

REHABILITATION DU PARAPET DE LA RISBERME

MAÎTRISE D'OEUVRE

RAPPORT D'ETUDES PROJET - IND.0

ARTELIA
BU Villes & Territoires
**Département Infrastructures –
Ouvrages portuaires – Ouvrages d'art**
2 Impasse Claude Nougaro
44800 SAINT-HERBLAIN
Tel. : +33 (0)2 97 25 38 50
Fax : +33 (0)2 97 27 82 88



LES SABLES D'OLONNE AGGLOMERATION

SOMMAIRE

1. OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
2. DOCUMENTS DE REFERENCES	1
3. DONNEES D'ENTREE	2
3.1. ETAT DES LIEUX	2
3.1.1. Ouvrage global	2
3.1.1.1. SITUATION - ACCES	2
3.1.1.2. COMPOSITION	2
3.1.1.3. DIMENSIONS	3
3.1.2. Etat de conservation	3
3.2. TOPOGRAPHIE	5
3.3. GEOTECHNIQUE	5
3.3.1. Prospection radar de la digue – CALLIGEE Octobre 2021 [Réf.5]	6
3.3.2. Etude géotechnique G1 ES – FONDASOL Mars 2022 [Réf.6]	8
3.3.3. Etude géotechnique G2 AVP – FONDASOL Avril 2022 [Réf.7]	8
3.3.3.1. CARACTERISTIQUES MECANQUES	8
3.3.3.2. DONNEES HYDROGEOLOGIQUES	8
3.3.4. Choix privilégié à l'AVP par la maîtrise d'œuvre	9
3.4. NIVELLEMENT ET PLANIMETRIE	9
3.5. NIVEAUX D'EAU	10
3.5.1. Marée	10
3.5.2. Niveau d'eau extrême	10
3.6. HOULE	10
3.7. ACTIONS SUR OUVRAGE	11
3.7.1. Charges permanentes	11
3.7.2. Charges d'exploitation	11
3.7.3. Effort de houle	12
3.7.4. Synthèse hypothèses de calcul	14
3.8. RISQUE SISMIQUE	14
3.9. DONNEES ENVIRONNEMENTALES	15
3.9.1. Informations de la DDTM 85	15
3.9.2. Natura 2000	15
3.9.3. Circulation	15
3.10. RESEAUX	16
3.10.1. Eaux pluviales	16
3.10.2. Gaz et électricité	17
3.10.3. Infrastructures de communications électroniques	18
3.10.4. Réseau d'eau usée	18
3.10.5. Réseau eau potable AEP	18
3.10.6. Réseaux téléphonique et éclairage public	19
3.10.7. Réaménagement de la Promenade Georges Clémenceau	20
3.11. CONTRAINTES PARTICULIERES	21
4. SOLUTION ENVISAGEE	22
4.1. GENERALITES	22
4.2. DESCRIPTION DE LA SOLUTION	22
4.3. PHASAGE DES TRAVAUX	23
4.4. PARTICULARITES DU PROJET	24
4.4.1. Escalier central	24
4.4.2. Assises en bois	25

4.4.3.	Barrière anti-submersion	27
4.4.4.	Réseaux	28
4.4.4.1.	IMPACT DES RESEAUX	28
4.4.4.2.	EAUX PLUVIALES	28
5.	ORGANISATION DES TRAVAUX	29
5.1.	CONTRAINTES PARTICULIERES	29
5.2.	PHASAGE DES TRAVAUX	29
5.3.	INSTALLATION DE CHANTIER	29
6.	ESTIMATION DES TRAVAUX	31
7.	CALENDRIER	32
8.	ACTIONS POUR LA SUITE DES ETUDES	33
ANNEXE 1	PLANS PRO-DCE	34
ANNEXE 2	DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF	35

INDICE	DATE DE DIFFUSION	COMMENTAIRES	REDIGE PAR	RELU PAR	APPROUVE PAR
0	29/06/2022	• Première diffusion – Version provisoire	PGN		KBI

1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les Sables d'Olonne Agglomération a confié à ARTELIA une mission de maîtrise d'œuvre pour la réhabilitation du haut du perré de la risberme en béton, ouvrage référencé n°8 et situé au niveau de la Promenade Georges Clémenceau dans l'alignement de la Rue Guynemer et jusqu'à la Petite Tour Carrée.

Les travaux de réhabilitation consisteront à :

- Démolir le parapet existant et le haut du perré ;
- Créer une nouvelle fondation pour le nouveau parapet ;
- Réaliser un nouveau parapet en éléments de béton préfabriqués présentant une forme incurvée de type « chasse-mer ».

Parmi les derniers échanges de 2022, la maîtrise d'ouvrage a demandé d'étudier l'élargissement de 1 mètre de la promenade Georges Clémenceau vers la plage.

A l'issue de la phase AVP, la maîtrise d'ouvrage a retenu la solution de parapet chasse-mer rehaussé et élargi d'environ 70cm.

2. DOCUMENTS DE REFERENCES

- [Réf. 1] : Etudes de maîtrise d'œuvre ARTELIA de réhabilitation de la risberme 2019/2020 ;
- [Réf. 2.1] : Plan topographique SELARL GARCIA – GUYAU - GARCIA Alain Géomètre-Expert – S4844 Ind.B du 19/09/2019 + **levé sondage entreprise STRAPO**
- [Réf. 2.2] : Plan topographique récolement du DOE de la nouvelle risberme – MERCERON – 17/09/2020
- [Réf. 3] : Etude d'impact de la houle – FONDASOL/DHI du 12/07/2006
- [Réf. 4] : Etude de l'impact de la houle sur le secteur de la base de mer des Sables d'Olonne – Etude hydrodynamique – 21804247 – 25/01/2022
- [Réf. 5] : Recherche de désordres dans un corps de digue – Rapport N21-85190 A – CALLIGEE – Octobre 2021
- [Réf. 6] : Rapport G1 ES – PR.44GT.22.0001 – FONDASOL – 18/03/2022
- [Réf. 7] : Rapport G2 AVP – PR.44GT.22.0001 – FONDASOL – 01/04/2022
- [Réf. 8] : Etude de faisabilité géotechnique – 150128 – IGESOL – 02/2015
- [Réf. 9] : Rapport d'études d'avant-projet Ind.B – ARTELIA – 16/05/2022

3. DONNEES D'ENTREE

3.1. ETAT DES LIEUX

3.1.1. Ouvrage global

3.1.1.1. SITUATION - ACCES

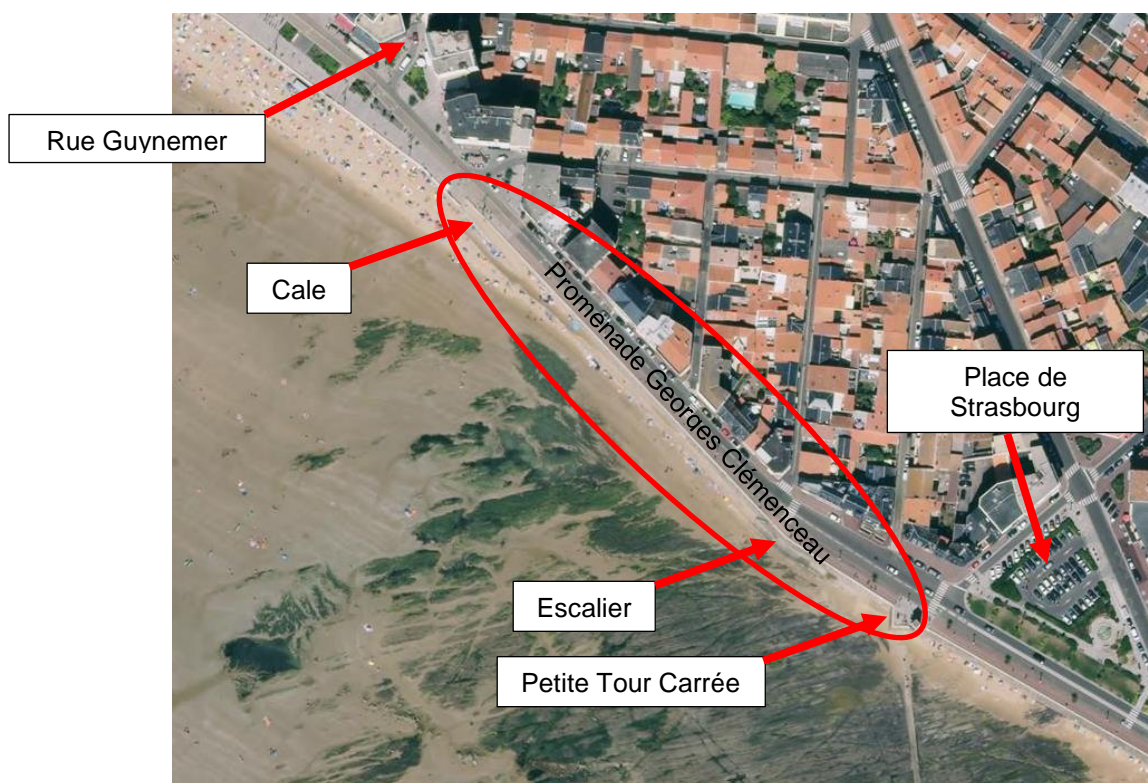


Fig. 1. Situation du projet

La commune des Sables d'Olonne est située sur la façade Atlantique à l'ouest du département de la Vendée. Le remblai des Sables d'Olonne compose le front de mer de la ville. Le parapet constitue le couronnement du perré sur lequel s'adosse la risberme.

