-7 : Niveau de protection du système d'endiguement au niveau du Haha

5.2.2 INCIDENCES STRUCTURELLES

La création du haha entraine un abaissement du mur et une diminution du remblai côté protégé. Ces modifications ont des conséquences favorables et défavorables pour le mur qui sont les suivantes :

- Abaissement du perré → diminution du poids du mur (défavorables)
- Abaissement du remblai côté protégé → diminution poussée du remblai (défavorable en situation de crue, favorable en situation normale).

L'analyse de la stabilité du mur, disponible à l'ANNEXE 4**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, permet de justifier le respect des critères de stabilité globale selon les recommandations du CFBR pour l'ensemble des combinaisons sauf celle de décrue rapide.

Une analyse sur la stabilité actuelle montre que la création du haha permet de réduire la poussée des terres sur le mur et d'en améliorer la stabilité. Il est important de noter que le niveau piézométrique côté protégé en crue n'est pas connu, considérer un niveau à 30,40 mNGF (cote du remblai) est probablement très défavorable, d'autant que la dominante sableuse de la fondation et du remblai permet à priori de faciliter le drainage. L'ajout d'une barbacane pour éviter l'accumulation d'eau au droit du fossé du haha est préconisé. Une pente du fossé pour favoriser l'écoulement sera également prévue.

A noter que la géométrie du mur n'est pas complètement connue, une vigilance particulière doit être observée lors du décaissement du remblai côté val afin de ne pas déstructurer le mur.

5.3 INCIDENCES LIEES AU COMBLEMENT DU PASSAGE SOUTERRAIN

5.3.1 INCIDENCES HYDRAULIQUES

Le passage souterrain ne présente pas d'intérêt d'un point de vue hydraulique. Il permet au contraire d'améliorer la surveillance et supprimer l'entretien d'un ouvrage inutile.

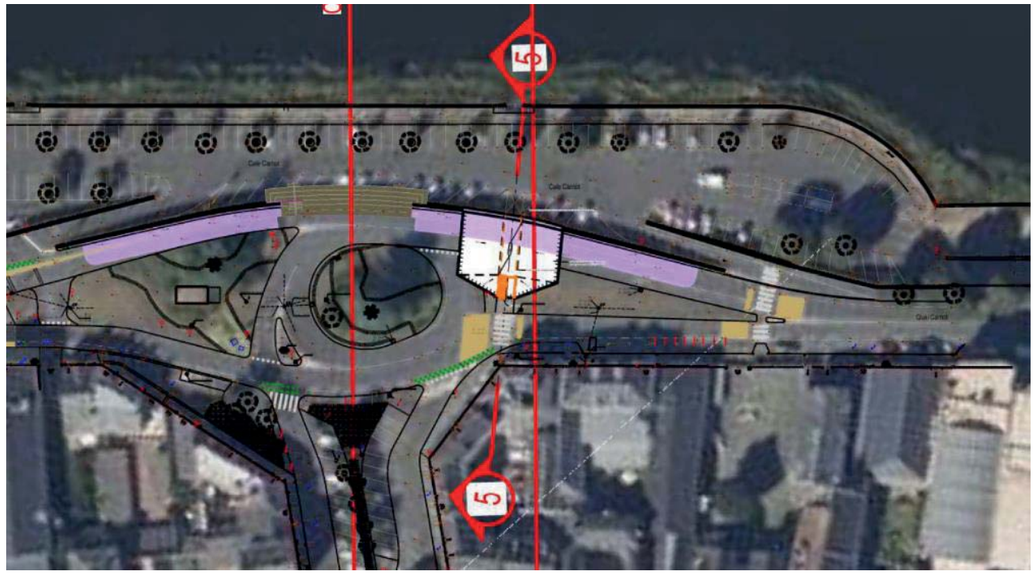


Figure 5-8 : Localisation du passage souterrain - vue aérienne

Vue côté val	Vue côté Loire

Figure 5-9 : Passage souterrain (source : ISL, 2024)

Le « niveau de protection apparent » et le niveau de protection réel ne se retrouvent pas modifiés par les travaux de comblement.

5.3.2 INCIDENCES STRUCTURELLES

La suppression du passage permet d'homogénéiser le corps de digue. Des précautions seront à prendre en phase travaux et des grands principes à respecter afin d'assurer notamment un bon compactage des matériaux. Des précisions pour ces préconisations et grands principe constructifs sont donné à l'ANNEXE 6.

5.4 INCIDENCES DES MODIFICATIONS DES RAMPES D'ACCES

5.4.1 INCIDENCES HYDRAULIQUES

Quai Carnot

La rampe aval d'accès au quai Carnot est modifiée afin d'être aux normes d'accessibilité. La rampe définitive aura une pente inférieure à 4 %, conduisant à une réhausse du mur parapet sur une longueur de 43,15 m. Cette modification nécessite le remblaiement d'une partie de la zone afin de rattraper la pente attendue.

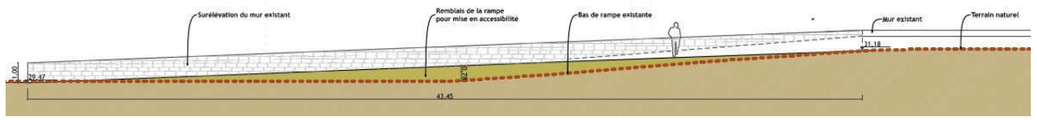


Figure 5-10 : Modification de la rampe d'accès aval du quai Carnot

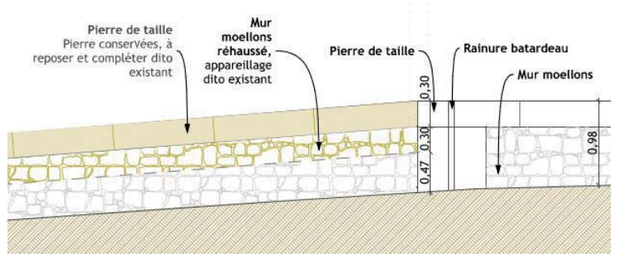


Figure 5-11 : Détail de la réhausse du mur parapet le long de la rampe

Quai Mayaud

La rampe d'accès à la cale Mayaud située en amont de l'escalier du Château est modifiée, la pente existante à 7,7 % est portée à 10,6 %.

La rampe amont d'accès au quai Mayaud est modifiée pour mise en conformité d'accessibilité (pente < 4 %). Ces aménagements nécessitent la réhausse du mur parapet le long de la rampe sur une longueur de 50,40 m ainsi que le remblaiement d'une partie de la zone afin de rattraper la pente attendue.

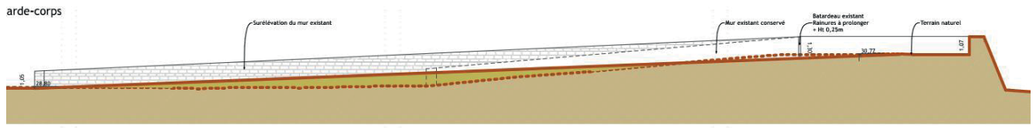


Figure 5-12 : Modification de la rampe d'accès amont du quai Mayaud

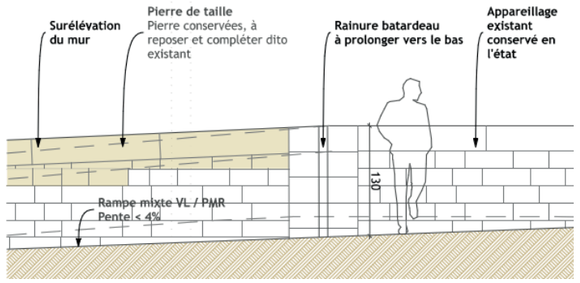


Figure 5-13 : Détail de la réhausse du mur parapet le long de la rampe

Synthèse

Les modifications apportées aux rampes pour la mise en accessibilité, conduisent principalement en une modification du mur parapet longeant la cale (réhausse) et en un remblaiement localisé pour rattraper la pente attendue.

Ces aménagements ne sont pas de nature à modifier le fonctionnement hydraulique du SE de Saumur centre-ville.

5.4.2 INCIDENCES STRUCTURELLES

Les modifications des pentes et du revêtement des cales sont conçues de façon à ne pas avoir d'incidences sur la stabilité de la digue.

La protection externe contre l'érosion de l'eau sera assurée par les nouvelles structures. Sur les cales, le revêtement est composé de pavés posés sur un lit de mortier assurant cette fonction.

La modification des pentes se traduit par un remblaiement sans déstructuration du corps de digue existant, la stabilité globale se retrouve de fait améliorée.

5.5 INCIDENCES LIEES AUX AMENAGEMENTS PAYSAGERS (PLANTATIONS)

5.5.1 INCIDENCES HYDRAULIQUES

5.5.1.1 Plantations

L'ANNEXE 3 présente le bilan des plantations par rapport au différents zonage PPRi ainsi que la délimitation lit mineur et lit majeur.

Au niveau du quai Mayaud, quatre arbres sont supprimés sans remplacement. Aucune plantation n'est prévue. Il n'y a aucune incidence hydraulique sur le quai Mayaud.

Calle Mayaud Zone PPRI		
Arbres existants maintenus en zone REPN	15	Unités
Arbres existants maintenus en zone RN	20	Unités

Calle Mayaud Zone PPRI		
Arbres abattus en zone REPN	4	Unités
Arbres abattus en zone RN	0	Unités

Au niveau du quai Carnot et de la place Kleber le bilan des plantations est le suivant.

En zone REPN[1] le bilan est de – 9 arbres, en zone RN[2] le bilan est neutre, les arbres sur cette zone sont maintenus. La configuration des plantations en état projet se compose de 4 ilots de part et d'autre de l'escalier Kleber.

La configuration en état projet n'est pas de nature à aggraver le risque inondation, le nombre d'arbre planté est inférieur au nombre d'arbre qui seront supprimés sur les zones REPN et RN.

En ce qui concerne les zones vulnérables hors d'eau et BS[3], ces zones sont situées sur ou en arrière du système d'endiguement. Il n'est pas attendu d'incidences sur ces aménagements. Le bilan est néanmoins de 33 arbres plantés.

Calle Carnot Zone PPRI		
Arbres existants maintenus en zone REPN	5	Unités
Arbres existants maintenus en zone RN	5	Unités
Arbres existants maintenus en zone vulnérable hors d'eau	2	Unités
Arbres abattus en zone REPN	40	Unités
Arbres abattus en zone RN	0	Unités
Arbres abattus en zone vulnérable hors d'eau	2	Unités
Arbres abattus en zone urbanisée (BS)	7	Unités
Arbres projet zone REPN	31	Unités
Arbres projet zone RN	0	Unités
Arbres projet en zone vulnérable hors d'eau	32	Unités
Arbres projet en zone urbanisée (BS)	10	Unités

5.5.1.2 Non aggravation des phénomènes d'embâcles

L'ensemble des équipements présents sur les cales sont des équipements amovibles qui seront enlevés par le gestionnaire en cas de crue. Ils ne sont donc pas sujets à être emportés par les crues pour constituer des embâcles.

[1] Zone non urbanisée et d'écoulement préférentiel
[2] Zone non urbanisée et d'expansion des crues en aléa modéré, fort ou très fort, sans vitesse significative
[3] Zone de rénovation urbaine à règlement spécifique

Comme évoqué précédemment, les incidences hydrauliques de la mise en place des escaliers sont négligeables et ne sont pas de nature à augmenter le risque de piégeage des embâcles de grande taille ni de réduire la section hydraulique de la Loire.

Néanmoins un dépôt côté amont des escaliers est susceptible de se former notamment à la décrue (amas de branchages de petite taille), phénomène devant déjà être observé au niveau des rampes d'accès aux quais et sur les berges.

La végétation mise en place en fosse sera également entretenue, ce qui permet de garantir son non-emportement en tant qu'embâcle.

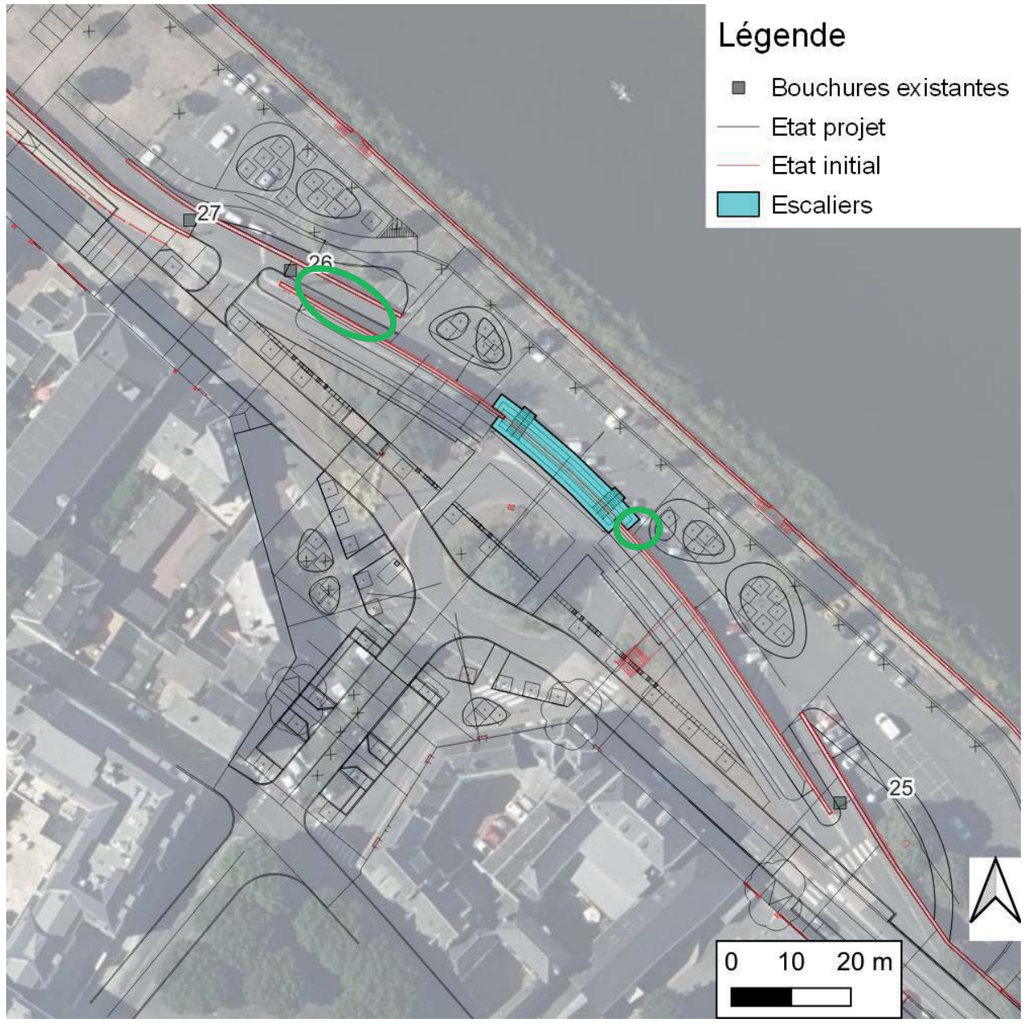


Figure 5-14 : Zones de dépôts prévisibles des amas de branchages escalier Kleber (en vert)

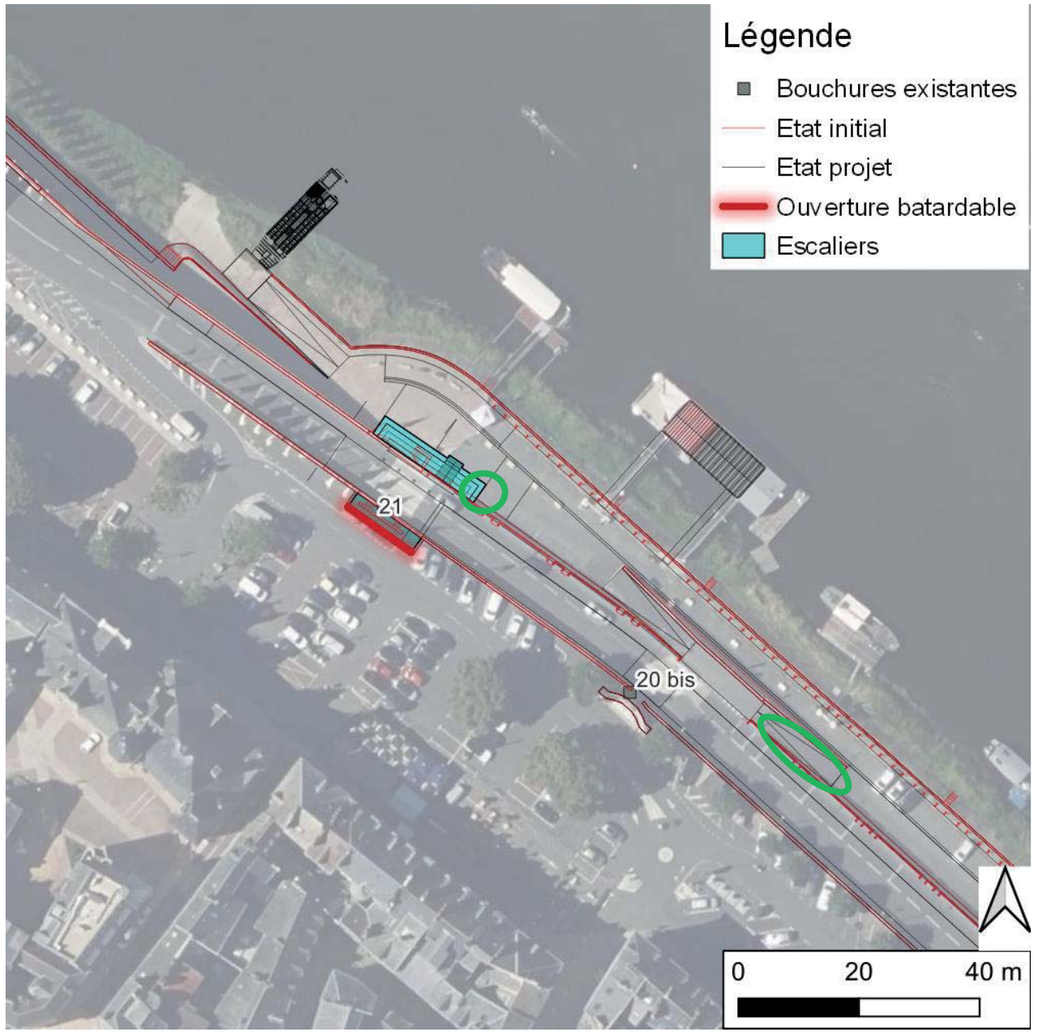


Figure 5-15 : Zones de dépôts prévisibles des amas de branchages escalier République (en vert)

