

RENOVATION DES TABLIERS DE PONTONS DU PORT DE TOGA

Annexe 8

Avant Projet (AVP)



SOCIÉTÉ D'ÉCONOMIE MIXTE LOCALE DU PORT DE PLAISANCE DE TOGA

SIÈGE SOCIAL : CAPITAINERIE — PORT DE PLAISANCE DE TOGA, 20200 VILLE DI PIETRABUGNO
TÉL. : 04 95 34 90 70 (LIGNES GROUPEES) — TÉLÉCOPIE : 04 95 34 90 71
COURRIEL : port.toga@orange.fr

PORT DE TOGA

RENOVATION DES TABLIERS DE PONTONS AVP



1350 avenue Albert Einstein Bat 11
34000 MONTPELLIER
Tél : 04 99 52 92 25
Courriel : sofid@sofid.eu

RENOVATION DES TABLIERS DE PONTONS

Rév	Date	Intitulé	Rédigé par	Visé par :
1	27/10/2022	Emission initiale	S.A.	F.Z.

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DU PROJET	6
1.1. HISTORIQUE ET CONTEXTE.....	6
1.2. CONTENU DE LA MISSION.....	7
1.3. OBJET DE LA NOTE.....	7
2. SYNTHESE DES DONNEES ET ETATS DES LIEUX.....	8
2.1. DONNEES DE REFERENCES	8
2.2. LE PORT ACTUEL.....	9
2.3. LES OUVRAGES ACTUELS	10
2.4. EVENEMENT AGGRAVANT	13
2.5. ACTIONS D'URGENCE MISE EN PLACE.....	14
2.5.1. <i>Les travaux pour les travées non renforcées</i>	14
2.5.2. <i>Les travaux pour les travées renforcées par les HEA</i>	15
2.5.3. <i>Travaux annexe</i>	15
2.6. TRAVAUX D'URGENCE (ARTICLE R 214-44).....	16
2.7. DONNEES HYDROMETEOROLOGIQUES	17
2.7.1. <i>Vent</i>	17
2.7.2. <i>Houle et clapots</i>	19
2.7.3. <i>Courant</i>	20
2.7.4. <i>Niveau d'eau</i>	20
2.8. BATHYMETRIE	25
2.9. GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE	25
2.9.1. <i>Géologie</i>	25
2.9.2. <i>Geotechnique</i>	25
2.10. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX	26
3. PROPOSITION D'AMENAGEMENT	27
3.1. HYPOTHESES	27
3.1.1. <i>Catégorisation des bateaux</i>	27
3.2. MODALITE DE MANŒUVRES	29
3.2.1. <i>Longueur des places</i>	29
3.2.2. <i>Largeurs des places</i>	30
3.2.3. <i>Dimension des postes</i>	31
3.2.4. <i>Couloir entre pontons</i>	31
3.2.5. <i>Chenal d'accès</i>	31
4. PROPOSITION D'AMENAGEMENT	32
4.1. BESOINS EXPRIMES	32
4.1.1. <i>Catégories de bateaux</i>	32
4.1.2. <i>Installations et équipements</i>	32
4.2. PROPOSITION – SCENARIO 1	32
4.3. PROPOSITION – SCENARIO 2	34
4.3.1. <i>Comparaison avec l'existant - Gain de place</i>	36
5. CONCEPTION DES STRUCTURES.....	37
5.1. DOCUMENTS DE REFERENCE	37
5.2. DUREE DE VIE DES OUVRAGES	37
5.3. ACTIONS ET COMBINAISONS D' ACTIONS	38
5.3.1. <i>Charges d'exploitation (EXP)</i>	38
5.3.2. <i>Amarrage</i>	38
5.3.3. <i>Efforts d'accostage (AC)</i>	40
5.3.4. <i>Combinaison d'actions</i>	41
5.4. VERIFICATION DES OUVRAGES EXISTANTS	42

5.5.	AMENAGEMENT ET EQUIPEMENTS	43
5.5.1.	<i>Appontement fixe</i>	43
5.5.2.	<i>Système d'amarrage</i>	46
5.5.3.	<i>Equipements d'amarrage</i>	46
5.5.4.	<i>Equipements portuaires</i>	47
5.5.5.	<i>Réseaux</i>	49
6.	COUT	50
6.1.	SCENARIO 1 – REMISE EN PLACE DES BATEAUX A L'IDENTIQUE	50
6.2.	SCENARIO 2 – OPTIMISATION DU PLAN D'EAU	51

Table des illustrations

Figure 1 :	Image satellitaire du port Toga (Source : google Earth)	6
Figure 2 :	Mission de maîtrise d'œuvre : enchaînement des différentes phases.....	7
Figure 3 :	Plan de masse existant du port.....	9
Figure 4 :	Profils en long et en travers ponton 4	10
Figure 5 :	Dégradations des poutres à différents degrés d'avancement.....	11
Figure 6 :	Eclatement du béton et détachement de la partie basse de la poutre retenue par un profilé métallique en renfort à droite	12
Figure 7 :	Dégradations des bétons observées sur les Chevêtres	12
Figure 8 :	Plan de masse du port Toga avec repérage des pontons et des renforcements déjà réalisés	13
Figure 9 :	plan masse des travaux à réaliser sur travée non renforcée.....	14
Figure 10:	coupe type travaux travée non renforcée	15
Figure 11 :	Coupe type travaux travée renforcée par HEA.....	15
Figure 12 :	Photographie des travaux d'urgence réalisés.....	16
Figure 13 :	Vents corse (Source : ROL Corse).....	17
Figure 14 :	Rose des vents au large de Bastia.....	17
Figure 15 :	Echelle de Beaufort (Source : Météo France).....	19
Figure 16 :	Niveau d'eau de projet	21
Figure 17 :	Atlas hydrodynamique - site de Bastia, BRGM, 2016	21
Figure 18 :	Lois d'ajustement des surcotes extrêmes retenues à Ajaccio (Source [10])	22
Figure 19 :	IPCC, SROCC, 2019 - §4.1.2	24
Figure 20 :	Extrait de carte géologique (Source : infoterre.brgm.fr).....	25
Figure 21 :	Caractéristiques des bateaux projets	27
Figure 22 :	Principe largeur des places	30
Figure 23 :	Contrainte sur l'espacement entre les pontons	31
Figure 24 :	Coupes sur appuis.....	42
Figure 25 :	Illustration d'un système de défense sur ponton.....	45
Figure 26 :	Défense d'étrave delta.....	45
Figure 27 :	Schéma d'amarrage par pendille.....	46
Figure 28 :	Illustration taquet d'amarrage sur ponton	46
Figure 29 :	Equipement de sécurité.....	48
Figure 30 :	Plaque existante	48
Figure 31 :	Bornes existantes.....	49

Tableaux

Tableau 1 : Liste des données d'entrées	8
Tableau 2 : Marée à Bastia (d'après le SHOM, 2020)	20
Tableau 3 : Synthèse des surcotes (CETMEF 2014)	22
Tableau 4 : Evolution projetée de la température moyenne à la surface du globe (GIEC, 2013)	23
Tableau 5 : Niveaux d'eau de projet	24
Tableau 6 : tableau de caractéristiques des bateaux par catégorie	28
Tableau 7 : Tableau de longueurs des bateaux par catégorie	29
Tableau 8 : tableau de largeurs des bateaux par catégorie	30
Tableau 9 : Tableau des places par catégorie	31
Tableau 10 : tableau de durée de vie des ouvrages	37
Tableau 11 : tableau d'effort d'amarrage par catégorie de bateaux	39
Tableau 12 : tableau d'effort d'amarrage par appontement	40
Tableau 13 : Efforts d'accostage transversal	41
Tableau 14 : Nombre et caractéristiques des taquets, par catégorie de bateau	47

1. PRESENTATION DU PROJET

1.1. Historique et contexte

Le Port de Toga est ouvert depuis le 1er juillet 1990 (32 ans) et se place en cinquième position en termes de capacité d'accueil des ports de plaisance de Corse.

Il se situe à cheval sur les communes de Bastia et Ville di Pietrabugno et se compose de :

- ✓ 359 places à flots sur pannes fixes pour des bateaux de 5 à 25m
- ✓ une capitainerie,
- ✓ une station d'avitaillement,
- ✓ une aire de carénage,
- ✓ 160 locaux répartis dans 8 bâtiments accueillant des activités telles que : bars, restaurants, boîtes de nuit, bureaux administratifs (ceux de la CAB notamment), professions libérales, boutiques de plongée etc...



Figure 1 : Image satellitaire du port Toga (Source : google Earth)

Le plan d'eau est exploité dans le cadre d'une concession par la SEML port TOGA déléguée par les communes de Ville de Pietrabugno et Bastia suite à un transfert des emprises vers le Domaine public Portuaire des deux communes.

La SEML a pour mission la gestion, l'administration, l'exploitation, l'entretien et la mise en valeur des ouvrages et équipements du port.

Les ouvrages et équipements du port datent de plus de 30 ans et les installations portuaires atteignent aujourd'hui un état de dégradation avancé.

Les infrastructures les plus fragiles se trouvent aujourd'hui en fin de vie et en limite de rupture. C'est en particulier le cas des pontons béton qui ne présentent plus les garanties de tenue satisfaisante.

1.2. Contenu de la mission

La mission consiste à réaliser les études pour le remplacement et la remise en exploitation des pontons de Port Toga ainsi que la vérification de la tenue des pontons.

La mission confiée à SOFID se décompose en 4 phases distinctes :

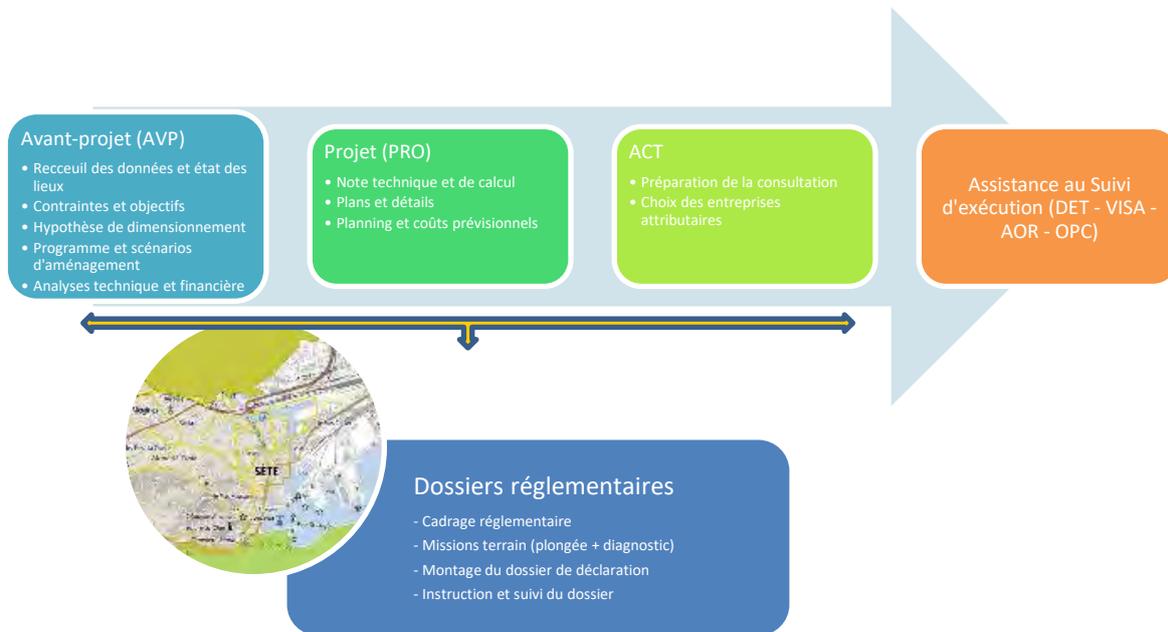


Figure 2 : Mission de maîtrise d'œuvre : enchaînement des différentes phases

1.3. Objet de la note

Les travaux doivent achever la mise en sécurité, l'objectif est donc de rénover l'ensemble des pontons pour garantir une exploitation usuelle et pour lever tous les doutes sur la pérennité des structures et d'arrêter les frais de suivi et de réparations provisoires. La mission concerne principalement la dépose des pontons existants, la reprise des appuis, la fourniture et la pose des nouveaux pontons et la réfection des réseaux.

Le présent document établit l'étude d'avant-projet (AVP).

La mission correspond à une phase AVP avec :

- ✓ Définition des contraintes et objectifs ;
- ✓ Définitions des hypothèses générales d'aménagement et de dimensionnement ;
- ✓ Programme et scénario d'aménagement
- ✓ Analyse techniques et financières

2. SYNTHÈSE DES DONNÉES ET ETATS DES LIEUX

2.1. Données de références

L'étude a débuté par la collecte et l'analyse des données et informations transmises par la MOA, au travers, et récoltés par ailleurs.