L'accès à la risberme s'effectue soit par la cale, soit par un escalier à 2 volées (largeur environ 1,35m) situé au droit de la Rue des Barrières.

3.1.1.2. COMPOSITION

La partie de l'ouvrage intéressant le projet est le parapet couronné de pierres de taille. En-dessous un perré est construit en moellons de pierres d'origine inconnue. Il est recouvert en partie supérieure d'une couche d'enduit de protection en mortier d'épaisseur variable formant un arrondi (forme chasse-mer). Le pied de perré n'est pas visible car la risberme se trouve à cheval sur celui-ci. La risberme est composée d'une dalle en béton de 30cm d'épaisseur. Le pied de la risberme côté mer est ancré directement dans le rocher par l'intermédiaire d'une longrine.

Sous toute la risberme, une canalisation de récupération d'eau pluviale T130 chemine jusqu'à son exutoire situé sous la petite Tour Carrée.

Le système de drainage Ecoplage, composé de canalisations Ø300mm, se situe devant le pied de la risberme (en dehors de l'emprise de celle-ci) à une profondeur d'environ 2m.

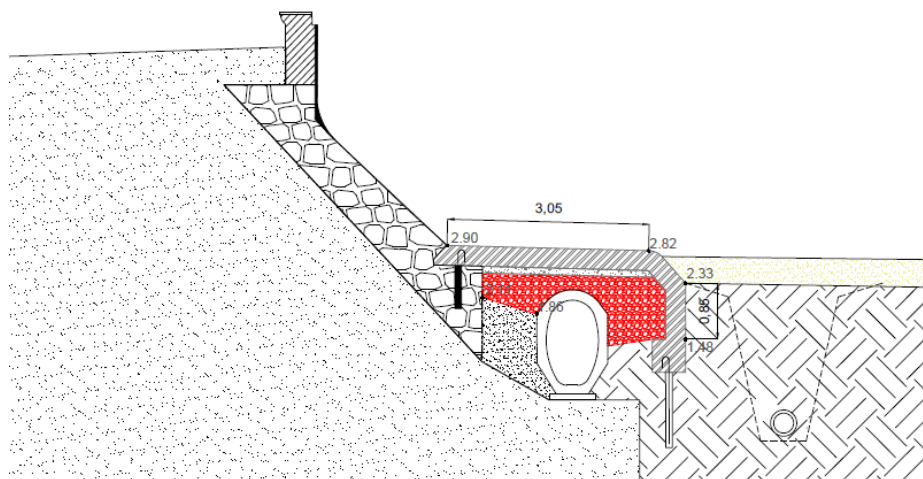


Fig. 2. Coupe transversale de principe

Dans le passé, des tempêtes ont déjà mis à mal l'ouvrage par des effondrements localisés du perré. Ces effondrements ont laissé apparaître des cavités derrière le perré. Ces cavités ont pu apparaître notamment à cause de la perte des fines des remblais à travers les disjointoiements et interstices du perré et de la risberme avant que cette dernière n'ait été réhabilitée en 2020.

3.1.1.3. DIMENSIONS

La longueur du projet est de 219 ml entre la cale au droit de la rue Guynemer et la Petite Tour Carrée. Le linéaire est interrompu au niveau de l'escalier central. C'est ici qu'un angle de 165° découpe le linéaire en 2 tronçons :

- Tronçon 1 : environ 47m entre l'escalier et la petite Tour Carrée,
- Tronçon 2 : environ 172m entre la cale et l'escalier.

Le parapet a une largeur courante d'environ 45cm.

L'altimétrie du parapet oscille entre +6,11m NGF (+8,94m CM) côté cale et +6,42m NGF (+9,25m CM) côté Petite Tour Carrée.

3.1.2. Etat de conservation

L'ensemble de l'ouvrage est exposé au sud-ouest face à l'océan. Lors de tempêtes, le perré et le parapet subissent l'action mécanique répétée des vagues et les cycles de mouillage et séchage d'eau de mer salée.

Par conséquent, sur ces parties d'ouvrage nous constatons les désordres suivants :

- La présence de fissures et de fractures remontant de la risberme à travers le parement du perré puis du parapet :



Fig. 3. Fissure verticale à travers parement du perré et le parapet – (Photo avant réhabilitation de la risberme)

- La présence d'une fracture horizontale en partie inférieure du parapet sur environ 10m de long. Déplacement dans le plan vertical de 1 à 2 cm.



Fig. 4. Fissure horizontale le long de la base du parapet – (Photo avant réhabilitation de la risberme)



Fig. 5. Fissure horizontale le long de la base du parapet – (Photo après réhabilitation de la risberme)



Fig. 6. Vue état global du perré et du parapet – (Photo après réhabilitation de la risberme)

3.2. TOPOGRAPHIE

Le Cabinet de géomètre-expert DPLG Alain GARCIA a effectué des relevés dont la dernière mise à jour date du 19/09/2019. Celle-ci a été complétée lors des études de conception de la nouvelle risberme par les niveaux du substratum rocheux détecté à l'occasion de sondages à la pelle [Réf. 2.1].

Le récolement de la nouvelle risberme a également été l'occasion d'un relevé topographique final [Réf. 2.2].

3.3. GEOTECHNIQUE

La reconstruction du nouveau parapet implique une meilleure connaissance du sol.

Plusieurs témoignages concordent sur la présence de cavités à l'arrière du perré dans le remblai. Celles-ci se sont manifestées à la suite de tempêtes lorsque, localement, le perré s'est effondré. Elles pourraient être apparues suite à plusieurs années de lessivage des matériaux du remblai et à la perte d'une partie de ces matériaux par l'ancienne risberme. En effet, avant que celle-ci ne soit réhabilitée en 2020, elle présentait des affouillements et des percements laissant s'échapper des matériaux fins contenus dans les remblais derrière le perré.

Des études complémentaires ont été menées pour :

- Cartographier le sol derrière le perré et sous le trottoir à l'aide de la technique de géodétection. Cette technique d'imagerie géoradar consiste à émettre à travers une paroi des ondes pulsées électromagnétiques à différentes fréquences choisies en fonction de la profondeur d'investigation. La pénétration des ondes peut aller de 1 à 2m, et est sensible au taux de salinité des matériaux traversés.
- Reconnaître les caractéristiques des remblais à l'arrière du perré et détecter éventuellement des zones décomprimées.



Fig. 7. Photo prise par l'entreprise STRAPO lors d'une intervention d'urgence suite à l'effondrement local du perré au voisinage du belvédère de la Petite Tour Carrée.

3.3.1. Prospection radar de la digue – CALLIGEE Octobre 2021 [Réf.5]

La société Calligée, spécialisée dans les mesures géophysiques de subsurface a procédé en octobre 2021 à une prospection géophysique dans l'optique de détecter d'éventuels désordres dans le corps de digue.

La prospection est faite grâce à un radar géologique embarqué sur un chariot.

Les zones auscultées sont le trottoir côté plage et le parement du perré.

Les anomalies détectées lors de la prospection radar sont données dans les tableaux ci-dessous et localisées sur les photos satellite.

Anomalie	Coordonnées du centre RGF93-CC47		Profondeur du toit de l'anomalie (m)	Description
	X (m)	Y(m)		
A1	1333603.8	6154683	0.35	Zone absorbée. Il pourrait s'agir d'une zone de départ de fines.
A2	1333658.32	6154619.33	0.35	Zone absorbée. Il pourrait s'agir d'une zone de départ de fines. Elle est située à hauteur d'un réseau qui pourrait agir comme un drain.
A3	1333708.62	6154577.87	0.8	Série d'hyperboles localisant le toit d'un réseau

Groupe d'anomalies	Distance sur le perré depuis la cale (m)	Profils concernés	Profondeur moyenne (m)	Description
G1	40.1 – 42 m	2-3	0.2 - 0.25 m	Amas de petites hyperboles pouvant localiser des blocs isolés à l'arrière du parement avec un possible départ des fines entre les blocs.
G2	43.5 – 50 m	3-4-5	0.09 - 0.3 m	
G3	70 – 84 m	2-3-4-5	0.08 - 0.24 m	
G4	88.5 – 97 m	2-4-5	0.11 - 0.22 m	
G5	100.7 - 102.7 m	2-3	0.13 - 0.14 m	
G6	104.8 – 114 m	2-3-4-5	0.09 - 0.24 m	
G7	128 - 143.5 m	3-4-5	0.11 - 0.3 m	
G8	148.2 - 149.2 m	3-4	0.09 - 0.27 m	
G9	179 - 185.8 m	1-3-4	0.13 - 0.25 m	
G10	188.2 – 196 m	1-2-3-4	0.13 - 0.24 m	
G11	202.3 – 217 m	1-2-3-4-5	0.17 - 0.39 m	

Fig. 8. Description des anomalies radar 3D – Source : rapport CALLIGEE [Réf.5]



Calligée attire particulièrement l'attention sur les anomalies A1 et A2 devant faire l'objet d'une surveillance particulière afin de détecter des signes extérieurs de désordres tels que fissures sur les perrés, affaissements de la chaussée. Sur le perré, les amas d'hyperboles montrent de possibles pertes de fines au pied de l'ouvrage. Ce constat est cohérent avec l'objectif de stopper les pertes de fines grâce à la rénovation de la risberme en 2020.