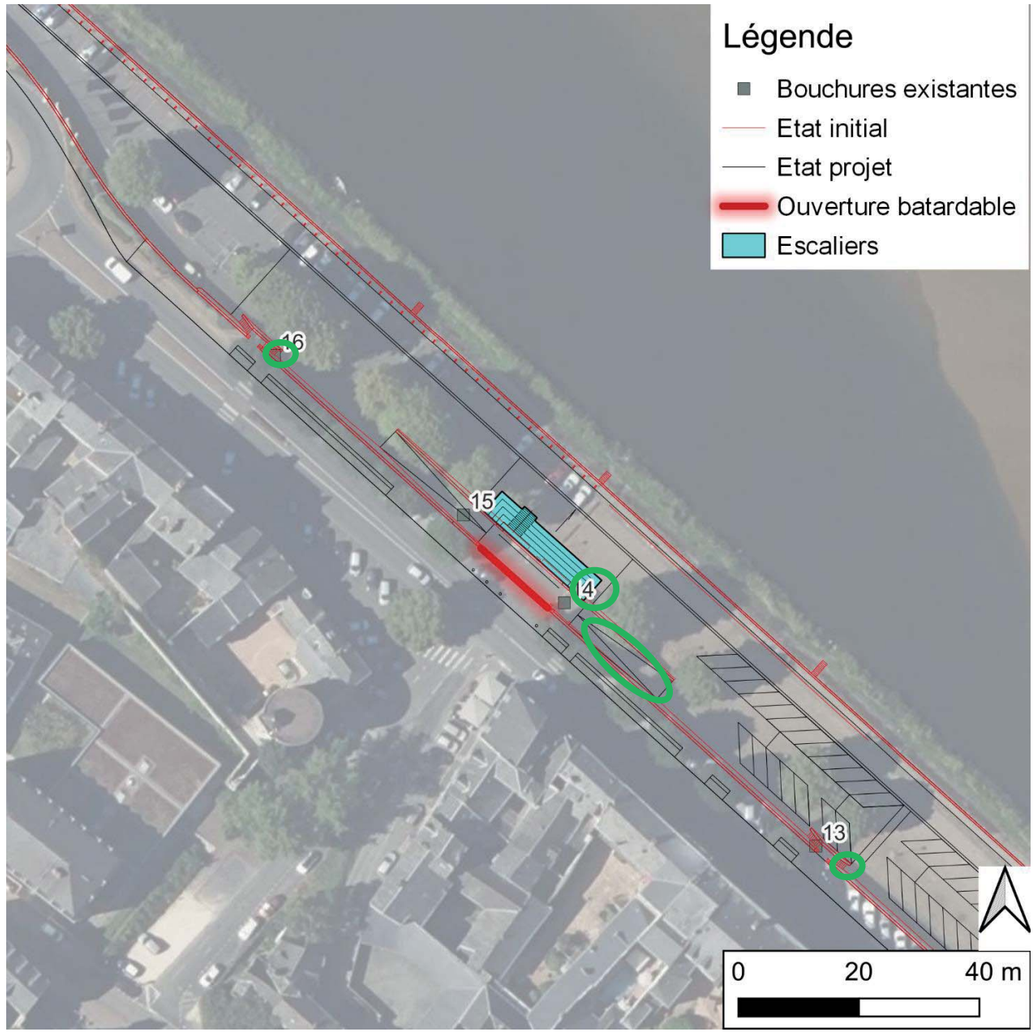


Figure 5-16 : Zone de dépôts prévisibles des amas de branchages escalier du Château (en vert)

5.5.2 INCIDENCES STRUCTURELLES

Les arbres qui seront replantés en bosquet ou en alignement le long de la route de Saumur seront implantés dans une fosse de plantation ceci afin de garantir la stabilité de la digue.

En effet, les systèmes racinaires de la végétation ligneuse peuvent être à l'origine de désordres pour le système d'endiguement pouvant conduire à un risque d'érosion interne du corps de digue. Afin de garantir la stabilité du corps de digue, les fosses installées seront soit maçonnées dans le cas des plantations de sujets arborés, soit tapissées d'un dispositif anti-racine pour les sujets de type arbustifs.

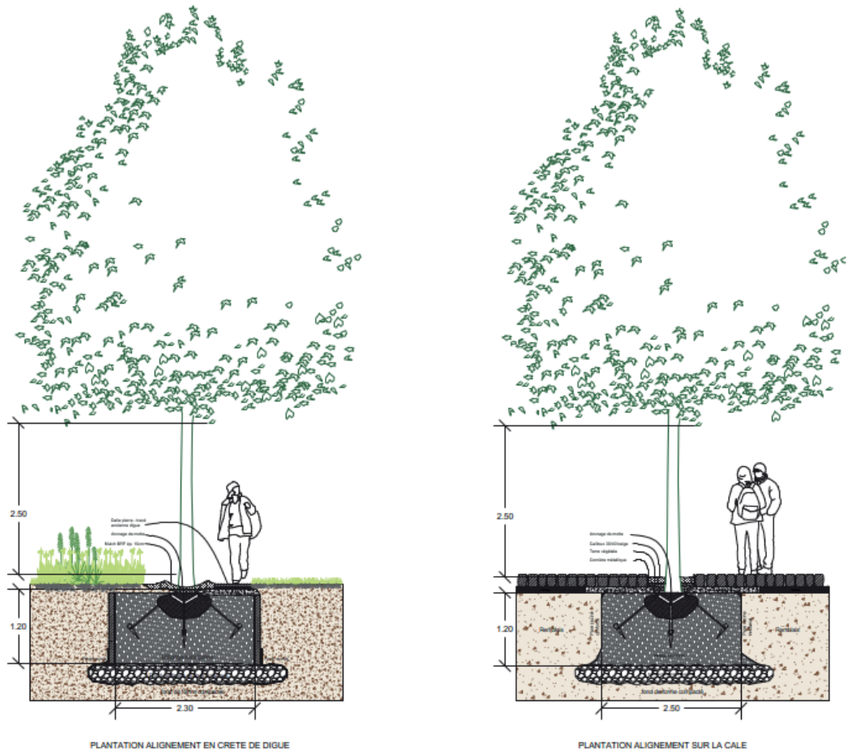


Figure 5-17 : Schéma de principe des fosses de plantations

5.6 INCIDENCES DES AMENAGEMENTS SUR LES OUVRAGES TRAVERSANTS

Un point sera organisé entre le gestionnaire du réseau eaux pluviales (CA Saumur Val de Loire), le porteur du projet (Ville de Saumur) et le gestionnaire délégué de la digue (EP Loire) pour définir le devenir des réseaux traversants présents sur l'ouvrage et les aménagements projetés (réseaux évacuation des eaux pluviales).

Il est projeté de ne pas modifier les réseaux existants, au besoin, ils seront repris à l'identique.

Des investigations complémentaires sont en cours et un plan présentant les différentes interactions sera réalisé. Une première version sans le retour des investigations complémentaire et les récents travaux réalisés sur les réseaux est donné en ANNEXE 8.

Des travaux de réparation des clapets anti-retour pour assurer l'étanchéité des clapets à la fermeture ont été programmés par l'EPL et réalisés.

5.7 INCIDENCES DES AMENAGEMENTS SUR LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT

Les modifications détaillées ci-après ne sont pas de nature à modifier le niveau de protection du SE de Saumur centre-ville. La figure ci-après présente le profil en long des levées de Limoges et de Chardonnet, sur lequel ont été reporté :

- Le niveau de protection
- La crête de digue ainsi que la crête du muret parapet de la chaussée

Les rampes d'accès aux quais ainsi que les escaliers en état actuel et projet sont localisés et positionnés selon leurs altimétries au niveau de la digue.

Le niveau de protection du SE au niveau des aménagements n'est pas modifié par rapport à son état actuel.

Le niveau de protection apparent, va être modifié au niveau de l'ouverture du Haha sur la levée du Chardonnet, néanmoins ce niveau apparent en état actuel est très largement supérieur au niveau de protection apparent de la levée de Limoges. Comme présenté sur la figure suivante, le niveau apparent de protection sur la levée de Limoges au niveau du muret est de 400 ans, il est de 1700 ans au niveau de la levée du Chardonnet. De même le niveau de protection apparent pris au niveau de la chaussée (sans le muret) est de 100 ans sur la levée de Limoges et de 500 ans sur la levée du Chardonnet.

Le niveau de protection apparent des levées côté Loire prises dans leur ensemble est donc conditionné par les points les plus bas à savoir :

- Niveau de protection apparent du muret pris sur la levée de Limoges à 400 ans ;
- Niveau de protection apparent de la chaussée près sur la levée de Limoges à 100 ans.

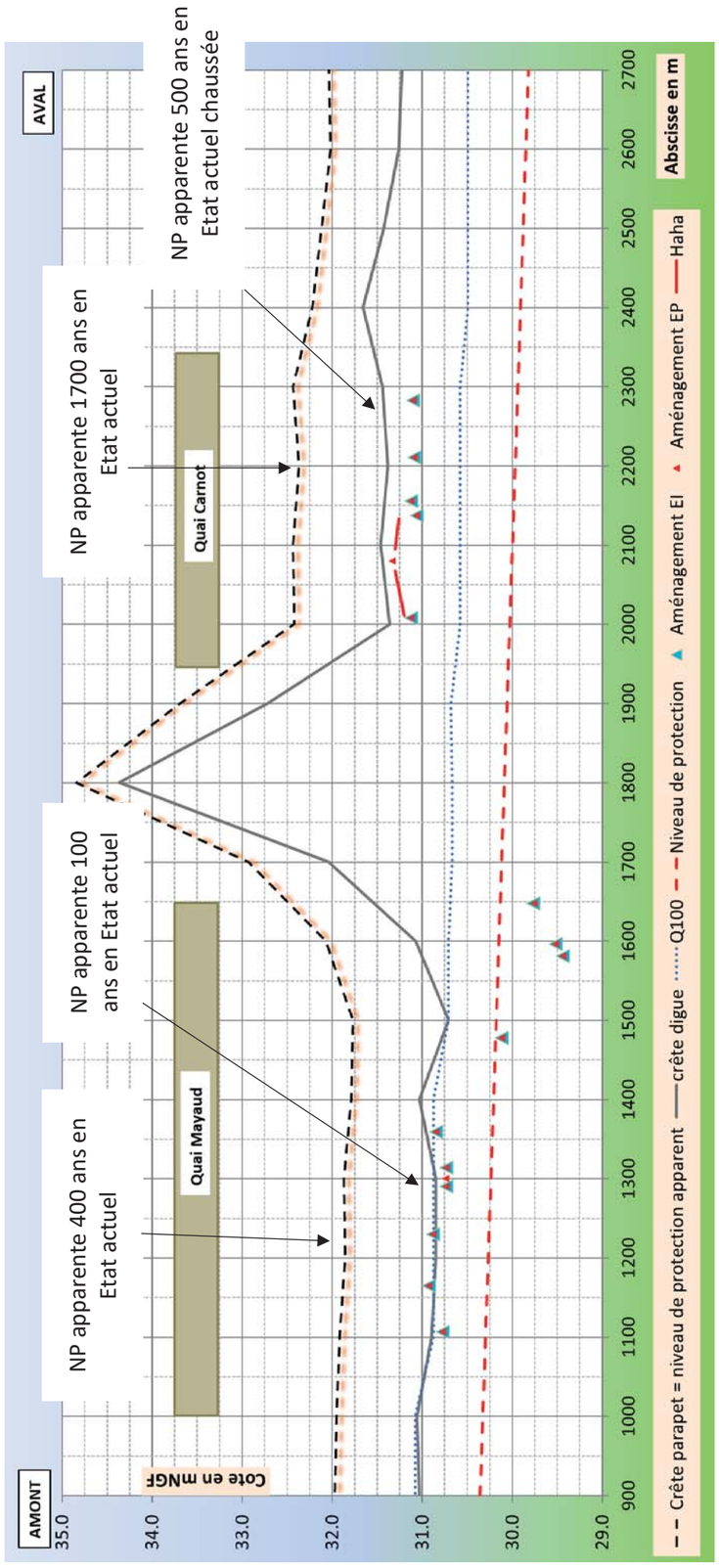


Figure 5-18 : Profil en long levée de Limoges et du Chardonnet (source Cardigue) – localisation des aménagements en état initial et état projet

5.8 INCIDENCES EN PHASES TRAVAUX

En phase travaux, les périodes de chantier pendant lesquelles les revêtements sont démontés et les nouveaux revêtements posés peuvent conduire à une baisse du niveau de sureté de l'ouvrage. La digue moins protégée est sujette au risque d'érosion externe en cas de crue de la Loire.

Les mesures à mettre en place concernent :

- L'adaptation du planning de chantier avec la saison hydrologique de la Loire ;
- Une organisation de chantier visant à travailler à l'avancement en décapant une zone et en la remontant à suivre.
- La définition de consignes de gestion et de surveillance en phase travaux :
  - Définir les niveaux d'alerte en fonction des cotes de Loire et les actions à mener,
  - Anticiper les niveaux de la Loire en fonction de la situation météo et des cotes de Loire à Saumur (https://www.vigicrues.gouv.fr/station/L800001020),
  - Préciser les dispositifs de mise en sécurité disponibles sur chantier.

Ces éléments seront stipulés dans le dossier de consultation des entreprises, et l'entreprise réalisant les travaux devra réaliser les consignes de gestion du chantier vis-à-vis des crues.

Une trame de document de surveillance en phase chantier est donné à l'ANNEXE 8. Ce document sera à compléter par l'entreprise mandataire avec validation de l'EPL et des services de l'état.

Un point spécifique du contrôle des eaux sera abordé dans le CCTP lors de la consultation, les mentions suivantes y figureront :

L'Entreprise fera son affaire de la protection des travaux contre les crues de manière à n'assurer aucun débordement local supplémentaire.

La surveillance de la montée du cours d'eau et des conditions d'écoulement est réputée incluse dans la mission de sécurité santé engagée sur le chantier.

Il convient de mettre en place des mesures d'anticipation (recueil de bulletin météo, prévisions et mesures effectives, prévention, surveillance) de toute montée des eaux et protéger si besoin les ouvrages en cours de réalisation.

L'entreprise reste responsable de tous les dégâts occasionnés par les crues du cours d'eau pour les débits inférieurs au débit de crue.

Il est imposé le retrait systématique de tous les engins et matériels chaque fin de journée de travail de manière à ce qu'ils soient protégés de toute inondation sur les cales, du courant et des risques de sapement de berges par le courant.

L'entreprise a la possibilité de mettre en place des dispositifs complémentaires au dispositif de contrôle des eaux prévu en accord avec le maître d'œuvre.

5.8.1 COTE DE REFERENCES

Des cotes de référence de début d'inondation sont définies pour les différents types et zones de travaux. Ces cotes sont définies à l'échelle de Saumur et tiennent compte d'une marge de 50 cm de sécurité. Les entreprises devront à minima respecter ces références et prendre toutes les dispositions nécessaires pour mettre en sécurité le chantier et la digue.

Ces cotes de références seront à valider et à présenter dans le document de consignes de gestion du chantier vis-à-vis des crues.