Outre le cahier des charges de la présente mission, la liste des données d'entrées utilisées dans le cadre de l'étude est récapitulée ci-dessous :

Tableau 1 : Liste des données d'entrées

Réf.	Référence documents	Auteur	Appréciation de la donnée
[1]	Plan Masse Port de Toga	SEML Port de plaisance de Toga	Plan masse des pontons et emplacement des bateaux, échelle 1/1000 en format pdf. Le pdf n'est pas géoréférencé. Le calage sur autocad ne peut se faire précisément.
[2]	Plan récolement enrochements, octobre 2011	CTM	Plan de récolement des enrochements de la digue et réparation de la panne du ponton 4 au format .dwg. Absence de levé topographique sur les pontons et bathymétrie du port.
[3]	Photo des coupes longitudinal et détails, 1987	Société d'Etude d'Aménagements et d'Equipements de Ports de Plaisance	Photographies des plans papiers des coupes longitudinal et des détails du projets de création du Port de plaisance de Toga. Les dimensions des éléments vues sur place ne correspondent pas au plan présenté.
[4]	Plan masse du Port de Toga, catégorie de bateaux	Société d'Etude d'Aménagements et d'Equipements de Ports de Plaisance	Plan masse des pontons et emplacement des bateaux, échelle 1/1000 en format pdf faisant apparaître les différents catégories de bateaux.
[5]	Eurocodes 0 a 10 (NF-EN-199X (0a9) + Annexes Nationales correspondantes)	Normes Européennes et Française	Référentiel pour les calculs d'effort et de stabilités des ouvrages
[6]	ROSA 2000 : Recommandations pour les Calculs aux Etats limites des Ouvrages en Sites Aquatiques)	CETMEF	Référentiel pour le calcul des efforts d'amarrage sur les bateaux
[7]	Pontons (Les) de plaisance. Guide de conception	Presses de l'école nationale des ponts et chaussées	Guide servant de références à la conception des pontons, utile ici pour les hypothèses sur les dimensions des bateaux.
[8]	Les aménagements de plaisance maritime – Plan masse et éléments d'indication sur les équipements.	CETMEF	Livret référence de recommandations pour les aménagements de plaisances
[18]	Références Altimétrie Maritimes – Ports de France métropolitaine et d'outre-mer, 2020.	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)	Valeurs de référence pour les niveaux d'eau prises à Bastia
[19]	Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines, 2014	CETMEF	Valeurs de référence pour les surcotes prises à Bastia
[20]	Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC), septembre 2019	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC),	Dernier rapport du Giec sur les océans, publié en 2019. Il alerte sur la hausse du niveau des mers. Selon les scénarios, l'élévation pourrait atteindre entre 40 et 80 cm avant la fin du siècle

2.2. Le port actuel

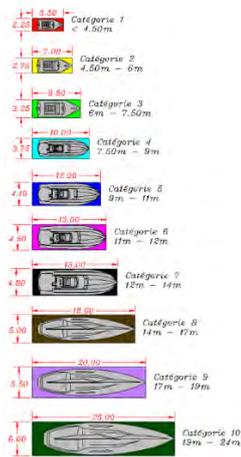
Le plan d'eau est composé de 5 pannes fixes sur pieux et d'un linéaire de quai.

Le plan de mouillage existant a été rapporté sur le plan suivant :



Figure 3 : Plan de masse existant du port

Les catégories de bateaux existantes et répartitions sont les suivantes :



Type	Taille Places	Nombre de place existantes
Catégorie 1	5,50 x 2,25	116
Catégorie 2	7,00 x 2,75	66
Catégorie 3	8,50 x 3,25	45
Catégorie 4	10 x 3,75	54
Catégorie 5	12 x 4,10	34
Catégorie 6	13 x 4,50	4
Catégorie 7	15 x 4,80	22
Catégorie 8	18 x 5,00	2
Catégorie 9	20 x 5,50	1
Catégorie 10	25 x 6,00	2
Total		346

2.3. Les ouvrages actuels

Le port dispose de 5 pannes fixes béton, pour un total de 48 travées.

L'ensemble des infrastructures a été construit en même temps dans les années 1988 – 1989 (soit plus de 30 ans) sur un même principe :

- ✓ Travée de 10ml, 2m de large et 0,55m de hauteur avec une structure poutre béton précontrainte, dalle et traverse béton armée,
- ✓ Chevêtres béton armé en reprise d'appui (efforts répartis par les traverses),
- ✓ Fondations par 2 pieux sur semelles béton et assise ballast.

Les coupes sur ponton peuvent être représentées comme ci-dessous :

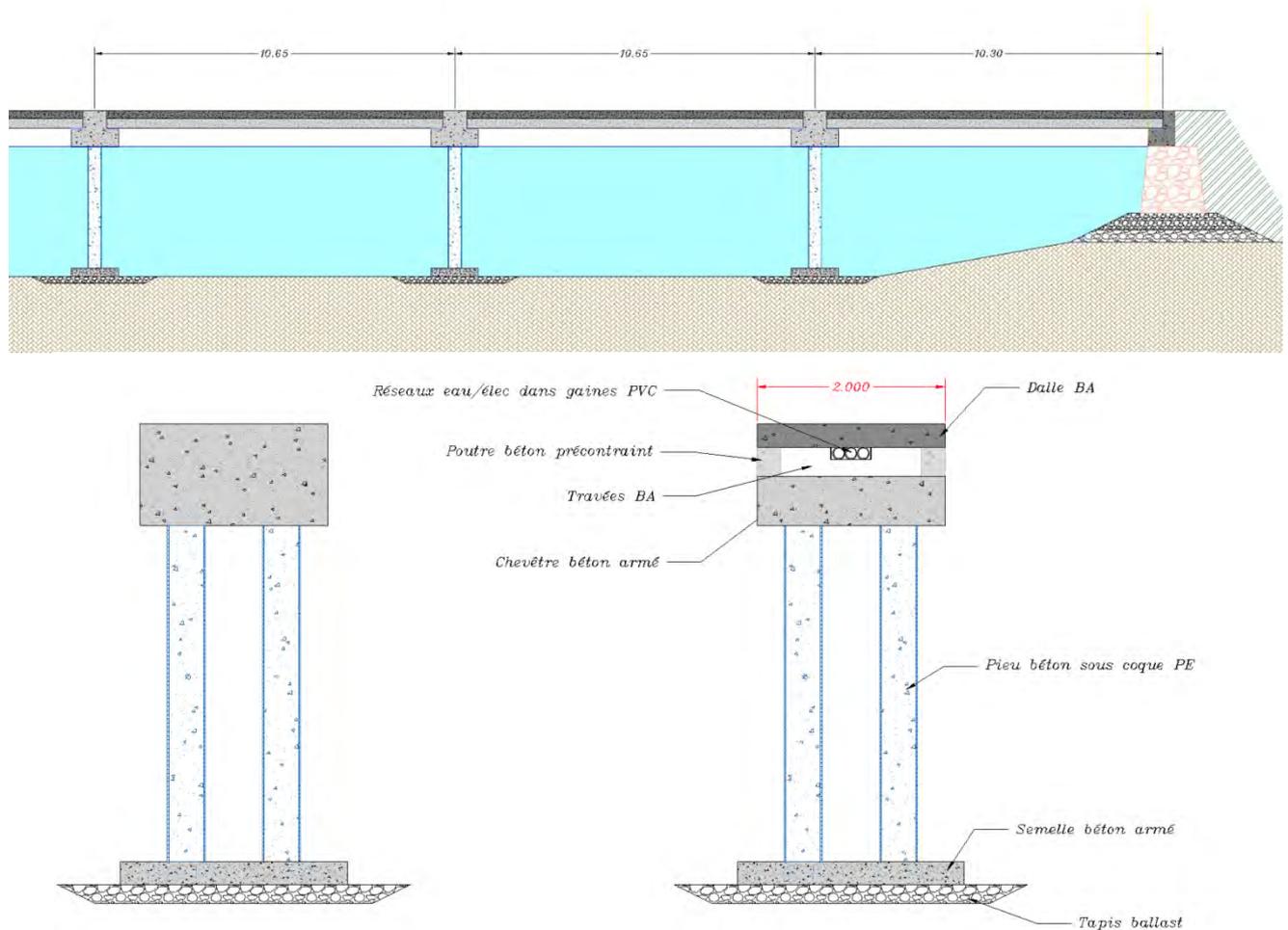


Figure 4 : Profils en long et en travers ponton 4

Globalement des fissures et/ou des éclatements avec zones de corrosion à des degrés divers sont présentes sur les éléments de structures.

Les principaux défauts visibles sont liés à la corrosion des aciers. On peut reprendre la classification des défauts ci-dessous qui décrit l'évolution correspondante sur ces ouvrages :

- ✓ la première, d'une durée «t0», est la période dite « d'incubation » (phase dormante) pendant laquelle les agents agressifs pénètrent dans le béton d'enrobage et finissent par arriver au contact des armatures ;
- ✓ Ensuite, dès que le pH tombe à 9 et avec le milieu humide, salin et aéré du port, la corrosion se développe, ce qui marque le début de la période dite de propagation. On relève des taches de corrosion sur les éléments, notamment les chevêtres, où l'on peut s'attendre à un agrandissement de ces tâches, qui évolueront en fissurations.
- ✓ L'expansion de la rouille, qui se développe, provoque dans un premier temps la fissuration du béton d'enrobage puis sa fracturation. C'est le défaut le plus visible sur les poutres. Ce type de défaut traduit une modification du fonctionnement de la structure par manque d'adhérence des aciers.
- ✓ Ensuite, le béton éclate, les morceaux tombent à l'eau (il y a danger pour les usagers et les tiers). L'association acier-béton, ne fonctionne plus. L'acier est présent mais ne peut donc être entièrement pris en compte. Bien sûr à ce stade de développement de la corrosion une perte de section d'acier importante est également présente. Il y-a donc moins d'acier, et les aciers présents fonctionnent moins bien : les coefficients de sécurité sont très réduits par rapport à ceux garantis par l'étude initiale.
- ✓ Enfin, il y a disparition des armatures et à terme effondrement de tout ou partie de la structure.

Pour les aciers de précontrainte (fils ou torons) la combinaison des attaques corrosives et des contraintes de tension appliquées dans ces armatures entraîne une rupture par corrosion sous tension.

Il s'agit d'une corrosion à caractère fissurant se développant à partir de piqûres superficielles des armatures et qui peut entraîner la rupture sans perte de matière significative

Les éléments les plus impactées sont les poutres longitudinales précontraintes des tabliers.

Les poutres sont situées dans la zone de marnage, et soumises aux embruns. C'est dans cette zone qu'on observe les phénomènes les plus marqués de corrosion en site maritime. Ce sont les éléments qui concentrent le plus l'attention.

Les photos ci-dessous témoignent de l'état de dégradation des ouvrages



Figure 5 : Dégradations des poutres à différents degrés d'avancement

On observe bien sur les photos ci-dessus l'évolution du processus de dégradation des poutres.



Figure 6 : Eclatement du béton et détachement de la partie basse de la poutre retenue par un profilé métallique en renfort à droite

Compte tenu de l'avancement important du processus de corrosion ce type de désordres sera forcément observé à l'avenir sur l'ensemble des pontons, annonçant une ruine imminente. Mais l'absence d'apparition de ces désordres ne signifie pas l'absence de risque d'effondrement.

Sur les inspections visuelles réalisées, il apparaît également que certains chevêtres montrent des zones de corrosion plus ou moins avancées et des fissures et/ou des éclatements plus ou moins prononcés.



Figure 7 : Dégradations des bétons observées sur les Chevêtres

Les photographies montrent bien que l'amorce de la corrosion démarre au niveau des anneaux de levage et se poursuit sur les armatures principales. Contrairement aux travées, le stade d'évolution de la corrosion est moins avancé et le risque de rupture est bien moindre. L'option de remplacement total est écartée au profit d'interventions plus ajustées (purges, passivation, renforts...).

Aucun problème ou de désordres n'est repérés concernant les pieux d'appuis et semelles de fondations.

2.4. Evènement aggravant

En septembre 2016, suite à une violente tempête, une travée d'un des pontons s'est effondrée.

En réaction, et après mise en sécurité des bateaux, l'ensemble des pontons du port ont fait l'objet d'un diagnostic complet par les sociétés ISB et Aqua Terrestre Activité (ATA).

Cette inspection détaillée a mis en évidence un état de dégradation avancé des éléments structurels des pontons. Il a été constaté les nombreuses fissurations, épaufrures, décollements et éclatements du béton avec zones de corrosion à des degrés divers, comme explicité au paragraphe précédent)

Suite à ce constat et au retour d'expérience après l'effondrement d'une travée de même conception, la SEML a procédé à des premiers renforcements. Ainsi, plusieurs travées ont été soutenues par la mise en place de poutres métalliques ou de châssis inox. Un protocole de suivi a également été mis en place avec des visites de contrôle régulières pour suivre l'évolution de l'ouvrage.

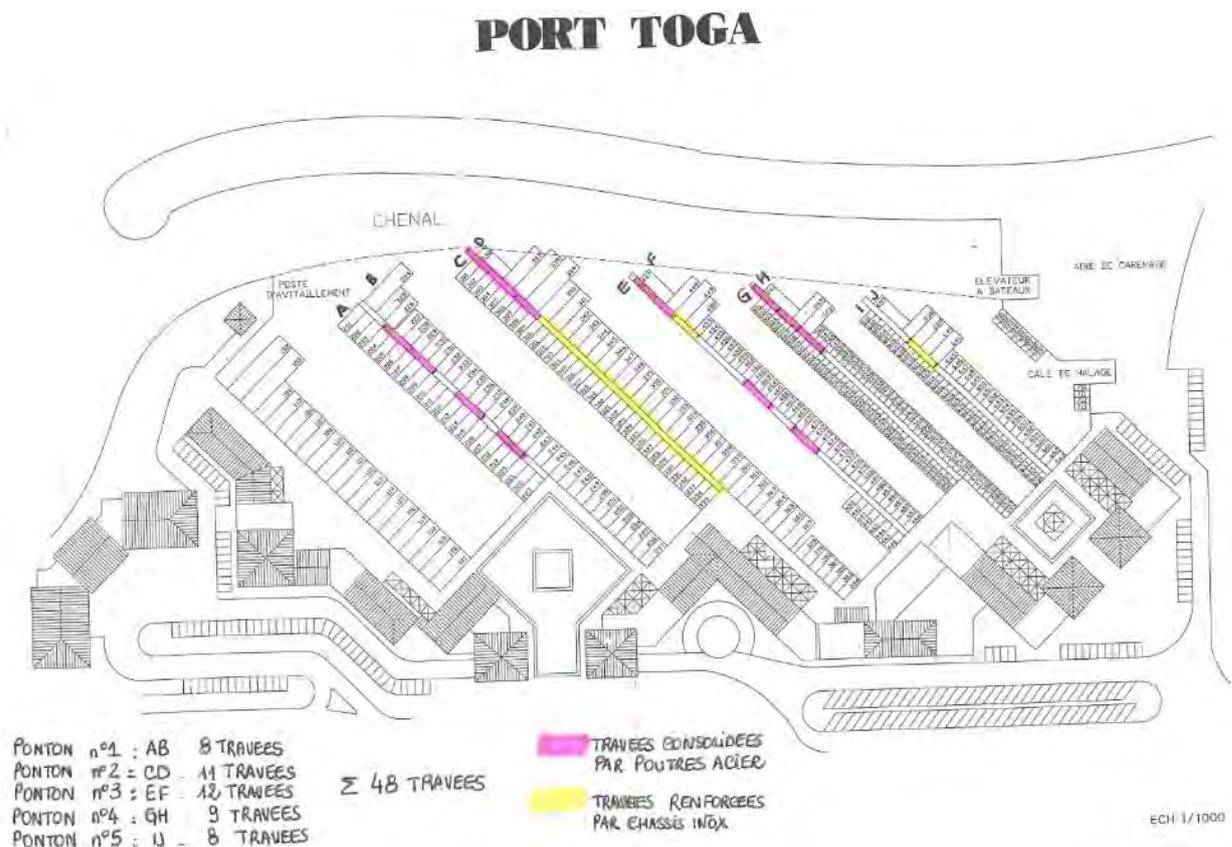


Figure 8 : Plan de masse du port Toga avec repérage des pontons et des renforcements déjà réalisés

Ces renforcements ont permis jusqu'ici de maintenir l'usage mais ne permettent pas de stopper le processus de dégradation. Elles ne sont plus suffisantes aujourd'hui pour garantir une pérennité de la structure.

Les visites périodiques réalisées par ATA et un diagnostic réalisé par ISB ont révélées le caractère évolutif des désordres et ont permis de montrer que l'état de l'ouvrage continue à se dégrader fortement y compris les renforcements qui menacent de s'effondrer (corrosion très avancée, perte de section, déformation excessives, ...).

2.5. Actions d'urgence mise en place

Le 20 mai 2022, la note du bureau d'étude SOFID a fait état d'éléments laissant craindre un effondrement des structures de la totalité des pontons et présentant ainsi un caractère d'urgence imposant une interdiction d'accès et d'usage immédiate.

Il a été préconisé l'interdiction d'accès, même piéton, aux pontons ainsi que l'amarrage et l'accostage (appuis) sur les poutres béton de ces pontons ainsi que l'interdiction de la vie à bord des bateaux proches de ces pontons compte tenu des risques de rupture importants qui pèsent sur l'ensemble des structures.

Au vu de ce constat alarmant, la totalité des pontons a été fermée à l'accès et à l'amarrage par voie d'arrêtés.

Une intervention de renforcement d'urgence a été lancée afin de mettre en sécurité les points d'amarrage de ces pontons et permettre une exploitation provisoire des pontons.

Ces travaux provisoires restent une mesure d'urgence ont permis d'assurer l'amarrage des bateaux pendant l'été 2022. La circulation sur les pontons est restée quant à elle interdite. Les usagers ont donc dû rejoindre leurs bateaux par voie maritime, ce qui restent très contraignants.

2.5.1. Les travaux pour les travées non renforcées

Les travaux consistent à mettre en place une chaîne liège galvanisée ayant une CMU de 9t (16mm de diamètre) et entourant les 4 pieux béton de la travée concernée.

Cette chaîne se referme par une manille (de même résistance) et est tenue aux chevêtres par 4 manilles accrochées à des 4 anneaux scellés chimiquement dans les chevêtres et ayant une résistance de 6t.

Cette chaîne est tendue autant que possible.

Sur cette chaîne, des bouées moussées avec anneau de 4 t sont fixées par une chaîne de même diamètre (longueur 1m) et deux manilles. Ces bouées sont positionnées en face des taquets actuels et les pendilles des postes y sont attachées. L'anneau de ces bouées peut amarrer 2 bateaux.

Les figures ci-dessous illustre le principe pour une travée non renforcée.

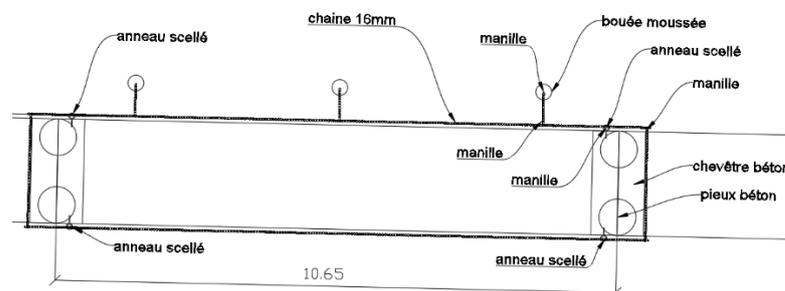


Figure 9 : plan masse des travaux à réaliser sur travée non renforcée

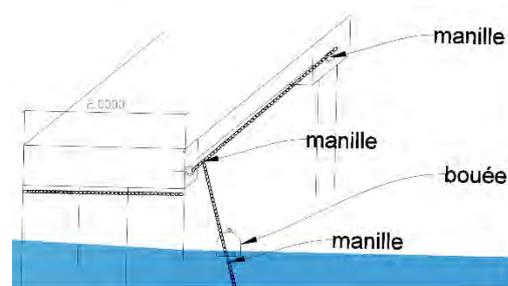


Figure 10: coupe type travaux travée non renforcée

2.5.2. Les travaux pour les travées renforcées par les HEA

Sur les travées renforcées par des HEA, des anneaux d'amarrage de CMU 6t sont boulonnés sur l'âme basse. Pour cela les HEA sont nettoyés de la corrosion présente et percés au diamètre correspondant à l'anneau. L'anneau est fixé par une rondelle et un écrou de type Nylstop.

Ces anneaux sont positionnés au droit des taquets actuels.

Sur ces anneaux qui pourront être immergés, sont fixés le même système bouée/manilles que sur les travées non renforcées.

La coupe type illustre le principe.

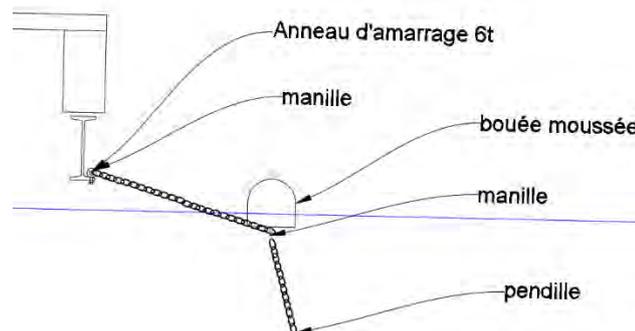


Figure 11 : Coupe type travaux travée renforcée par HEA

2.5.3. Travaux annexe

Sur le début des pontons des anneaux de scellement sont réalisés directement dans le quai poids.

Il est également démonté les moyens d'amarrage actuel (taquets ou bollards) afin d'éviter leur utilisation.

Ces travaux provisoires restent une mesure d'urgence devant permettre d'assurer l'amarrage des bateaux pour cet été. La circulation sur les pontons reste quant à elle interdite. Les usagers doivent donc rejoindre leurs bateaux par voie maritime, ce qui restent très contraignants.

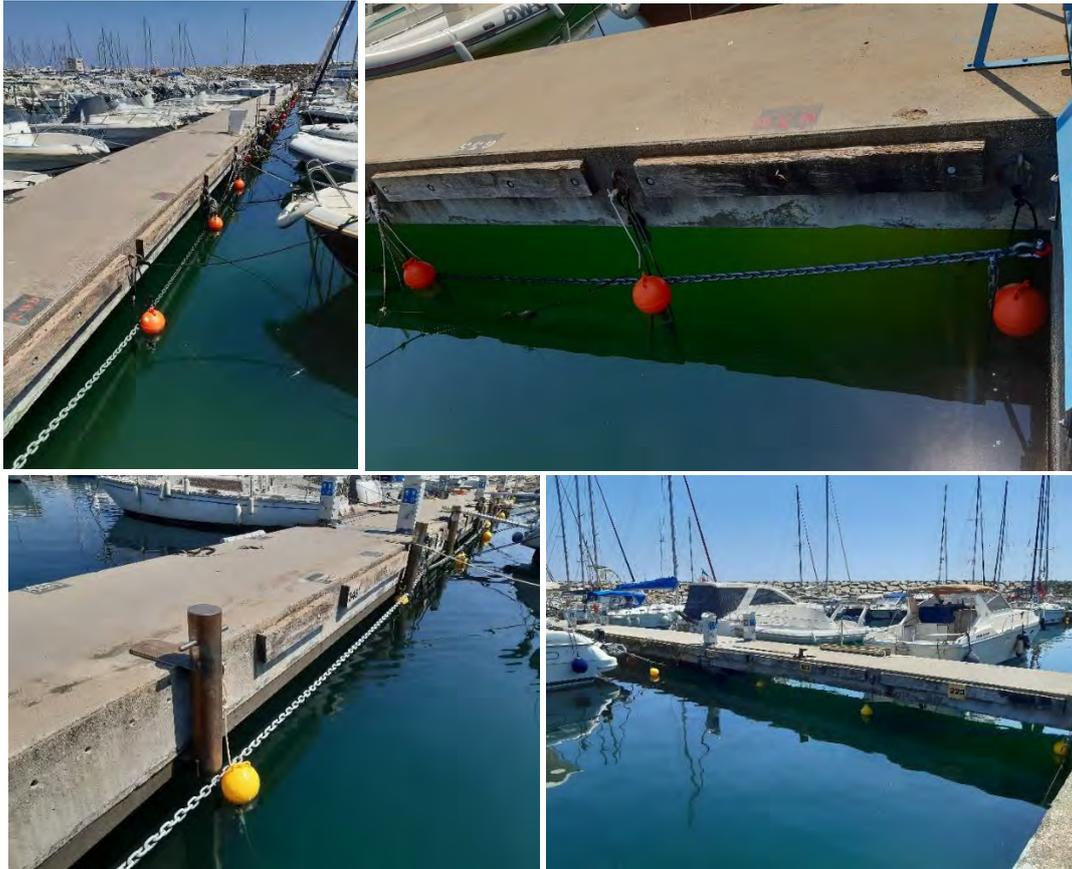


Figure 12 : Photographie des travaux d'urgence réalisés

Ces travaux provisoires restent une mesure d'urgence devant permettre d'assurer l'amarrage des bateaux pour cet été.

La circulation sur les pontons reste quant à elle interdite.

Les usagers doivent donc rejoindre leurs bateaux par voie maritime, ce qui restent très contraignants.

2.6. Travaux d'urgence (article R 214-44)

Il est difficile de prévoir l'effondrement des prochaines travées, toutes très dégradées. Par ailleurs, pour des besoins pratiques (accès, amarrage, branchement des câbles électriques et tuyaux d'eau), les usagers pourraient continuer de monter sur les pannes malgré l'interdiction, ce qui peut, compte tenu de leur état, constituer un danger sérieux.

Laisser les pannes en l'état sur la durée constituerait clairement un danger majeur pour les usagers. Celles-ci sont dans une stabilité trop précaire. De plus, si une nouvelle travée venait à s'effondrer, elle pourrait entraîner sous l'eau les bateaux qui y sont amarrés, ce qui pourrait générer des dégâts et pertes importants.

Il est donc dans l'intérêt de tous que ces pannes soient remplacées rapidement.

2.7. Données hydrométéorologiques

Le site du port de Toga est soumis au climat méditerranéen tempéré chaud caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

Sa position en fait un site exposé aux coups de vents et aux conditions d'agitation générées par les houles d'EST.

Sur le site d'étude, les principaux phénomènes d'agitation proviennent des houles et clapots générés par les vents de Nord-Est.

2.7.1. Vent

a) Régime des vents

Le long des côtes de Corse, le régime de vents est composé de six vents dominants :

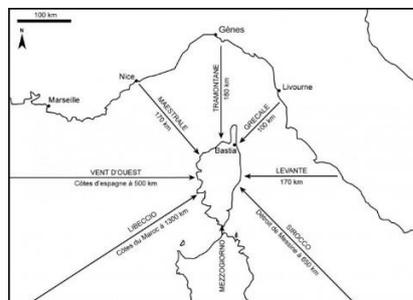


Figure 13 : Vents corse (Source : ROL Corse)

- ✓ Le Libeccio (secteur Ouest à Sud-Ouest) : vent violent qui expose les régions nord et la façade occidentale de l'île.
- ✓ Le Mistral (secteur Nord-Ouest 280°-360°) : vent particulièrement violent et sec en été. Il affecte surtout la partie occidentale de la Corse ;
- ✓ La Tramontane (secteur Nord à Nord-Est) : vent violent et froid ;
- ✓ Le Levant (secteur Est) qui accompagne de très fortes précipitations sur la façade orientale de l'île ;
- ✓ Le Grec (secteur Nord-Est 20-80°) : vent frais et humide qui peut être très violent entre l'automne et la fin de l'hiver ;
- ✓ Le Sirocco (secteur Sud à Sud-Est) : vent chaud et humide et souvent pluvieux.

Les vents violents (>15m/s) se rencontrent principalement en hiver et proviennent principalement des secteurs Nord-Est et Sud-Est.

La rose des vents ci-dessous en témoigne :

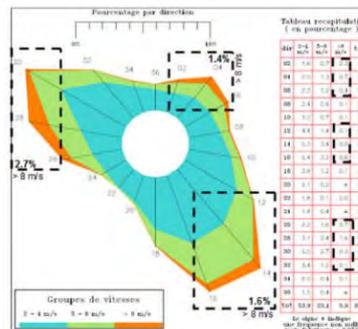


Figure 14 : Rose des vents au large de Bastia

b) Valeurs réglementaires

Afin de déterminer une vitesse de vent représentative pour la région de Bastia qui sera prise en compte pour l'évaluation des efforts d'amarrage des navires de plaisance, nous nous sommes reportés à l'Eurocodes 1, qui est également appelées dans le fascicule de « Recommandations pour le calcul aux états limites des ouvrages en sites aquatiques » du CETMEF (base de nos notes de calculs pour les dimensionnements).

D'après l'Eurocode 1, Bastia se trouve en zone 4 correspondant à une vitesse de référence de base du vent de $v_{bo} = 28 \text{ m/s}$.

La vitesse de référence est prise égale à :

$$v_b = c_{prob} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{bo}$$

Avec :

- ✓ c_{prob} : coefficient de probabilité pris égal à 1,0 pour une période de retour de 50 ans
- ✓ c_{dir} : coefficient de direction pris égal à 1,0 pour la prise en compte des directions de vents
- ✓ c_{season} : coefficient de saison pris égal à 1,0 pour prendre en compte la totalité de l'année

On a donc une vitesse de référence $v_b = 28,0 \text{ m/s}$

La vitesse moyenne est prise égale à $v_m(z) = v_b \cdot c_r(z) \cdot c_o(z)$

- ✓ $c_r(z)$ coefficient de rugosité suivant la hauteur moyenne au vent des bateaux
- ✓ $c_o(z)$ coefficient d'orographie pris égal à 1,0 (le vent souffle sans obstacle)

On a donc $v_m(z) = 28,0 \cdot c_r(z) \text{ m/s}$ qui est la vitesse du vent de période de retour 50 ans moyennée sur 10min.