D'après Calligée, les terrains situés directement derrière le muret (parement du parapet) ne semblent pas présenter d'anomalie préoccupante pour sa stabilité.

3.3.2. Etude géotechnique G1 ES – FONDASOL Mars 2022 [Réf.6]

FONDASOL a réalisé en février 2022 des investigations géotechniques le long de la promenade Georges Clémenceau :

- 4 sondages destructifs dont 3 avec essais pressiométriques : SP1 à SP4 ;
- 2 sondages carottés : SC1 et SC2 ;
- 15 sondages au pénétromètre dynamique type B : DPT1 à DPT15.

3.3.3. Etude géotechnique G2 AVP – FONDASOL Avril 2022 [Réf.7]

3.3.3.1. CARACTERISTIQUES MECANIKES

Le rapport géotechnique [G2 AVP] donne les caractéristiques géo-mécaniques suivantes :

Les caractéristiques mécaniques des sols ont été mesurées in situ à partir des essais pressiométriques (norme NF-EN ISO 22476-4) et des essais au pénétromètre dynamique de type B (norme NF EN ISO 22476-2).

Au droit de nos sondages les résultats sont les suivants :

Formation	Profondeur de la base (m/TN actuel)	Classe de sol selon EC7	E _M (MPa)		PI* (MPa)		q _D (MPa)	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max
Remblais sableux ± caillouteux ou limoneux / sable dunaire et limon schisteux	2,4 à 2,8	Sable lâche à dense, limon mou	1,3	14,2	0,07	0,96	I	35
Micaschiste décomposé	3,6 à 4,4	Sable dense	5,6	14,5	1,11	2,00	5	50
Micaschiste altéré		Rocher altéré	54,9	83,0	2,40	> 4,97		
Micaschiste compact	Au-delà	Rocher fragmenté	137	650	> 4,55		> 50 - Refus	

Fig. 9. Caractéristiques géomécaniques retenues par Fondasol – source : G2AVP [Réf.7]

3.3.3.2. DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

Lors de l'intervention de l'équipe géotechnique du Fondasol, en février 2022, elle a relevé les niveaux d'eau (non stabilisés) suivants et mesurés à l'arrière du perré uniquement :

	SP1	SP2	SP3	SP4	SC1	SC2
Cote NGF du terrain actuel	+5,6	+5,6	+5,5	+6,0	+5,6	+5,6
Profondeur atteinte par le forage (m/TA)	11,0	11,0	11,0	4,5	15,0	10,0
Eau en cours de foration (m/TA)	5,0	8,5	Non observé	Non observé	Non observé	Non observé
Eau en fin de chantier (m/TA)	5,0 (*)	4,2	Non observé	Non observé	5,1	4,8
Cote NGF eau en fin de chantier (m NGF)	+0,6 (*)	+1,4	Non observé	Non observé	+0,5	+1,0

(*) foration la boue – les niveaux d'eau mesurés ne sont pas naturels.

Fig. 10. Données hydrologiques – source : G2AVP [Réf.7]

3.3.4. Choix privilégié à l'AVP par la maîtrise d'œuvre

Nous retenons à ce stade la solution d'une semelle poids ancrée à l'arrière du perré. Cette solution demande une meilleure reconnaissance du haut du perré : profondeur de la maçonnerie, épaisseur du perré, composition et géométrie (présence de redans ?).

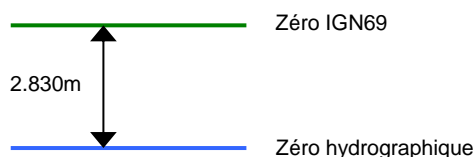
A ce stade, nous avons considéré déposer la maçonnerie au droit de la position de la semelle poids. Ainsi, cela permet de ne reposer que sur les remblais.

Les remblais étant, par endroit, compressibles, il faut prévoir des volumes de purges et de remplacement des matériaux en place par un matériau granulaire insensible à l'eau conforme aux recommandations de mise en œuvre du guide GTR.

3.4. NIVELLEMENT ET PLANIMETRIE

Le zéro des cartes marines (CM96) se situe au niveau du port Les Sables d'Olonne, 2.830m au-dessous du zéro du nivellement général de la France (NGF).

$$Z_{CM} = Z_{IGN69} + 2.830m.$$



3.5. NIVEAUX D'EAU

3.5.1. Marée

Pour Les Sables d'Olonne, le SHOM donne les valeurs suivantes pour les marées (SHOM 2017) :

APPELATION		NIVEAU (M CM)	NIVEAU (M NGF)
PHMA	Plus Haute Mer Astronomique	5,93	3,10
PMVE	Pleine Mer moyenne de Vives Eaux	5,20	2,37
PMME	Pleine Mer moyenne de Mortes Eaux	4,20	1,37
NM	Niveau Moyen	3,20	0,37
BMME	Basse Mer moyenne de Mortes Eaux	2,05	-0,78
BMVE	Basse Mer moyenne de Vives Eaux	0,75	-2,08
PBMA	Plus Basse Mer Astronomique	-0,02	-2,85

3.5.2. Niveau d'eau extrême

D'après le rapport d'étude hydrodynamique DHI [Réf.4], l'évènement de référence défini au PPRL du Pays d'Olonne est la tempête Xynthia de février 2010. Cette tempête a engendré un niveau marin supérieur au niveau marin d'occurrence centennale défini statistiquement par le SHOM.

Le niveau de référence a été estimé lors de Xynthia à l'aide des marégraphes à proximité. Ce niveau de référence a été établi à +4.32mNGF.

En considérant l'hypothèse d'élévation du niveau de la mer à l'horizon 2100 de +0,60m, on en déduit le niveau marin de référence à horizon 2100 aux Sables d'Olonne : +4.92mNGF.

3.6. HOULE

L'analyse extrême des hauteurs significatives des vagues par secteur directionnel sont données par l'étude hydrodynamique DHI [Réf.4], pour un point situé à environ 10km au large des Sables d'Olonne. Les caractéristiques des houles de projet sont données par le tableau 2.5 de ce rapport :

Secteur directionnel	H _{m0}	Tp	WL (m NGF)
SE – SSE [135°N – 157,5°N[	1,8	16	2,37 4,92
SSE – S [157,5°N – 180°N[	2,5	8	2,37 4,92
S – SSO [180°N – 202,5°N[	3,3	8	2,37 4,92
SSO – SO [202,5°N – 225°N[	5,7	10	2,37 4,92
SO – OSO [225°N – 247,5°N[	6,6	13	2,37 4,92
OSO – O [247,5°N – 270°N[	9,0	14	2,37 4,92

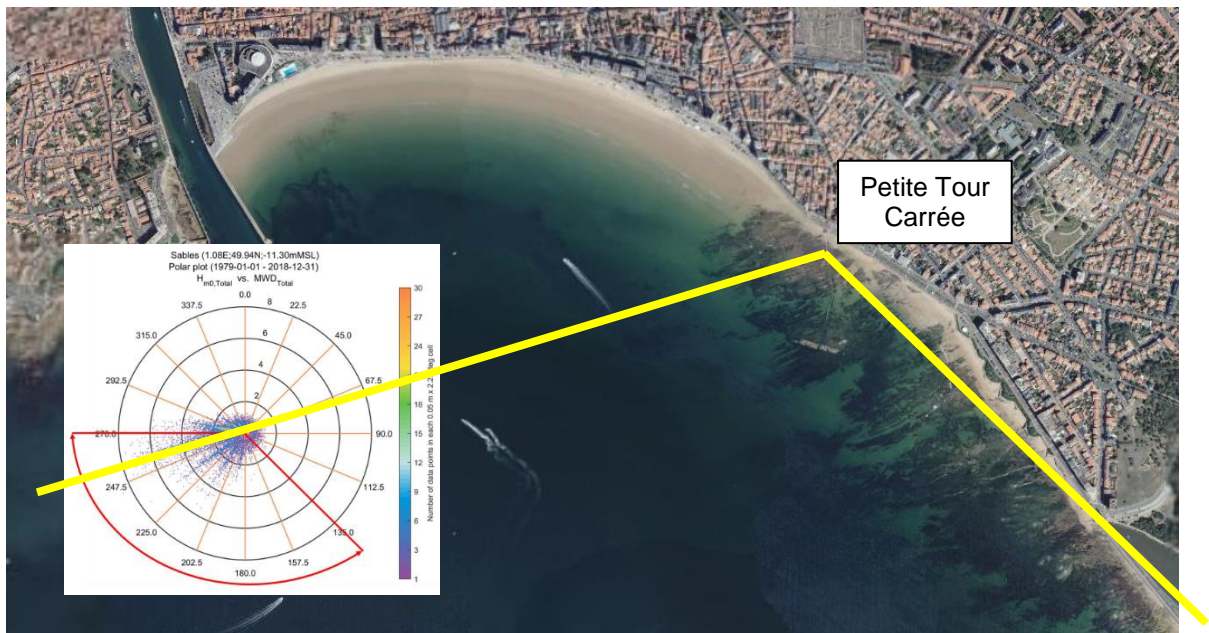


Fig. 11. Caractéristiques des houles et secteurs directionnels – Source : Etude hydrodynamique DHI [Ref.4]

On déduit que la Petite Tour Carrée est exposée aux houles du secteur OSO-O.