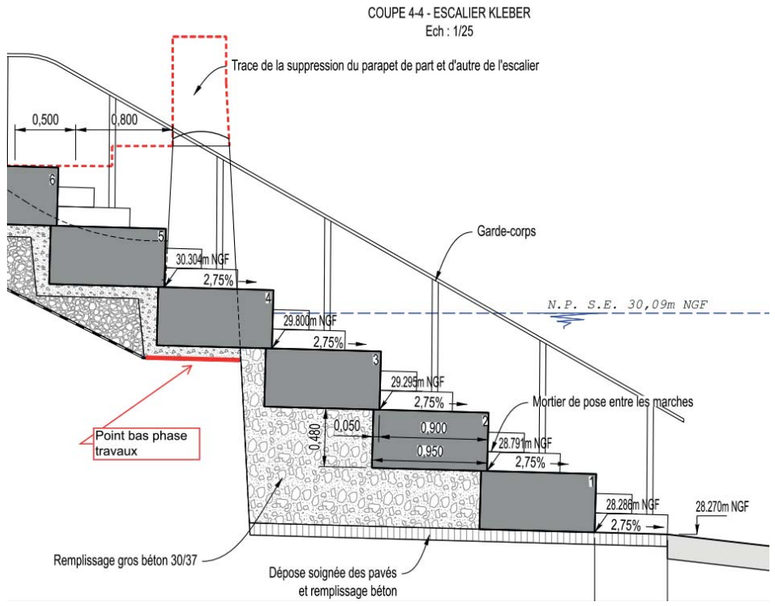
Le zéro à l'échelle de Saumur est à 24,12 mNGF, les cotes sont données en mNGF et en m à l'échelle.(source : https://hydro.eaufrance.fr/stationhydro/L800001020/fiche)

	Cote (mNGF)	Cote à l'échelle (m)	Justification
Cale Carnot	**26,20**	**2,08**	Point bas cale Carnot (hors rampe) [26,70 mNGF]
Cale Lucien Gauthier et Mayaud	**26,50**	**2,38**	Point bas cales (hors rampe) [27,00 mNGF]
Passage souterrain	**26,30**	**2,18**	Point bas cale Carnot à proximité du passage [26,80 mNGF]
Haha et escalier Kléber	**27,77**	**3,65**	Point bas escalier Kléber [28,27 mNGF]
Escalier cale République	**27,18**	**3,06**	Point bas escalier République sur cale [27,68 mNGF]
Escalier quai République	**30,00**	**5,88**	Point bas escalier République sur quai [30,50 mNGF] *La cote 30,50 mNGF est supérieure au niveau de protection du système d'endiguement (30,09 mNGF*
Escalier du château	**27,74**	**3,62**	Point bas escalier château [28,24 mNGF]

Tableau 5-2 : Cote de début d'inondation en phase travaux (avec sécurité de 50 cm)

5.8.2 INCIDENCES PHASE TRAVAUX HAHA ET ESCALIER KLEBER

La création de l'escalier Kléber implique la destruction partielle du mur et une ouverture jusqu'à environ 29,70 mNGF soit environ 50 cm sous le niveau de protection comme l'illustre la figure suivante.

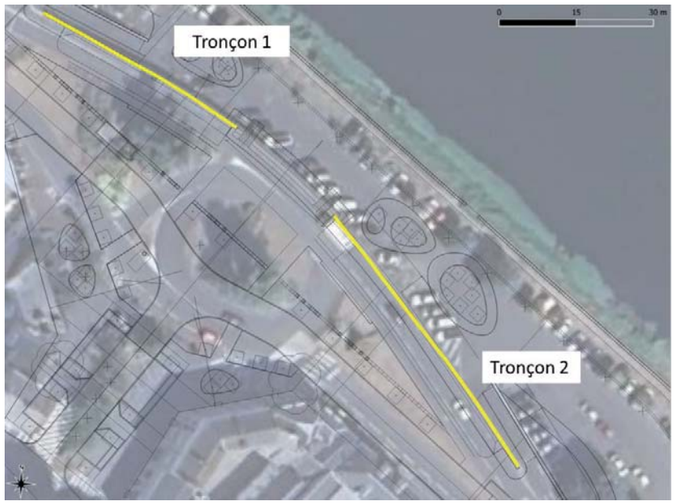


Localisation point bas ouverture zone de Kléber

L'ouverture sera réalisée sur environ 25 m, il ne semble pas nécessaire de réaliser les travaux en plusieurs tronçons mais le phasage devra être étudier de sorte à limiter la durée d'ouverture. En cas d'urgence, un système de protection provisoire sera à définir par l'entreprise (du type protection béton + big bag).

La création du haha implique des abaissements provisoires en phase travaux pour le mur et le fossé réciproquement pour la mise en place de la coiffe et l'ajout de terre végétale. Ces diminutions de 20-30 cm sont sans incidences.

Il est préconisé de réaliser les deux portions du haha en deux tronçons distincts, le tronçon 1 (~43m), localisé sur la figure ci-après, devra par exemple être réalisé avant de commencer le tronçon 2 (~61m).



Tronçons haha

5.8.3 Incidence phase travaux escaliers Republique

La création de l'escalier de la cale (escalier 1) implique la destruction partielle du mur et la destruction de l'escalier existant. Une ouverture en phase travaux ira jusqu'à environ 90 cm sous le niveau de protection. A noter que la crête de l'escalier après travaux sera également inférieure au niveau de protection, (-30 cm). Il pourrait être intéressant de réaliser les travaux en deux temps, commencer par l'escalier 1 et le terminer avant de commencer l'escalier 2.

Escalier République

5.8.4 Incidence phase travaux escalier du Chateau

La création de l'escalier du Château implique la destruction partielle du mur et une ouverture jusqu'à environ 29,90 mNGF soit environ 20 cm sous le niveau de protection.

Une réflexion sur le phasage pourrait être intéressante notamment de créer la zone batardable avant l'escalier.

Escalier du Château

5.8.5 INCIDENCE PHASE TRAVAUX PASSAGE SOUTERRAIN

La suppression du passage entraine une ouverture conséquente, un phasage devra être défini afin de limiter le temps d'ouverture à proximité du mur. L'entreprise portera une attention particulière lors de la démolition pour ne pas déstructurer le mur existant.

6 MISE A JOUR DU DOCUMENT D'ORGANISATION ET DE CONSIGNES D'EXPLOITATION, D'ENTRETIEN ET DE SURVEILLANCE

Les modifications apportées et détaillées ci-avant entrainent la nécessité de mettre à jour le document d'organisation et de consignes d'exploitation, d'entretien et de surveillance du système d'endiguement de la ville de Saumur (EPL – 18/05/2022).

Les paragraphes suivants de ces documents devront être mis à jour avec les éléments notés en gras.

§1.2.7 Bouchures / batardeaux

Le système d'endiguement comporte des ouvertures batardables à fermer en cas de forte crue. Ces bouchures sont implantées sur le mur de revanche en crête côté Loire sur les levées de Limoges et du Chardonnet. 26 bouchures ont été recensées dans le diagnostic de sûreté de 2013. **Après réaménagement des cales de Loire, 26 bouchures sont recensées.** Le pont du Pressoir, localisé sur la levée du Chemin Vert est également équipé d'un dispositif batardable en crue. La liste des bouchures est en ANNEXE 2.

Trois bouchures ont été condamnées : 5, 31, 32.

Quatre bouchures sont supprimées dans le cadre du réaménagement des cales de Loire et deux nouvelles bouchures sont aménagées.

La cartographie ci-après présente la localisation des bouchures sur le système d'endiguement de Saumur centre-ville.

Les modalités de gestion des batardeaux en période de crue sont présentées au paragraphe **3.6.2** et en ANNEXE 7.

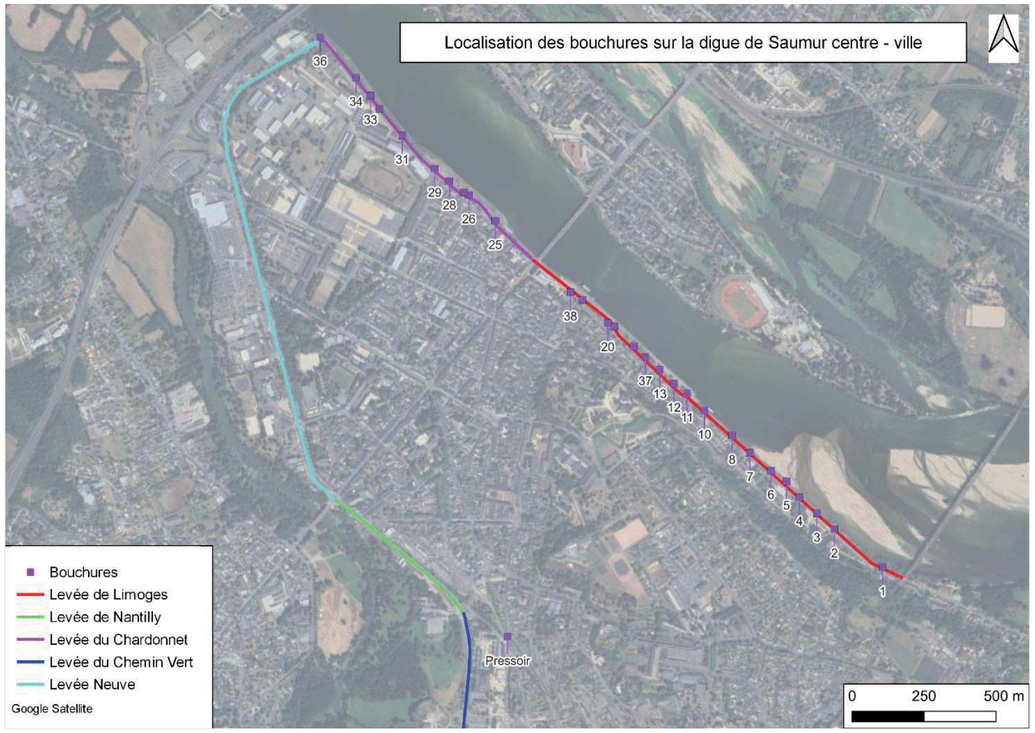


Figure 6-1 : Localisation des bouchures sur le système d'endiguement de Saumur centre-ville

§3.6.2 Bouchures (p39/65)

Le système d'endiguement comporte **26** bouchures batardables sur le mur de revanche en crête des levées de Limoges et du Chardonnet et 1 dispositif batardable au pont du Pressoir sur la levée du Chemin Vert.

La ville de Saumur dispose d'un protocole de mise en place des batardeaux détaillant le matériel disponible, et les moyens humains pour les mettre en œuvre. Ce protocole est en annexe 8.

Les batardeaux permettant de fermer les bouchures sont stockés dans les locaux du centre technique municipal de Saumur localisé sur la levée Neuve boulevard Benjamin Delessert.

<u>Complément d'information :</u>

Les bouchures 14 et 15 sont supprimées et remplacées par une bouchure unique notée 37 d'une longueur de 15 m.

Les bouchures 21 Est Ouest sont supprimées et remplacées par une bouchure unique notée 38 d'une longueur de 13 m.

NOTA : pour des facilités de gestion il pourrait être intéressant de scinder les batardeaux avec des planches de longueur spécifique aisément différenciables. Par exemple

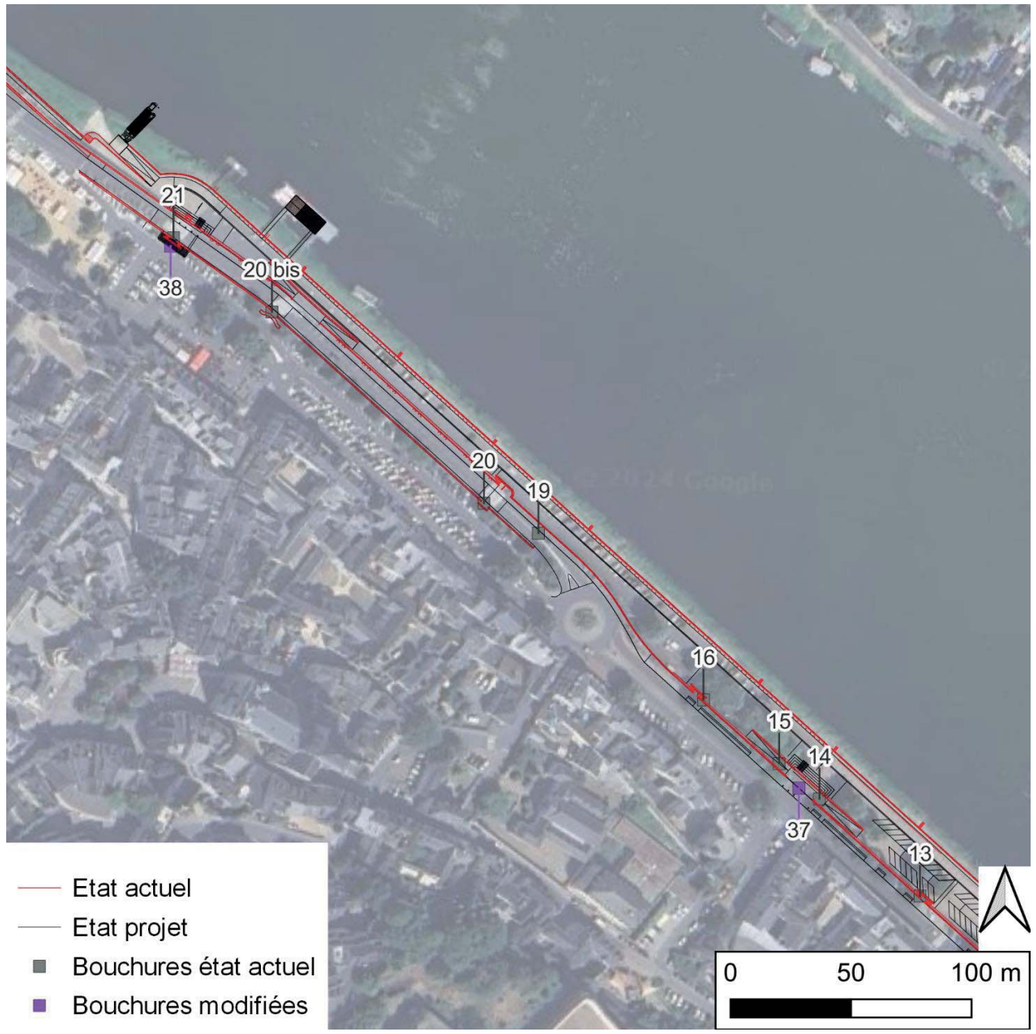


Figure 6-2 : Localisation des bouchures modifiées

Bouchure n°14

Bouchure n°15

Bouchure n°21 est et ouest

Figure 6-3 : Photographies des bouchures concernées

ANNEXE 1 OUVRAGES TRAVERSANTS

Id	PK	Description	Levée	Dimensions	Position	Gestionnaire
1	0	**Type** : Dalot en maçonnerie. Relié à bacs décanteurs en amont. **Exutoire** : Clapet anti-retour en acier. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : 600 x 500 mm **Longueur** : 34 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
2	0,1	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti-retour en acier. **Usage** : eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en œuvre en 1995 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : 500 x 400 mm **Longueur** : 23 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
2 bis	0,15	**Type** : Canalisation en PVC en pied du mur de revanche. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 150 mm	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
3	0,2	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	Non défini	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
4	0,25	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti-retour en acier (700 x 720 mm). **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : 500 x 400 mm **Longueur** : 26 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
5	0,3	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti retour en acier. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : 500 x 400 mm **Longueur** : 64 m	Talus (partie moyenne) Côté Loire	CA SVL SAUR
6	0,4	**Type** : Buse en béton fibres ciment. **Exutoire** : Clapet anti-retour en PVC. **Entrée** : Regard en crête. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en œuvre en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : DN 300 mm **Longueur** : 17 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
7	0,45	**Type** : Buse en PVC-U. **Exutoire** : Clapet anti-retour en acier. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en œuvre en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : DN 400 mm **Longueur** : 22 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
8	0,45	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	Non défini	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
9	0,5	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Clapet anti-retour en PVC. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire)	Limoges	**Section** : DN 300 mm **Longueur** : 22 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
10	0,6	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Sans clapet. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire)	Limoges	**Section** : 400 x 300 mm **Longueur** : 19 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
11	0,7	**Vanne Luloc** **Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Clapet anti-retour en acier. **Autre ouvrage** : Vanne de sectionnement à 2,3 m de l'exutoire (vanne Luloc) de dimensions H. 1,20	Limoges	**Section** : DN 800 mm **Longueur** : 19 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR

Id	PK	Description	Levée	Dimensions	Position	Gestionnaire
		m x l. 1,40 m (cf. VTA, 2020). **Entrée** : Regard de visite accessible depuis la crête au niveau des quais de Loire à l'intersection avec la rue Jean-Paul Hugot. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en œuvre en 1999 (cf. Diagnostic initial).				
12	0,75	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti retour en acier. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en place en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : 700 x 700 mm	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
13	0,8	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Clapet anti-retour en PVC **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en place en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : DN 300 mm **Longueur** : 22 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
14	0,9	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet. **Usage** : Prise de l'ancienne usine de pompage des eaux (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 300 mm **Longueur** : 19 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
15	0,95	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en place en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : DN 400 mm	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
16	1	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : 600 x 600 mm **Longueur** : 36 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
17	1	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Sans clapet. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : 200 x 200 mm	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
18	1	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet. **Entrée** : Avaloir. Exutoire du 16. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 600 mm	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
19	1	**Type** : Deux ouvrages bouchés (un muré et une porte métallique). **Usage** : Anciens WC (?) condamnés.	Limoges		Talus (quai, partie haute) Côté Loire	Ville de Saumur ?
20	1	**Type** : Buse en fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique. **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
21	1,05	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique. **Entrée** : Regard à l'entrée. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en place en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : 400 x 500 mm **Longueur** : 36 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
22	1,1	**Type** : Buse en fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR

Id	PK	Description	Levée	Dimensions	Position	Gestionnaire
23	1,1	**Type** : Buse en PVC. **Exutoire** : Clapet anti retour en PVC. **Entrée** : Avaloir et regard. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
24	1,2	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : 200 x 300 mm **Longueur** : 42 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
25	1,15	**Type** : Buse en fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour. **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
26	1,2	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti retour métallique **Entrée** : Regard de visite et vanne guillotine de régulation du débit. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage mis en place en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : 130 x 80 mm (Diag) / 200 x 500 mm (EDD) **Longueur** : 63 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
27	1,2	**Type** : Ouvrage bouché par plaque acier. **Usage** : Anciens WC (?) condamnés.	Limoges		Talus (quai) Côté Loire	Ville de Saumur ?
28	1,2	**Type** : Buse en fibres ciment. **Exutoire** : Clapet anti-retour. **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
28 bis	1,3	**Type** : Canalisation probablement condamnée lors de travaux sur le parking de la cale Carnot. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : 170 x 80 mm **Longueur** : 51 m		CA SVL SAUR
29	1,3	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet. **Entrée** : 2 regards de visite. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 800 mm **Longueur** : 33 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
30	1,35	**Partie aval :** **Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti-retour en acier (0,35 x 0,30 m), cadre bois et regard de visite. **Partie amont :** **Type** : Buse en béton et regard non visitable. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : - Partie aval : 250 x 300 mm (EDD) / 65 x 55 mm (Diag) - Partie amont : DN 300 mm **Longueur** : 43 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
31	1,4	**Type** : Buse en fibres ciment. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Entrée** : Regard de visite. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
32	1,45	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : DN 125 mm Longueur : 28 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR

Id	PK	Description	Levée	Dimensions	Position	Gestionnaire
33	1,46	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 125 mm (EDD) / 80 mm (Diag)	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
33 bis	1,5	**Type** : Buse. **Exutoire** : Clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
33 ter	1,5	**Type** : Buse en PVC. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
34	1,5	**Tronçons supérieur et médian :** **Type** : Buse en fibre ciment (DN 200 mm). **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Entrée** : Avaloirs. **Tronçon inférieur :** **Type** : Buse en PVC (DN 80 mm). **Exutoire** : Clapet anti-retour. **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : DN 200 mm (tronçons supérieur et médian) / DN 80 mm (tronçon inférieur)	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
35	1,5	**Type** : Dalot en maçonnerie. **Exutoire** : Clapet anti-retour en acier avec cadre en bois. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : 200 x 500 mm (EDD) / 600 x 350 mm (Diag) **Longueur** : 28 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
36	1,54	**Station de pompage "Hôtel de Ville" :** **Tronçon 1 :** **Type** : Buse en béton (DN 1 200 mm). **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique (1,7 x 0,9 m) sur dalot béton (1,4 x 1,2 m). **Tronçon 2 :** **Type** : Buse en béton (DN 1 200 mm, puis 1 800 mm). **Exutoire** : Exutoire de la station de refoulement de l'Hôtel de Ville. Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Limoges	**Section** : 1 200 mm (tronçon 1) et 1 200 / 1 800 mm (tronçon 2) **Longueur** : 46 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
37-A	1,54	**Tronçon 3 / A :** **Type** : Buse en PVC-U (DN 80 mm) condamnée à 0,5 m de l'exutoire. **Tronçon 4 / A' :** **Type** : Buse en PVC-U (DN 80 mm) condamnée à 0,6 m de l'exutoire.	Limoges	**Section** : A : DN 95 mm C : DN 75 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
37-B	1,54	**Tronçon 5 / b :** **Type** : Buse en PVC-U (DN 80 mm) condamnée à 0,8 mm de l'exutoire. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Limoges	**Section** : B : DN 75 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
37-C	1,54	**Tronçon 1 / C :** **Type** : Buse en PVC-U (DN 80 mm) condamnée à 0,5 m de l'exutoire. **Tronçon 2 / C' :** **Type** : Buse en PVC-U (DN 80 mm) condamnée à 0,5 m de l'exutoire.	Limoges	**Section** : C : DN 75 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR

Id	PK	Description	Levée	Dimensions	Position	Gestionnaire
39	1,73	**Type** : Passage voûté (aqueduc) en maçonnerie hourdée dit "Passage BUDAN". **Accès** : L'accès depuis le quai Carnot est condamné par un bouchon maçonné. L'accès se fait depuis depuis la cour arrière de l'imprimerie localisée au 2bis rue Petite Bilange (copropriété de Mobixel). **Exutoire** : Une évacuation d'eau pluviale est localisée au pied de l'exutoire condamné sur le quai Carnot.	Chardonnet	**Section** : 2 500 x 2 000 mm	Talus (quai) Côté Loire	Copropriété MOBIXEL et IMPRIMERIE ?
40	1,74	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 200 mm	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
41	1,75	**Type** : Passage voûté (aqueduc) en maçonnerie hourdée. Présence d'une cuve désactivée et remplie de sable (ancien garage JOLY). **Accès** : L'accès depuis le quai Carnot est condamné par un bouchon maçonné.	Chardonnet	**Section** : 2 000 x 2 000 mm	Talus (quai) Côté Loire	?
42	1,95	Aucune information	Chardonnet			
43	1,95	Aucune information	Chardonnet			
44	2	**Station de pompage "Kleber" :** **Type** : Aqueduc en maçonnerie hourdée. **Exutoire/Entrée** : Il semblerait que cet ouvrage soit muni d'une vanne clapet anti-retour à l'exutoire et d'une vanne guillotine au droit du regard de visite. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : 1 500 x 1 800 mm (tronçon 1) / 1 500 x 600 mm (tronçon 2)	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
45	2,1	**Type** : Buse en PVC et béton. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour avec caniveau maçonné à l'exutoire. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 200 mm	Pied de digue (quai) Côté Loire	CA SVL SAUR
46	2,1	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Chardonnet	**Section** : DN 250 mm (Diag) / 125 mm (EDD) **Longueur** : 51 m	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
47	2,12	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 125 mm (Diag) / 200 mm (EDD)	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
48	2,15	**Type** : Buse en PVC-U. **Exutoire** : Clapet anti-retour en PVC. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 125 mm (tronçon 1) / 200 mm (tronçon 2)	Talus (quai) Côté Loire	CA SVL SAUR
49	2,15	**Type** : Buse en PVC-U. **Exutoire** : Sans clapet anti-retour. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 200 mm	Pied de digue Côté Loire	CA SVL SAUR
50	2,2	**Type** : Buse en fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique.	Chardonnet	**Section** : DN 125 mm	Talus (quai, partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR

Id	PK	Description	Levée	Dimensions	Position	Gestionnaire
		Entrée : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).				
51	2,45	**Type** : Buse positionnée sur mur de soutènement maçonné côté val protégé (terrain militaire). **Exutoire** : Sans clapet. **Usage** : Drain (barbacane) ?	Chardonnet		Mur de soutènement Côté val	Armée de Terre ?
52	2,5	**Type** : Buse en béton et fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique. Le clapet était arraché lors de la VTA de 2020 (fauchage ?). **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 200 mm	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
53	2,6	**Type** : Buse en fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour. Le clapet était arraché lors de la VTA de 2020 (fauchage ?). **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 200 mm	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
54	2,63	**Type** : Buse en fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour. Le clapet était arraché lors de la VTA de 2020 (fauchage ?). **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 125 mm	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
55	2,64	**Type** : Buse en fonte. **Exutoire** : Clapet anti-retour. Le clapet était arraché lors de la VTA de 2020 (fauchage ?). **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire).	Chardonnet	**Section** : DN 200 mm	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
56	2,7	Aucune information	Chardonnet			
57	2,73	Aucune information	Chardonnet			
58	2,74	**Type** : Buse en fonte (tronçon 1) et béton (tronçons 1 et 2). **Exutoire** : Clapet anti-retour en PVC. **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Chardonnet	**Section** : DN 300 mm **Longueur** : 12 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR
59	2,77	**Type** : Buse en béton. **Exutoire** : Clapet anti-retour métallique. **Entrée** : Avaloir. **Usage** : Eaux pluviales (gravitaire). Ouvrage implanté en 1975 (cf. Diagnostic initial).	Chardonnet	**Section** : DN 300 mm **Longueur** : 31 m	Talus (partie haute) Côté Loire	CA SVL SAUR

ANNEXE 2 TABLEAU DES BOUCHURES

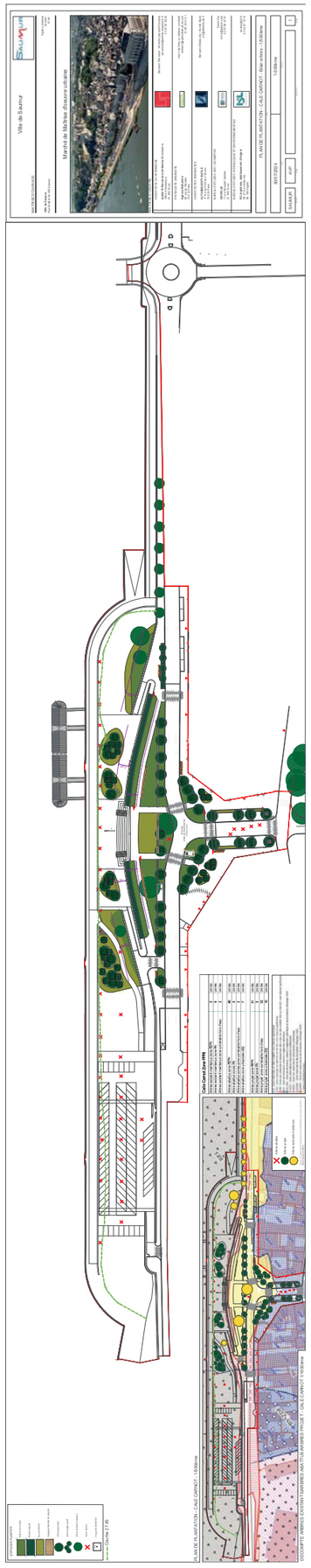
Tableau des Bouchures et hauteurs d'eau potentielles estimées (source : diagnostic sécurité – sécurité civile – Ville Saumur, 2013)

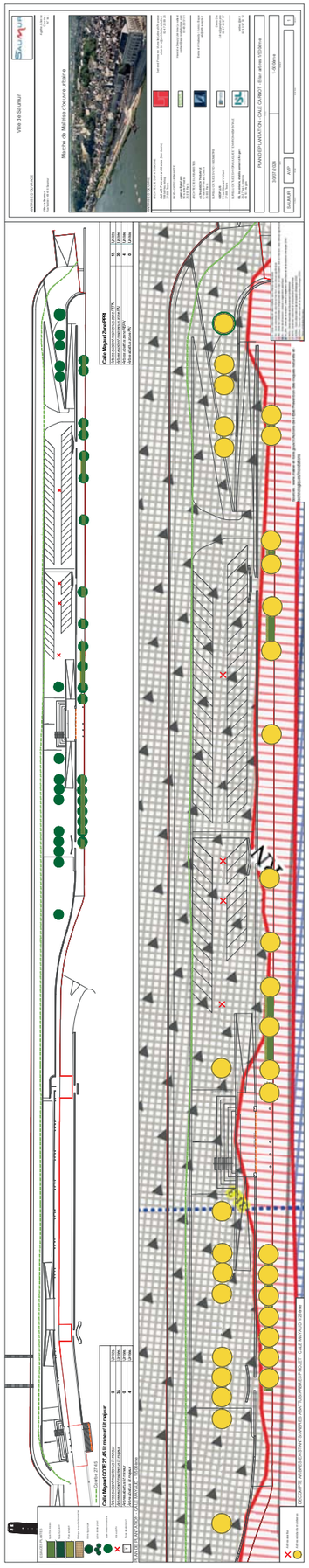
	Pont Pressoir	36	34	33	32	31	29	28	27	26	25	21 Ouest	21 Est	20 b Ouest	20 b Est	20 Ouest	20 Est	19	16	15	14	13	12	11	10	8	7	6	5	4	3	2	1
A			3,42	3,81	2,13/	2,17/	4,03	2,00	3,90	3,99	4,04	1,00	0,97			1,00	1,00	8,85	2,00	4,06	4,07	2,00	2,02/	4,00	4,25	4,00	2,53	4,19	2,00	4,12	2,01	4,18	1,12
B			3,72	4,11	2,88	2,40	4,42	2,30	4,32	4,38	4,46	1,30	1,30			1,30	1,31	9,17	2,30	4,46	4,46	2,30	2,42	4,40	4,64	4,37	2,78	4,57	2,30	4,53	2,31	4,64	1,42
C			3,96	4,38	3,35	3,27	4,65	4,00	4,34	4,60	4,48	1,44	1,41	1,85	1,33	1,44	1,45		3,20	4,63	4,70	3,20	3,23	4,60	4,91	4,62	3,69	4,86	3,19	4,80	3,21	4,93	2,33
S			NS	8,5 cm			2,5 cm		3,5 cm	3,5 cm	6 cm							NS		3 cm	2 cm			2 cm	14 cm	7,5 cm		12 cm		5,5 cm		NS	
alt	27,37 IGN69 LAMB II		31,04	31,47	31,61	31,87	31,37	31,51	30,99	31,50	31,65	31,47	31,47	*31,24*	*31,24*	*31,04*	*31,04*	30,86	31,00	31,03	31,02	31,29	31,31	31,15	30,76	31,00	30,95	31,11	31,65	31,27	31,26	31,09	31,52
M	31,4 crue centenale		30,87	30,90	30,93	30,96	30,99	31,02	31,05	31,05	31,08	31,19	31,19	31,19	31,19	31,22	31,22	31,22	31,25	31,27	31,27	31,28	31,28	31,32	31,34	31,37	31,39	31,42	31,43	31,44	31,47	31,49	31,54
clpt	0,00		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
D	4,03		0,33	-0,07	-0,18	-0,41	0,12	0,01	0,65	0,05	-0,07	0,22	0,22	0,45	0,45	0,68	0,68	0,66	0,75	0,73	0,75	0,52	0,49	0,67	1,08	0,96	0,94	0,81	0,28	0,67	0,68	0,90	0,52

Non murée

Sauf spécificité mentionnée, les cotes sont en mètre.
alt altitude actuelle connue la plus proche voir plan, ou (*italique*) estimée d'après les plus proches.
M Côte maximum des eaux suivant pente hydraulique à partir des plus hautes eaux connues : 1856 Pont Cessart : 31,14 (échelle crues à Saumur Cf PLGN avril 2004)
clpt marge en cas de clapot (vagues de 1m) soit + 0,5 m
D Hauteur d'eau potentielle devant les barages (M+clpt-alt)
S **Seuils** : espace le plus important sous l'horizontal dans l'axe des feuillures existantes,
- en centimètres
- NS : non significatif

ANNEXE 3 PLANS DES PLANTATIONS

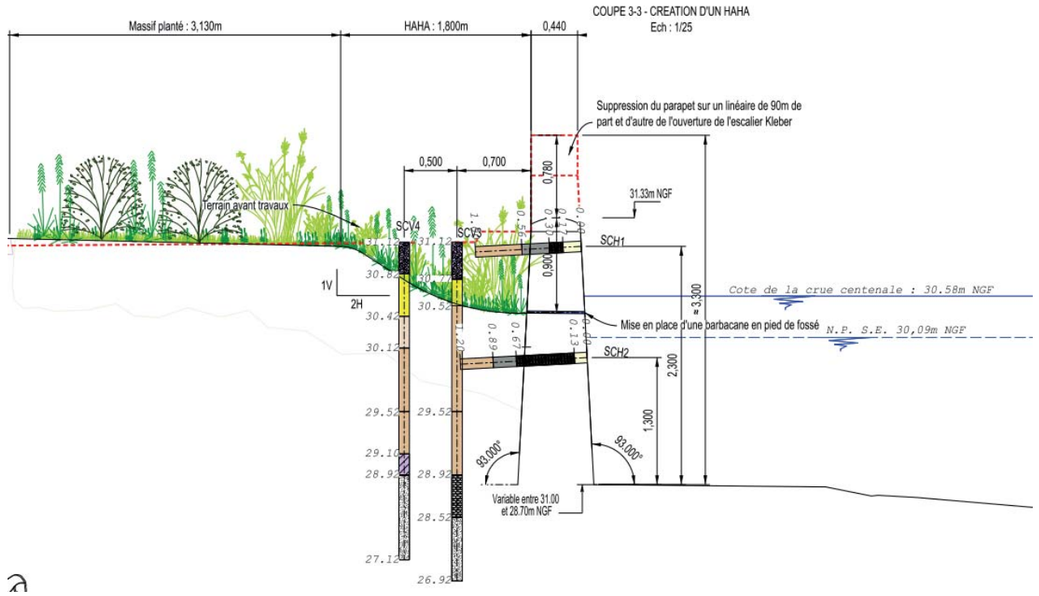




ANNEXE 4 VERIFICATION STABILITE HAHA

1 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Les dimensions particulières du haha sont présentées sur l'extrait de plan. La cote de de crête du parapet est à 31,33 mNGF, et la hauteur côté val doit être de 90 cm.