Pour la détermination des efforts d'amarrages dus aux vents, les recommandations ROSA2000 préconisent l'utilisation de vitesse de vent moyennée sur 1min pour des bateaux de plus de 25m et sur 15s pour ds bateaux de moins de 25m. Cette vitesse est calculée comme suit :

$$\frac{V_{1min}}{V_{10min}} = 1 + \sqrt{2 \ln \frac{T_2}{5T_1}} \times \frac{1}{\ln \frac{z}{z_0}}$$

c) Echelle de Beaufort

L'échelle de Beaufort permet de classer et de désigner la force du vent par degrés successifs, numérotés de 0 à 12. Cette échelle, initialement destinée à améliorer la concision et la précision des journaux de bord, est aujourd'hui d'un usage universel en météorologie marine. Elle est présentée comme suit :

Degré Beaufort	Terme descriptif	Vitesse moyenne en noeuds	Vitesse moyenne en km/h	Observations en mer	Observations sur terre
0	Calme	= 1	= 1	La mer est comme un miroir.	On ne sent pas de vent, la fumée s'élève verticalement.
1	Très légère brise	de 1 à 3	De 1 à 5	Quelques rides en écaille de poisson, mais sans aucune écume.	On sent très peu le vent, sa direction est révélée par la fumée qu'il entraîne, mais non par les girouettes.
2	Légère brise	de 4 à 6	de 6 à 11	Vaguelettes courtes aux crêtes d'apparence vitreuse, ne déferlant pas.	Le vent est perçu au visage, les feuilles frémissent, les girouettes tournent.
3	Petite brise	de 7 à 10	de 12 à 19	Très petites vagues (environ 80 cm de haut), les crêtes commencent à déferler, les moutons apparaissent.	Les drapeaux légers se déploient, les feuilles et les rameaux sont sans cesse agités.
4	Jolie brise	de 11 à 16	de 20 à 29	Petites vagues s'allongeant, moutons nombreux.	Le vent soulève la poussière, les feuilles et les morceaux de papier, il agite les petites branches, les cheveux sont dérangés, les vêtements claquent.
5	Bonne brise	de 17 à 21	de 29 à 38	Vagues modérées (2 m de haut), nettement allongées, beaucoup de moutons, embruns.	Les yeux sont gênés par les matières dans l'air, les arbustes en feuilles commencent à se balancer, les vagues commencent à se former sur les plans d'eau.
6	Vent frais	de 22 à 27	de 39 à 49	Des lames se forment, les crêtes d'écume blanche s'étendent, davantage d'embruns.	Les manches sont gonflées par les côtés, l'utilisation des parapluies devient difficile, les grandes branches sont agitées, les fils des lignes électriques font entendre un sifflement.
7	Grand frais	de 28 à 33	de 50 à 61	La mer grossit en lames déferlantes, l'écume commence à être soufflée en traînées dans le lit du vent.	La marche contre le vent devient pénible, les arbres sont agités en entier.
8	Coup de vent	de 34 à 40	de 62 à 74	Les lames atteignent une hauteur de l'ordre de 5 m, tourbillons d'écume à la crête de lames, traînées d'écume.	La marche contre le vent est très difficile, le vent casse des rameaux.
9	Fort coup de vent	de 41 à 47	de 75 à 88	Grosses lames déferlant en rouleaux, tourbillons d'embruns arrachés aux lames, nettes traînées d'écume, visibilité réduite par les embruns.	Les enfants sont renversés, le vent arrache les tuyaux de cheminées et endommage les toitures.
10	Tempête	de 48 à 55	de 89 à 102	Très grosses lames déferlantes (9 m de haut), écume en larges bancs formant des traînées blanches, visibilité réduite par les embruns.	(Rarement observé à terre.) Les adultes sont renversés, les arbres sont déracinés, les habitations subissent d'importants dommages.
11	Violente tempête	de 56 à 63	de 103 à 117	Lames déferlantes d'une hauteur exceptionnelle, mer couverte d'écume blanche, visibilité réduite.	(Très rarement observé à terre.) Ravages étendus.
12	Ouagan	64 et plus	118 et plus	Lames déferlantes énormes (les creux atteignent 14 m), mer entièrement blanche, air plein d'écume et d'embruns, visibilité très réduite.	(En principe, degré non utilisé.) Ravages désastreux, violence et destruction.

Figure 15 : Echelle de Beaufort (Source : Météo France)

La valeur réglementaire de vent moyen extrême pris en compte à 50 ans correspond à un niveau 9 sur l'échelle de Beaufort (Fort coup de vent).

2.7.2. Houle et clapots

Nous n'avons pas à disposition d'étude d'agitation dans le port de Toga. Nous pouvons simplement faire des corrélations avec des études existantes réalisées en 2017 par Artelia dans le cadre de la réparation des ouvrages maritimes du vieux port de Bastia. Nous pouvons retenir les conclusions suivantes :

✓ Houle de Nord Est

La houle de Nord-Est est la plus pénalisante dans le port en raison de son orientation par rapport à la passe d'entrée.

Il est considéré une agitation entre 0,10 et 0,60 m en situation extrême.

✓ Houle de Sud-Est

La houle de Sud à Est quant à elle génère une agitation moins pénalisante dans le port.

2.7.3. Courant

Les courants sont principalement dus au vent ; les courants généraux et les courants de marée sont négligeables dans la zone de projet.

La majorité des courants locaux portent au Sud, mais un courant occasionnel de dérive portant au Nord peut être engendré par des vents constants (3 jours environ) de SW à SE.

Nous retiendrons une vitesse de courant de référence $V = 0,3\text{m/s}$ pour les calculs.

2.7.4. Niveau d'eau

Le niveau de la mer dépend de trois phénomènes que sont la marée, les surcotes (associées aux phénomènes météorologiques) et le changement climatique qui se traduit par une surélévation du niveau d'eau.

a) Niveau de référence

Dans l'ensemble de l'étude, les niveaux d'eau sont exprimés suivant le référentiel « cote marine » au niveau du marégraphe de Bastia.

Les services du SHOM proposent, à travers l'ouvrage Références Altimétriques Maritimes (RAM, 2020), le positionnement relatif du zéro hydrographique par rapport au référentiel IGN78 à Bastia.

Le + 0,00 mNGF se trouve à +48.5 cm au-dessus du zéro des cartes marines (CM) ou zéro hydrographique (ZH). Les variations du niveau d'eau sont principalement dues à l'effet combiné de la marée et des facteurs météorologiques (source SHOM 2020).

b) Marée astronomique

La marée est de type semi-diurne à inégalité diurne. Les marnages sont faibles, inférieur à 60 cm. Le niveau moyen de la mer s'établit à + 0,58 mCM.

A titre indicatif, le SHOM renseigne sur les niveaux caractéristiques de la marée pour le port de Bastia :

Tableau 2 : Marée à Bastia (d'après le SHOM, 2020)

	Niveau (mCM)	Niveau (mNGF)
Plus haute mer Astronomique - PHMA (Coefficient 120)	+0,85 mCM	+ 0,365 mNGF
NM (Niveau Moyen)	+ 0,58 Mcm	+0,095 mNGF
Plus basse mer Astronomique - PBMA (Coefficient 120)	+ 0,29 mCM	-0,195 mNGF

Note : Les niveaux indiqués ne tiennent pas compte des surcotes.

En raison de ce faible marnage, l'influence directe de la marée est donc relativement limitée sur le littoral.

c) Niveaux extrêmes

Les variations du niveau d'eau dues à la marée sont fréquemment masquées par les variations dues aux effets du vent et de la pression atmosphérique.

Cette variation est de l'ordre de 1 cm par hPa. Un fort vent de terre entraîne une décote tandis qu'un fort vent de mer entraîne une surcote qui peut atteindre + 1 m lors des plus fortes tempêtes.

Les études réalisées par SOGREAH et le BRGM dans les années 1980 (Catalogue sédimentologique des côtes françaises, ministère des Transport, 1987) ont abouti à une estimation des niveaux extrême sur Bastia. Les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous :

Période de retour (an)	Niveau d'eau (m CM)	Niveau de mer (NGF)
2	+0.8	+0.4
10	+0.9	+0.5
20	+1.0	+0.6
50	+1.1	+0.7
100	+1.3	+0.9

Figure 16 : Niveau d'eau de projet

Également, le rapport finale « Atlas Littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galéria du BRGM, de janvier 2016 établit les niveaux de submersion marine à 100 ans pour le littoral de Haute Corse avec prise en compte du wave set-up (surélévation du plan d'eau liée au déferlement de la houle). Une valeur à 1,11 mCM est retenu pour les plages de Bastia, ce qui est cohérent avec les valeurs observables sur le littoral français méditerranéen.

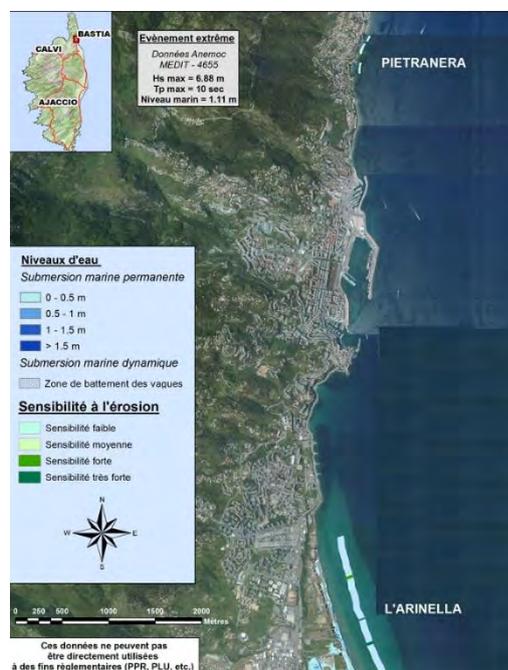


Figure 17 : Atlas hydrodynamique - site de Bastia, BRGM, 2016

Le CETMEF fournit également des informations concernant les surcotes le long des côtes métropolitaines. Le tableau suivant est extrait du document d'avril 2013 actualisé en janvier 2014.

Tableau 3 : Synthèse des surcotes (CETMEF 2014)

Port	Durée d'observation (ans)	Surcote instantanée maximale observée (cm)	Niveau Max observé (m NGF)	Niveau de PHMA (m NGF)	Loi	Surcote 100 ans (cm)			Surcote 1000 ans (cm)		
						IC-	médiane	IC+	IC-	médiane	IC+
Port-Vendres	18,3	49 cm Le 04/12/03	0,74 m Le 04/12/03	0,44	EXP GPD	60	65	70	72	85	92
						46	61	75	48	76	104
Sète	31,3	68 cm Le 16/12/97	0,98 m Le 17/12/97	0,47	EXP GPD	68	74	80	83	92	101
						58	68	77	61	83	106
Marseille	13,6	89 cm Le 28/12/99	1,04 m Le 20/09/99	0,37	EXP GPD	112	124	135	142	158	174
						88	111	134	93	134	175
Toulon	17,6	52 cm Le 19/02/10	0,73 m Le 19/02/10	0,39	EXP GPD	58	64	69	72	79	87
						48	57	66	50	67	84
Nice	14,6	51 cm Le 19/02/10	0,71 m Le 01/01/10	0,36	EXP GPD	57	64	71	70	80	90
						50	65	79	54	84	113
Monaco	12,6	51 cm Le 19/02/10	0,72 m Le 01/01/10	0,37	EXP GPD	59	68	77	74	87	100
						45	65	85	39	83	126
Ajaccio	10	74 cm Le 01/01/10	0,87 m Le 01/01/10	0,27	EXP GPD	57	75	83	83	95	105
						59	80	101	62	106	150

Tableau 25 : Synthèse des estimations des surcotes extrêmes des ports de Méditerranée selon les lois exponentielle et GPD pour les périodes de retour 100 et 1000 ans

Les valeurs médianes des surcotes maximales à 100 ans observées fluctuent entre 0,5 et 0,7m (exception faite de Marseille dont les valeurs sont particulièrement élevées). Ces valeurs observables sur le littoral français méditerranéen correspondent peu ou prou avec les valeurs données précédemment.

A Ajaccio, les données de surcotes horaires ont été récoltées sur 10 années (1997-2011). Les surcotes extrêmes peuvent alors être estimées à l'aide des études du CETMEF (2014) qui a utilisé une méthode d'ajustement d'extrapolation statistique des extrêmes (POT).

Le tableau et graphique ci-dessous présentent les résultats obtenus avec la loi GPD, présentant les valeurs les plus sécuritaires. Ces valeurs seront considérées pour la définition des valeurs extrêmes de projet :

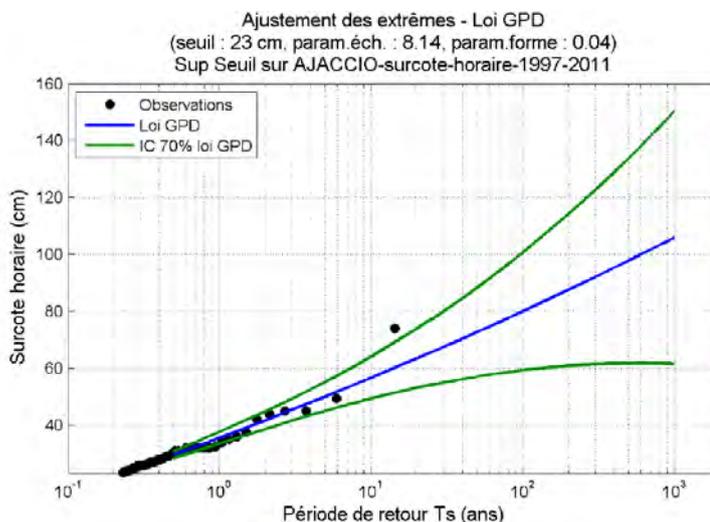


Figure 18 : Lois d'ajustement des surcotes extrêmes retenues à Ajaccio (Source [10])

L'examen statistique, a conduit à une fourchette des surcotes allant de 0,52 à 0,80 m, avec les valeurs suivantes pour trois périodes de retour différentes :

- ✓ Surcote décennale (période de retour de 10 ans) : 0,57m ;
- ✓ Surcote cinquantennale (période de retour de 50 ans) : 0,73 m ;
- ✓ Surcote centennale (période de retour de 100 ans) : 0,80 m.

d) Prise en compte du réchauffement climatique

L'évolution à long terme du niveau moyen des mers due au changement climatique est traitée conformément aux recommandations officielles de l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique) et en phase avec le cinquième rapport de synthèse du GIEC (Copenhague 2014) et le dernier rapport du GIEC sur les océans de 2019.

Les projections de variation du niveau de la mer prennent en compte l'augmentation attendue de par le réchauffement climatique, la fonte des glaciers et des calottes polaires ainsi qu'avec plus d'incertitudes les émissions de gaz à effet de serre.

L'évaluation des changements futurs s'appuie sur les projections des modèles climatiques du programme CMIP514 utilisant les trajectoires représentatives de concentration (RCP).

Les scénarios RCP comprennent des séries chronologiques d'émissions et de concentrations de l'ensemble des gaz à effet de serre, aérosols et gaz chimiquement actifs, ainsi que d'évolution de l'usage des terres et du couvert végétal. Chaque RCP représente l'un des multiples scénarios possibles conduisant à différents niveaux de réchauffement planétaire.

La trajectoire RCP2.6 illustre un avenir marqué par de faibles émissions de gaz à effet de serre du fait d'efforts importants d'atténuation du changement climatique, qui se traduit dans les simulations CMIP5 par deux chances sur trois de contenir le réchauffement planétaire sous 2°C d'ici à 2100.

En revanche, le scénario RCP8.5 est un scénario d'émissions fortes de gaz à effet de serre en l'absence de politiques destinées à lutter contre le changement climatique, conduisant à une augmentation continue et soutenue des concentrations atmosphériques en gaz à effet de serre.

Parmi tous les RCP, le RCP8.5 correspond à la trajectoire d'émissions les plus élevées de gaz à effet de serre.

Les autres scénarios correspondent à des niveaux intermédiaires d'émissions de gaz à effet de serre et conduisent donc à des niveaux intermédiaires de réchauffement.

Le tableau ci-dessous fournit les estimations du réchauffement total depuis la période préindustrielle correspondant à quatre RCP différents :

Tableau 4 : Evolution projetée de la température moyenne à la surface du globe (GIEC, 2013)

Scénario	Court terme : 2031–2050		Fin du siècle : 2081–2100	
	Moyenne (°C)	Fourchette probable (°C)	Moyenne (°C)	Fourchette probable (°C)
RCP2.6	1,6	1,1 à 2,0	1,6	0,9 à 2,4
RCP4.5	1,7	1,3 à 2,2	2,5	1,7 à 3,3
RCP6.0	1,6	1,2 à 2,0	2,9	2,0 à 3,8
RCP8.5	2,0	1,5 à 2,4	4,3	3,2 à 5,4

Selon le rapport du GIEC, le niveau moyen de la mer pourrait s'élever d'une hauteur comprise entre 17 cm et 55 cm entre la fin du 20^e siècle et la fin du 21^e siècle dans le cas du scénario RCP2.6, entre 22 cm et 82cm pour le scénario RCP8.5. L'expansion thermique de la masse d'eau océanique due au réchauffement atmosphérique en est la principale contribution (entre 70 et 75% de l'élévation totale) le reste étant lié à la fonte des glaces continentales (notamment du Groenland). Bien que tous les modèles du GIEC s'accordent sur une élévation du niveau de la mer dans un climat qui se réchauffe, des incertitudes importantes demeurent. Les projections du GIEC ne prennent en effet pas en compte l'impact éventuel d'une accélération de la fonte des calottes en liaison avec les changements de la dynamique de la glace, telle que suggérée par les observations récentes.

Les projections de l'élévation du niveau marin sont données dans l'illustration ci-dessous :

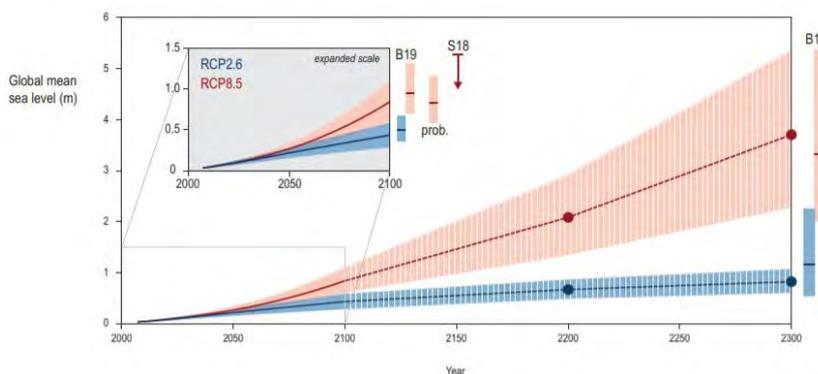


Figure 19 : IPCC, SROCC, 2019 - §4.1.2

L'élévation du niveau de la mer n'est pas uniforme partout sur la planète et varie d'une région à l'autre. Les écarts régionaux sont de $\pm 30\%$ par rapport à l'élévation moyenne globale.

Cette distribution régionale est difficile à estimer car elle dépend de l'évolution locale de plusieurs paramètres : de la température de l'océan, de la salinité, des courants marins, de la pression de surface, de l'apport d'eaux continentales ou encore de la déformation des plateaux continentaux.

La méditerranée semble se situer dans une zone de faible augmentation. Cette affirmation aurait tendance à se confirmer ces dernières années. Notamment une campagne de mesures effectuées simultanément en mai 2016 par l'Ordre des géomètres-experts (OGE) avec l'IGN, le CNRS et le SHOM sur différents points du littoral français et outre-mer a mis en évidence une progression du niveau de la mer méditerrané de 16cm depuis le 19e siècle alors que l'Atlantique a lui gagné 31cm sur la même période.

La durée de vie du projet est définie à 50 ans ce qui implique de s'intéresser aux valeurs à horizon 50 ans donc de l'ordre de 2070.

La valeur arbitraire retenue pour la prise en considération du réchauffement climatique en 2070 est de +0,50m. Cette valeur correspond aux projections d'élévation moyenne et globale du niveau de la mer du GIEC selon le scénario le plus pessimiste RCP8.5.

e) Niveau d'eau de projet

En résumé, les niveaux d'eau considérées pour la définition des valeurs extrêmes de projet pour une période de retour de 50 ans, compte tenu de l'ensemble des données présentées ci-avant, sont les suivants :

Tableau 5 : Niveaux d'eau de projet

	Marée (mCM)	Surcote (m)	Climat (m)	Niveau (mCM)	Niveau (mNGF)
Niveau haut (50 ans + CC)	0,58	0,73	0,5	+ 1,78 mCM	+ 1,30 mNGF
Niveau haut (100 ans)	0,58	0,80	-	+ 1,38 mCM	+ 0,90 mNGF
Niveau haut (50 ans)	0,58	0,73	-	+ 1,31 mCM	+ 0,83 mNGF
Niveau haut (10 ans)	0,58	0,57	-	+ 1,15 mCM	+ 0,67 mNGF
Niveau moyen	0,58	0	-	+ 0,58 mCM	+ 0,10 mNGF
Niveau bas	0,29	-0,2	-	+ 0,09 mCM	-0,40 mNGF

2.8. Bathymétrie

Aucune données topographiques et bathymétriques n'est disponible pour la présente étude.

2.9. Géologie et Géotechnique

2.9.1. Géologie

D'après la carte du BRGM, le port est bordé de :

- ✓ Alluvions récentes des basses terrasses : (sommet : paléosol brun sableux et argileux; base : galets pris dans une gangue argilo-sableuse)
- ✓ Quaternaire indifférencié en placage sur surface d'érosion : galets



Figure 20 : Extrait de carte géologique (Source : infoterre.brgm.fr)

2.9.2. Géotechnique

Nous ne disposons pas, à ce jour, de données géologiques sur le site.

Il n'existe aucune étude géotechnique connue dans la zone, et la banque de données en ligne du BRGM ne répertorie aucun sondage dans le périmètre.

Il semblerait au regard du principe constructif retenue par ouvrages poids que les pontons soient édifiés sur des substrats durs.

2.10. Enjeux environnementaux

Les enjeux environnementaux de la zone d'étude sont :

- ✓ La préservation de la qualité des eaux du bassin,
- ✓ La préservation de la population de posidonies présente à l'extérieur du port,
- ✓ La préservation du parc naturel marin du Cap Corse et de l'Agriate, des leurs espèces et habitats déterminants,
- ✓ La continuité de l'exploitation portuaire pendant la période de travaux.

3. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

3.1. Hypothèses

3.1.1. *Catégorisation des bateaux*

Les bateaux de projet correspondent aux plus grands navires amarrés sur chaque ponton. Pour chacun, il est défini leurs caractéristiques principales :

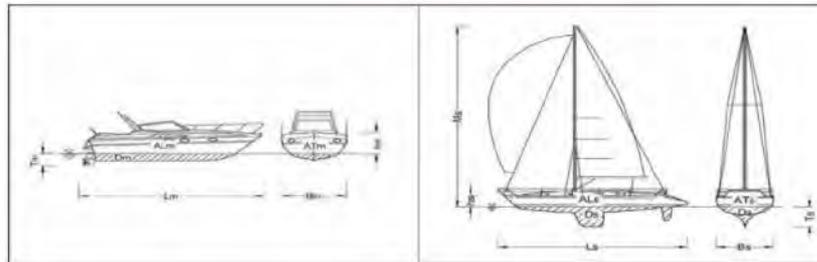


Figure 21 : Caractéristiques des bateaux projets

On représente, dans le tableau ci-dessous, les caractéristiques des bateaux projets :

Tableau 6 : tableau de caractéristiques des bateaux par catégorie

Caractéristiques des bateaux de projet										
Navires	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5	Catégorie 6	Catégorie 7	Catégorie 8	Catégorie 9	Catégorie 10
	< 4,50	4,50-6m	6-7,50m	7,50-9m	9-11m	11-12m	12-14m	14-17m	17-19m	19-24m
Longueur (m) :	4,50 m	6,00 m	7,50 m	9,00 m	11,00 m	12,00 m	14,00 m	17,00 m	19,00 m	24,00 m
Largeur (m) :	1,85 m	2,35 m	2,85 m	3,35 m	3,70 m	4,10 m	4,40 m	4,60 m	5,10 m	5,60 m
Tirant d'eau max (m) :	0,30 m	0,50 m	0,85 m	1,00 m	1,20 m	1,30 m	1,50 m	1,80 m	2,00 m	2,50 m
Franc bord (m) :	0,60 m	0,80 m	1,00 m	1,20 m	1,50 m	1,75 m	2,00 m	2,00 m	2,20 m	2,50 m
Hauteur superstructure (m) :	0,60 m	0,80 m	1,00 m	1,00 m	1,50 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	2,50 m	3,00 m
Surface exposée au vent de face (m ²)	1,8 m ²	3,0 m ²	4,6 m ²	5,9 m ²	8,9 m ²	10,7 m ²	14,1 m ²	16,6 m ²	19,2 m ²	24,6 m ²
Surface exposée au vent de profil (m ²)	4,3 m ²	7,7 m ²	12,0 m ²	15,8 m ²	26,4 m ²	31,2 m ²	44,8 m ²	61,2 m ²	71,4 m ²	105,6 m ²
Surface exposée au courant de face (m ²)	0,3 m ²	0,7 m ²	1,5 m ²	2,0 m ²	2,7 m ²	3,2 m ²	4,0 m ²	5,0 m ²	6,1 m ²	8,4 m ²
Surface exposée au courant de profil (m ²)	0,8 m ²	1,8 m ²	3,8 m ²	5,4 m ²	7,9 m ²	9,4 m ²	12,6 m ²	18,4 m ²	22,8 m ²	36,0 m ²
Déplacement (T)	0,50 T	1,41 T	3,63 T	6,03 T	9,77 T	12,79 T	18,48 T	28,15 T	38,76 T	67,20 T

Note :

- ✓ Les surfaces exposées aux vents ne sont pas connues spécifiquement. Elles sont estimées suivant la géométrie du bateau (longueur, largeur, tirant d'air). Le tirant d'air est pris à la hauteur du franc bord + 1 à 3m de superstructure. Le tout est multiplié par un coefficient de forme pris à 0,7 de profil et 0,8 de face. Les surfaces sont estimées en cohérence avec les observations du port sur les bateaux actuellement amarrés et légèrement supérieures aux valeurs du guide de conception des pontons de plaisance [13] - Chapitre II – Article 2.2 – Page 9 : Tableau V – Aire projetée pour le calcul de la charge du vent (date année 1992) pour prendre en compte les futures évolutions.
- ✓ Les surfaces exposées aux courant et clapots ne sont pas connues. Elles sont estimées suivant la géométrie du bateau (longueur, largeur et tirant d'eau) et multipliées par un coefficient de section médiane pris à 0,6 pour les 2 faces.
- ✓ Les déplacements ne sont pas connus spécifiquement. Ces valeurs ont été évaluées approximativement à partir des dimensions du navire par la formule : $D = L \times l \times Te \times a$ (formule ROSA 2000), avec « a » le coefficient prismatique pris égal à 0,2.

3.2. Modalité de manœuvres

3.2.1. Longueur des places

Une sur longueur de 1m est prise sur la longueur du bateau pour chaque catégorie pour les bateaux amarrés, ceci afin de prendre en compte notamment l'emprise des moteurs relevés, ...

Cette sur longueur permet de définir l'emprise réel du bateau en longueur et sert pour la définition des zones de manœuvre.

Tableau 7 : Tableau de longueurs des bateaux par catégorie

Navires	Bateau	Longueur bateau	Longueur places
Catégorie 1	4,50 m	1,00 m	5,50 m
Catégorie 2	6,00 m	1,00 m	7,00 m
Catégorie 3	7,50 m	1,00 m	8,50 m
Catégorie 4	9,00 m	1,00 m	10,00 m
Catégorie 5	11,00 m	1,00 m	12,00 m
Catégorie 6	12,00 m	1,00 m	13,00 m
Catégorie 7	14,00 m	1,00 m	15,00 m
Catégorie 8	17,00 m	1,00 m	18,00 m
Catégorie 9	19,00 m	1,00 m	20,00 m
Catégorie 10	24,00 m	1,00 m	25,00 m

3.2.2. Largeurs des places

Pour une optimisation globale du plan d'eau, il est nécessaire de considérer une largeur plus importante que celle du bateau. La largeur des places dépend donc de :

- ✓ Largeur du bateau (B),
- ✓ Marge entre bateau et (pare-battage de 20cm),
- ✓ Marge entre 2 bateaux (prise à 40cm)

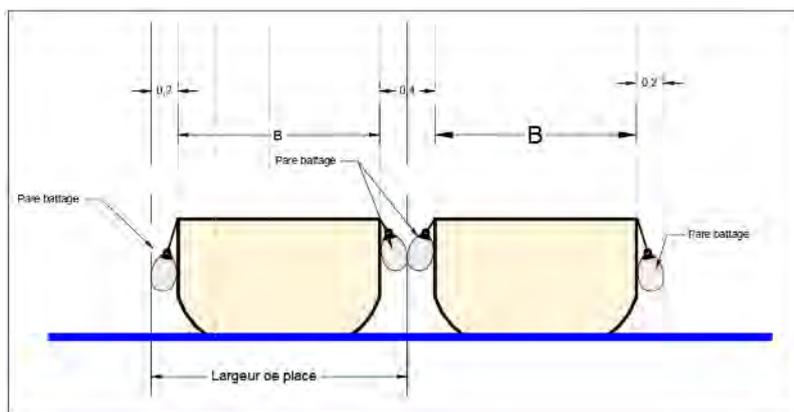


Figure 22 : Principe largeur des places

Les largeurs de places prises en compte sont les suivantes :

Tableau 8 : tableau de largeurs des bateaux par catégorie

Navires	Bateau	Largeur bateau (B)	distance gauche	distance droite	Largeur place
Catégorie 1	< 4,50	1,85 m	0,20 m	0,20 m	2,25 m
Catégorie 2	4,50-6m	2,35 m	0,20 m	0,20 m	2,75 m
Catégorie 3	6-7,50m	2,85 m	0,20 m	0,20 m	3,25 m
Catégorie 4	7,50-9m	3,35 m	0,20 m	0,20 m	3,75 m
Catégorie 5	9-11m	3,70 m	0,20 m	0,20 m	4,10 m
Catégorie 6	11-12m	4,10 m	0,20 m	0,20 m	4,50 m
Catégorie 7	12-14m	4,40 m	0,20 m	0,20 m	4,80 m
Catégorie 8	14-17m	4,60 m	0,20 m	0,20 m	5,00 m
Catégorie 9	17-19m	5,10 m	0,20 m	0,20 m	5,50 m
Catégorie 10	19-24m	5,60 m	0,20 m	0,20 m	6,00 m

3.2.3. Dimension des postes

Les dimensions retenues pour les différents postes sont les suivantes, avec les largeurs arrondies au dixième supérieure.

Tableau 9 : Tableau des places par catégorie

	Longueur du poste	Largeur du poste
Catégorie 1	5,50 m	2,25 m
Catégorie 2	7,00 m	2,75 m
Catégorie 3	8,50 m	3,25 m
Catégorie 4	10,00 m	3,75 m
Catégorie 5	12,00 m	4,10 m
Catégorie 6	13,00 m	4,50 m
Catégorie 7	15,00 m	4,80 m
Catégorie 8	18,00 m	5,00 m
Catégorie 9	20,00 m	5,50 m
Catégorie 10	25,00 m	6,00 m



3.2.4. Couloir entre pontons

Il est communément considéré un couloir entre bateaux amarrés égal à 1,5 fois la longueur du plus grand bateau présent sur le ponton. Cela permet aux bateaux de manœuvrer dans cette zone.

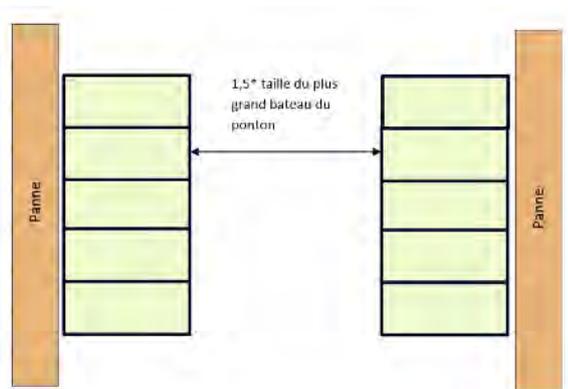


Figure 23 : Contrainte sur l'espacement entre les pontons

3.2.5. Chenal d'accès

La largeur du chenal d'accès devra rester supérieur à 15m.

4. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

4.1. Besoins exprimés

4.1.1. Catégories de bateaux

- ✓ Placement de l'ensemble des bateaux existants sous contrat avec recherche de gain de place si possible.
- ➔ 2 Scénarios étudiés : Un 1^{er} scénario avec le remplacement des bateaux à l'identique et un 2^e scénario avec une recherche d'optimisation des catégories et manœuvres, explicitée dans les chapitres précédents.

4.1.2. Installations et équipements

✚ Equipements neufs

- ✓ Ponton fixe de 2m de largeur,
- ✓ Taquets correspondants,
- ✓ Etiquette sur ponton.

✚ Equipements existants réutilisés

- ✓ Reprise des appuis et renforcement,
- ✓ Réarrangement des corps-mort, chaînes et lignes de mouillage,
- ✓ Réutilisation des Passerelle d'accès,
- ✓ Réutilisation des portillons d'accès,
- ✓ Réutilisation des équipements de sécurité (bouée, extincteur, échelle),

✚ Réseaux

- ✓ Réutilisation des bornes mixtes de distribution existantes, des câbles et fourreaux existants - Passage des réseaux eau et électricité dans les nouveaux pontons + fourniture et ajout nouvelle bornes et linéaire réseau

4.2. Proposition – Scénario 1

Le réaménagement du plan d'eau par catégorie permet de placer les bateaux suivants :

Type	Taille Places	Nombre de place projetées
Catégorie 1	5,50 x 2,25	159
Catégorie 2	7,00 x 2,75	66
Catégorie 3	8,50 x 3,25	45
Catégorie 4	10 x 3,75	54
Catégorie 5	12 x 4,10	34
Catégorie 6	13 x 4,50	4
Catégorie 7	15 x 4,80	22
Catégorie 8	18 x 5,00	2
Catégorie 9	20 x 5,50	1
Catégorie 10	25 x 6,00	2
Total		389

La proposition d'aménagement est présentée ci-dessous et sur les plans en annexe.

RENOVATION DES TABLIERS DE PONTONS



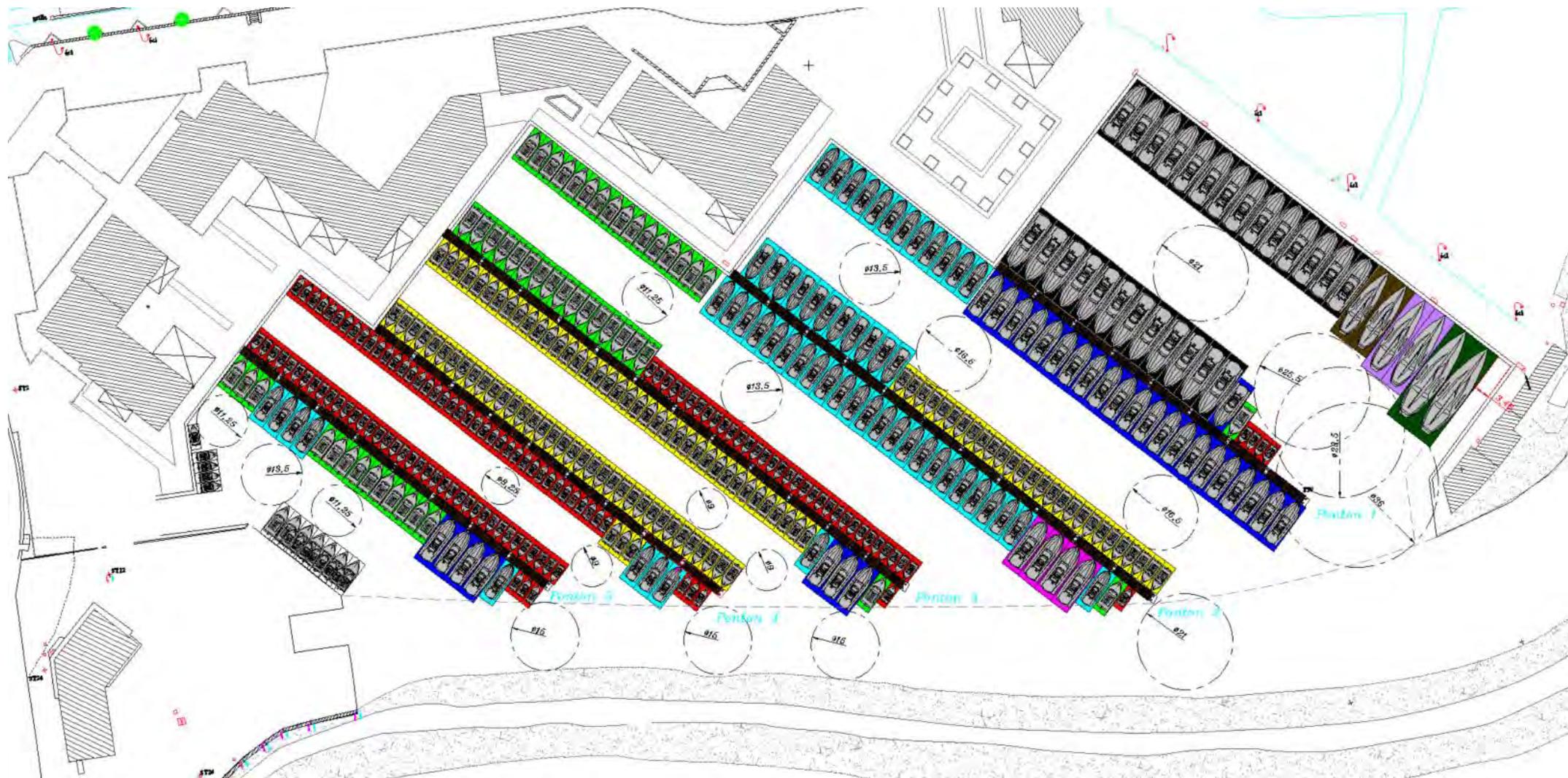
4.3. Proposition – Scénario 2

- ✓ Réaménagement du bassin en remplaçant l'ensemble des pontons existants
 Le réaménagement du plan d'eau par catégorie permet de placer les bateaux suivants :

Type	Taille Places	Nombre de place projetées
Catégorie 1	5,50 x 2,25	123
Catégorie 2	7,00 x 2,75	103
Catégorie 3	8,50 x 3,25	48
Catégorie 4	10 x 3,75	57
Catégorie 5	12 x 4,10	29
Catégorie 6	13 x 4,50	4
Catégorie 7	15 x 4,80	26
Catégorie 8	18 x 5,00	2
Catégorie 9	20 x 5,50	2
Catégorie 10	25 x 6,00	2
Total		396

La proposition d'aménagement est présentée ci-dessous et sur les plans en annexe.

RENOVATION DES TABLIERS DE PONTONS



4.3.1. Comparaison avec l'existant - Gain de place

Scénario 1 – Identique à l'existant

Le plan de mouillage est identique à l'existant. La différence notée ci-après réside dans le fait que la panne 3 côté Nord est actuellement vide. Le présent scénario est donc le même que l'existant avec en plus cette panne 3 rempli avec des bateaux La panne 3 <4,50m

Type	Taille Places	Nombre de place existantes	Nombre de place projetées	Différence
Catégorie 1	5,50 x 2,25	116	159	43
Catégorie 2	7,00 x 2,75	66	66	0
Catégorie 3	8,50 x 3,25	45	45	0
Catégorie 4	10 x 3,75	54	54	0
Catégorie 5	12 x 4,10	34	34	0
Catégorie 6	13 x 4,50	4	4	0
Catégorie 7	15 x 4,80	22	22	0
Catégorie 8	18 x 5,00	2	2	0
Catégorie 9	20 x 5,50	1	1	0
Catégorie 10	25 x 6,00	2	2	0
Total		346	389	43

A noter que dans ce scénario, des espaces de manœuvres sont restreint, notamment entre les pontons 2 et 3.

Cependant, ce scénario permet de réutiliser à l'identique les réseaux, bornes et l'ensemble des pendilles, chaînes fille et corps-mort en place.

Scénario 2 – Recherche d'optimisation

Le nouveau plan de mouillage permet de gagner 50 places par rapport à l'existant, avec essentiellement des places supplémentaires pour les bateaux de taille < 8 m

Type	Taille Places	Nombre de place existantes	Nombre de place projetées	Différence
Catégorie 1	5,50 x 2,25	116	123	7
Catégorie 2	7,00 x 2,75	66	103	37
Catégorie 3	8,50 x 3,25	45	48	3
Catégorie 4	10 x 3,75	54	57	3
Catégorie 5	12 x 4,10	34	29	-5
Catégorie 6	13 x 4,50	4	4	0
Catégorie 7	15 x 4,80	22	26	4
Catégorie 8	18 x 5,00	2	2	0
Catégorie 9	20 x 5,50	1	2	1
Catégorie 10	25 x 6,00	2	2	0
Total		346	396	50

5. CONCEPTION DES STRUCTURES

5.1. Documents de référence

- ✓ Recommandations relatives aux ouvrages maritimes ;
- ✓ Eurocodes 0 à 10 (NF-EN-199X (0a9) + Annexes Nationales correspondantes) ;
- ✓ ROSA 2000 : Recommandations pour les Calculs aux Etats limites des Ouvrages en Sites Aquatiques.

5.2. Durée de vie des ouvrages

Les ouvrages seront dimensionnés pour une durée de vie de 50 ans.

Les périodes de retour des événements climatiques (Vent, clapot et courant) et les caractéristiques des matériaux seront donc définies pour une durée de 50ans.

Le dimensionnement se fera avec des prises en comptes d'événements climatiques de période de retour 100 ans.

La probabilité d'apparition d'un événement sur une durée de vie données est de :

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^D$$

Avec :

- ✓ P : La probabilité d'occurrence de l'événement
- ✓ T : La période de retour de l'événement
- ✓ D : La durée de vie de l'ouvrage

Tableau 10 : tableau de durée de vie des ouvrages

		Durée de vie				
		1 an	10 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Période de retour	1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	5	20,0%	89,3%	99,9%	100,0%	100,0%
	10	10,0%	65,1%	95,8%	99,5%	100,0%
	30	3,3%	28,8%	63,8%	81,6%	96,6%
	50	2,0%	18,3%	45,5%	63,6%	86,7%
	100	1,0%	9,6%	26,0%	39,5%	63,4%

La probabilité qu'un évènement centennal se produise sur la période de 50 ans est d'environ 39.5%. Et sa probabilité d'apparition dans l'année est de 1%.

Pour les événements extrêmes, il est donc recherché l'addition des conditions (Vent + agitation + courant) amenant à une telle probabilité. En méditerranée, les conditions de vent et d'agitation sont liés. Aussi, les niveaux d'eau sont considérés dépendants des tempêtes. Ainsi, il est considéré qu'une tempête de période de retour X années entraine un niveau d'eau de période de retour identique.

5.3. Actions et combinaisons d'actions

Les différentes situations du projet nous amènent à retenir, pour le dimensionnement des pontons et ancrage les actions suivantes (à ce stade, les efforts ont été calculés pour le scénario 2) :

- ✓ Actions permanentes :
 - poids propres des structures (PP),
- ✓ Actions variables :
 - les charges d'exploitations (EXP),
 - l'amarrage (AM),
 - l'accostage (AC),

Notons que les actions variables sont intimement liées aux conditions climatiques.

5.3.1. Charges d'exploitation (EXP)

Une surcharge piétonne de 250kg/m² est prise en compte sur les pontons.

5.3.2. Amarrage

a) Cas de calcul

Les scénarii de modélisation correspondent aux conditions de projet définis ci avant.

Chaque scénario comprend :

- ✓ une condition de vent
- ✓ une condition de courant,
- ✓ une condition d'agitation.

Pour les événements extrêmes, comme explicité plus haut il est recherché l'addition des conditions amenant à une probabilité de 1% dans l'année.

En méditerranée, les conditions de vent et d'agitation sont liés. Des conditions d'évènement cinquantennal sont donc prises en compte simultanément.

- ✓ **Vent :**
 - Evènement cinquantennal moyenné sur 10 min de 28m/s (Moyenne du Beaufort 7)
 - Angle d'action du vent sur le bateau de 0° à 90°
- ✓ **Courant :**
 - Vitesse du courant de 0,5m/s
 - Angle d'action du courant sur les bateaux de 45°
- ✓ **Clapot :**
 - Hauteur de clapot 0,4m
 - Angle d'action de la houle sur le bateau de 45°

Les efforts liés aux actions marines et de vent sont calculés à partir des conditions définies ci avant et des caractéristiques des bateaux projets (Surfaces véliques, tirant d'eau, longueur, largeur)

✓ Les coefficients suivants sont retenus :

- Coefficient adimensionnel de forme transversale $C_t = 4$
- Coefficient adimensionnel de forme longitudinale $C_l = 0.6$
- Coefficient adimensionnel de frottement $C_r = 0.003$

Les efforts d'amarrage ont été calculés en fonction des conditions climatiques et des dispositifs d'amarrage suivant différentes directions de vent.

a) Effort d'amarrage par catégorie de bateaux

Compte tenu de la méthode utilisée (par le calcul à partir de méthodes simplifiées), les valeurs de tractions retenues ont été prises égales à 1,50 fois les valeurs calculées, pour prendre en compte les incertitudes du modèle (sur effet les actions de clapot et courant) et la correction de 1,25 pour les amplifications dynamiques (selon les Recommandations ROSA 2000).

Tableau 11 : tableau d'effort d'amarrage par catégorie de bateaux

Type	Taille	Cas Vent à 90°	Cas Vent à 0°
Catégorie 1	4,5 m	0,46 T	0,19 T
Catégorie 2	6,0 m	0,89 T	0,35 T
Catégorie 3	7,5 m	1,51 T	0,59 T
Catégorie 4	9,0 m	2,04 T	0,79 T
Catégorie 5	11,0 m	3,42 T	1,20 T
Catégorie 6	12,0 m	4,12 T	1,45 T
Catégorie 7	14,0 m	5,93 T	1,93 T
Catégorie 8	17,0 m	7,88 T	2,35 T
Catégorie 9	19,0 m	9,34 T	2,79 T
Catégorie 10	24,0 m	13,38 T	3,79 T

b) Effort d'amarrage par appontement

Les efforts à reprendre par les appontements sont déterminés suivant les hypothèses suivantes :

Pour la composante perpendiculaire **90°** par rapport à l'axe des bateaux amarrés, le premier bateau du ponton sous le vent ou courant transmet 100% de la charge d'amarrage. Les bateaux à l'arrière sont considérés avec un coefficient de masque de 0,33 et transmettent donc 33% de la charge totale d'amarrage à l'appontement. Le coefficient de masque sera pris égal à $\frac{0,33}{\sin(90)} = 0,33$.

La charge est répartie entre le ponton et les lignes de mouillage en pointe.

Pour la composante à **0° par rapport à l'axe des bateaux**

La charge d'amarrage totale (100%) est reprise par le ponton ou par la ligne de mouillage, pour les bateaux face au vent (ou dans le vent).

Les efforts sont répartis linéairement sur la longueur du ponton et sur la longueur de chaîne mère.

Les efforts calculés pour les différents éléments de structure sont les suivants :

Tableau 12 : tableau d'effort d'amarrage par appontement

	Effort max ELS par ml de ponton	Effort max ELS par chevêtre
Ponton 1	0,45 T/ml	4,80 T
Ponton 2	0,25 T/ml	2,40 T
Ponton 3	0,20 T/ml	1,60 T
Ponton 4	0,22 T/ml	2,40 T
Ponton 5	0,28 T/ml	2,95 T

5.3.3. Efforts d'accostage (AC)

Les énergies d'accostage sont déterminées, selon les Recommandations ROSA 2000, pour le bateau projet le plus important s'accostant sur les pontons.

La vitesse d'accostage intervient au carré dans l'évaluation de l'énergie cinétique d'accostage. Elle est donc le paramètre le plus important pour la détermination de l'effort d'accostage.

La vitesse d'accostage dépend de la facilité ou de la difficulté de l'approche, de l'exposition du poste et de la taille du navire.

Nous considérerons les vitesses d'accostage suivantes :

- ✓ en condition de service (ELS) égale à 0,5m/s, ce qui correspond à une situation d'accostage facile en milieu exposé pour tous les types de bateaux projets.
- ✓ d'accostage en condition ultime (ELU) et accidentelle (ELA) égale à 1,0m/s, ce qui correspond à une situation d'accostage normale en milieu exposé.

L'énergie d'accostage (E_n) est estimée via la formule : $E_n = \frac{1}{2} DV^2 \sin^2 \alpha$

Où :

- ✓ α est l'angle d'accostage du navire ;
- ✓ D est le déplacement, correspondant au poids du volume de l'eau mis en mouvement.

L'ensemble des accostages sur ce projet seront frontaux (accostage en avant ou en arrière) et donc $\alpha = 90^\circ$. La formule de l'énergie d'accostage devient donc :

$$E = \frac{1}{2} DV^2$$

A titre indicatif, le tableau suivant répertorie les énergies d'accostage à prendre en compte pour chaque bateau de projet. On retiendra ainsi l'accostage du plus gros bateau amarré sur le ponton :

Tableau 13 : Efforts d'accostage transversal

Energie d'accostage transversal (kN.m)		
	ELS	ELU
Catégorie 1	0,06	0,12
Catégorie 2	0,18	0,35
Catégorie 3	0,45	1,82
Catégorie 4	0,75	3,02
Catégorie 5	1,22	4,89
Catégorie 6	1,60	6,40
Catégorie 7	2,31	9,24
Catégorie 8	3,52	14,08
Catégorie 9	4,85	19,38
Catégorie 10	8,40	33,60

Les réactions seront à déterminer par le constructeur suivant les caractéristiques des défenses proposées

5.3.4. Combinaison d'actions

Les coefficients partiels pour les charges d'exploitations sont les suivants :

	γ_q	ψ_0	ψ_2
EXP	1.5	0.7	0.3
Am	1.5	0.77	0.2
Acc	1	0.77	0.0

Les états limites considérés sont les suivants :

- ✓ ELU Fondamental : combinaisons d'actions considérées pour le calcul de la résistance des éléments,
- ✓ ELS Caractéristiques : combinaisons d'actions considérées pour le calcul des déplacements (pieux)

5.4. Vérification des ouvrages existants

Les pontons existants sont des ouvrages poids sur chevêtre, pieux et semelle. La tenue de ces fondations doit être vérifiée étant donné que l'on remplace la superstructure béton précontrainte par une structure aluminium plus légère.

En première approche, et suivant la géométrie connue et les efforts déterminés ci avant, les lests nécessaires au ponton pour assurer la stabilité au glissement et au renversement sont les suivants :

- ✓ Ponton 1 – Lest de 10T
- ✓ Ponton 2 à 5 – Lest de 5T

Des mesures doivent toutefois être réalisées sur les chevêtres et les semelles existantes car les dimensions observées ne semblent pas correspondre pas à celles inscrites sur les plans DOE fournis.

Les vérifications complètes devront se faire en phase PRO.

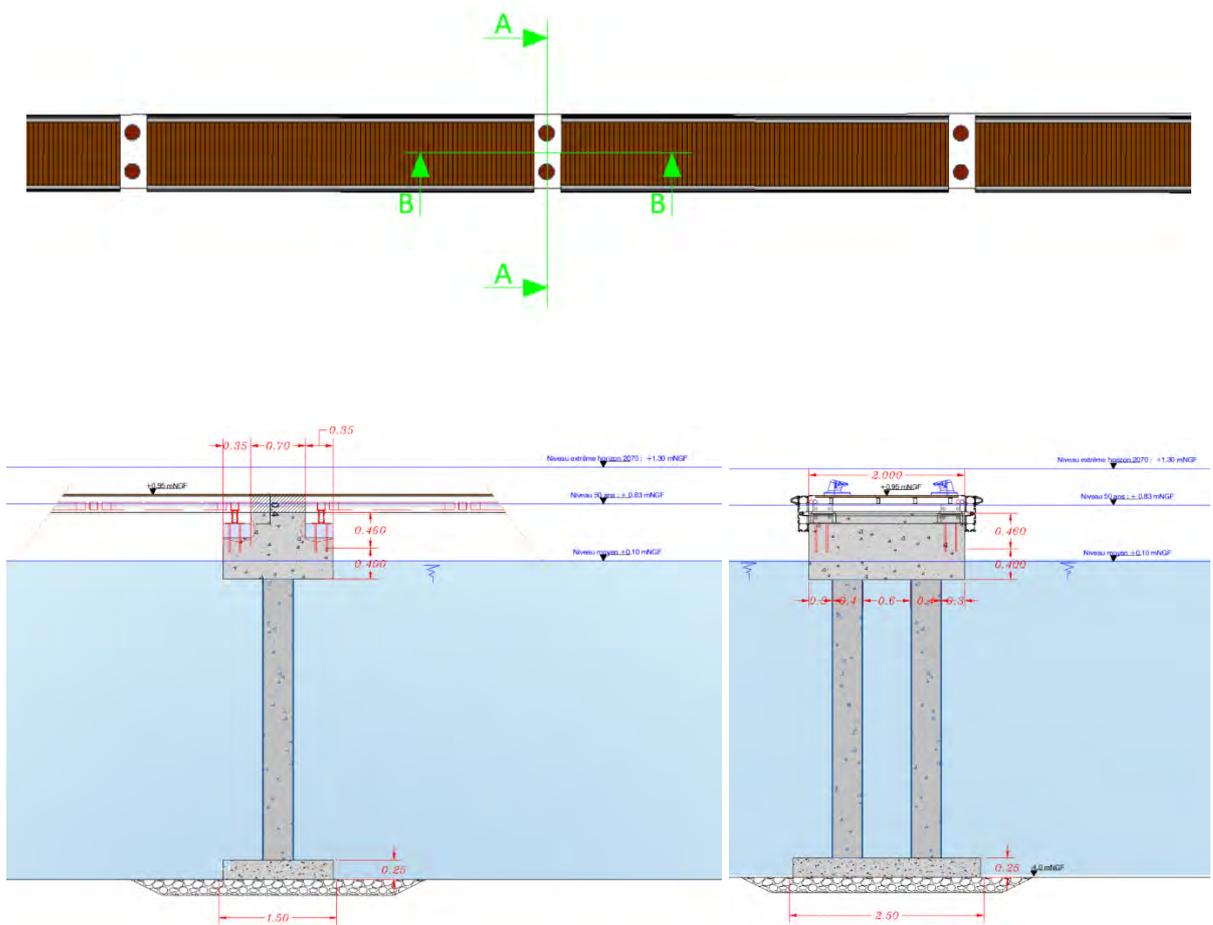


Figure 24 : Coupes sur appuis

5.5. Aménagement et équipements

Les aménagements généraux et équipements sont décrits dans cette section

5.5.1. Appontement fixe

Les appontements devront être garantis pour un minimum de 10 à 15 ans.

L'ensemble des pontons seront en aluminium assemblé par soudure avec un profil de rive permettant d'encaisser les efforts horizontaux de calcul.

Les appontements seront constitués de pontons modulaires formés d'un châssis en profilés d'aluminium recouverts d'un platelage en bois composite ou exotique et reposant directement sur les chevêtres de la structure existante.

La largeur des pannes est fixée à 2,0m.

La structure de l'appontement sera réalisée à l'aide de profilés renforcés en aluminium de qualité marine 6005AT6 dont le nombre et les caractéristiques seront définies par les études d'exécution.

Toute la boulonnerie fournie sera en inox A4 ou aluminium. Il sera également prévu une isolation non métallique entre des métaux de potentiels électrochimiques différents du type boulonnerie inox et structure aluminium.

Des profilés seront mis en place de chaque côté (dessus et côté) du ponton pour la fixation des bornes eau et électricité le cas échéant. Ils seront dimensionnés (simples ou doubles longerons) suivant les efforts décrits précédemment.

Il sera prévu un rail de guidage sur les profils de rive pour la fixation des équipements du ponton (taquets d'amarrage, échelle...). Suivant l'usage de la panne, ces rails devront être dimensionnés pour garantir les efforts à l'arrachement des taquets fixés dessus (2,5 à 5T).

Un caniveau technique situé de part et d'autre de l'appontement sera destiné au passage des réseaux électriques et d'alimentation en eau. Il sera prévu dans la structure de l'appontement (sous le platelage). Il pourra être intégré aux profilés.

Des trappes d'accès au caniveau sont existantes tous les 10 mètres aux niveaux des chevêtres.

Le système devrait permettre le démontage éventuel d'un module de ponton sans démontage des réseaux. Les dimensions de ces galeries devront permettre la mise en place de conduites d'eau potable, de câbles d'énergie pour l'alimentation des bornes de distribution.

Les pontons sont réalisés en éléments de 10 m de long. La liaison entre les modules de ponton sera assurée par des blocs semi rigides en élastomère renforcé de haute résistance, permettant un assemblage continu. Ces blocs seront encastrés dans les profils d'extrémité et maintenus par des boulons inox ou alu avec écrous indesserrables.

Des câbles reliant les différents modules de ponton seront mises en place pour assurer une mise en équipotentielle de l'ensemble du ponton. Une mise à la terre sera prévue.

a) Le platelage bois

Le platelage des pontons sera composé exclusivement en bois exotique ou matériaux composites. La composition du bois sera soumise à l'approbation du Maître d'œuvre.

Le P.A.Q. devra expliciter les procédures ou contrôles réalisés par l'entrepreneur pour s'assurer de la composition du bois.

Les valeurs de référence de résistance du bois seront conformes à la norme NFP 21-400.

Le platelage bois présentera une épaisseur minimale de 22 mm.

Les lattes seront rainurées sur l'axe longitudinal et sur une profondeur de 4 mm minimum. Elles mesureront de 120 à 150 mm de largeur maxi, cette largeur étant soumise à l'approbation du Maître d'œuvre. Les lattes seront posées de façon disjointives.

L'espace libre entre deux planches sera de 5 mm.

Le platelage comportera des lattes perpendiculaires favorisant l'adhérence.

Notons que des plaques de renfort sous le platelage devront être prévues au niveau des bornes eau/électricité afin de ne pas les fixer directement dans la structure aluminium des pontons.

Les fixations servant à recevoir les bornes devront permettre une maintenance et/ou un remplacement aisé par les intervenants portuaires (contreplaque sous platelage avec un système d'écrous cage).

Le système de fixation des lattes est soumis à l'approbation du Maître d'œuvre. Les lattes pourront être fixées par des rivets aluminium. Le platelage fini ne devra rien comporter qui risque de blesser une personne qui marcherait pieds nus. Il ne devra pas y avoir de décrochements verticaux entre 2 lattes supérieurs à 4 mm.

La distance entre les traverses supports de platelage sera de 0.40 m environ et compatible avec l'épaisseur du platelage. Les espacements entre les traverses seront de 500 mm maximum.

b) Les défenses d'accostage :

Les défenses seront en polyéthylène clippés dans le profil de rive (sans fixation).

Elles seront de couleur claire, avec protection anti UV, antifongique, utilisées le plus souvent pour protéger le ponton des accostages violents.

En variante, il peut également être proposé des défenses en bois composite 22mm d'épaisseur identique au platelage des pontons.

Ces défenses devront reprendre les énergies d'accostage des bateaux projets.

L'entreprise pourra proposer et justifier des défenses adaptées en fonction des bateaux reçus et du type de ponton.

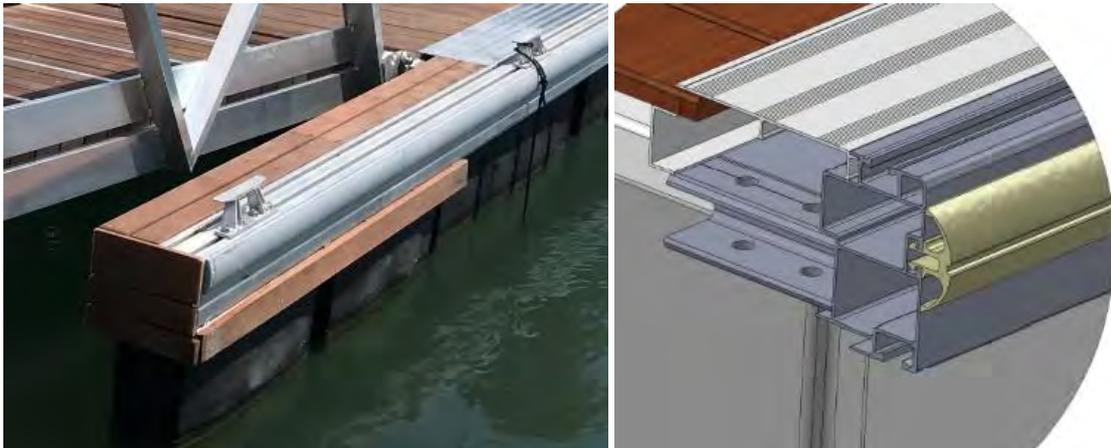


Figure 25 : Illustration d'un système de défense sur ponton

Il peut également être envisagé la mise en place de défenses d'étrave, de type défense Delta 150 x 130 mm, de couleur claire. Cette défense sera fixée dans le ponton par vis inox $\varnothing 16$.

Elles seront fixées dans le ponton par vis inox $\varnothing 16$ (protection non métallique entre) sur les profils de rive longitudinaux ainsi que sur les profilés d'extrémité en bout de l'appontement, noyé dans la masse.

Leur système de fixation devra s'adapter au rail de guidage.

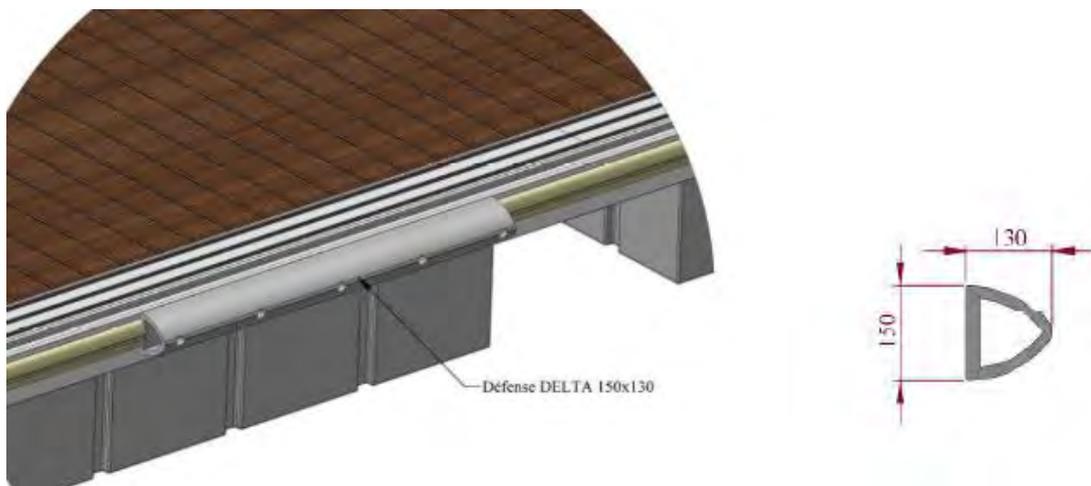


Figure 26 : Défense d'étrave delta

5.5.2. Système d'amarrage

L'amarrage des bateaux se fera sur ponton et pendille.

L'amarrage des bateaux se fera à la méditerranéenne, de la manière suivante :

- ✓ Amarrage arrière sur 2 taquets d'amarrage
- ✓ Amarrage avant sur pendille grâce à un système chaîne mère + pendille + corps-mort

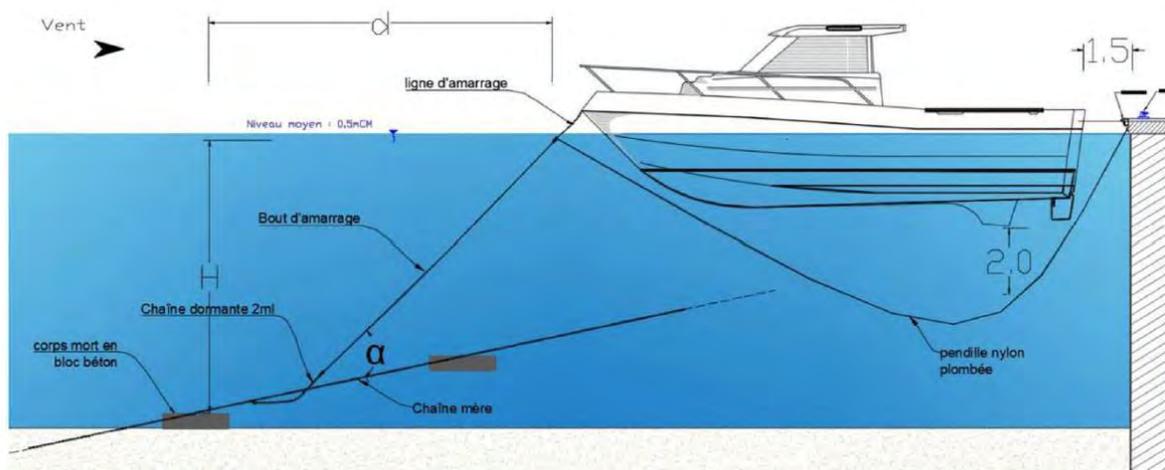


Figure 27 : Schéma d'amarrage par pendille

5.5.3. Equipements d'amarrage

L'amarrage des bateaux sur les pontons sera donc réalisé à l'aide de taquets d'amarrage (2,5T à 10T) fixés sur des rails de guidage, posés sur les deux côtés du ponton.

Suivant le type de poste, ils devront résister à des efforts à l'arrachement de 2.5, 5 ou 10 tonnes.

Les taquets seront en aluminium qualité marine. Les boulons de fixation utilisés seront indesserrables. La visserie comprendra également des rondelles pour éviter d'arracher les boulons du rail. Toute la boulonnerie sera en acier inoxydable de nuance minimale E 40, selon la norme NFA 35 501.



Figure 28 : Illustration taquet d'amarrage sur ponton

Tableau 14 : Nombre et caractéristiques des taquets, par catégorie de bateau

	Sur ponton
< 12 m	2 taquets de 2.5 T (4 trous)
Entre 12m et 14 m	2 taquets de 5 T (4 trous)
Entre 15m et 19 m	2 taquets de 10 T (4 trous)

5.5.4. Equipements portuaires

a) Echelle de sécurité

Les échelles de sécurité seront prévues pour distribuer 50ml de ponton.

Elles auront une longueur minimale permettant à deux barreaux d'être en permanence dans l'eau quel que soit la saison et le niveau des eaux.

Elles seront prévues en composite ou en aluminium stabilisées aux UV et résistantes aux conditions marines du site.

Le diamètre ou la largeur des barreaux des échelles sera d'au moins 50mm.

Les dispositifs de fixation des échelles seront aussi en aluminium ou en composite. Elles pourront être droites ou avec un retour arrondi en haut.

La présence, le nombre et l'état des échelles de sécurité sera à vérifier.

d) Coffret de sécurité

Il s'agit ici d'équiper les appontements d'équipements de sécurité :

- ✓ un coffre à bouées de sauvetage + une bouée couronne Ø75cm et sa ligne de jet,
- ✓ Un coffre pour extincteur + un extincteur 9kg.

Le coffret devra être équipé de joints étanches et d'une fermeture facile. La non ouverture du coffret devra pouvoir être vérifiée par la fixation d'un fil de plomb. Ce coffret devra être en PEHD ou équivalent de couleur rouge. Il devra être équipé d'une vitre permettant de consulter les informations inscrites sur l'extincteur sans ouvrir le coffret.

Le type de coffret sera soumis à l'approbation du maître d'œuvre.

La bouée ainsi que l'extincteur reposeront sur des poteaux en aluminium repris sur la structure des pontons avec platine.

Ces poteaux seront placés à la convenance du maître d'ouvrage sur la panne.



Figure 29 : Equipement de sécurité

La présence, le nombre et l'état des équipement de sécurité sera à vérifier.

e) Plaques de numérotation des places

Les places seront numérotées en double avec une indication pour une lecture de terre (sur l'appontement fixée au revêtement de surface) et pour une lecture à partir de la mer (plaque fixée sur la partie verticale de l'appontement).

Une plaque de numérotation de poste sera implantée à chaque place. Les plaques seront vissées ou rivetées par de la visserie de type aluminium ou acier inoxydable de qualité minimale A2 sur les rails de guidage.

Chaque plaque sera au minimum tenue par 2 points de fixation. Les matériaux utilisés devront résister aux UV et agressions marines. L'Entrepreneur proposera la taille de la plaque, sa nature ainsi que son mode de fixation dans le respect des points suivants :

- ✓ les plaques mesureront au moins 90 (h) X 60 (v) mm,
- ✓ pas de partie susceptible de blesser les usagers,
- ✓ pas de fixation vis sur les flotteurs afin de conserver leur étanchéité.



Figure 30 : Plaque existante

5.5.5. Réseaux

Des bornes mixtes (eau et électricité) sont placées sur les pontons de manière que chaque bateau puisse bénéficier à un accès à l'eau et l'électricité. Dans le cadre de la présente opération, ces bornes existantes seront déplacées et/ou adaptées au calibre des bateaux.

En fonction de la catégorie des bateaux à alimenter en électricité, les bornes seront avec 4 connexions d'alimentation électrique 230V/16A, 4 connexions d'alimentations d'eau (staubly ou ¼ de tour) et un éclairage balisage.

Les points suivants seront respectés :

- ✓ Mise en place de bornes d'alimentation en eau et électricité en polyester avec 4 points de fixation au ponton,
- ✓ Les prises et les robinets doivent être localisés sur la partie latérale de la borne avec le coffret d'accès côté intérieur du ponton,
- ✓ Une trappe de réarmement des disjoncteurs doit être présente côté intérieur du ponton,
- ✓ Préciser l'indice de protection des prises en standard et la plus-value pour être en IP 67,
- ✓ Prévoir des compteurs d'eau dans la borne,
- ✓ Les bornes seront disposées en quinconce sur chaque ponton pour ne pas avoir de traversée sur le ponton (cela nécessite donc une double alimentation de part et d'autre du ponton),
- ✓ Prévoir sur chaque ponton un accès aux réseaux pour l'entretien :
- ✓ Petite trappe de service (à clé) en milieu de ponton avec un raccord d'eau avec une vanne pour l'eau,
- ✓ Ajouter sur la borne de distribution plaisancier, qui sera au milieu du ponton, une prise électrique à clé pour l'entretien.

Elles seront également équipées de balises lumineuses à led et d'une fermeture par verrou inviolable et inoxydable.

La présence, le nombre et l'état des bornes existantes sera à vérifier.



Figure 31 : Bornes existantes