3.7. ACTIONS SUR OUVRAGE

3.7.1. Charges permanentes

- Béton : 24 kN/m³
- Béton armé : 25 kN/m³
- Remblais : 16 kN/m³
- Sable sec : 16 kN/m³
- Pavé granit 8cm : 2 kN/m²

3.7.2. Charges d'exploitation

Le terre-plein, situé en arrière du mur de haut de plage, a un usage essentiellement piétonnier (surcharge de 500 kg/m²). Toutefois, il n'est pas exclu qu'il soit emprunté par des engins de chantier, si des travaux ultérieurs sont nécessaires.

Ainsi, pour prendre en compte les charges dues au passage d'engin de chantier, une surcharge d'exploitation de 1 t/m² sera prise en compte.

3.7.3. Effort de houle

Conformément au §5.2.2 de l'étude FONDASOL/DHI [Réf.3], on émet l'hypothèse que la vague déferle 300m avant l'ouvrage. A cet endroit, la hauteur de la houle de secteur OSO-O est de maximum 5m d'après la figure 3.8 du rapport DHI [Réf.4].

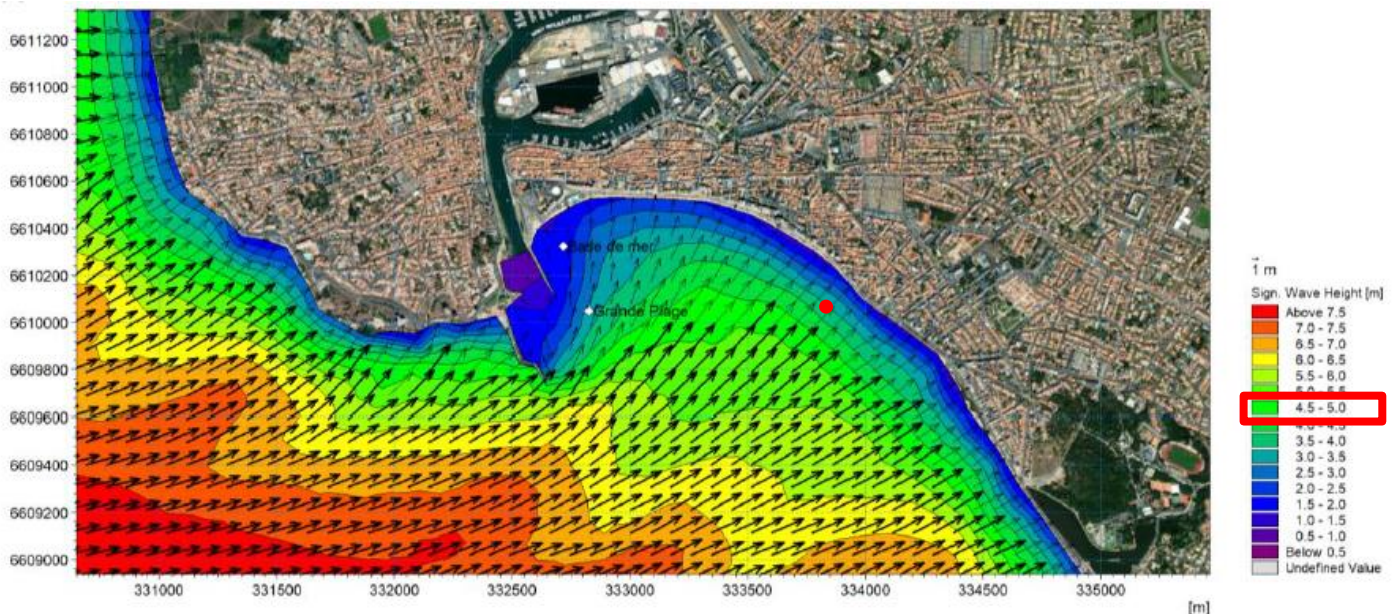


Fig. 12. Champ de vague centennal de secteur OSO – Source : DHI [Réf.4]

Le rapport FONDASOL/DHI [Réf.3] donne dans sa partie 5-Action de la houle sur une paroi verticale, une méthode pour déterminer un ordre de grandeur de l'action de la houle déferlant avant la structure, méthode issue des ouvrages du CEM (Coastal Engineering Manual).

L'expérience montre que 78% de la hauteur de la vague se situe au-dessus du niveau moyen (Wiegel 1964) ($N_m = SWL$ sur Fig. 13). En faisant l'hypothèse que la hauteur décroît linéairement depuis le point de déferlement jusqu'à l'intersection de la surface libre avec la pente où la hauteur est réduite à $H_{swl} = 0,2.H_b$, et par méthode des triangles semblables sur une pente $0,01 < \tan \beta < 0,1$ (Camfield 1991), on a une hauteur d'impact H_w :

$$H_w = \left(0,2 + 0,58 \frac{h_s}{h_b}\right) H_b \quad (1)$$

Pour β , on le déduit à partir du niveau du substratum de l'étude géotechnique IGESOL [Réf. 8] situé à environ 150m de la risberme à -1,30mNFG, et des relevés des niveaux du toit rocheux en pied de la risberme [Réf. 2.1] situé à +1,6mNGF :

$$\beta = \tan^{-1} ((1,3+1,6)/150) = 1,10^\circ$$

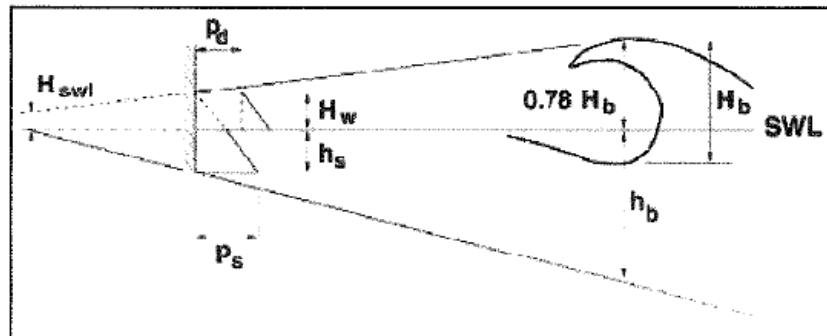
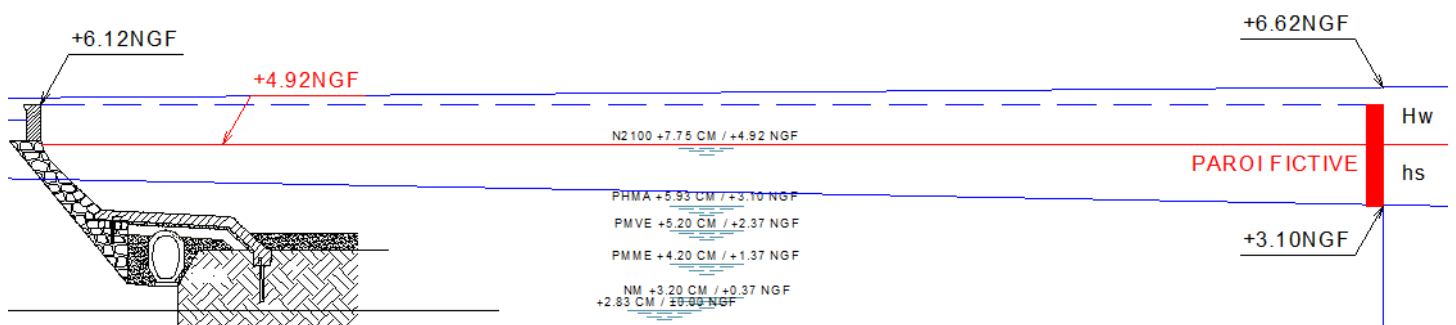


Fig. 13. Vague déferlante sur un mur vertical

Soit une pression totale correspondant à la somme de la pression hydrostatique, qui est la force de pression de la hauteur d'eau instantanée, et de la pression dynamique des vagues :

$$R_t = R_D + R_S = \frac{\rho g h_b H_w}{2} + \frac{\rho g}{2} (h_s + H_w)^2 \quad (2)$$

Dans notre cas, on déduit géométriquement les différentes hauteurs grâce au logiciel de dessin.