Extrait de plan - Haha

La cote du remblai côté digue reste supérieure à la cote du niveau de protection du système d'endiguement. Une pente du fossé pour favoriser l'écoulement sera prévue.

La géométrie du mur n'est pas complètement connue, une vigilance particulière doit être observée lors du décaissement du remblai côté val afin de ne pas déstructurer le mur.

2 CARACTERISTIQUES MECANIQUES

2.1 MUR

Le type de roche composant les moellons n'est pas identifié. La densité et les caractéristiques de cisaillement sont déterminées à l'aide d'ordre de grandeur de la littérature.

- angle de frottement interne : de 30 à 46°, sachant que la distinction est rarement faite entre valeur de pic et valeur résiduelle ;
- cohésion : nulle pour la valeur résiduelle, très variable pour la valeur de pic (de 0 jusqu'à plus de 1 MPa) ;
- résistance à la compression : 5 à 10 MPa, voire plus ;
- résistance à la traction : nulle pour la valeur résiduelle, très variable pour la valeur de pic (de 0 jusqu'à plus de 1 MPa) en fonction essentiellement de la qualité du mortier.

Il est raisonnable de considérer les couples suivants à ce stade :

$$c_{res} = 0\ kPa\ et\ \ \phi_{res} = 30\ °$$

$$c_{pic} = 200\ kPa\ et\ \ \phi_{res} = 45\ °$$

Une densité de 2 et une résistance à la traction nulle sont retenues en première approche pour la maçonnerie.

2.2 FONDATION

La digue a été construite sur le lit de la Loire présentant un dépôt alluvionnaire à granulométrie variable.

Aucun essai granulométrique n'a été réalisé lors des sondages de Fondouest en 2024. Lors de la campagne de 2014 toutefois une analyse granulométrique sur un échantillon vers 25-21 mNGF a été identifié en tant que B5. Ces Sols sont souvent composés de sables avec des fines peu plastiques. Un unique essai n'est pas suffisant pour caractériser ces sols. Dans une approche sécuritaire pour les caractéristiques de cisaillement le couple suivant est sélectionné :

$$c = 0\ kPa\ et\ \phi = 30\ °$$

Une densité de 1,9 est sélectionnée pour les sables.

2.3 REMBLAIS

En l'absence d'essai d'identification et d'essai de cisaillement, il sera considéré un sable peu cohésif et légèrement frottant.

Les caractéristiques retenues pour le remblai sont similaires à celles de la fondation :

$c = 0\ kPa\ et\ \phi = 30\ °$, densité de 1,9.

3 METHODOLOGIE CALCUL DE STABILITE

Le calcul de stabilité est réalisé selon les préconisations du CFBR [4] relatives aux barrages poids.

3.1 CALCUL DE STABILITE AU CFBR

Les recommandations du CFBR 2012 distinguent cinq états limites à examiner pour les barrages poids pour justifier de leur stabilité : l'état limite d'ouverture des fissures, l'état limite de résistance à l'effort tranchant, l'état limite de résistance à la compression, l'état limite de portance de la fondation, et l'état limite de flottaison.

Les calculs de stabilité du mur sont réalisés en utilisant : les coefficients de sécurité proposés par le CFBR et les valeurs caractéristiques des matériaux.

Par ailleurs, le calcul des contraintes se fera par le biais du logiciel interne à ISL, $STAB_{ISL}^{3D}$, qui prend en compte une analyse de Navier et qui repose sur des hypothèses de linéarité élastique, de petites déformations et de distribution uniforme des forces axiales.

3.2 ETAT LIMITE D'OUVERTURE DES FISSURES

Ce critère vise à vérifier que durant les sollicitations dans la vie de l'ouvrage aucune fissure ne se produit sur le parement amont du barrage. Il vise également quand cela se produit à vérifier que la fissuration ne se propage pas dans le corps de l'ouvrage.

La condition de non-fissuration s'écrit :

$$\sigma'_n(x) > -f_{tk}/\gamma_{mft}$$

Avec :

- σ'_n(x) la contrainte effective normale calculée à la position x de la section étudiée (x = 0 correspond à la section au droit du parement amont) ;

- f_{tk} la valeur caractéristique de la résistance à la traction du matériau étudié (ici le béton, la fondation ou l'interface barrage/fondation). Dans le cas d'une résistance à la traction nulle du matériau, la condition de non-fissuration est vérifiée s'il n'y a aucune contrainte négative (de traction) dans la section étudiée ;
- γ_{mft} le coefficient partiel venant affecter f_{tk} qui dépend de la situation examinée.

Coefficient partiel Ɣmft	Combinaison quasi permanente Ɣmft-qp	Combinaisons rare Ɣmft-rare	Combinaisons extrêmes Ɣmft-ext
Corps du barrage	3	3	1
Interface barrage fondation	3	3	1

Valeurs du coefficient partiel de résistance à la traction

La condition d'état limite d'ouverture de fissure dépend de la situation étudiée.

	Conditions d'état-limite
Quasi-permanent	Absence de fissuration
Rare	Ouverture de la fissure au maximum jusqu'au voile de drainage Ou 25% maximum de la section fissurée en absence de voile de drainage
Extrême	Pas de condition mais calcul de la longueur maximal fissurée (< 100 %)

Conditions d'état-limite d'ouverture de fissure

L'état-limite d'ouverture des fissures est fortement conditionné par l'existence d'une résistance à la traction.

La marge dont dispose l'ouvrage vis-à-vis du renversement de la structure est à étudier. Cette évaluation se fait par le calcul du ratio du moment des actions stabilisatrices, dit moment résistant, par le moment des actions déstabilisatrices, dit moment moteur. Les recommandations CFBR indiquent que ce ratio pour les combinaisons quasi permanente et rare soit significativement supérieur à 1, et strictement supérieur à 1 pour les combinaisons d'actions extrêmes.

3.3 ETAT LIMITE DE RESISTANCE A L'EFFORT TRANCHANT

Ce critère vise à vérifier que durant les sollicitations dans la vie de l'ouvrage la section étudiée est assez résistante pour supporter les efforts horizontaux engendrés par les sollicitations et ainsi empêcher le glissement du barrage.

La condition d'état-limite de résistance à l'effort tranchant s'exprime de la manière suivante :

$$\left[\frac{C_k}{\gamma_{mC}}.L + N.(tan\varphi)_k/\gamma_{mtan\varphi}\right] > \gamma_{d1}.T$$

Avec :

- C_k et $(tan\varphi)_k$ les valeurs caractéristiques de la cohésion et de la tangente de l'angle de frottement interne du matériau (béton, fondation ou interface barrage/fondation) ;
- L la largeur amont/aval non fissurée de la section étudiée ;
- N et T les efforts normal et tangentiel agissant sur la section étudiée ;
- γ_{mC} et $\gamma_{mtan\varphi}$ les coefficients partiels venant affecter les valeurs caractéristiques des résistances au cisaillement du matériau ;

- γ_{d1} le coefficient de modèle de l'état-limite de résistance à l'effort tranchant. **Il est pris égal à 1,00 quelle que soit la combinaison**.

Les coefficients partiels à prendre en compte sont les suivants.

γ_{mC}	Situation permanente	Situation rare	Situation accidentelle	Situation sismique
Corps du barrage	3	2	1	1
Interface barrage-fondation	3	2	1	1
Fondation	3	2	1	1

Valeurs du coefficient partiel de cohésion

$\gamma_{mtan\varphi}$	Situation permanente	Situation rare	Situation accidentelle	Situation sismique
Corps du barrage	1,5	1,2	1	1
Interface barrage-fondation	1,5	1,2	1	1
Fondation	1,5	1,2	1	1

Valeurs du coefficient partiel d'angle de frottement

La condition d'états-limites à vérifier dans toutes les situations est :

$$\frac{\left[\frac{C_k}{\gamma_{mC}}.L+\frac{N.(tan\varphi)_k}{\gamma_{mtan\varphi}}\right]}{T\,\gamma_{d1}}>1$$

3.4 ETAT LIMITE DE RESISTANCE A LA COMPRESSION

Ce critère vise à vérifier que durant les sollicitations dans la vie de l'ouvrage la section étudiée est assez résistante pour supporter les efforts verticaux engendrés par les sollicitations.

L'état limite de résistance à la compression dans le corps du barrage et à l'interface avec la fondation s'écrit :

$$\gamma_{d2}.\sigma'_N(x)<f_{ck}/\gamma_{mfc}$$

Avec :

- γ_{mfc} le coefficient partiel venant affecter la valeur de la caractéristique de la résistance à la compression du matériau ;
- γ_{d2} le coefficient de modèle de l'état-limite de résistance à la compression. Il est pris égal à 1,00 quelle que soit la combinaison ;
- f_{ck} la valeur caractéristique de la résistance à la compression du matériau étudié.

La contrainte normale effective σ'_N en pied aval, selon les hypothèses de Navier est déterminée via la relation :

$$\sigma'_N=\frac{N}{A}+\frac{M.y}{I_z}$$

Avec :

- N la composante normale de la résultante des actions s'appliquant sur la section considérée,
- M le moment de cette résultante par rapport au centre de la section ;
- A la surface de la section (à remplacer par A' correspondant à la largeur non-fissurée en cas de fissuration partielle de la section).

Les coefficients partiels à prendre en compte sont les suivants :

γ_{mfc}	Situation permanente	Situation rare	Situation accidentelle
Corps du barrage	3	2	1
Interface barrage-fondation	3	2	1

Jeux de coefficients partiels pour l'EL de résistance à la compression

3.5 ETAT LIMITE DE FLOTTAISON

Ce critère vise à vérifier que durant les sollicitations dans la vie de l'ouvrage les forces stabilisatrices effectives dirigée vers le bas) sont supérieurs aux forces déstabilisatrice (dirigée vers le haut). L'état limite de flottaison s'écrit en introduisant la notion de « marge de flottaison » qui est un ratio s'écrivant sous la forme :

$$F_f=\frac{N-U}{U}$$

- N la composante normale des forces agissant sur la section étudiée ;
- U la résultante des pressions interstitielles régnant au niveau de la section étudier.

Les conditions d'état-limite de flottaison sont résumées dans le tableau suivant :

Combinaisons d'actions	Conditions d'état-limites
Quasi-permanente	Marge de flottaison $F_f>15\ \%$
Rares	Marge de flottaison $F_f>5\ \%$
Extrêmes	Marge de flottaison $F_f>0\ \%$

Conditions d'état-limite de flottaison

3.6 ETAT LIMITE DE PORTANCE DE LA FONDATION

La modification pour la création du Haha ne modifie pas la fondation et ne nécessite, de fait, pas la justification de l'état limite de portance.

4 CARACTERISTIQUES GEOMECANIQUES

Les différentes caractéristiques retenues pour l'étude de stabilité après réalisation du Haha sont présentées ci-après.

4.1 REMBLAI

Pour la création du Haha une partie du remblai côté val du mur va être décaissé.

La cote projet de la base du fossé du Hahah est à 30,4 mNGF. Il sera considéré horizontal pour les calculs.

A titre conservatif et pour donner un ordre de grandeur des états-limites, la butée et la poussée du remblai est assimilée à la poussée des terres au repos K_0.

Les paramètres géomécaniques retenus au §3.4.5 pour le remblai sont les suivants :

- $c' = 0\ kPa$
- $\varphi' = 30\ °$
- $\gamma = 19\ kN/m^3$

4.2 CORPS DE L'OUVRAGE

Pour le corps du mur les caractéristiques retenues au §2 sont les suivants :

- $c_{pic} = 200\ kPa\ et\ \ \phi_{pic} = 45\ °$
- $\gamma = 20\ kN/m^3$

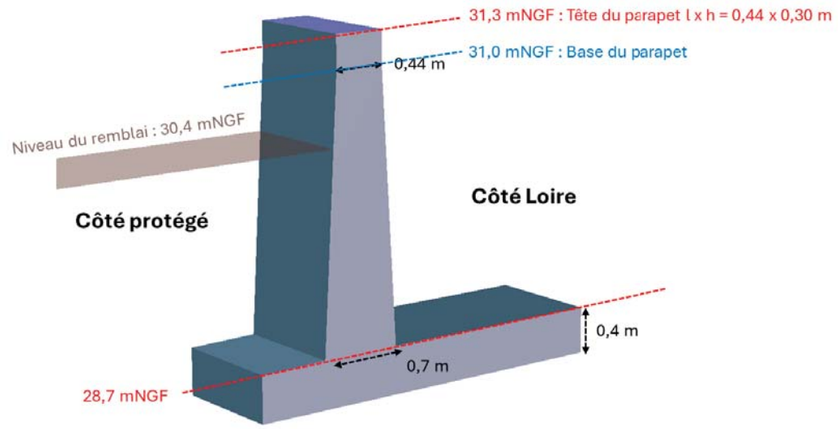
5 MODELISATION

Le calcul est réalisé sur une tranche de 1 m. Le choix du profil et la géométrie du mur sont appréciés via les résultats des sondages géotechniques cf Figure 3-20. Le profil de plus grande hauteur, selon les informations en notre possession est considéré.

Le mur est modélisé via le logiciel interne STAB$_{ISL}$^{3D} par des coupes types de l'ouvrage. Chaque coupe étant définie à partir des points amont et aval pour différentes cotes altimétriques données.

	Mur
Crête du mur	31,30 mNGF
Pied du mur	28,70 mNGF
Largeur en pied	0,74
Largeur en tête	0,44
Fruit amont (%)	3%
Fruit aval (%)	3%
Epaisseur de la semelle	0,4 m
Largeur semelle amont	2,0 m
Largeur semelle aval	0,6 m

Géométrie du mur



Modélisation Stab3d

6 CONDITIONS HYDROGEOLOGIQUE

6.1 NIVEAUX D'EAU ET SOLLICITATIONS

Les différents niveaux d'eau sont définis selon les niveaux de la Loire.

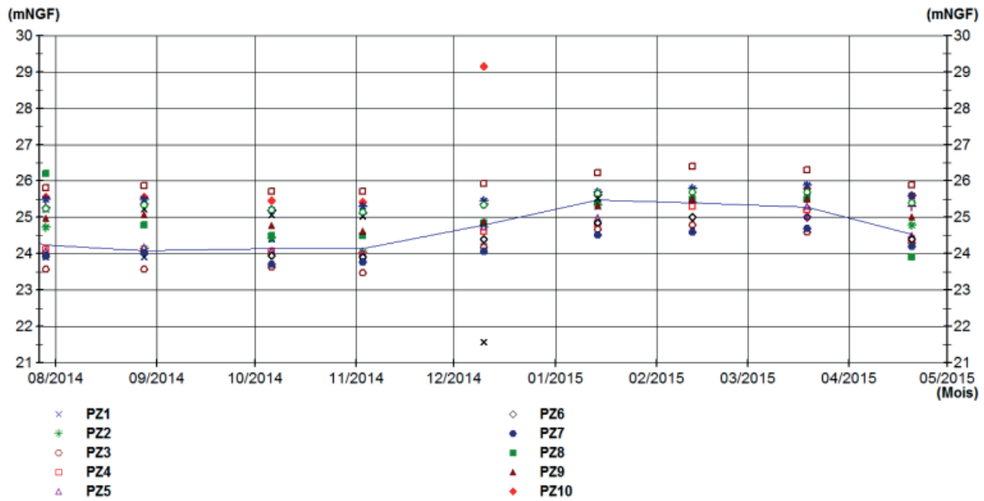
	Cote (mNGF)
Q20	29,67
Q50	30,19
Q100	30,58
Q200	30,98
Q500	31,49
Q1000	31,89

Lignes d'eau en crue au droit du PM2200 (source CarDigue)

A partir de Q500 le mur surverse.

6.2 DONNEES PIEZOMETRIQUES

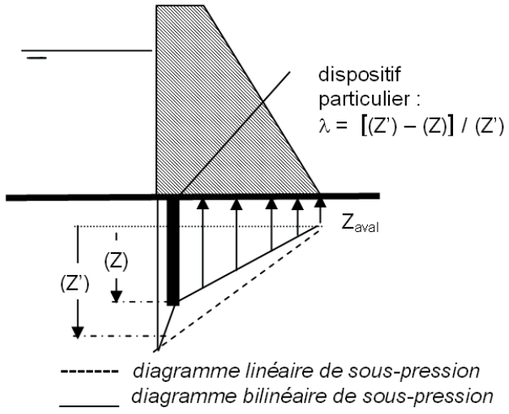
En juillet 2014, 15 piézomètres ont été installés en complément du dispositif d'auscultation initial de la levée. Les premières analyses issues de l'EDD de 2016 sont présentées sur le graphique ci-après.