On en déduit les hauteurs suivantes :

$$h_s = 4.92 - 3.1 = 1.82\text{m}$$

$$h_b = 7.60\text{m} \rightarrow \text{hauteur d'eau au point de déferlement, à 300m de l'ouvrage}$$

$$H_b = 5\text{m} \rightarrow \text{hauteur de la vague au point de déferlement, à 300m de l'ouvrage}$$

$$H_w = [0.2 + 0.58 \times (1.82/7.6)] \times 5 = 1,695\text{m} \quad (1)$$

$$\text{Hauteur paroi fictive} = 6.12 - 3.1 = 3.02\text{m}.$$

Avec :

$$\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

D'où (2) :

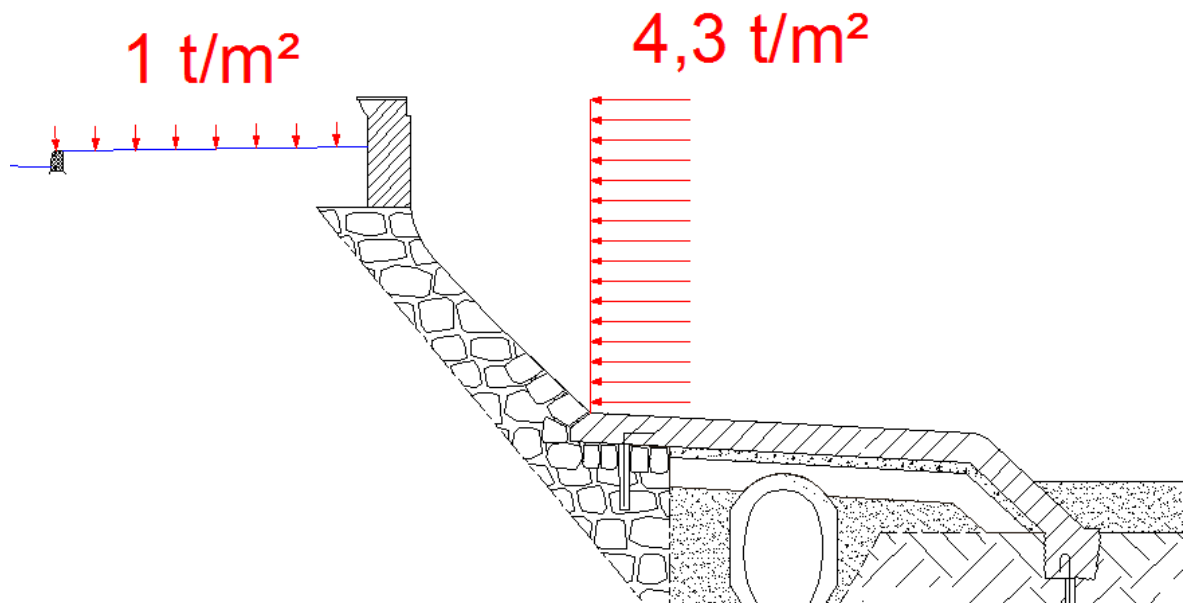
$$R_t = R_D + R_S = \frac{1030 \times 9.81 \times 7.6 \times 1.695}{2} + \frac{1030 \times 9.81}{2} (1.82 + 1.695)^2 \quad (2)$$

$$R_t = 127.506 \text{ kN/m}$$

Soit pour la hauteur de paroi fictive de 3.02m, un effort de 42.22 kN/m², soit 4.3t/m².

Précisons que cette valeur, replacée dans la démarche d'estimation proposée, est sécuritaire du fait que l'on ait un perré incliné et non pas une paroi verticale.

3.7.4. Synthèse hypothèses de calcul



3.8. RISQUE SISMIQUE

Selon le décret N°2010-1255 du 22 octobre 2010, le terrain concerné par le projet est situé en zone 3 (modérée) du découpage administratif de la France métropolitaine.

Cependant, les ouvrages projetés correspondent à des ouvrages de la classe d'importance I (ouvrage excluant tout activité humaine prolongée). Ainsi, ils ne doivent pas nécessairement répondre aux règles de construction parasismique.

3.9. DONNEES ENVIRONNEMENTALES

3.9.1. Informations de la DDTM 85

Dans le cadre du projet de réhabilitation du parapet, la DDTM 85 a demandé les éléments suivants :

- Une étude d'examen au cas par cas sur la base du dossier d'avant-projet ;
- Un permis d'aménager dans le cadre de l'aménagement global de la promenade Clémenceau par la Ville des Sables-d'Olonne ;
- Une déclaration préalable : **nécessité à confirmer par la maîtrise d'ouvrage.**

3.9.2. Natura 2000

Le projet ne se situe pas dans le périmètre d'une zone classée Natura 2000.



Fig. 14. Extrait de carte Sites NATURA 2000 (Directive Habitats) – source : geoportail.gouv.fr

3.9.3. Circulation

D'après les informations recueillies auprès de la Ville des Sables, les travaux ne devront pas interrompre la circulation des véhicules. Les installations de chantier lors de la réhabilitation de la risberme ont montré qu'il été possible de conserver à minima la largeur d'une voie de circulation. La circulation piétonne étant, quant à elle, déviée sur le trottoir côté ville.

Cependant, cette situation est susceptible d'évoluer car des travaux de réaménagement de la promenade Georges Clémenceau sont prévus à la même période. Le cas échéant, la zone de chantier pourrait s'étendre davantage sur les voies de circulation.

3.10. RESEAUX

NOTA : La maîtrise d'ouvrage organisera l'interface avec les concessionnaires lors des échanges nécessaires aux dévoiements temporaires et aux adaptations éventuelles des réseaux.

3.10.1. Eaux pluviales

Une canalisation d'eau pluviale Ø500mm, classe C (fuseau d'incertitude 1,5m), des Sables d'Olonne Agglomération se situe le long du trottoir sur l'emprise du projet. → **Impact au projet.**



Fig. 15. Extrait de la DT Les Sables d'Olonne Agglomération – Décembre 2020

Les eaux pluviales du remblai sont acheminées par des avaloirs de la promenade Georges Clémenceau et aboutissent dans un collecteur situé sous le trottoir. Puis, elles rejoignent le collecteur ovoïde T130 situé sous la risberme en deux endroits :

- Au droit de la rue des rochers ; et
- Au pied de la volée sud de l'escalier.

En cas d'allongement de la rénovation du parapet à la face sud-ouest du belvédère de la Petite Tour Carrée, les ouvrages de gestion des eaux pluviales situées sous le belvédère entreraient en conflit avec les assises du nouveau parapet.

Il est donc nécessaire de connaître la géométrie exacte de ces ouvrages EP pour étudier leur impact.

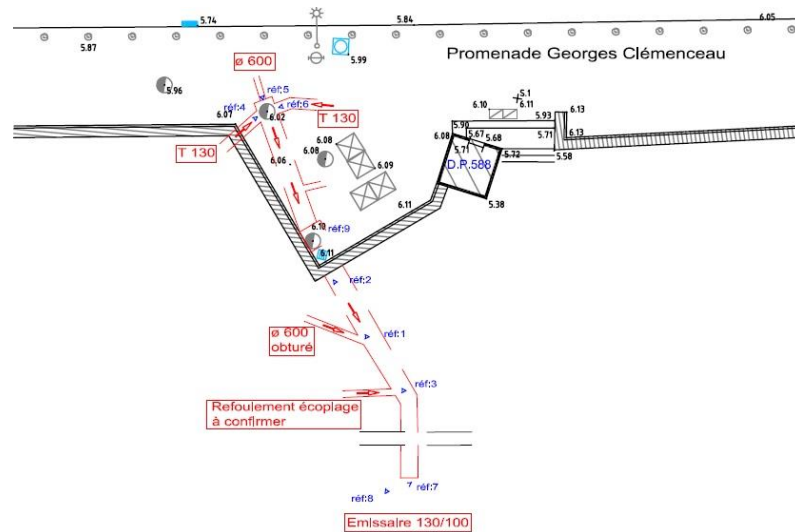


Fig. 16. Extrait fourni par Les Sables d'Olonne Agglomération : synthèse inspection vidéo

3.10.2. Gaz et électricité

D'après les retours de Demandes de Travaux (DT) :

- GAZ : le réseau se situe côté ville de la promenade Georges Clémenceau. Il n'est pas impactant pour le projet.
- ELECTRICITE :
 - o Un fourreau Ø90 est en attente à 0,70m sous le trottoir le long du parapet. Il dessert des coffrets électriques en attente situés dans le parement du perré et ce tout le long du parapet. → **Impact au projet** ;
 - o Une ligne basse tension chemine en haut de la cale à 0,70m sous le trottoir et dessert un coffret électrique situé dans le parement du perré supérieur. → **Impact au projet**

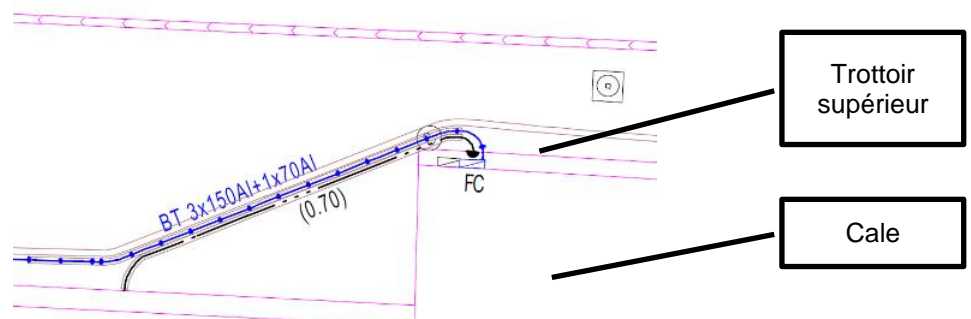


Fig. 17. Schéma de l'alimentation BT en haut de la cale

3.10.3. Infrastructures de communications électroniques

Le SyDEV (Syndicat Départemental d'Énergie et d'Équipement) est propriétaire d'infrastructures de communications électroniques et d'éclairage public. Ces réseaux cheminent notamment le long du trottoir pour alimenter les candélabres. → **Impact au projet.**



Fig. 18. Extrait de la DT SyDEV – décembre 2020

3.10.4. Réseau d'eau usée

Une canalisation d'eau usée AC600, classe C (fuseau d'incertitude 1,5m), de la SAUR est présente dans la chaussée de la promenade Georges Clémenceau. → **Impact au projet.**

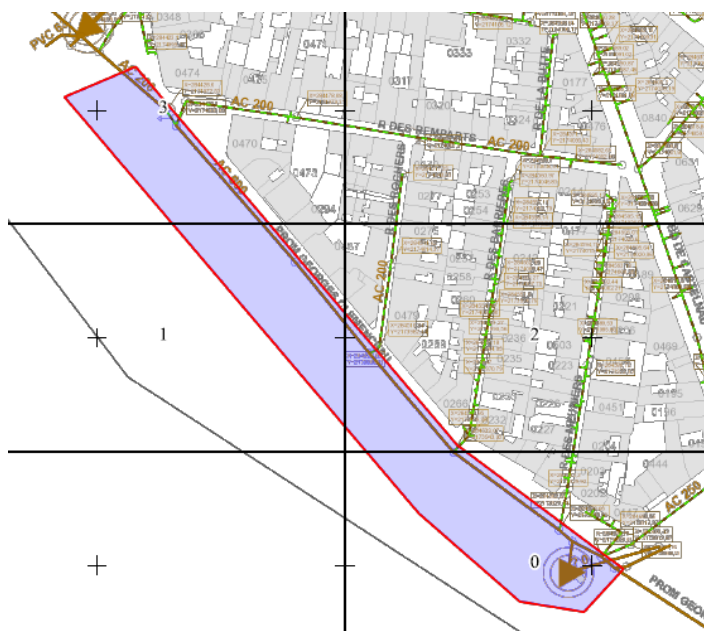


Fig. 19. Extrait de la DT Saur – Octobre 2020

3.10.5. Réseau eau potable AEP

Un réseau d'eau potable Ø250mm PVC, classe C (fuseau d'incertitude 1,5m), VEOLIA chemine le long de la chaussée du remblai. → **Impact au projet.**



Fig. 20. Extrait DT Véolia – Décembre 2020

3.10.6. Réseaux téléphonique et éclairage public

D'après les retours de Demandes de Travaux (DT) :

- Le réseau télécom ORANGE, classe B (fuseau d'incertitude 1,0m) se situe le long du trottoir.
 ➔ **Impact potentiel au projet ;**

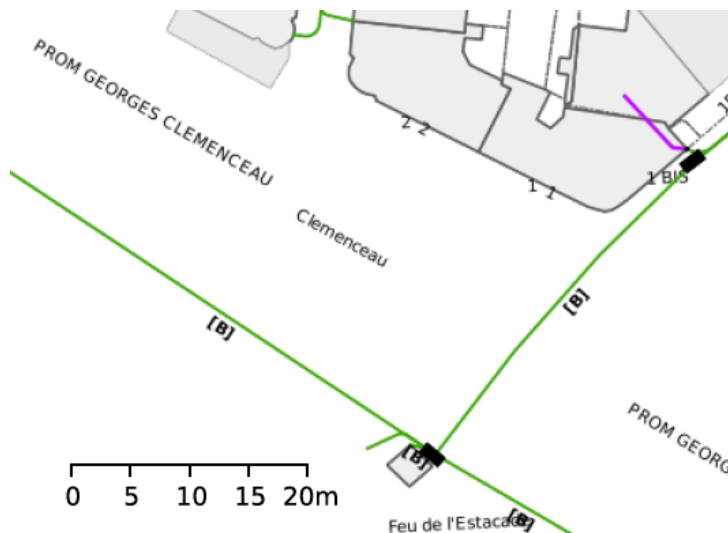


Fig. 21. Extrait DT ORANGE – Décembre 2020

3.10.7. Réaménagement de la Promenade Georges Clémenceau

La Ville des Sables d'Olonne réaménage à partir de fin 2022 la promenade Georges Clémenceau. Ces travaux vont refondre l'ensemble des réseaux au voisinage du parapet et impactant la réhabilitation de celui-ci.

Suite à la réunion du 31/01/2022, DCI Environnement a indiqué que seul le réseau d'alimentation électrique de l'éclairage public sera situé au niveau du parapet car de nouveaux candélabres vont être installés. Les autres réseaux seront déportés à côté de l'assise du parapet en toute indépendance.

La maîtrise d'ouvrage doit confirmer que les réseaux sont bien déplacés dans le cadre des travaux d'aménagement de la promenade Georges Clémenceau.

3.11. CONTRAINTES PARTICULIERES

Le projet doit tenir compte des contraintes suivantes :

- Durée de vie : 50 ans
- La Ville des Sables d'Olonne prévoit le réaménagement du remblai : chaussée et trottoirs. Le projet devra s'insérer dans ce nouveau réaménagement.
- Conserver la hauteur du parapet actuel : +6,12mNGF sur le tronçon au-dessus de l'escalier et entre +6,12mNGF et +6,42mNGF entre l'escalier et le belvédère de la Petite Tours Carrée ;
- Donner une forme incurvée type « chasse-mer » au nouveau parapet ;
- Essayer d'élargir la promenade de 1m vers la plage ;
- La partie supérieure du parapet devra avoir un aspect visuel proche des blocs coiffants actuellement le perré du secteur du remblai réaménagé en 2010 ;
- Intégrer une barrière anti submersion type palplanches aluminium au niveau de l'accès de l'escalier central ;
- Promenade Georges Clemenceau commerçante avec des enjeux touristiques importants : restreindre les nuisances sonores ;
- Stationnement difficile sur le remblai ;
- Ouvrage situé en zone intertidale ;
- Sécurité des intervenants lors des travaux ;
- Travaux à réaliser en présence de nombreux réseaux. **Leur dévoiement dans le cadre des travaux de réaménagement de la promenade Georges Clémenceau doit être confirmée par la maîtrise d'ouvrage.**

4. SOLUTION ENVISAGEE

La solution retenue à l'issue de l'AVP consiste à déposer le parapet existant, puis à reconstruire un nouveau parapet à la même altitude et décalé d'environ 70cm vers la mer.

4.1. GENERALITES

Les deux particularités principales de cette solution sont :

- Le dessus du parapet chasse-mer se trouve au même niveau que le parapet actuel. Il n'y a donc pas de modification de la hauteur de protection
- 70cm en moyenne sont gagnés sur le perré en vue en plan. Cela permet d'élargir la promenade jugée étroite sur ce tronçon

4.2. DESCRIPTION DE LA SOLUTION

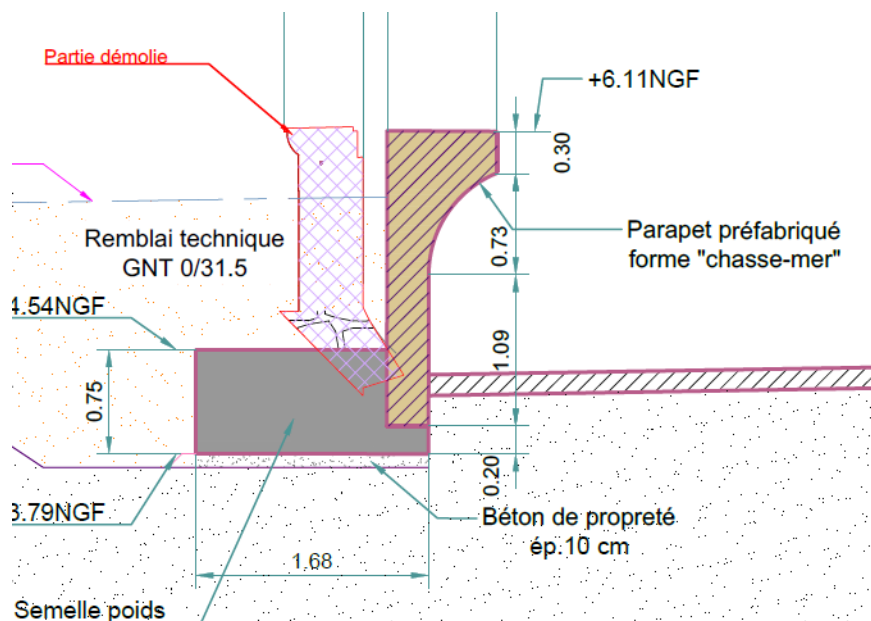


Fig. 22. Extrait solution élargie – Source : plans AVP ARTELIA

Conformément aux instructions du rapport géotechnique G2AVP [Réf.7], il est nécessaire de démolir le perré de sorte que la semelle ne repose pas dessus, donc uniquement sur le remblai.

La semelle poids est coulée en place et des armatures en attente permettront de claveter le parapet préfabriqué. La semelle repose sur un béton de propreté d'au moins 10cm d'épaisseur. Suivant la localisation, il est possible qu'il soit nécessaire de substituer les remblais compressibles par un matériau granulaire insensible à l'eau de type GNT 0/31.5.

Des ancrages à partir de barre d'armature haute adhérence permettront de lier mécaniquement le haut du perré à la semelle.

Il est retenu la préfabrication pour le parapet chasse-mer. En effet, cette technique de fabrication permettra d'atteindre un meilleur niveau esthétique au niveau de la planéité, de la teinte et de la texture (bullage).

Concernant la teinte, il sera imposé de teindre le béton dans la masse pour que sa couleur approche celle des couronnements du parapet de la promenade Georges Clémenceau. Celle-ci tendra vers une couleur sablée.

Une barrière anti-submersion sera mise en œuvre au niveau de l'ouverture d'accès de l'escalier central, telle que décrite plus bas au §4.4.2.

4.3. PHASAGE DES TRAVAUX

Pour mémoire, un marché de réaménagement de la Promenade Georges Clémenceau est prévu d'être réalisé à la suite des travaux du parapet.