Le piézomètre à proximité de la zone d'étude est le PZ1. La valeur la plus élevée est proche de 26 mNGF. Les valeurs disponibles sur le graphique ne s'étendent pas sur une large période. Il parait néanmoins raisonnable de considérer le niveau piézométrique au niveau de la fondation du mur côté val (28,7 mNGF) d'autant qu'aucune venue d'eau lors de la réalisation des forages de 2024 n'a été observée. Des situations avec une piézométrie plus élevée notamment lors de décrue rapide seront toutefois étudiées.

6.3 SOUS-PRESSIONS A L'INTERFACE BARRAGE/FONDATION

Les diagrammes des sous-pressions à l'interface ouvrage/fondation sont déterminés conformément aux recommandations du CFBR (Comité Français des Barrages et Réservoirs). La figure suivante illustre le calcul de rabattement :



Rabattement et répartition des sous pression selon les prescriptions du CFBR

La fondation du mur du quai ne dispose pas de dispositif d'étanchéité, toutefois par la présence de sable alluvionnaire, un drainage doit survenir en fondation. Pour la modélisation, aucun dispositif de drainage ou d'injection n'est pris en compte ici. La répartition des sous pressions est alors considérée comme linéaire et le rabattement est total au niveau du pied aval du mur.

7 SYNTHESE DES COMBINAISONS ET SITUATIONS

L'étude de stabilité va être effectuée pour ces différentes situations de calculs.

Combinaison	Situation	Digue	Loire	Stabilité
1 : Niveau moyen	Quasi permanent	Niveau eau : *28,30 mNGF* *Niveau remblai : 30,40 mNGF*	Niveau eau : *28,30 mNGF*	Vérification effort du remblai *Sens d'étude :* *Digue → Loire*
2 : Décrue rapide	Rare	Niveau eau : *30,40 mNGF* *Niveau remblai : 30,40 mNGF*	Niveau eau : *28,30 mNGF*	Vérification effort du remblai saturé *Sens d'étude :* *Digue → Loire*
2bis : Décrue rapide et niveau piézométrique côté protégé à 29,50 mNGF **(29,50mNGF)**	Rare	Niveau eau : 29,50 mNGF Niveau du remblai : *30,40 mNGF*	Niveau eau : *28,30 mNGF*	Vérification effort du remblai en partie saturé *Sens d'étude :* *Digue → Loire*
3 : Crue NP SE (30,09 mNGF)	Quasi permanent	Niveau eau : *28,30 mNGF* *Niveau remblai : 30,40 mNGF*	Niveau eau : *30,09 mNGF (NP SE)*	Vérification effort du niveau d'eau de la Loire sans la butée du remblai *Sens d'étude :* *Loire → Digue*
4 : Crue Q100 (30,58 mNGF)	Rare	Niveau eau : *28,30 mNGF* *Niveau remblai : 30,40 mNGF*	Niveau eau : *30,58 mNGF (Q100)*	Vérification effort du niveau d'eau de la Loire avec la butée du remblai *Sens d'étude :* *Loire → Digue*
5 : Crête	Exceptionnelle	Niveau eau : *28,30 mNGF* *Niveau remblai : 30,40 mNGF*	Niveau eau : *31,30 mNGF (Crête)*	Vérification effort du niveau d'eau de la Loire avec la butée du remblai *Sens d'étude :* *Loire → Digue*

Situation de calculs pour l'étude de stabilité

8 RESULTATS

8.1 OUVERTURE DES FISSURES

Le tableau suivant présente les contraintes normales aux extrémités côté Loire et côté digue, en considérant une distribution de contraintes de Navier. Une contrainte positive correspond à de la compression. Une valeur négative correspond à de la traction et signifie une ouverture de fissure selon les hypothèses de travail.

	Combinaison	Situation	Contrainte côté protégé(kPa)	Contrainte côté Loire(kPa)
1	Niveau moyen	QP	40,79	5,02
2	Décrue rapide	Rare	16,20	11,68
2bis	Décrue rapide et niveau piézométrique côté protégé à 29,50 mNGF	Rare	30,50	5,08
3	Crue NP SE	QP	50,23	-1,56
4	Crue Q100	Rare	52,67	-3,28
5	Crête	Extrême	67,11	**-14,68**

Distribution des contraintes à la base

Des contraintes de traction apparaissent en pied côté Loire pour les situations 3 à 5. Ces contraintes négatives impliquent la possible apparition de fissures au sein du mur.

Cette potentielle apparition de fissures est quantifiée dans le tableau suivant.

	Combinaison	Situation	Pourcentage de fissuration	Conditions d'état-limite
3	Crue NP SE	QP	6,1 %	0 %
4	Crue Q100	Rare	13,9 %	< 25 %
5	Crête	Extrême	79,5 %	< 100 %

Ouverture des fissures

La condition d'ouverture des fissures n'est pas respectée pour les situations 3 à 5 si l'on considère que l'ouvrage n'a aucune résistance à la traction. Toutefois, l'hypothèse selon laquelle le mur ne possède aucune résistance en traction est extrêmement conservatrice. Compte tenu de la faible intensité des contraintes (< 15 kPa) de traction misent en jeu et don bon état des maçonneries, il est raisonnable de considérer que l'ouvrage puisse supporter ces contraintes de traction et permettent d'empêcher l'apparition de fissuration.

L'ouverture des fissures du mur est vérifiée.

Cependant, pour la suite des vérifications aux différents états limites, il est considéré une situation défavorable où les pleines sous-pressions se développent dans l'intégralité des fissures.

Des reconnaissances supplémentaires sur la résistance à la traction réelle de la maçonnerie pourrait permettre de lever les incertitudes sur l'apparition de fissures au sein du mur.

8.2 RENVERSEMENT

Le tableau suivant présente le facteur de sécurité de renversement pour les différents cas de charge étudiés. Pour rappel, le facteur de sécurité requis est de 1 pour toutes les combinaisons.

	Combinaison	Situation	FS Renversement
1	Niveau moyen	QP	-*
2	Décrue rapide	Rare	2,13
2bis	Décrue rapide et niveau piézométrique côté protégé à 29,50 mNGF	Rare	3,98
3	Crue NP SE	QP	2,07
4	Crue Q100	Rare	1,82
5	Crête	Extrême	1,07

Facteur de sécurité du renversement

** Le bilan des efforts, amène à un moment uniquement stabilisateur. L'état-limite au renversement est vérifié*

Le mur est stable vis-à-vis du renversement.

8.3 RESISTANCE A L'EFFORT TRANCHANT

Le tableau suivant présente le facteur de sécurité de l'effort tranchant pour les différents cas de charge étudiés. Pour rappel, le facteur de sécurité requis est de 1 pour toutes les combinaisons.

	Combinaison	Situation	SFF fondation	SFF Jonction semelle/mur Interface : $c' = 200\ kPa\ /\ \varphi' = 45°$
1	Niveau moyen	QP	1,37	2,90
2	Décrue rapide	Rare	**0,69**	**0,73**
2bis	Décrue rapide et niveau piézométrique côté protégé à 29,50 mNGF	Rare	1,14	1,85
3	Crue NP SE	QP	33,44	89,90
4	Crue Q100	Rare	7,65	17,67
5	Crête	Extrême	1,14	8,15*

Facteur de sécurité de l'effort tranchant

*Résultats obtenus *en intégrant une résistance en traction du mur de 200 kPa. En l'absence de résistance de traction une fissuration complète est observée, l'analyse du glissement n'est de fait pas possible.*

L'ouvrage dans sa globalité est stable vis-à-vis du glissement pour toutes les combinaisons (sous certaines conditions), à l'exception de la situation de décrue rapide. Cette combinaison étant la plus dimensionnante, ne satisfait pas les recommandations du CFBR. Le niveau piézométrique aval en crue n'est toutefois pas connu et le principe de décrue rapide très favorable, l'abaissement de la Loire étant généralement progressif.

En outre, en comparant les valeurs obtenues pour la combinaison de décrue avant les travaux (situation actuelle) et après les travaux (situation définitive), on observe une amélioration de la stabilité du mur grâce à la solution retenue.

	Combinaison	Situation	SFF fondation	SFF Jonction semelle/mur Interface : $c' = 200\ kPa\ /\ \varphi' = 45°$
2	Décrue rapide avant travaux*	Rare	0,57	0,54
2	Décrue rapide après travaux	Rare	0,69	0,73

**Géométrie avec remblai à 31,30 mNGF, crête du mur à 32,00 mNGF et niveau d'eau à 30,40 mNGF*

Comparaison du facteur de sécurité de l'effort tranchant en situation actuelle et après travaux

Une seconde analyse a été réalisée sur la jonction entre la semelle et le mur vertical, qui représente un point de fragilité de l'ouvrage en raison de sa faible épaisseur, rendant cette zone sensible aux efforts tranchants. Dans notre cas, avec très peu d'informations sur les caractéristiques mécaniques de l'ouvrage, la stabilité est assurée pour des paramètres de cisaillement égaux à c = 200 kPa et φ = 45°.

Le mur ne respecte pas les critères du CFBR pour la combinaison de décrue rapide. En revanche, la stabilité est acquise pour toutes les autres combinaisons.

La mise en place du haha, permet de réduire la poussée des terres du coté protégé et augmente ainsi la stabilité vis-à-vis du glissement du mur.

8.4 Resistance a la compression

Le tableau suivant présente le facteur de sécurité de la résistance à la compression pour les différents cas de charge étudiés. Pour rappel, le facteur de sécurité requis est de 1 pour toutes les combinaisons.

La contrainte de compression maximale est inconnue, elle est estimée de manière défavorable selon le CFR à 5 MPa.

	Combinaison	Situation	FS résistance à la compression
1	Niveau moyen	QP	**40,86**
2	Décrue rapide	Rare	154,34
2bis	Décrue rapide et niveau piézométrique côté protégé à 29,50 mNGF	Rare	88,18
3	Crue NP SE	QP	32,99
4	Crue Q100	Rare	46,51

	Combinaison	Situation	FS résistance à la compression
5	Crête	Extrême	35,84

Facteur de sécurité de la résistance à la compression

Le mur est stable vis-à-vis de la résistance à la compression.

8.5 Flottaison

Le tableau suivant présente la marge de flottaison pour les différents cas de charge étudiés.

	Combinaison	Situation	Marge de flottaison	Marge de flottaison limite
1	Niveau moyen	QP	-*	15%
2	Décrue rapide	Rare	153%	5%
2bis	Décrue rapide et niveau piézométrique côté protégé à 29,50 mNGF	Rare	340%	5%
3	Crue NP SE	QP	244%	15%
4	Crue Q100	Rare	202%	5%
5	Crête	Extrême	57%	0%

Marge de flottaison

**Aucune sous-pressions, la stabilité vis-à-vis de la flottaison est vérifiée*

Le mur est stable vis-à-vis de la résistance à la flottaison (soulèvement).

ANNEXE 5 DETAILS PRECONISATIONS ET INCIDENCE ESCALIER

Les escaliers sont :

- En alignement de la place Kleber au niveau du quai Carnot ;
- A l'aval du quai Mayaud pour l'escalier République ;
- Dans l'alignement de la rue Raspail pour l'escalier du Château à l'amont du quai Mayaud.

Les escaliers République et Château au niveau du quai Mayaud seront équipés d'un dispositif de batardeaux anti-crues.

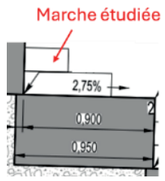
L'installation d'escalier par rapport Saumur actuel du parement amont améliore la stabilité au glissement de ce parement amont. Il n'est donc pas réalisé de calcul de vérification.

1 PRECONISATION ET IMPACT POUR L'ENSEMBLE DES ESCALIERS

1.1 RESISTANCE DE CISAILLEMENT DES MARCHES

Les marches sont liaisonnées simplement via du mortier. Il est intéressant de vérifier la tenue des marches de plus petite taille lors de crues.

Une étude est réalisée sur les marches supérieures, de 30 cm de giron et 16 cm de haut.



Géométrie marches escalier

Les données d'entrées sont récapitulées dans les tableaux ci-après.

DONNEES		
Largeur marche	0,3	m
Hauteur marche	0,16	m
Cohésion	0	kPa
Angle de frottement	30	°
Section hydraulique Q50 République	2299*	m2
Débit Q50	5040**	m3/s
Densité pierre de comblanchien	2,6	

**Données issues note incidence [6]*
**Données issues hydroportail – station Saumur*

Données entrées – marche

POIDS PROPRE		
Volume marche	0,048	m3/m
Poids volumique	26,00	kN/m3
Poids marche	1,248	kN/m

Données entrées - poids propre

POUSSEE DYNAMIQUE		
V	2,20	m/s
v²/2g	0,24	m
Poids volumique	10,00	kN/m3
Poussée	0,04	kN/m

Données entrées - poussée dynamique

D'après l'EC6 il est possible d'estimer la résistance caractéristique au cisaillement de la maçonnerie tel que :

$$f_{vk} = f_{vk0} + \mu_f \sigma_d$$

Pour la présente étude σ_d est nulle car il n'est pas considéré de sollicitation perpendiculaire. f_{vk0} est la résistance caractéristique initiale au cisaillement, en l'absence de contrainte de compression. Dans le tableau 5.4 de l'EC6, pour mortier de joints minces ($\geq 0{,}5\ mm\ et\ \leq 3mm$) et pierre naturelle prétaillée $f_{vk0} = 300\ kN/m^2$. Un facteur partiel $\gamma_m = 3$ est considéré (tableau A.1 EC6).

Ainsi, pour une marche présentant un giron de 0,3 m et est large de 2,5 m, et sachant que $\frac{v^2}{2g} = 0{,}24\ m$ la contrainte est $f_{dyn} = 1{,}8\ kN/m^2$.

$$f_{vk0}/\gamma_m < f_{dyn}$$

La résistance au cisaillement est suffisante pour que la marche ne se fasse pas emportée par une crue égale ou supérieure à Q50.

1.2 PRECONISATIONS GENERALES

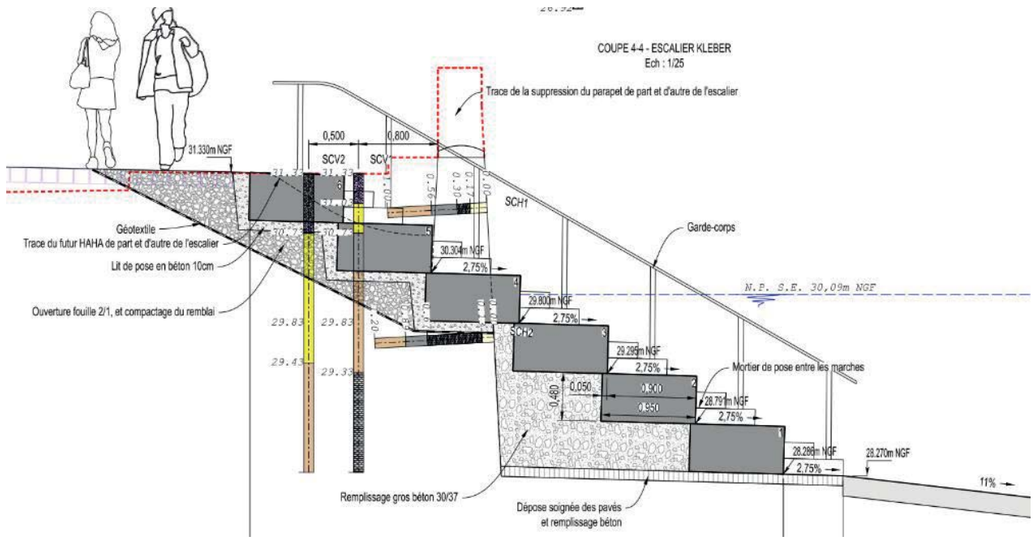
Les préconisations et grand principes communs à l'ensemble des escaliers sont :

- Recouvrement minimal des marches pour limiter le risque d'érosion externe ;
- Comblement béton pour les éléments en applique ;
- Mortier et béton de pose sous et entre les marches ;
- Les marches sont posées sur du béton et/ou mortier frais pour assurer une bonne jonction mécanique et une étanchéité de qualité ;
- Pente à minima de 2/1 pour compactage sur zone décaissée ;
- Dépose soignée des pavés ;
- Soigner liaison marche / parement.

2 ESCALIER KLEBER

2.1 STRUCTURE ET GEOMETRIE

L'escalier monumental à proximité de la place Kléber a la particularité d'être dans la continuité du Haha. Il est posé en applique sur le quai existant mais encastré dans le mur existant. La superposition des sondages réalisés du projet des travaux avec l'existant et donné sur l'extrait de plan suivant.



Extrait de plan - Escalier Kléber

2.2 PRECONISATIONS

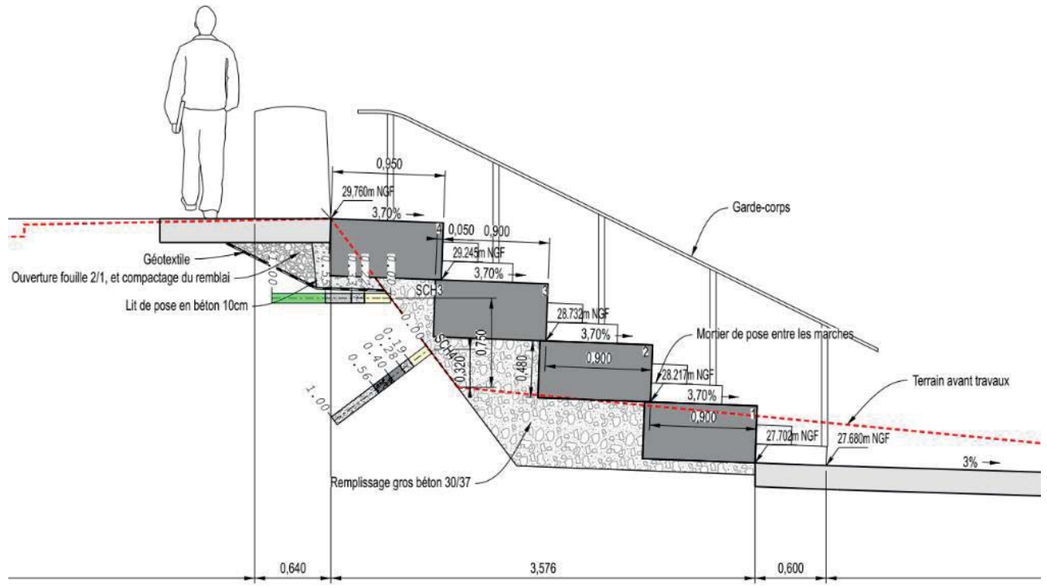
- Démolition soignée du mur qui présente selon sondage un fruit ;
- Vigilance interaction mur Haha et escalier, les voiles devront être correctement repris ;

3 ESCALIERS REPUBLIQUE

3.1 STRUCTURE ET GEOMETRIE

L'escalier République est encastré dans la cale et remplace un escalier déjà existant. Une partie de l'escalier est posé en applique sur le perré maçonné. Les sondages semblent indiqués que le mur est incliné et que le parapet fondé sur des remblais. La superposition des sondages réalisés du projet des travaux avec l'existant et donné sur l'extrait de plan suivant.

Le second escalier situé d'avantage en aval est encastré dans le mur existant.



Extrait de plan - Escalier République

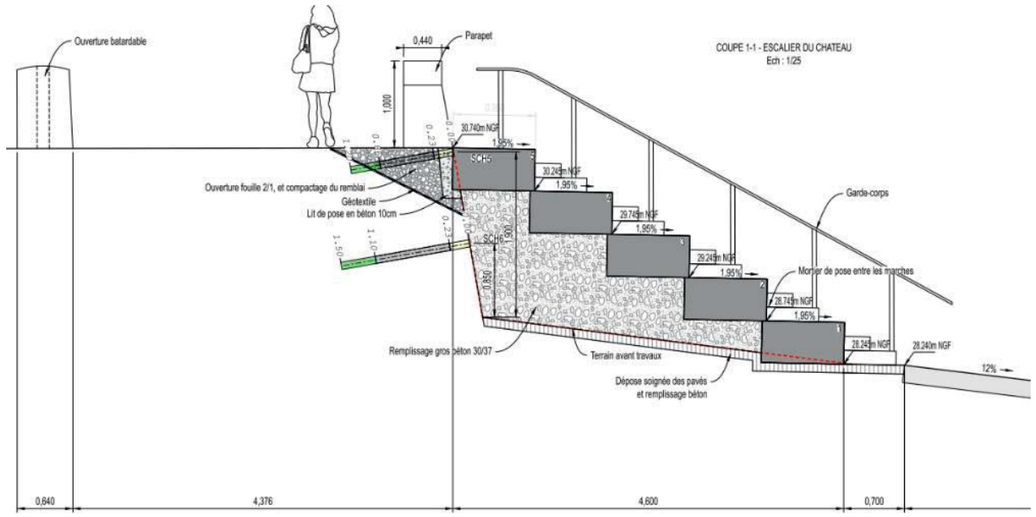
3.2 PRECONISATIONS

- Démolition et reconstruction soignée du quai ;
- Vigilance sur la jonction avec le parapet.

4 ESCALIER DU CHATEAU

4.1 STRUCTURE ET GEOMETRIE

L'escalier du château est en applique sur le quai existant. La superposition des sondages réalisés du projet des travaux avec l'existant est donné sur l'extrait de plan suivant.



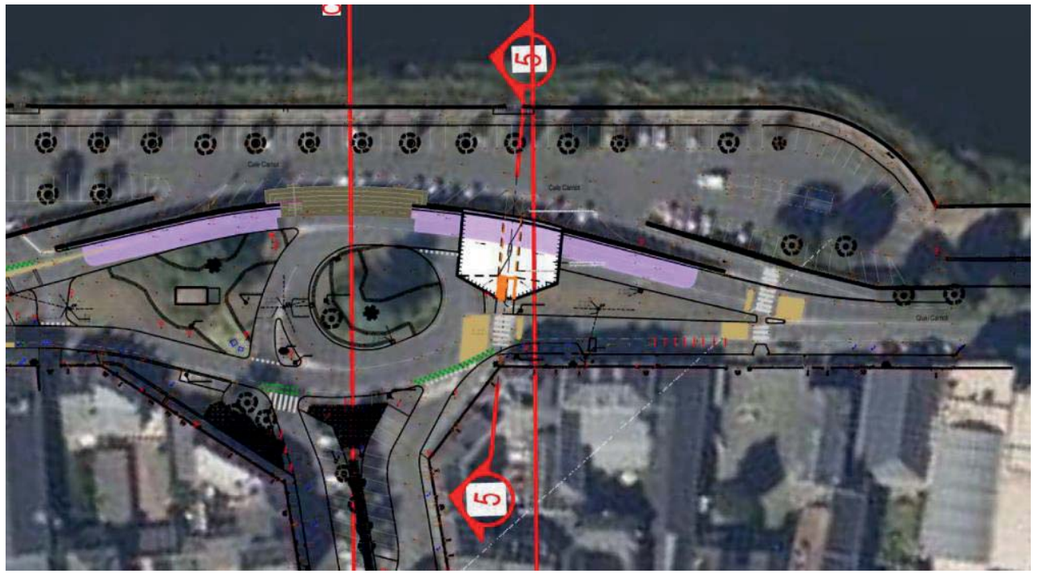
Extrait de plan - Escalier du chateau

4.2 PRECONISATIONS

- Démolition soignée du mur qui présente selon sondage un fruit ;
- Vigilance interaction mur existant et escalier, les voiles devront être correctement repris ;

ANNEXE 6 DETAILS ET PRECONISATIONS INCIDENCE PASSAGE SOUTERRAIN

Dans la zone de la place Kléber un passage piéton souterrain est présent. La vue aérienne de son emplacement et une photo de cet ouvrage est donné ci-dessous.

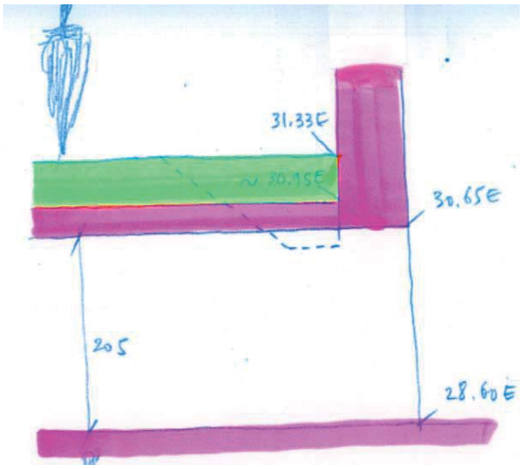


Localisation du passage souterrain - vue aérienne

Vue côté val	Vue côté Loire

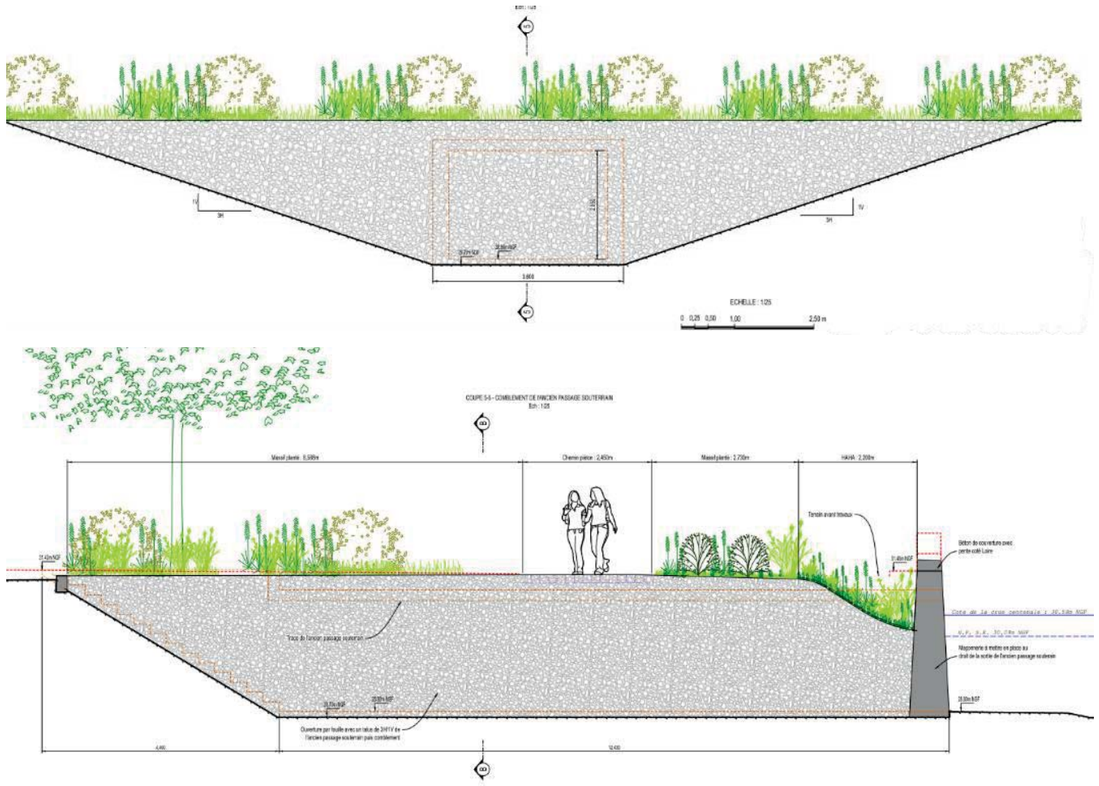
Passage souterrain (source : ISL, 2024)

A noter que ce passage interfère avec la création du Haha, sur le schéma ci-après le haha est matérialisé par les pointillés bleus.



Passage souterrain et haha

Les extraits de plan ci-dessous permettent de comprendre la géométrie de l'ouvrage et le possible impact d'une ouverture par tranchée ouverte.



Elévation et coupe remblaiement passage souterrain par tranchée ouverte

Il peut être considéré une nécessité de remblais de 200 m^3 en lit majeur. Sur l'ensemble du projet de réaménagement des cales le déblai excédentaire est de 738 m^3. Ainsi, avec l'option 2 et ouverture de 3H/1V le projet est toujours en déblais excédentaire. **En fonction de la nature des matériaux les pentes pourront être diminué**

ANNEXE 7 MODALITES DE GESTION DES BATARDEAUX

Les nouvelles bouchures batardables seront adaptées pour la mise en place de batardeaux amovibles. Un ensemble béton sera réalisé afin de pouvoir reprendre la poussée de l'eau. Les jonctions entre maçonnerie béton et marche d'escalier seront traitées afin de limiter le risque d'érosion interne.

1 MODIFICATION

La liste des batardeaux existants sont listés dans le tableau ci-après :

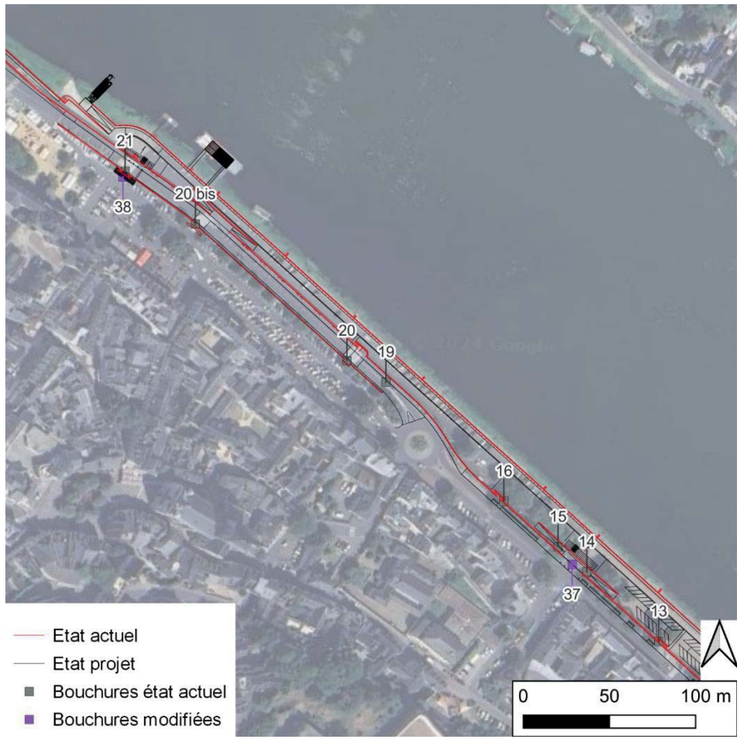
EQUIPE N°2 – FERMETURE BOUCHURES DE LOIRE

N° Porte	905	1285	1825	2685	1905	2385	Poteaux	Jambes force	Capots de protection		Glissières	Temps de pose	Observations
12				5					stoplées CTM	applique	amovibles		
13				5						applique	amovibles		
14			5	5			1		2				**Vérification des fixations et préparation des véhicules avec le matériel à 4,50m / Mise en place à 5m**
15			5	5			1		2				
16	5	5					1		2				
19	6			18			3		2				Déviation voie / berge
20 Ouest		5							2				
20 Est		4							2				
20bis Ouest						3			stoplées CTM	applique	amovibles		monument morts
20bis Est					3					applique	amovibles		monument morts
21 Ouest		5							2				
21 Est		5							2				
total :	11	24	10	38	3	3	6	0					

Moyens techniques : 1 camion avec remorque + 1 jeu de clés à cliquet avec prolongateur

Moyens humains : 1 responsable d'équipe avec 4 agents

Les portes N°14 et 15 sont supprimés ainsi que les N°21 est et ouest, ces portes seront respectivement remplacé par les N° 37 et 38 comme l'illustre la figure ci-après.



Position des bouchures

Les nouvelles ouvertures présentes les longueurs suivantes :

- Bouchure 37 (Escalier du château) : ~15 m
- Bouchure 38 (Escalier République) : ~13 m

Les caractéristiques des batardeaux telles que le nombre de poteaux à implanter et le nombre de planches seront sélectionné en phase d'exécution selon les propositions des entreprises. Une mise à jour du listing pour les consignes de surveillance sera à réaliser. Afin de faciliter le repérage et l'installation il est préconisé de réaliser des tailles volontairement différentes des planches, par exemple :

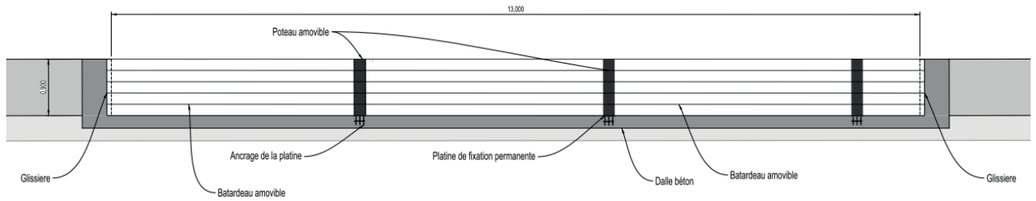
- Batardeau du château : 3 sets de planche de 4 m et un set de 3 m ;
- Batardeau de République : 3 sets de planche de 4 m et un set de 1m.

2 PRECONISATIONS TRAVAUX

La composition des batardeaux se décline comme suit :

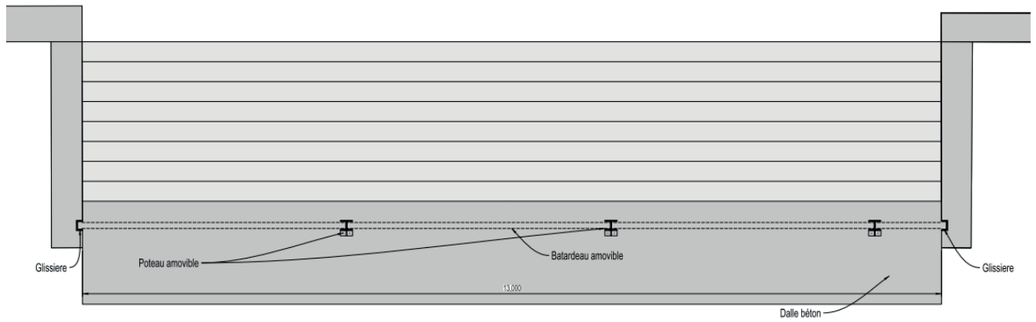
- Ensemble longrine béton et poteaux latéraux avec échancrure ;
- Platine de fixation permanente dans longrine béton ;
- Poteaux amovibles ;
- Planches.

Une élévation du principe est donnée ci-après :



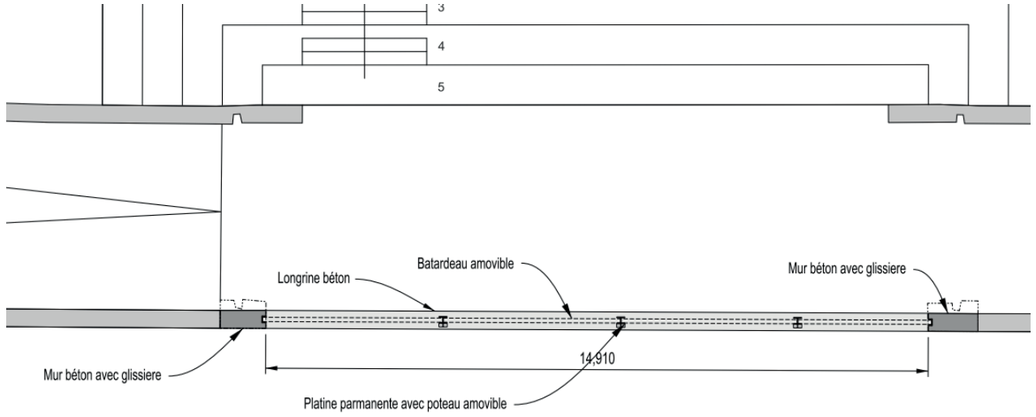
Extrait élévation batardeau

Le batardeau au droit de l'escalier République sera intégré dans un nouveau mur, la réalisation de l'ensemble « longrine-poteau béton » ne présentera pas de problématique. La vue en plan de ce batardeau est présenté ci-après :



Vue en plan escalier et batardeau République

Le batardeau au droit de l'escalier du Château est dans l'alignement du mur parapet existant, il est préconisé de démolir une partie pour créer un poteau béton pouvant être ancré dans la maçonnerie. La vue en plan de ce batardeau est présentée ci-après :



Vue en plan escalier et batardeau du château

ANNEXE 8 TRAME DU RAPPORT DE SURVEILLANCE EN PHASE CHANTIER

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Les travaux se déroulent en partie en zone inondable de la Loire et à proximité ou sur une digue classée pour la protection des inondations.

Il n'est pas prévu de limiter la période de réalisation des travaux à la période d'étiage. De ce fait, la montée du niveau de la Loire et l'inondation du chantier est probable.

Cette trame de document sera jointe à l'appel d'offre. L'entreprise titulaire (les entreprises dans le cas de plusieurs lots) des travaux devra établir ce document en phase d'exécution en l'adaptant à son fonctionnement et à la nature de ces travaux.

Il sera soumis à l'approbation du maître d'œuvre et du gestionnaire du système d'endiguement.

Cette trame de document a pour objet de pré-définir les états de vigilance et les actions mises en œuvre par l'entreprise afin de :

- S'assurer de l'adéquation des travaux avec les conditions hydrauliques de la Loire ;
- Garantir le maintien du niveau de protection de la digue pendant les travaux ;
- Définir les procédures en cas de crue.

2 DONNEES DE REFERENCES A PRENDRE EN COMPTE

2.1 NIVEAU DE REFERENCE

2.1.1 Conversion cote NGF et échelle de Saumur

Le zéro à l'échelle de Saumur est à 24,12 mNGF, les cotes sont données en mNGF et en m à l'échelle. (source : https://hydro.eaufrance.fr/stationhydro/L800001020/fiche)

2.1.2 Données de référence

Le réseau Vigicrues collecte en continue les données hydrométriques (niveaux d'eau et débits) des cours d'eau observés en temps réel, leurs évolutions au cours des derniers jours et des dernières heures et les prévisions 6j/7 hors période de crue.

Les prévisions de Vigicrues à la station de Saumur sont accessibles sur le site suivant :

https://www.vigicrues.gouv.fr/niv3-station.php?CdEntVigiCru=9&CdStationHydro=L800001020&GrdSerie=H&ZoomInitial=3

2.1.3 Cote de références par zones

L'entreprise réalise une veuille hebdomadaire des données pluviométriques et hydrologiques fournies par Météo-France et Vigicrues. Les prévisions à 72 heures et la tendance générale sont à appréciées pour valider le démarrage ou non du chantier.

Des cotes de référence de début d'inondation sont définies pour les différents types et zones de travaux. Ces cotes sont définies à l'échelle de Saumur et tiennent compte d'une marge de 50 cm de sécurité. Les entreprises devront a minima respecter ces références et prendre toutes les dispositions nécessaires pour mettre en sécurité le chantier et la digue.

	Cote (mNGF)	Cote à l'échelle (m)	Justification
Cale Carnot	**26,20**	**2,08**	Point bas cale Carnot (hors rampe) [26,70 mNGF]
Cale Lucien Gauthier et Mayaud	**26,50**	**2,38**	Point bas cales (hors rampe) [27,00 mNGF]
Passage souterrain	**26,30**	**2,18**	Point bas cale Carnot à proximité du passage [26,80 mNGF]
Haha et escalier Kléber	**27,77**	**3,65**	Point bas escalier Kléber [28,27 mNGF]
Escalier cale République	**27,18**	**3,06**	Point bas escalier République sur cale [27,68 mNGF]
Escalier quai République	**30,00**	**5,88**	Point bas escalier République sur quai [30,50 mNGF] *La cote 30,50 mNGF est supérieure au niveau de protection du système d'endiguement (30,09 mNGF*
Escalier du château	**27,74**	**3,62**	Point bas escalier château [28,24 mNGF]

2.2 MESURES MISES EN ŒUVRE PAR L'ENTREPRISE POUR GARANTIR LE NIVEAU DE PROTECTION DE LA DIGUE

En plus de la surveillance des conditions hydrologiques, l'entreprise mettra en place les mesures suivantes :

- Zone cale Carnot

Les travaux sur la cale ne pourront avoir lieu que si le niveau prévisionnel annoncé sur Vigicrue est inférieur à 2,08 m.

Les tronçons de travaux sont limités à des tronçons de 100 m.

- Passage souterrain

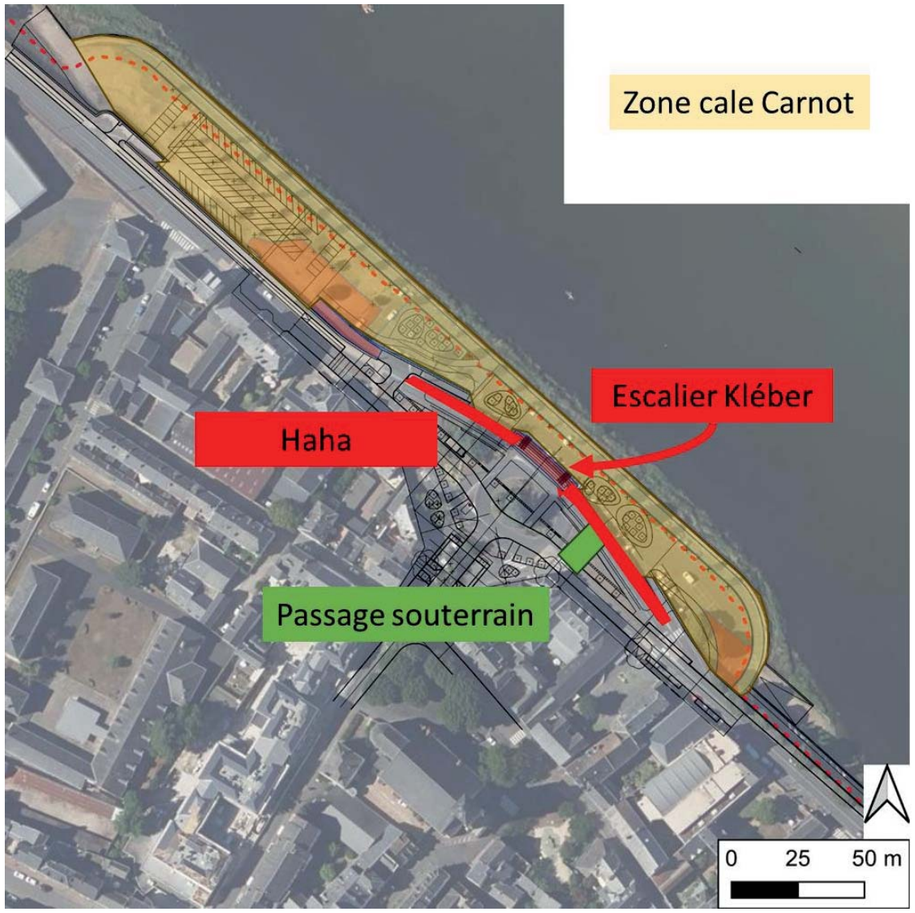
Les travaux du passage souterrain ne pourront avoir lieu que si le niveau prévisionnel annoncé sur Vigicrue est inférieur à 2,18 m.

Une vigilance particulière est à porter sur ces travaux, des bigs-bags de mise en sécurité de la zone devront être prévus.

- Escalier Kléber et Haha

Les travaux de l'escalier et du Haha ne pourront avoir lieu que si le niveau prévisionnel annoncé sur Vigicrue est inférieur à 3,65 m.

Il est préconisé de réaliser les deux portions du haha en deux tronçons distincts, le tronçon ouest (~43m), devra par exemple être réalisé avant de commencer le tronçon est (~61m).



- Zone cale Lucien Gauthier et Mayaud

Les travaux sur la cale ne pourront avoir lieu que si le niveau prévisionnel annoncé sur Vigicrue est inférieur à 2,38 m.

Les tronçons des travaux sont limités à des tronçons de 100 m.

- Escalier Cale République

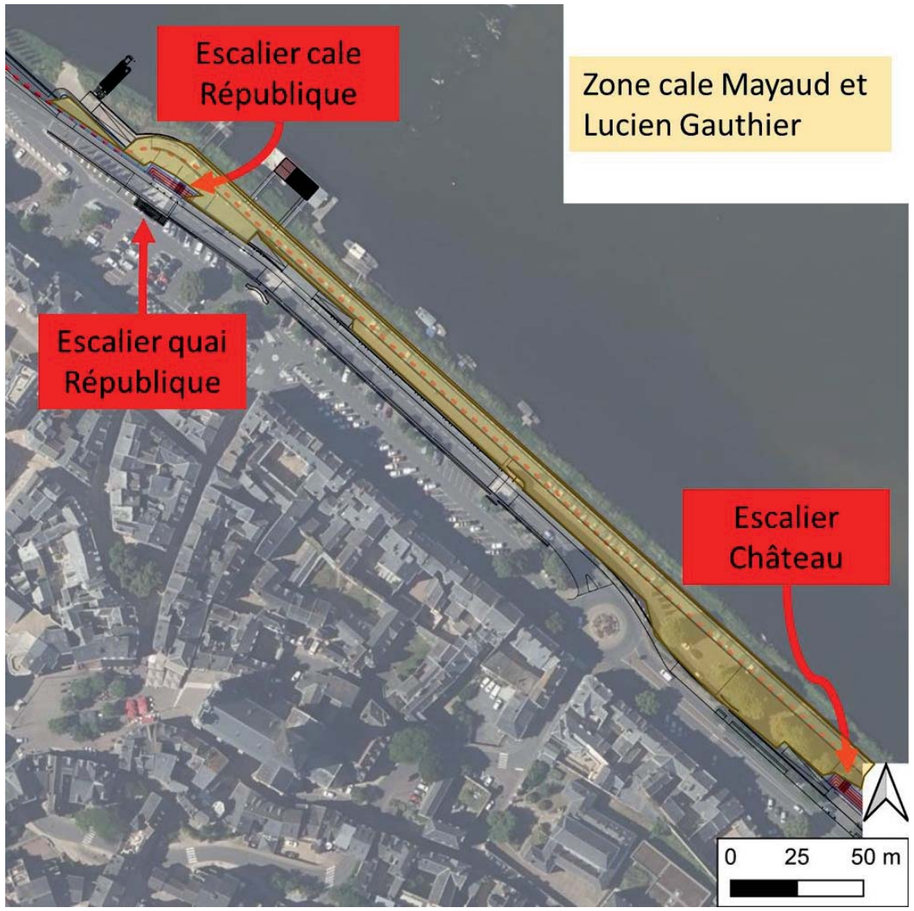
Les travaux de l'escalier ne pourront avoir lieu que si le niveau prévisionnel annoncé sur Vigicrue est inférieur à 3,06 m.

- Escalier Quai République

Les travaux de l'escalier ne pourront avoir lieu que si le niveau prévisionnel annoncé sur Vigicrue est inférieur à 4,00 m.

- Escalier Château

Les travaux de l'escalier ne pourront avoir lieu que si le niveau prévisionnel annoncé sur Vigicrue est inférieur à 3,68 m.



CES PRECONISATIONS ET COTE SONT A ADAPTER SELON LES PROCEDURES TRAVAUX DES ENTREPRISES.

3 TRAME DU DOCUMENT

3.1 DEFINITION DES ETATS DE VIGILANCE

Les niveaux de vigilance seront définis par l'Entreprise sur la base des niveaux définis ci-avant et validés par le gestionnaire (l'EPL).

Les niveaux de vigilance à considérer sont :

- Etat normal
- Etat de préalerte inondation
- Etat d'inondation
- Etat d'inondation aggravée

Ces niveaux sont caractérisés par une cote à l'échelle de Saumur et par la tendance à 3 jours de cette cote.

3.2 DEFINITIONS DES ACTIONS

Pour chaque état défini ci-avant, l'Entreprise définit les actions mises en œuvre.

Ces actions portent sur :

- Les moyens et modalités de surveillance,
- La mise en sécurité des personnes et du matériel de chantier ;
- La mise en sécurité de l'ouvrage digue en lien avec les travaux effectués.
- Les modalités de retour à la normale

Nota : Ces actions devront pouvoir être mises en œuvre 7j/7 par l'Entreprise.

3.3 DEFINITIONS DES COMMUNICATIONS

Pour chaque état défini ci-avant, l'Entreprise définira le circuit d'information mis en place et les acteurs concernés.

Une liste de contact sera établie.

Cette procédure vise à s'assurer des bonnes transmissions d'informations entre l'Entreprise et les acteurs concernés par la sécurité de la digue (gestionnaires).

ANNEXE 9 PLAN DES RESEAUX

ANNEXE 10 PLANNING DES TRAVAUX

géoplus
GROUPE

Géomètre Expert Foncier
17 rue Pierre
Brossolette
49000 ANGERS
Bureau d'études
Bureau d'études
Bureau d'études Infrastructures
11 rue Edouard Vaillant
49100 ANGERS
Tél : 02 41 24 34 47
geoplus@geoplus.eu

Activités
Bornage / Topographie / Cartographie / Dessin et calcul / Urbanisme opérationnel / Assistance à maîtrise d'ouvrage / Topographie / Lotissement / Quarrier 3D / Réseau Voirie / Assainissement / Réseau Eau / Réseau Gaz / Infrastructure / Lotissement / Etude Paysagère

Plan des réseaux existants sur plan PRO

Quai Mayau
Calé Mayau

Ville de SAUMUR

Planche globale

DATE	DESSINE	CALCULE
20/11/2024	Nathan Lucas	Nathan
DEVIS N°	Contrôle interne	Règlement
0	Contrôle externe	Règlement

DOSSIER	CONTRAT
72022-375	0

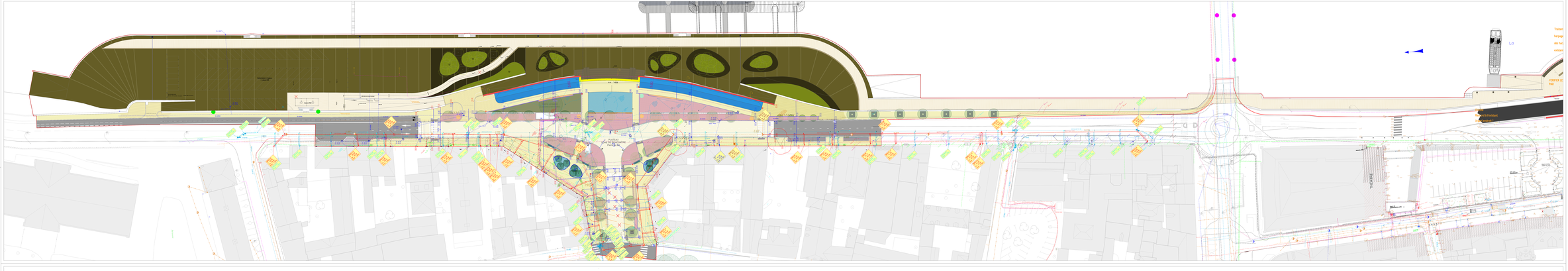
VERSION	DATE	DESCRIPTION
0	20/11/2024	Edition originale

FORMAT	DATE
Dessiné par :	NL
Vérifié par :	DL

FICHIER
72022-375_APP_Saumur-Quinconce.dwg

RESO-pro

OPCIBI
GROUPE
EUROVIA


Quai Mayau
Quai Mayau
Quai Mayau