Les principales étapes nécessaires à la construction sont :

- * Démontage du mobilier urbain : candélabres, bornes
- * Dépose des bordures de trottoirs et des pavés sur zone Nord-Ouest
- * Rabotage du trottoir et de la chaussée
- Terrassement en pleine fouille
- Démolition du parapet actuel et du haut du perré au droit de l'emprise du parapet chasse-mer
- Purges et substitutions éventuelles de remblais par matériau granulaire insensible à l'eau
- Béton de propreté
- Mise en œuvre des ancrages HA25 dans haut du perré
- Coffrage, ferrailage et coulage de la semelle poids
- Remblaiement jusqu'au niveau de la semelle poids par de la grave non traitée
- * Réalisation des massifs de candélabres
- En parallèle, préfabrication en usine du parapet chasse-mer
- Mise en œuvre sur site du parapet chasse-mer : clavetage
- * Remblaiement jusqu'à 30cm au-dessous du niveau fini de l'aménagement.
- Finitions :
 - Reprise de la maçonnerie sur le linéaire en pied du parapet chasse-mer

Les étapes comportant des * sont à concerter avec le projet d'aménagement de la promenade Georges Clémenceau. Concernant les nouveaux candélabres la maîtrise d'ouvrage doit communiquer le modèle et la taille des massifs et le calepinage pour intégration au génie civil du nouveau parapet. A ce stade nous comptons 7 unités pour estimer la quantité de béton armé.

4.4. PARTICULARITES DU PROJET

4.4.1. Escalier central

Il y aura au niveau de l'escalier central des adaptations du projet. En effet, pour pouvoir conserver une largeur d'embranchement identique à celle actuelle, il faut élargir le palier en tête du perré d'escalier et les volées.

Par ailleurs, il faut donner au parapet chasse-mer une forme évolutive pour n'avoir qu'une forme de voile au niveau du passage.

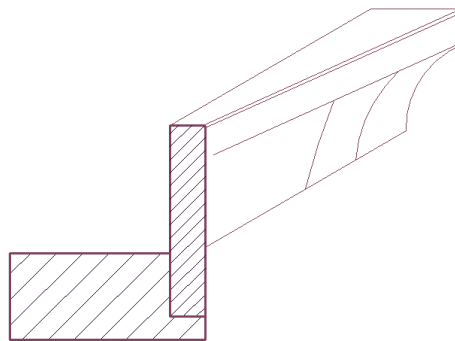


Fig. 23. Principe d'évolution de la forme du chasse-mer au voile vertical

Cette forme complexe demandera à l'entreprise chargée des travaux un travail beaucoup plus conséquent que pour le reste du linéaire. En effet, un important travail de menuiserie est nécessaire pour fabriquer le coffrage. Il est probable qu'à l'inverse des autres éléments pour lesquels la préfabrication est toute indiquée, il faille réaliser ces parties d'ouvrage coulées en place. Lors de la consultation, une attention particulière sera portée aux compétences des entreprises sur ce sujet et sur la solution technique qu'elles emploieraient.

Comme annoncé précédemment, l'élargissement de la promenade actuelle va demander d'adapter les escaliers existants contre le perré. Le but sera de conserver la largeur d'embranchement en tête. La maçonnerie sera directement adaptée en la déposant puis en la reposant. Des garde-corps neufs seront posés, dont l'esthétique sera identique à ceux aujourd'hui en place.

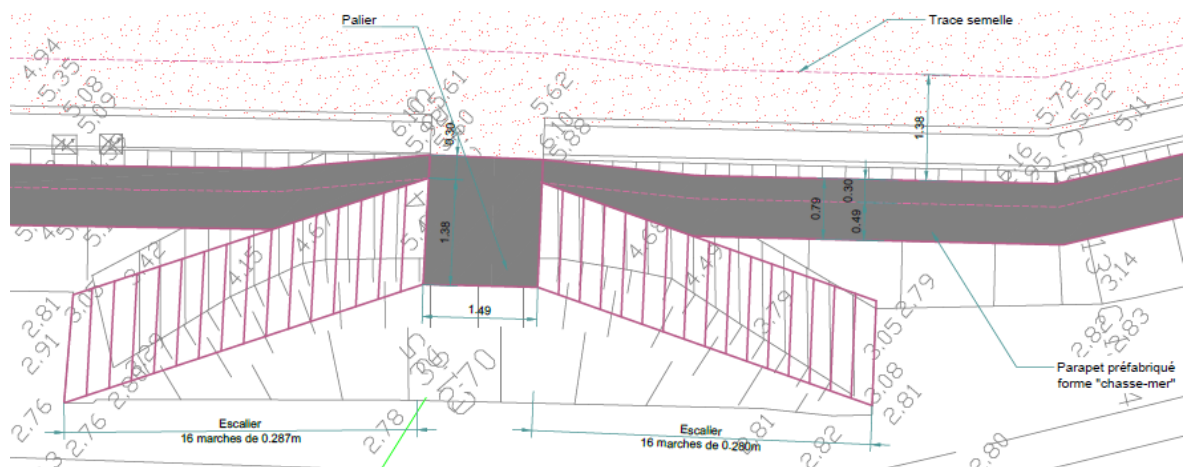


Fig. 24. Extrait vue du dessus de l'escalier central projeté

4.4.2. Assises en bois

La maîtrise d'ouvrage souhaite installer des assises en bois en tête du parapet. Leur esthétique se rapprochera des assises déjà mises en place sur le reste du front de mer.



Fig. 25. Exemple d'assise en bois installée sur le front de mer des Sables d'Olonne

Il est prévu d'installer 7 assises de 10 mètres, répartie le long des 220ml. Les emplacements sont à définir en concertation entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre paysagère du projet de réaménagement de la promenade.

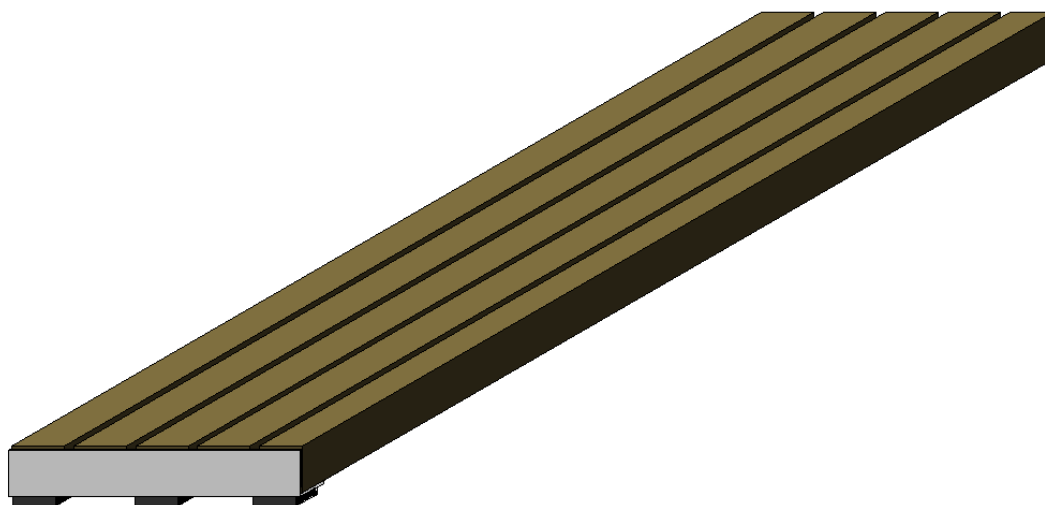


Fig. 26. Perspective de principe des assises projetées.

La fixation en tête du parapet chasse-mer se fera par l'intermédiaire de rails HALFEN en inox A4 (inox 316L). Les avantages de ces rails sont :

- L'adaptation de la position des fixations
- Leur intégration dans le moule de préfabrication des parapets. Autrement dit, certains parapets préfabriqués disposeront de ces rails HALFEN, il est donc indispensable de connaître leur position et leur nombre avant la fabrication.
- Evite de détériorer les parapets préfabriqués par des fixations rapportées.

Ce point est important : il faut préserver au maximum intact l'enrobage des structures en béton armé car il protège les armatures en acier. Face à l'environnement salin dans lequel se trouve l'ouvrage, les nombreux scellements chimiques qui devraient être mis en place seraient autant de faiblesses de l'enrobage

Matériaux :

- Bois : bastaings rabotés 4 faces qualité QF2/QF3 en Azobé ou Ipé, classe 5 selon EN 338
- Cornières métalliques : acier S235 et protection anticorrosion par peinture de classe C5M suivant article 1.4 du fascicule 56 du CCTG.

Article 1.4 - Classe d'environnement

Sauf disposition différente du marché, chaque ouvrage à protéger est classé dans l'une des 6 catégories de corrosivité suivantes (1) :

Catégories aériennes	C 2 : faible C 3 : moyenne C 4 : élevée C5M : très élevée (marine), en se limitant, pour cette catégorie, à une corrosivité correspondant à une perte de masse d'acier inférieure à 950 g/m ² /an (2)
Catégories immergées	Im 1 : eau douce Im 2 : eau de mer ou eau saumâtre

Selon la norme NF EN ISO 12944 partie 2 (2).

Fig. 27. Tableau de l'article 1.4 du Fasc. 56 du CCTG

- Organes de fixation :
 - o Rails HALFEN : Inox A4 (316L)
 - o Boulonnerie : Inox A4 (316L)
 - o Cales en polyéthylène haute densité
 - o Prévoir des rondelles plastiques pour isoler les matériaux de nature différentes et susceptibles de provoquer une corrosion galvanique.

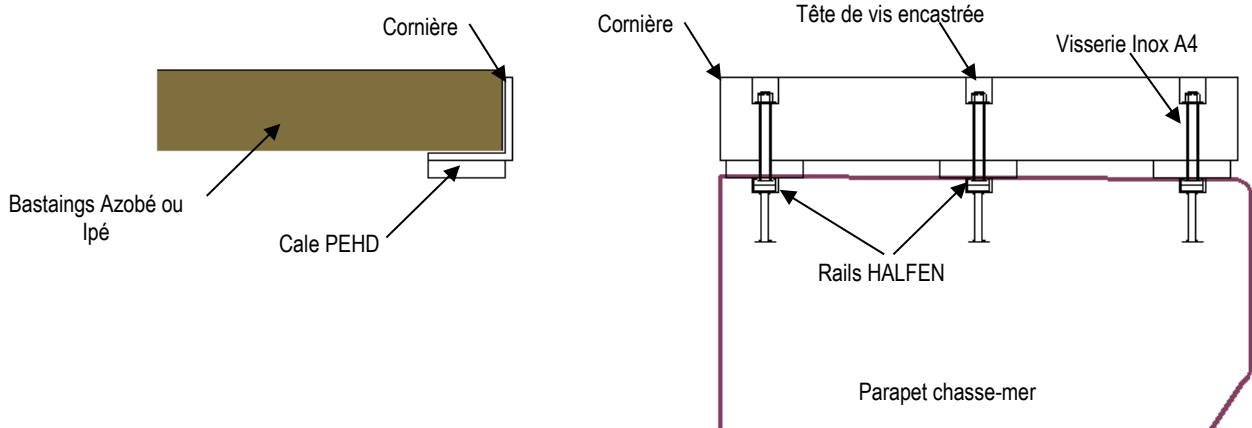


Fig. 28. Coupe sur parapet et localisation des parties de l'assise

4.4.3. Barrière anti-submersion

Une barrière anti-submersion pourra être mise en œuvre dans l'intervalle de l'entrée en haut de l'escalier. Elle sera de type batardeau en aluminium à partir de palplanches renforcées de 1,50m de large par 0.25m de hauteur. Deux palplanches seront nécessaires, équipées de joint de seuil et intermédiaire en EPDM et d'un vérin serreur antivol en tête.

Fonctionnement :

- En cas d'annonce d'alerte submersion, des agents techniques installent les palplanches dans les coulisses intégrées au béton du parapet. Le vérin permet de plaquer au sol l'empilement. Une option antivol permet de se prémunir des incivilités.
- Le reste du temps, les palplanches sont entreposées non loin (par exemple dans la Petite Tour Carrée). Les coulisses sont protégées par une tôle pliée peinte fixée au parapet.

Pour une meilleure efficacité de l'effet anti-submersion, nous constatons qu'il serait utile de poser également des barrières en haut de la cale au droit de la Rue des Remparts et en haut de l'escalier au Sud de la Tour Carrée. **Point à discuter avec MOA pour poursuite du PRO.**

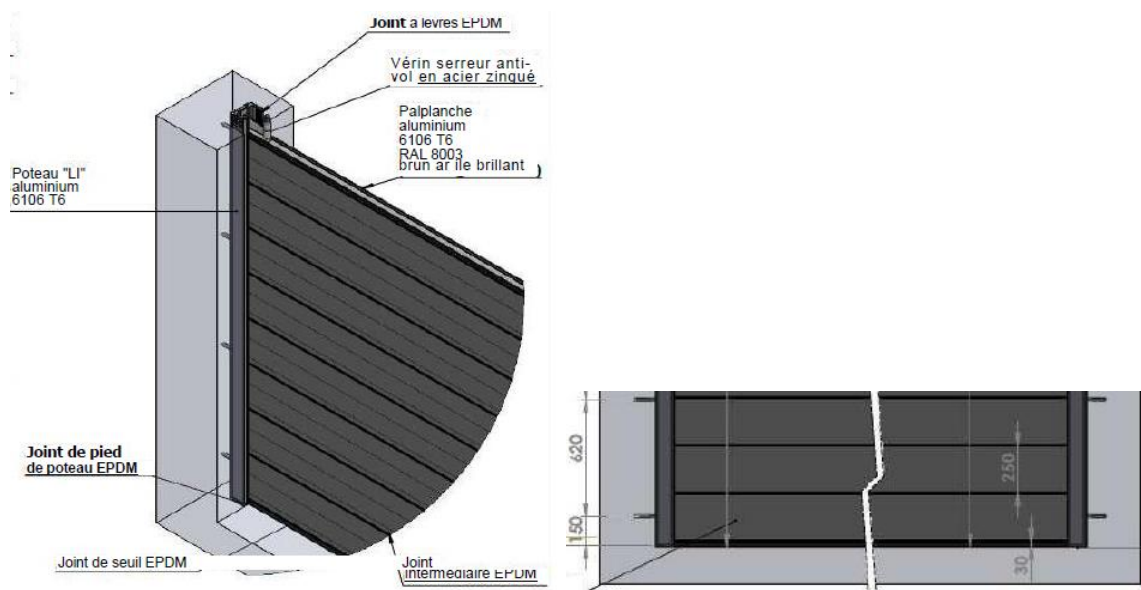


Fig. 29. Exemple de barrières anti-submersion – Source : FEUGIER

4.4.4. Réseaux

4.4.4.1. IMPACT DES RESEAUX

Dans le cadre de l'aménagement, les réseaux sont refondus. Ceux compris dans l'emprise du chantier du parapet devront donc être déposés et/ou déviés au préalable.

A terme, d'après les échanges avec la maîtrise d'œuvre chargée du projet de réaménagement de la promenade Georges Clémenceau, seul un réseau d'alimentation électrique des candélabres sera mis en place au-dessus de la semelle poids. Ce réseau n'a pas d'impact car sera posé après les travaux de génie civil.

4.4.4.2. EAUX PLUVIALES

Au regard des documents transmis, concernant les ouvrages de gestion d'eaux pluviales au niveau du belvédère de la Tour Carrée, il n'est pas envisagé de prolonger la forme chasse-mer sur le côté Ouest.

Les branchements à l'ovoïde T130, situé sous la risberme, demanderont des adaptations ponctuelles de la semelle poids.

5. ORGANISATION DES TRAVAUX

5.1. CONTRAINTES PARTICULIERES

La Promenade Georges Clémenceau est un axe très touristique, à fortiori commerçant, de la ville.

Il n'y a pas de possibilité de faire des travaux pendant la période du 15 juin au 31 août.

D'autre part, les activités touristiques demandent de modérer les nuisances sonores. Des plages horaires pourront être imposées au cahier des charges.

5.2. PHASAGE DES TRAVAUX

- Démolition du parapet existant et démontage soigné des moellons du haut du perré,
- Réalisation des fondations,
- Réalisation du parapet forme chasse-mer : fourniture, pose et clavetage des éléments préfabriqués,
- Finition du haut du perré maçonné : repose des moellons et rejointoiement,
- Finitions et repli de chantier.

5.3. INSTALLATION DE CHANTIER

Suivant l'articulation du chantier avec les travaux d'aménagement, la circulation sur la promenade Georges Clémenceau sera interrompue. Ainsi, la base vie de chantier (réfectoire, vestiaires, sanitaires) et les zones de stockage et d'approvisionnement pourront être installées directement le long du chantier du parapet.

Au droit du chantier, la circulation piétonne sera déviée sur le trottoir côté ville. La zone chantier sera clôturée par des barrières type HERAS. Un panneau de chantier sera installé en évidence au niveau de l'accès à la zone de chantier. Les barrières de chantier seront rabattues contre le trottoir en fin de journée pour réduire l'impact sur la circulation si celle-ci est maintenue pendant les travaux.

Si besoin, les rues des Barrières et des Meuniers pourraient garder leur circulation. A terme, l'aménagement prévu sur toute la largeur demandera de toute façon leur interruption.



Fig. 30. *Illustration de l'emprise chantier*

6. ESTIMATION DES TRAVAUX

Le détail quantitatif estimatif est fourni en annexe du présent rapport.

7. CALENDRIER

Phase	Statut	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr
Etudes PRO / DCE	4 semaines													
Validation PRO / DCE	2 semaines													
Appel d'offre	4 semaines													
Analyse - négociation	3-4 semaines													
Notification marché	3-4 semaines													
Période de préparation	6 semaines													
Travaux	12 semaines													
Réception	2 semaines													

8. ACTIONS POUR LA SUITE DES ETUDES

- Procéder à la reconnaissance du haut du perré : épaisseur, profondeur, vérifier la présence de redans ;
- Transmettre les données concernant les candélabres : nombre, position, dimensions des massifs ;
- Statuer sur la volonté d'équiper de barrières anti-submersion les ouvertures du parapet : haut de cale, haut de l'escalier central, ouverture au Sud du belvédère.
- Confirmer la nécessité de réaliser une déclaration préalable
- Confirmer que les réseaux sont bien déplacés dans le cadre des travaux d'aménagement de la promenade Georges Clémenceau

ANNEXE 1

PLANS PRO-DCE

ANNEXE 2

DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF