

Travaux portuaires liés au projet MEUST

Annexe 7

AVP Port de Toulon Brégaillon
Travaux portuaires liés au projet MEUST
SOFID 2022

PORT DE TOULON LA SEYNE BREGAILLON

TRAVAUX PORTUAIRES LIES AU PROJET MEUST / INSTALLATION CNRS INSU AVP



Travaux portuaires liés au projet MEUST

Rév	Date	Intitulé	Rédigé par	Visé par :
0	08/11/2022	Emission initiale	F.Z	JC.A
1	16/01/2023	Modification suite remarques MOA du 24/11/2023 et présentation du 01/12/2023	F.Z	JC.A

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ETUDE	6
1.1. PROGRAMME DE L'OPERATION	6
1.2. CONTENU DE LA MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE	9
1.3. ORGANISATION DE LA PRESENTE ETUDE	9
1.4. OBJECTIF	10
2. COLLECTE, SYNTHÈSE DES DONNÉES ET ETATS DES LIEUX.....	11
2.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCES	11
2.2. MISE EN ÉVIDENCES DES DONNÉES ET CONTRAINTES DU PROJET	12
2.3. SITUATION GÉOGRAPHIQUE	13
2.4. ACTIVITÉS ET OUVRAGES EXISTANTS	14
2.4.1. Activités	14
2.4.2. Terre-plein actuel	15
2.4.3. Quai de l'IFREMER devant la parcelle concernée	16
2.4.4. Berge naturelle	18
2.4.5. Réseaux existants	18
2.5. DONNÉES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES	19
2.5.1. Vent	19
2.5.2. Niveaux d'eau	21
2.5.3. Clapot et Batillage	25
2.5.4. Courant	25
2.6. TOPO-BATHYMETRIE	25
2.6.1. Système de coordonnées	25
2.6.2. Bathymétrie	25
2.6.3. Topographie	26
2.7. GÉOLOGIE ET GÉOTECHNIQUE	27
2.7.1. Analyse géotechnique du site	27
2.7.2. Caractéristiques géomécaniques	28
2.8. MACRODECHETS	29
2.9. NATURE DES FONDS	29
2.10. QUALITÉ DES SEDIMENTS	29
2.11. POLLUTION DES SOLS	29
2.12. HYDROLOGIE	30
2.13. QUALITÉ DES EAUX	30
2.14. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	30
2.14.1. Sismiques	30
2.14.2. Liquéfaction	32
2.14.3. Risque pyrotechnique	32
2.15. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX	32
2.15.1. Habitats et espèces	33
2.15.2. Démarche environnementale	34
2.16. CONCLUSION SUR L'ANALYSE DES DONNÉES D'ENTRÉE ET ÉTAT DES LIEUX	34
3. DÉFINITIONS DES BESOINS	35
3.1. BESOIN D'EXPLOITATION	35
3.1.1. Circulation poids lourds	35
3.1.2. Engin de manutention	35
3.1.3. Autre	37
3.2. RESEAUX	38
3.2.1. Alimentation électrique	39
3.2.2. Alimentation Eau Potable	39

Travaux portuaires liés au projet MEUST

3.2.3.	Borne mixte	39
3.2.4.	Réseau Eaux Pluviales.....	40
3.2.5.	Définition de la géométrie du quai	40
3.3.	CONCLUSION SUR LES BESOINS	41
4.	PROPOSITION ET DEFINITION DES AMENAGEMENTS	42
4.1.	REALISATION DU NOUVEAU QUAI.....	42
4.1.1.	Documents de référence.....	42
4.1.2.	Durée de vie.....	42
4.1.3.	Actions et combinaisons d'actions	42
4.1.4.	Matériaux.....	44
4.1.5.	Méthode de calcul	46
4.1.6.	Choix du mode constructif.....	47
4.1.7.	Tableau de choix.....	50
4.2.	REALISATION DES VOIRIES	51
4.2.1.	Hypothèses de dimensionnement	51
4.2.2.	Réalisation de la plateforme support de chaussée.....	51
4.2.3.	Structure proposé.....	54
4.3.	REALISATION DES RESEAUX	54
4.3.1.	Eau potable.....	55
4.3.2.	Electricité.....	55
4.4.	BORNE MIXTE.....	55
4.4.1.	Eclairage.....	56
5.	COUT.....	56
5.1.	SCENARIO 1 (RIDEAU MIXTE).....	56
5.2.	SCENARIO 2 (PALPLANCHES TIRANTEES)	56
5.3.	CONCLUSION.....	57

Table des illustrations

Figure 1 : Implantation du futur projet.....	6
Figure 2 : Plans et Insertion paysagère - Projet MEUST	7
Figure 3 : Zone de projet	8
Figure 4 : Aménagements prévus par l'étude	8
Figure 5 : Mission de maîtrise d'œuvre : enchaînement des différentes phases.....	9
Figure 6 : Enchaînement des différentes sous-phases	10
Figure 7 : Vu satellite du site (Source : Google Earth)	13
Figure 8 : Photographie actuelle de la zone (Source photo MTPM)	15
Figure 9 : Photographie du terre-plein actuel	15
Figure 10 : Epaufures et fissuration avec fers apparents - Photos prises lors de notre visite sur site en octobre 2022	17
Figure 11 : Talus en fond de darse - Photos prises lors de notre visite sur site en octobre 2022)	18
Figure 12 : Plan réseau du projet MEUST et photographie existant	18
Figure 13 : Rose des vents : Station Toulon La Mitre (MF).....	19
Figure 14 : Echelle de Beaufort (Source : Météo France).....	20
Figure 15 : Lois d'ajustement des surcotes extrêmes retenues à Toulon (Source [15])	22
Figure 16 : IPCC, SROCC, 2019 - §4.1.2	24
Figure 17 : Extrait du levé bathymétrique	26
Figure 18 : Extrait du levé topographique	26
Figure 19 : Localisation des points de sondages (Source : [3]).....	27

Figure 20 : Zonage sismique de la France.....	30
Figure 21 : cartographie des biocénoses marines présentes dans la zone d'étude (Source : Contrat de Baie de la Rade de Toulon et de son bassin versant n°2, 2013).....	32
Figure 22 : Zone de protection et périmètre des monuments historiques (Source : http://atlas.patrimoines.culture.fr).....	33
Figure 23 : Plan schématique des ouvrages à dimensionner	36
Figure 24 : Gliders (planeurs sous-marins) chargé dans bateau (Source : https://images.cnrs.fr/photo/)	37
Figure 25 : Système de fixation des pontons flottants par bracons	37
Figure 26 : Plan des réseaux projetés	38
Figure 27 : Coupe de principe au droit du quai	41
Figure 28 : Schéma de principe d'un quai palplanches	47
Figure 29 : Battage des palplanches	48
Figure 30 : Mise en place des tirants et des liernes	48
Figure 31 : Réalisation du rideau mixte (Quai conteneur de Lomé, 2012).....	49

Tableaux

Tableau 1 : Liste des données d'entrées	11
Tableau 2 : Marée à Toulon (d'après le SHOM, 2020 [14])	21
Tableau 3 : Synthèse des surcotes (Source [15])	22
Tableau 4 : Evolution projetée de la température moyenne à la surface du globe (GIEC, 2019)	23
Tableau 5 : Niveau d'eau de projet.....	24
Tableau 6 : Modèle géotechnique (GIA Ingénierie).....	28
Tableau 7 : Epaisseur sacrificielle à retenir pour le dimensionnement	46

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1. Programme de l'opération

Métropole Toulon Provence Méditerranée souhaite réaliser des travaux liés au développement de l'activité du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) à Brégaillon.

En effet, le CNRS/INSU (Institut National des Sciences de l'Univers) projette de s'installer à Brégaillon, sur les lots 25, 26 et 27 (cf plans ci-dessous), soit l'implantation du futur bâtiment MEUST (Mediterranean Eurocentre for Underwater Sciences and Technologies), dans une logique de création du Campus CNRS/IFREMER/OCEANIDE.



Figure 1 : Implantation du futur projet

La SNRTM qui occupait le site jusqu'alors a déménagé du lot 27. Le site a été dépollué par le concessionnaire (CCIV) et la place est libre pour que le futur bâtiment MEUST soit construit sur les trois lots.

Le périmètre foncier de l'AOT qui lui est destiné (4178 m²), est en continuité du quai d'IFREMER pour le passage d'une grue portuaire et des poids lourds (hors gabarit) dans le cadre de leurs futures collaborations.

Travaux portuaires liés au projet MEUST

Le projet MEUST a l'objectif de développer une plateforme scientifique et technologique sous-marine mutualisée, ouverte à l'international et unique au monde.

Le Maître d'ouvrage du bâtiment, qui est le CNRS articulée à travers les deux instituts nationaux (IN2P3 et INSU), a décidé d'un projet de construction élaboré par le cabinet BBG Architectes associés.

Ce projet immobilier concerne un bâtiment neuf pour héberger la division technique de l'INSU et les utilisateurs de l'observatoire sous-marin. Le plan de masse et coupe du projet sont donnés ci-dessous :

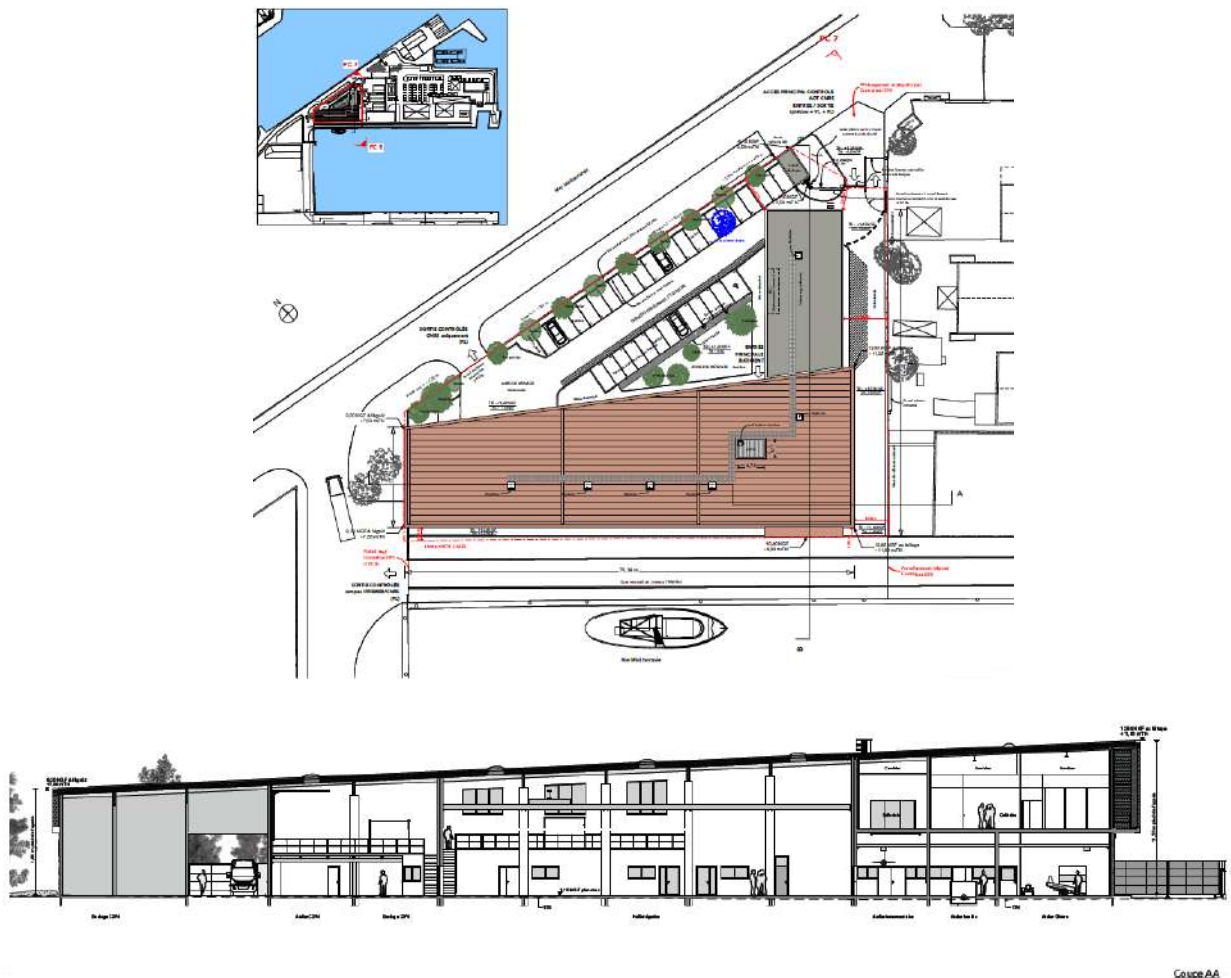


Figure 2 : Plans et Insertion paysagère - Projet MEUST

Travaux portuaires liés au projet MEUST

Le projet de construction comprend une voie de circulation autour du nouveau bâtiment, et notamment sur la bande des 12m en bord à quai, hors future AOT accordée au CNRS par la CCIV.

En l'état, cette bande n'a pas une structure qui permettrait la circulation des PL envisagée par le CNRS.

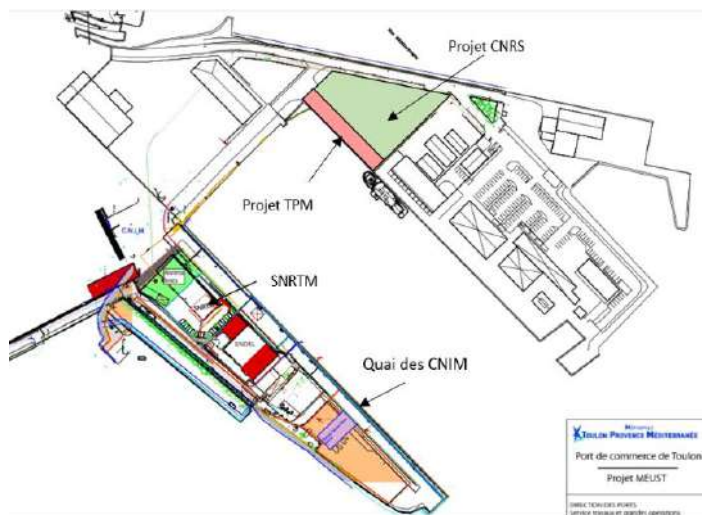


Figure 3 : Zone de projet

La figure suivante synthétise les travaux concernés par l'étude et le programme de travaux annoncé dans les pièces du marché de maîtrise d'œuvre

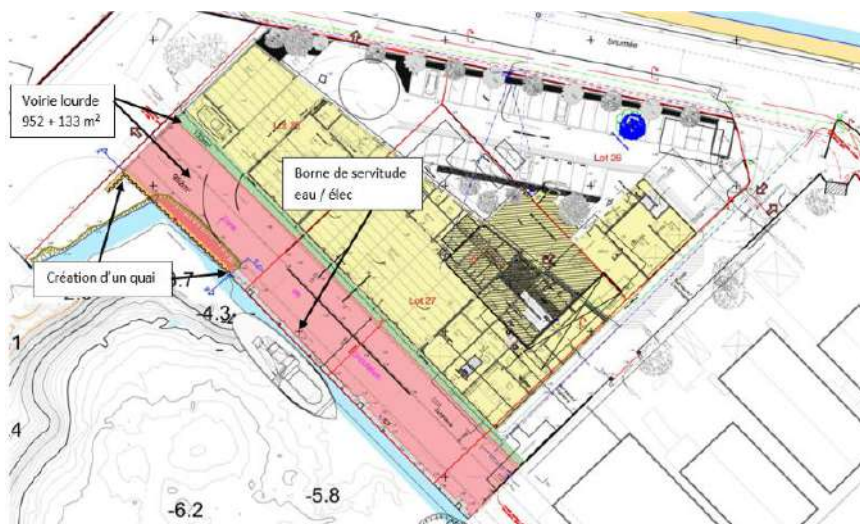


Figure 4 : Aménagements prévus par l'étude

- ✓ Prolongement du quai existant d'environ 26m ;
- ✓ Création d'une surface en enrobés (environ 1085m²) pour la circulation des poids lourds en bord à quai ;
- ✓ Installation d'une borne de servitude eau / électricité et raccordement aux réseaux depuis les alimentations existantes.

1.2. Contenu de la mission de maîtrise d'œuvre

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

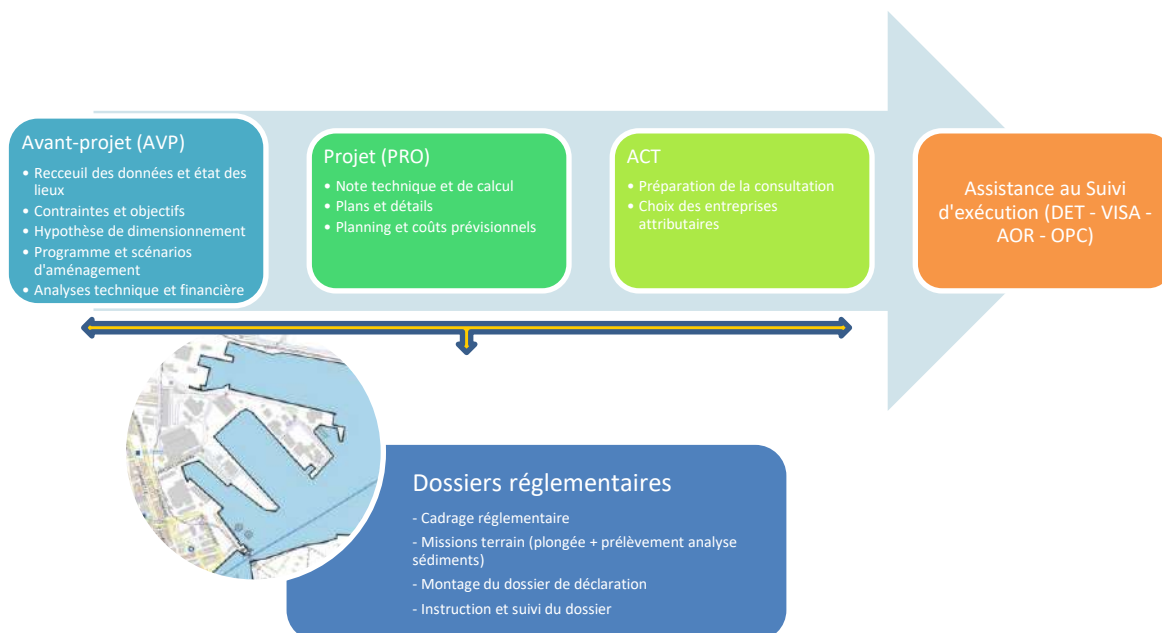


Figure 5 : Mission de maitrise d'œuvre : enchaînement des différentes phases

1.3. Organisation de la présente étude

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

Conformément aux spécifications du cahier des charges, cette phase est elle-même divisée en sous-phases qui s'enchainent comme suit.

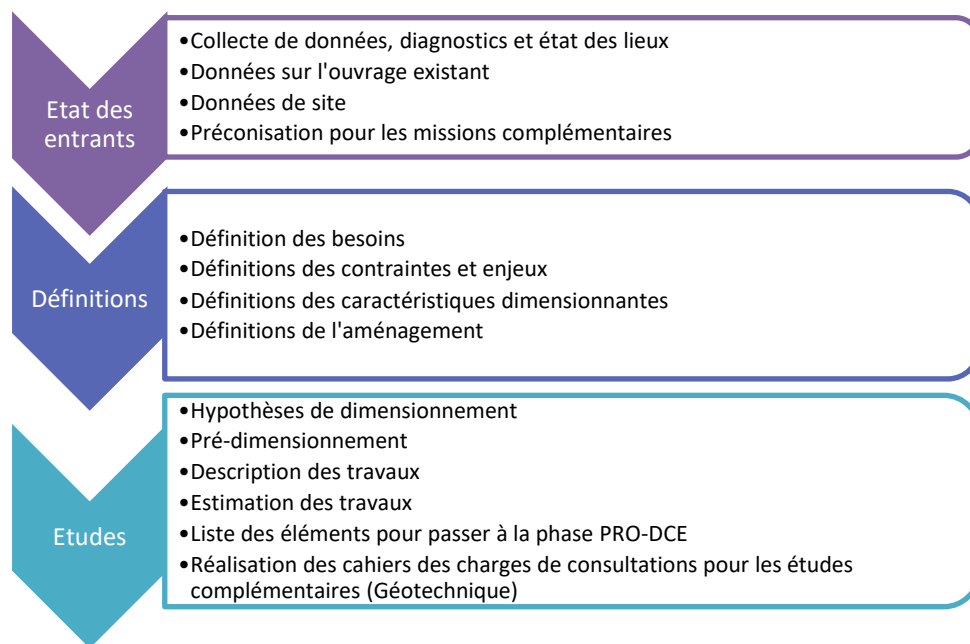


Figure 6 : Enchaînement des différentes sous-phases

1.4. Objectif

Les objectifs multiples sont donc les suivants :

- ✓ Assurer une bonne coordination avec la maîtrise d'œuvre BBG du bâtiment MEUST ;
- ✓ Prolonger le quai existant de 26 m supplémentaire (linéaire maximum disponible), de conception similaire ou différentes à celle du quai existant ;
- ✓ Prendre en compte les réseaux existants, notamment prévoir le rejet EP à travers le quai ;
- ✓ Adapter le quai aux descentes de charge sur la plateforme et à la perspective d'installation d'un ponton flottant pour amarrer des bateaux de 7,50m ;
- ✓ Etudier finement la zone de jonction entre l'ancien et le nouveau quai ;
- ✓ Elaborer un plan de circulation fonctionnel et sécuritaire le long du quai et porter une attention particulière sur l'adaptation des pentes ;
- ✓ Etudier la réutilisation des matériaux existants en remblais dans une démarche d'économie circulaire ;
- ✓ Evaluer en conséquence les risques pollutions de ces matériaux pour le remblaiement ;
- ✓ Assurer l'intégrité et la durabilité des structures ;
- ✓ Adapter les travaux et les méthodologies aux enjeux environnementaux identifiés (pollutions, bruit, ...) ;
- ✓ Intégrer l'ensemble des acteurs présents sur le site ;
- ✓ Réaliser une évaluation environnementale, constituer les déclarations et assister le MOA avec les services de l'état ;
- ✓ Intégrer la dimension développement durable au projet ;
- ✓ Respecter une enveloppe financière attribuée de **560 000 € HT** pour l'ensemble du projet ;
- ✓ Respecter le planning pour des travaux au 1^{er} semestre 2024.

2. COLLECTE, 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 des documents établis dans le cadre d'études ou travaux antérieurs, et récoltés par ailleurs.

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]	CCTP et programme de MOE	TPM	Dossier de consultation marché qui fixe les attentes sur ce projet
[2]	Dossier de demande de Permis de construire Bâtiment MEUST	Bbg Architectes	Dossier complet de demande de permis de construire avec plans, coupes et annexes
[3]	Etude géotechnique G2PRO – Projet MEUST	GIA Ingénierie	Etude géotechnique de conception pour la construction du futur bâtiment avec différents sondage bien répartis sur le terreplein
[4]	Rapport Site et sols Pollués	SOCOTEC	Investigation pour caractérisation de manière plus fine la qualité des futurs déblais de démolition du bâtiment existant afin de permettre leur gestion hors-site en filières spécifique
[5]	Plan de déplacement et Fiche de réception du poteau incendie	SDIS 83	Poteau incendie existant déplacé contre le portail existant de l'IFREMER.
[6]	PAC de l'aléa submersion marine sur les communes du littoral varois	Préfecture 83	Projet concerné par un « aléa faible » submersion marine, et relève de l'article III.4.2.A du PAC fixant une arase de quai minimum à +1,50 mNGF et une cote plancher minimale à + 2,0mNGF
[7]	Plan projet MEUST	TPM	Plan de masse du projet portuaire
[8]	Plan bathymétrique de la darse CNIM, réalisé en 2014	SEMANTIC	Levée bathymétrique avec courbes isobathes (CM) en format dwg. La zone devant le projet n'a pas été levée
[9]	Dossier de plan du projet MEUST	BBG Architecture	Plan dwg des réseaux existants Plan dwg des réseaux projetés Plan dwg du RDC
[10]	Dossier d'autorisation au titre des articles L214-1 à 6 du code de l'environnement relatif au dragage d'une partie de la darse CNIM zone de Bregaillon à la Seyne sur mer	GALATEA	Dossier de demande d'autorisation complet
[11]	Note complémentaire pour l'instruction du dossier loi sur l'eau relatif au dragage d'une partie de la darse des CNIM sur la zone de Bregaillon à la Seyne sur mer	GALATEA	Réponses aux remarques de l'autorité environnementale
[12]	Campagne d'inspections et études techniques sur les infrastructures des ports de commerce de Toulon et la Seyne sur mer Bregaillon – Quai de l'IFREMER, 2009	CETE Méditerranée	Campagne d'inspections subaquatiques et études techniques avec identification les désordres et propositions de mesures de surveillance. La nature et le dimensionnement du contre rideau et des tirants sont inconnues

Travaux portuaires liés au projet MEUST

[14]	Références Altimétrique Maritimes – Ports de France métropolitaine et d'outre-mer, 2020.	SHOM	Valeurs de référence pour les niveaux d'eau prises à Toulon
[15]	Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines, 2014	CETMEF	Valeurs de référence pour les surcotes prises à Toulon
[12]	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
[13]	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
[14]	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
[15]	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.
[12]	Les aménagements de plaisance maritime – Plan masse et éléments d'indication sur les équipements.	CETMEF	Livret référence de recommandations pour les aménagements de plaisances

2.2. Mise en évidences des données et contraintes du projet

La définition de l'aménagement et des structures du quai et autour du quai doit tenir compte de l'ensemble des problématiques et contraintes du projet. La confrontation des données et contraintes avec les données existantes, domaines d'emplois, conditions d'exécution des principales techniques permet alors de s'orienter vers les solutions les mieux adaptées.

Cela concerne l'ensemble des études amont et données d'entrées nécessaires pour la définition de l'ouvrage en intégrant les aspects multidisciplinaires qui doivent être analysés dans le cadre de la conception du quai et de l'aménagement.

2.3. Situation géographique

Le projet est situé dans la rade de Toulon, au sein de la darse CNIM au centre de la zone d'activité portuaire de Brégailhon sur la commune de La Seyne Sur Mer.



Figure 7 : Vu satellite du site (Source : Google Earth)

2.4. Activités et ouvrages existants

2.4.1. Activités

Le site de Brégaillon, essentiellement orienté vers le fret roulier, intègre un port avec deux terminaux et une zone industrielle.

La zone industrielle couvre 20 ha, elle est réservée à l'implantation d'entreprises en lien avec les activités maritimes. Plus spécifiquement, la zone du projet est située dans la darse CNIM qui abrite les activités : industrie (CNIM), assistance nautique (SNRTM), ingénierie (Oceanide), recherche (IFREMER). Tous ces établissements font l'objet de convention d'autorisation d'occupation avec la CCIV.

Une convention préliminaire n°2 en vue de l'occupation du domaine public maritime, visant à définir les conditions dans lesquelles la CCIV autorise le CNRS à occuper des installations sur le domaine public portuaire dont il est concessionnaire a été notifiée le 21 juin 2022.

Afin de libérer les parcelles occupées jusqu'alors par la SNRTM et permettre le déplacement de l'activité de cette société de l'autre côté de la darse IFREMER, la Métropole a réalisé des travaux de dragage en 2017.

Aujourd'hui la SNRTM a déménagé du lot 27 et la dépollution partielle du site a été prise en charge par le concessionnaire (CCIV).

Le bâtiment MEUST peut maintenant être construit sur les 3 lots 25, 26 et 27.

A terme la darse doit donc accueillir la partie marine du technopôle de la mer, porté par la Communauté d'Agglomération Toulon Provence Méditerranée (devenue Métropole Toulon Provence Méditerranée) qui est voué à être le premier Technopôle en Europe centré sur les domaines de la sécurité et sûreté maritime et du développement durable reposant sur les Hautes Technologies marines et sous-marines.

Dans le cadre de ce programme, le site doit accueillir le Projet MEUST (Mediterranean Eurocentre for Underwater Sciences and Technologies), porté par le CNRS, qui a pour objectif la réalisation d'une plateforme scientifique et technologique pour l'étude de l'astronomie neutrinos et les sciences de la mer.

Le CNRS envisage entre autres d'y installer sa Division Technique (qui gère la flotte des bateaux de Recherche).

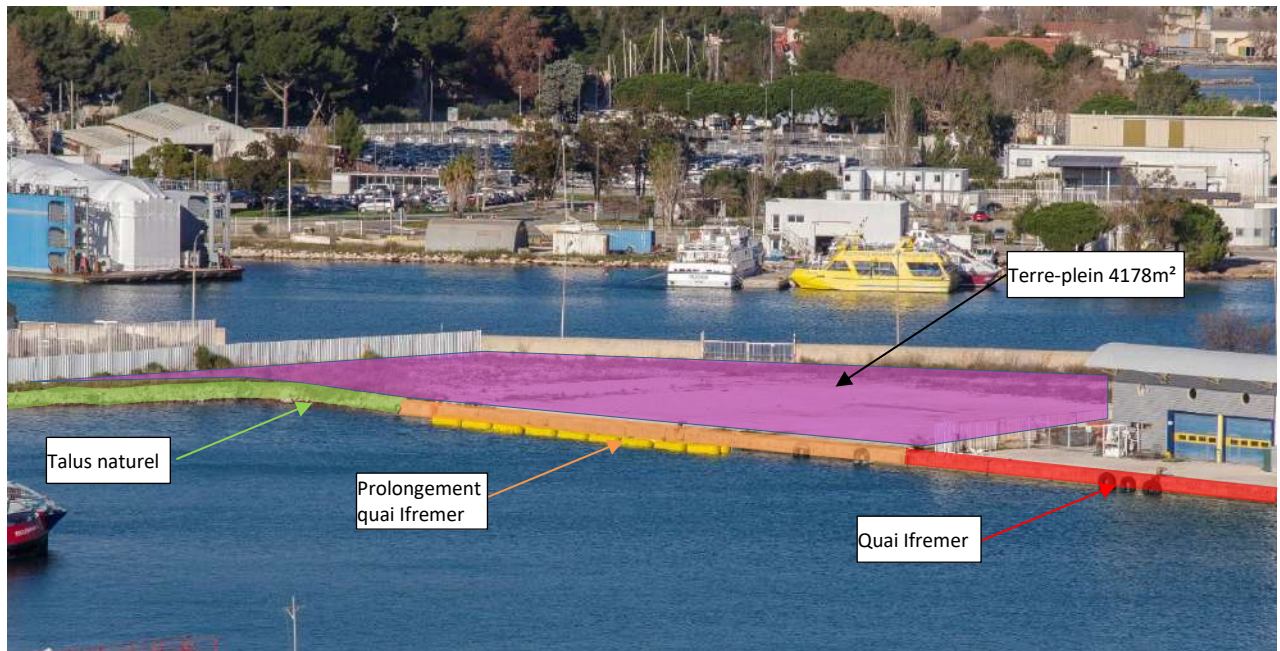


Figure 8 : Photographie actuelle de la zone (Source photo MTPM)

2.4.2. Terre-plein actuel

Le terre-plein d'une surface de 4178m² (parcelle cadastrale référencée BX 87 (Lots 25, 26 et 27)) a été débarrassé de toutes ses installations existantes (bâtiment SNRTM). Il est aujourd'hui libre.



Figure 9 : Photographie du terre-plein actuel

La parcelle a fait l'objet de différentes études (Diagnostics de site, de pollution des sols et analyses de Risques Prédictive, Investigations complémentaires sur les sols, gaz du sol et mise à jour de l'EQRs (L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires)). Il ressort de ces études que l'état des sols est compatible avec le projet présenté par le CNRS, qui comporte un recouvrement surfacique de l'ensemble de la parcelle (construction d'un bâtiment, création de voiries et parking, création d'espaces verts avec apport de terre végétale sur a minima 30 cm).

2.4.3. Quai de l'IFREMER devant la parcelle concernée

Le quai de l'IFREMER, mis en service en 1976 est un quai rideau en palplanches tirantées sur un contre rideau arrière.

Il présente les caractéristiques suivantes :

Illustration	Désignation	Valeur
	Construction	1976
	Type	Rideau de palplanches type L2S tiranté sur conte rideau arrière
	Longueur du quai	340 m
	Arase du quai	+1,45 mCM / +1,20 mNGF
	Profondeur en pied	-6,00 mCM / -6,25 mNGF
	Rideau principal	Palplanches type LS2 – Longueur inconnue
	Contre rideau	Nature et dimensionnement inconnu
	Tirant	Nature et dimensionnement inconnu
	Poutre de couronnement	Inconnue
	Charges d'exploitation de calcul	Inconnue

Equipements	
	Défenses pneus de camions reliées par chaînes et manilles à des organes fixes dans le couronnement
	3 bollards d'amarrage sur massifs dédiés sur la poutre de couronnement. Les capacités de résistance à la traction sont inconnues
	1 Echelle d'accès devant le bâtiment de l'IFREMER

Sur le linéaire de quai, de nombreux défauts sont visibles sur les poutres de couronnement, épaufrures avec fers apparents, fissures et fractures aussi bien en façade que sur la face supérieure de la poutre.



Figure 10 : Epaufrures et fissuration avec fers apparents - Photos prises lors de notre visite sur site en octobre 2022

Une campagne d'inspection a été réalisée en 2009 par le CETE Méditerranée [Réf 12] avec notamment une inspection subaquatique et des mesures d'épaisseurs des palplanches par ultrasons.

Il en ressort les conclusions suivantes :

L'ouvrage ne comporte pas de désordres apparents graves pouvant mettre en péril la structure. Toutefois, les valeurs de mesures par ultrason laissent apparaître des valeurs de perte d'épaisseur importante par endroit. (Le taux minimum et maximum de perte d'épaisseur relevé est de 0,8 à 22%, soit 1,74mm maximum. Pour 33 ans de vie, cela reste dans les valeurs attendues à la lecture des Eurocodes).

Le CETE Méditerranée précise bien qu'aucun plan, notes de calcul, ne leur ont été fournis, et qu'ils n'ont pas pu vérifier ou déterminer les charges d'exploitation, efforts de traction sur les tirants et bollards.

Afin de sécuriser et pérenniser l'ouvrage ils préconisent les actions suivantes :

- ✓ Pose d'une protection cathodique sur l'ouvrage pour préserver les caractéristiques mécaniques du rideau de palplanches ;
- ✓ Réparation de la poutre de couronnement ;
- ✓ Ajout d'une échelle ;



A noter important

Pareillement aux conclusions du CETE Méditerranée dans son rapport d'inspection, aucun plan, notes de calcul, nous ayant été fournis, nous sommes dans l'impossibilité de vérifier ou de déterminer les charges d'exploitation limite sur le terreplein arrière.

A noter également qu'à moyen terme, le développement de la corrosion entraînera une diminution de la résistance mécanique du rideau mettant en défaut les sécurités prises en compte lors de son dimensionnement.

Le projet prévoit le passage de grue mobile et une circulation PL (environ 10pl/j) en arrière du quai. Il ne peut pas être vérifié avec ses éléments le bon dimensionnement du quai existant. Pour permettre le fonctionnement envisagé, un confortement du quai pourrait s'avérer nécessaire à courts/moyens termes.

2.4.4. Berge naturelle

Une berge naturelle prolonge le quai jusqu'à la clôture avec les CNIM. Ce talus est quelque peu érodé en fond de darse.



Figure 11 : Talus en fond de darse - Photos prises lors de notre visite sur site en octobre 2022)

2.4.5. Réseaux existants

- ✓ Réseau électricité : Un poste HT ENEDIS est présent en mite de propriété. Dans le cadre de son projet, BBG Architectes prévoit un fourreau de réservation entre celui-ci et le Bord à Quai.
- ✓ Réseau Eau Potable : une arrivée d'eau en 110 avec vanne quart de tour est présente au droit du poteau incendie (vois photographie ci-dessous).

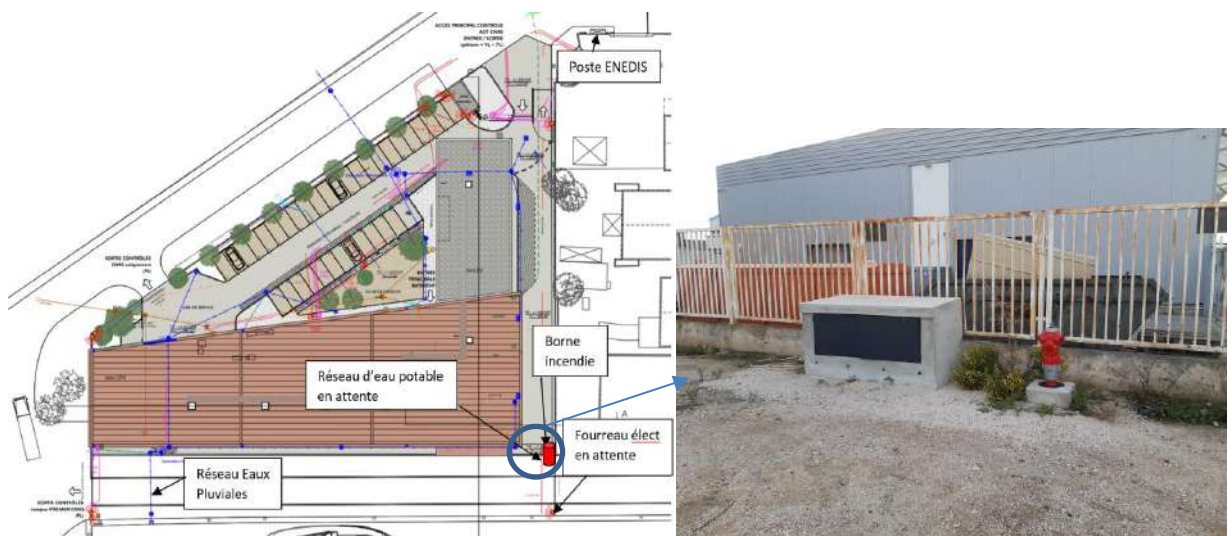


Figure 12 : Plan réseau du projet MEUST et photographie existant

2.5. Données hydrométéorologiques

2.5.1. Vent

a) Régime des vents

Le régime de vents est composé de 2 vents dominants :

- ✓ les vents du Nord-Ouest - Ouest (Mistral) environ 50% du temps : vent froid et sec qui chassent les eaux de surface vers le large et induit une remontée des eaux de fond plus froides. Les eaux sont alors généralement claires et l'agitation faible à proximité du littoral ;
- ✓ Les vents d'Est (Marin, Levant), environ 20% du temps, chaud et humides, généralement violents de l'automne au printemps, qui peut lever de fortes houles ;

La direction et la vitesse du vent données par Météo France sont représentées sur la rose des vents ci-dessous:

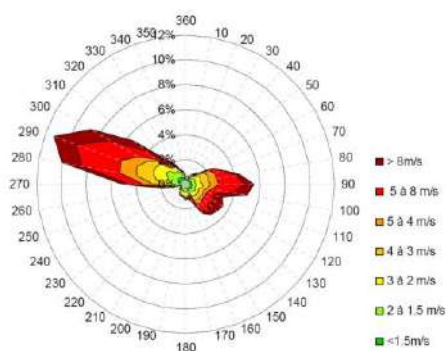


Figure 13 : Rose des vents : Station Toulon La Mitre (MF)

Les vents dominants sont très majoritairement de secteurs Ouest/Nord-Ouest et Est/Sud-Est, avec des vitesses élevées de plus de 8m/s pour les vents d'Ouest (Mistral).

a) Valeurs réglementaires

Les valeurs réglementaires de vent utilisées dans les calculs sont issues des Eurocodes (NF EN 1991- 1- 4).

D'après l'Eurocode 1, la vitesse de référence de base du vent à La Seyne sur Mer est de $v_{bo} = 24$ m/s (tableau 4.3 de la NF EN 1991-1-4/NA).

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 de toutes les directions de vents
- c_{season} : coefficient de saison pris égal à 1,0 pour prendre en compte la totalité de l'année

Travaux portuaires liés au projet MEUST

On a donc une vitesse de référence $v_b = 24,00 \text{ m/s}$ (86,4 km/h)

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

Avec :

- ✓ $c_r(z)$: 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 des vitesses moyennes de :

- $v_m(z) = 24,0 \cdot c_r(z) \text{ m/s}$: Cette valeur correspond la vitesse du vent de période de retour 50 ans moyennée sur 10min.

b) 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 nœuds	Vitesse moyenne en km/h	Observations en mer	Observations sur terre
0	Calm	< 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 60 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 28	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 ; des vaguelettes se forment 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 déferlantes 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 14 : Echelle de Beaufort (Source : Météo France)

La valeur réglementaire de vent moyen extrême pris en compte à 50 ans correspond à un début de niveau 10 sur l'échelle de Beaufort (Tempête)

2.5.2. Niveaux 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) Système de référence

Dans l'ensemble de l'étude, les niveaux d'eau sont exprimés suivant les référentiels NGF (IGN69) et Côte marine (CM).

Les services du SHOM proposent, à travers l'ouvrage Références Altimétriques Maritimes (RAM, 2020), le positionnement relatif du zéro hydrographique par rapport au référentiel IGN69 à Toulon.

La différence entre le zéro hydrographique (ou zéro cote marine) et le zéro N.G.F (IGN 69) est de -0,253 m (le zéro hydrographique étant en dessous du zéro IGN69), ce qui revient à : 0.00mCM = -0,253 mNGF.

b) Marée

Dans la zone, la marée est de type semi-diurne à inégalité diurne. Le marnage est faible et ne dépasse pas 47 cm.

Le SHOM renseigne sur les niveaux caractéristiques de la marée à Toulon :

Tableau 2 : Marée à Toulon (d'après le SHOM, 2020 [14])

	Niveau (mCM)	Niveau (mNGF)
Plus haute mer Astronomique (coefficient 120)	+ 0,64	+ 0,387
Niveau moyen	+ 0,42	+ 0,167
Plus basse mer Astronomique (coefficient 120)	+ 0,17	- 0,083

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

Les variations du niveau d'eau dues à la marée sont donc 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 vent orienté du large vers la côte (vent de Sud/Sud-Est) aura comme effet d'accumuler l'eau au rivage, synonyme d'une surcote, alors qu'un vent de terre (Mistral) poussera l'eau vers le large provoquant une décote.

c) Surcote

Les surcotes sont donc liées aux variations de vent et de pression atmosphérique. Elles sont estimées à partir des variations de niveau d'eau sans l'action des vagues.

Le CETMEF [15] fournit des informations concernant les surcotes le long des côtes métropolitaines.

Travaux portuaires liés au projet MEUST

Le tableau suivant est extrait du document d'avril 2013 actualisé en janvier 2014.

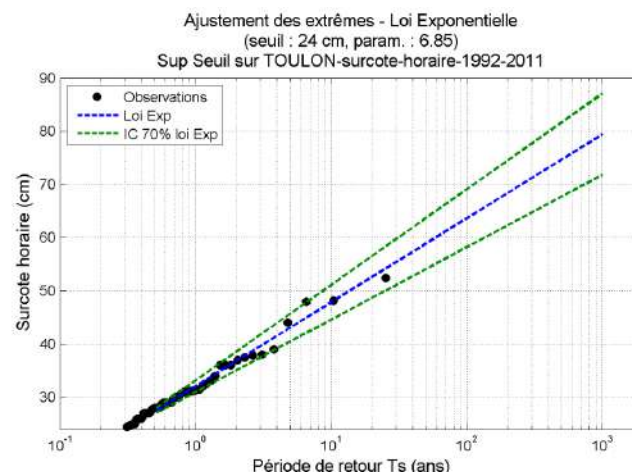
Tableau 3 : Synthèse des surcotes (Source [15])

Port	Durée d'observation (ans)	Surcote instantanée maximale observée (cm)	Niveau Max observé (m NGF)	Niveau de PIMA (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	90	66	79	72	91	92
					GPD	46	61	75	48	76	104
Sète	31,3	68 cm Le 19/12/97	0,96 m Le 17/12/97	0,47	EXP	98	74	80	83	92	101
					GPD	58	68	77	61	83	106
Marseille	13,6	89 cm Le 29/12/99	1,04 m Le 20/03/99	0,37	EXP	112	124	135	142	158	174
					GPD	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	58	64	69	72	79	87
					GPD	48	57	66	50	67	84
Nice	14,6	51 cm Le 19/02/10	0,71 m Le 01/03/10	0,36	EXP	57	64	71	70	80	90
					GPD	50	66	79	54	84	113
Monaco	12,6	51 cm Le 19/02/10	0,72 m Le 01/03/10	0,37	EXP	59	66	77	74	87	100
					GPD	46	66	85	39	83	126
Ajaccio	10	74 cm Le 01/03/10	0,87 m Le 01/03/10	0,27	EXP	57	75	83	81	95	106
					GPD	58	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

A Toulon, les données de surcotes horaires ont été récoltées sur 17,6 années (1992-2011). 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) avec un seuil à 24cm.

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



Loi exponentielle – seuil 24 cm :

Période de retour Ts (ans)	5	10	20	50	100	1000
Surcote horaire (cm)	43	48	53	59	64	79
Intervalle de confiance à 70%	40 - 46	45 - 51	49 - 57	54 - 64	58 - 69	72 - 87

Figure 15 : Lois d'ajustement des surcotes extrêmes retenues à Toulon (Source [15])

L'examen statistique, a conduit à une fourchette des surcotes allant de 0,40 à 0,87 m, avec les valeurs suivantes pour trois périodes de retour différentes :

- ✓ Surcote décennale (période de retour de 10 ans) : 0,45 à 0,51m ;
- ✓ Surcote cinquantennale (période de retour de 50 ans) : 0,54 à 0,64 m ;
- ✓ Surcote centennale (période de retour de 100 ans) : 0,58 à 0,69 m.

c) 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 sixième rapport de synthèse du GIEC (2021) 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, 2019)

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 :

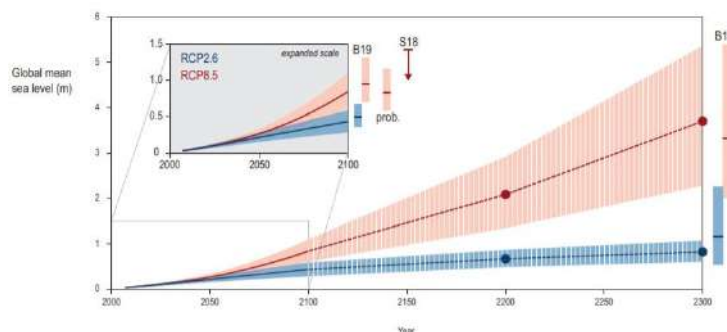


Figure 16 : IPCC, SROCC, 2019 - §4.1.2

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 méditerranéenne 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.

b) Niveau d'eau de projet retenue

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

Tableau 5 : Niveau d'eau de projet

		Marée	Surcote	Chgt climatique	CM	NGF
Niveau d'eau haut à l'horizon 2070	PM	0,53	0,59	0,5	1,62	1,37
Niveau d'eau haut 100 ans	PM	0,53	0,64		1,17	0,92
Niveau d'eau haut 50 ans	PM	0,53	0,59		1,12	0,87
Niveau d'eau haut 10 ans	PM	0,53	0,48		1,01	0,76
Niveau d'eau 1 ans	PHMA	0,64	0,3		0,94	0,69
Niveau d'eau bas	PBMA	0,17	-0,2		-0,03	-0,28

2.5.3. Clapot et Batillage

De par sa configuration et sa position au sein de la rade de Toulon, la darse CNIM est bien protégée de la houle. Les houles du large (Est à Sud Est) sont fortement atténuées par la grande jetée. Seul le clapot formé par le vent peut créer une agitation du plan d'eau.

Les vents violents qui soufflent régulièrement par régime de Mistral (Ouest) ne créent pas d'agitation. Le site est donc seulement exposé au clapot levé par les vents de secteur Est. Ceux-ci peuvent lever des clapots, vague de périodes courtes (2 à 4s) et de hauteurs faibles, le plus souvent entre 0,2m et 0,5m.

2.5.4. Courant

Les courants en Méditerranées sont liés principalement au vent et à la houle. A notre connaissance, il n'existe pas de données terrain de courantologie ciblées sur le secteur. Cependant, des études ont été réalisées dans la rade de Toulon faisant ressortir des vitesses d'écoulement très faibles (dans la gamme de 0 à 20 cm/s en moyenne) et fortement dépendantes des conditions météorologiques avec une forte susceptibilité à la génération de thermoclines induisant des courants variables sur la colonne d'eau.

2.6. Topo-Bathymétrie

2.6.1. Système de coordonnées

Les coordonnées sont rattachées :

- ✓ pour les coordonnées X et Y en plan : RGF 93 ;
- ✓ pour la coordonnée verticale Z : La référence altimétrique à adopter sera le Nivellement Général de la France (NGF IGN69) à terre comme en mer.

2.6.2. Bathymétrie

Un relevé bathymétrique de la zone a été réalisé par SEMANTIC en 2014.

Le référentiel utilisé est le Côte Marine (CM)

2.7. Géologie et Géotechnique

2.7.1. Analyse géotechnique du site

Une campagne géotechnique a été réalisée par GIA Ingénierie en octobre 2020 pour le projet de construction du bâtiment MEUST. Plusieurs sondages et essais ont été réalisés.

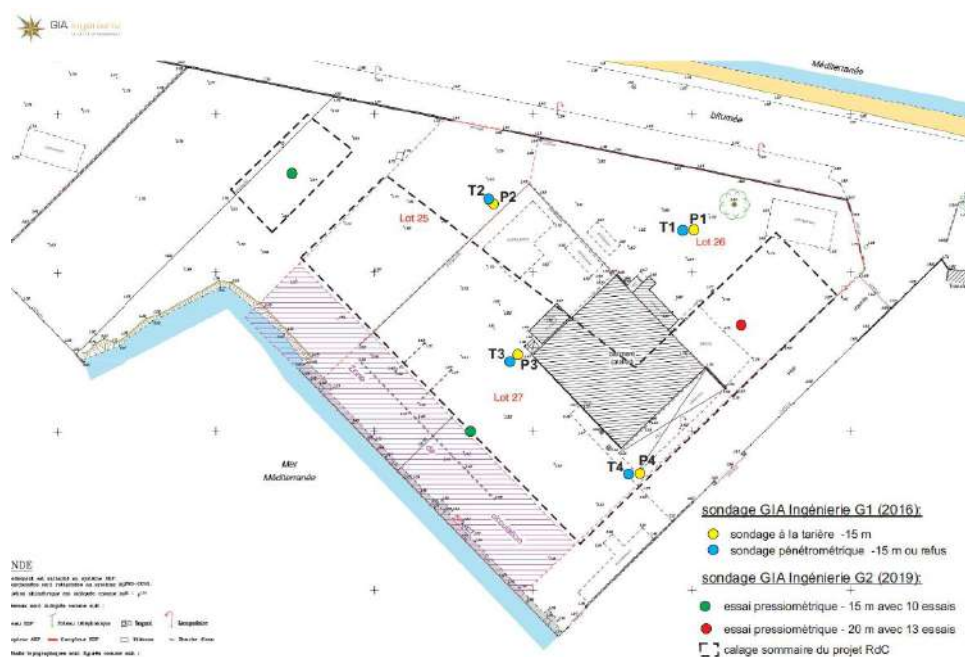


Figure 19 : Localisation des points de sondages (Source : [3])

Ces investigations réalisées au droit du terre-plein, ont mis en évidence 3 horizons géologiques :

- ✓ **Couche 1** : remblai, sable et graviers jusqu'à 1,5 m de profondeur environ,
Cette couche correspond aux matériaux de remblais utilisés réaliser le terre-plein à l'arrière du quai lors de la construction. Ce sont des matériaux sableux et limoneux avec graviers et débris divers probablement empruntés dans les fonds marins immédiat par dragage. Cet horizon compressible a été traversé sur environ 1 à 1,5m.
- ✓ **Couche 2** : limon à grave plus ou moins argileux à caractère vasards jusqu'à 8 m de profondeur (remblaiement potentiel),
Cette couche en surface du fond marin est composée de sédiments marins plus ou moins remaniés (argile sablo limoneuse) avec débris de coquillage et cailloutis. Cet horizon compressible a été traversé sur une épaisseur de 5 à 6m suivant les sondages.
- ✓ **Couche 3** : argiles à graves et galets jusqu'à 20 m de profondeur
Cette couche est composée par les alluvions quaternaires constitué de limon argileux avec passage sableux et présence de petits graviers. Cet horizon a été traversé sur des épaisseurs importante.

2.7.2. Caractéristiques géomécaniques

Les valeurs représentatives des paramètres géotechniques des terrains, basées sur la synthèse des différents sondages repérés ci-avant et les résultats des essais pressiométriques sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Modèle géotechnique (GIA Ingénierie)

Nature des sols	Profondeur (ml/TN)	PI^*_{moy} (Mpa)	$E_{M \text{ moy}}$ (Mpa)	E_M/PI^*_{moy}	α
Remblai, sable et graviers	0.00 – 1.20	1.03	9.2	8.93	1/4
Limon vasard	1.20 – 4.80	0.18	1.35	7.50	1/2
Limon vasard à graves	4.80 – 10.00	0.44	4.13	9.37	1/2
Argiles –Limon sableux	10.00 – 20.00	1.32	11.54	8.74	2/3

Les sédiments marins et les alluvions quaternaires pourront présenter de fortes variations de faciès (argile, limon, sable et grave) et présenter un caractère vasard et matériaux évolutifs (tourbes)

Des essais d'identification et de caractérisation ont également été réalisés sur deux couches superficielles rencontrées au droit des sondages (T2 et SP1).

Sondage	Nature	Profondeur (m)	Wn (%)	VBS	Passant à 80 μm (%)	Classification GTR
T2	Argiles limoneuses marron à gris foncé	1.50 – 2.50	18.72	3.60	53.69	A2
SP1	Limon beige, gris à gris foncé	2.50 – 3.50	25.78	2.56	47.36	A1

Les essais granulométriques mettent en évidence l'importance de la fraction fine, avec un pourcentage de passant au tamis 80 μm supérieur à 47%. Le pourcentage de passant au tamis 2mm (83%) montre un sol à tendance sableuse.

La valeur de la limite d'Atterberg ($IP < 12\%$) obtenue révèle un sol faiblement argileux. En outre, la valeur au bleu VBS montre un sol limoneux de plasticité moyenne.

Selon la classification GTR, nous sommes en présence de sols de classe A1/A2 (limons peu plastiques). Compte tenu des valeurs de pressions limites, ce sont des argiles et limons mous.

Le réemploi des déblais en remblai est possible sous certaines conditions.



Une étude géotechnique complémentaire de niveau G2PRO sera nécessaire pour le dimensionnement du rideau et la structure de fondation de la voirie lourde.

2.8. Macrodéchets

Peu d'informations ont été recensées concernant la présence éventuelle de macrodéchets sur le site

2.9. Nature des fonds

Les fonds sont constitués uniformément de substrat meuble de type limon sableux auquel sont mêlés des débris coquillés et des blocs rocheux décimétriques. Aucune espèce d'intérêt patrimoniale, écologique ou envahissante n'a été observée (Source [10])

2.10. Qualité des sédiments

Toujours dans le cadre du dossier d'autorisation pour le dragage d'une partie de la darse, des prélèvements d'échantillons ont été réalisés en 2014 avec analyse dragage et déchet. Certains échantillons analysés présentaient une contamination importante :

- ✓ en métaux lourds (Cuivre, mercure, plomb et zinc en concentration supérieure au niveau N2 de l'arrêté du 9 août 2006 et arsenic en concentration comprise entre N1 et N2),
- ✓ en HAP (7 HAP en concentration > N2, 7 en concentration comprise entre N1 et N2)
- ✓ en TBT qui est en concentration supérieure à N2 sur S1.

Vis-à-vis de l'analyse déchet, les sédiments ont été classés en non inerte et non dangereux (stockage en CSD2)



A noter

Notons qu'une caractérisation des sédiments au droit de la zone pourra être réalisée même si aucun dragage n'est prévu. En effet, le battage de palplanche pouvant générer une dispersion de panache les services instructeurs imposent souvent ces données

2.11. Pollution des sols

Les travaux de dépollution commandés par la CCIV ont été réalisés par la société ORTEC SOLEO sur la période s'étendant du 30/03/2021 au 23/04/2021. Le rapport de dépollution a été fourni. Le CNRS prend à sa charge l'ensemble des opérations de dépollution. A noter, que les zones bord à quai ne sont pas couvertes par ce rapport.



A noter

Les déblais pourront être réutilisés en remblais sous réserve d'un traitement de sol (voir plus loin)

2.12. Hydrologie

La proximité immédiate du projet avec la mer conduira à l'apparition de venues d'eau lors des travaux dès lors qu'on sera positionné à une altimétrie proche du niveau de la mer et en deçà.

Cet aspect devra être pris en compte, notamment pour la réalisation d'éventuel tirant en arrière du quai.

Lors de l'étude géotechnique, les niveaux ont été mesurés en début et en fin de chantier dans l'ensemble des sondages géotechniques entre 1,5 m et 2,3 m de profondeur.

2.13. Qualité des eaux

Les eaux de la zone proche de la darse CNIM, étudiées en 2007 à partir des résultats de la campagne RINBIORADE 2007 (« stations Brégaillon » situé à environ 1,2 km de la darse et « Fort de l'Eguillette » situé à environ 2,5 km) présentent une mauvaise qualité chimique des eaux avec une contamination marquée en métaux lourds et PCB sur les deux stations.

Les résultats du réseau ROCCH sur la station du Lazaret (environ 2,3 km à vol d'oiseau) montrent également une contamination en plomb et mercure (Bulletin de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral, 2013). Ceci semble traduire l'influence des activités anthropiques et la proximité de sources portuaires comme l'indique le rapport de la campagne RINBIORADE 2007, qui fait apparaître clairement un gradient de concentration en contaminants métalliques et organiques décroissant de la petite rade vers le large (IX SURVEY, 2007).

2.14. Risques naturels et anthropiques

2.14.1. Sismiques

D'après le nouveau plan de zonage sismique entré en vigueur le 1er mai 2011 et modifié par le décret n°2015-5 du 6 janvier 2015, la commune est classée en zone 2, soit une zone de sismicité faible

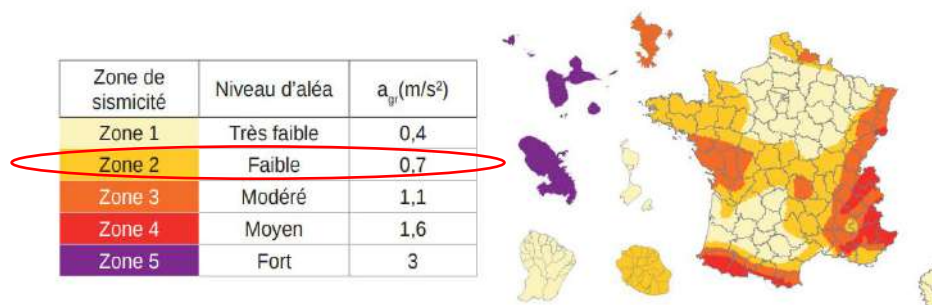


Figure 20 : Zonage sismique de la France

Le risque sismique se définit comme une analyse croisée de l'aléa sismique, défini par la réglementation ci avant, des enjeux, caractérisés par la catégorie d'importance des ouvrages et de la vulnérabilité des ouvrages, définis par des arrêtés spécifiques en fonction du type de structure.

Des arrêtés existent pour les bâtiments et les ponts en ouvrages neufs, mais pas pour les ouvrages portuaires.

d) Enjeux et catégories d'importance

Le CEREMA, a établi une matrice de définition de la catégorie d'importance des ouvrages portuaires. Cette matrice permet de calculer pour un ouvrage portuaire un indice global IOA, caractérisant l'importance socio-économique de l'ouvrage. Cet indice est calculé en fonction de l'analyse :

- ✓ des enjeux supérieurs identifiés (gestion de crise, stratégie militaire),
- ✓ des enjeux environnementaux à court terme : les risques d'accidents majeurs liés aux explosions et à la propagation de matières dangereuses
- ✓ des enjeux sociaux à court terme : les risques de pertes humaines directes et l'atteinte des réseaux vitaux
- ✓ des possibilités de rétablissement d'urgence à court terme (durée de réparation ou report provisoire sur ouvrages proches),
- ✓ des enjeux économiques,
- ✓ des enjeux environnementaux à moyen terme (pollution du milieu marin, qualité des eaux du sol/sous-sol),
- ✓ des enjeux sociaux à moyen terme (perte d'emploi, chômage),
- ✓ des possibilités de rétablissement à moyen terme (durée de reconstruction ou de report des activités sur des ouvrages proches),

En fonction de la valeur de cet indice, les ouvrages portuaires pourraient être classés en 4 catégories d'importance de façon analogue à la réglementation établie pour les bâtiments et les ponts.

- ✓ Catégorie I : $0 \leq IOA < 25$ Importance socio-économique très faible
- ✓ Catégorie II : $25 \leq IOA < 50$ Importance socio-économique faible
- ✓ Catégorie III : $50 \leq IOA < 100$ Importance socio-économique moyenne
- ✓ Catégorie IV : $100 \leq IOA \leq 150$ Importance socio-économique élevée

Cette matrice d'importance et le classement du projet reste à déterminer par le maître d'ouvrage.

Suivant le classement de l'ouvrage :

- ✓ Catégorie d'importance II : aucune exigence
- ✓ Catégorie d'importance III : l'action sismique est donc à prendre en compte selon l'EC8 suivant l'analyse modale spectrale.

L'accélération maximale de référence au niveau du sol est prise à :

$$a_{gr} = a_{gr} * \gamma_i = \mathbf{0,84 \text{ m/s}^2}$$

Avec :

- ✓ Accélération du sol au rocher a_{gr} : $0,7 \text{ m/s}^2$
- ✓ Coefficient d'importance $\gamma_i = 1,2$

d) Classe de sol

En première approche, au sens des règles de l'EUROCODE 8 en vigueur et selon la G2PRO réalisé par GIA Ingénierie, la succession lithologique au droit des différents sondages constitue un sol de classe B.

En toute rigueur, pour définir plus précisément cette classe de sol, il conviendrait de réaliser une étude spécifique basée sur des sondages à 30 m de profondeur, et sur des essais de type Cross Hole jusqu'à cette profondeur.

2.14.2. Liquéfaction

Selon la réglementation en vigueur, l'analyse de la liquéfaction doit être faite dans les terrains à partir d'une zone de sismicité 3 pour les ouvrages de catégorie d'importance II à IV.

Le site étant inscrit en zone de sismicité 2, le risque de liquéfaction peut ne pas être pris en compte dans le dimensionnement des ouvrages.

2.14.3. Risque pyrotechnique

Les remblais constituant les terre-pleins gagnés sur la mer, pourront présenter des variations d'épaisseurs importantes et contenir des vestiges de constructions (blocs, béton, vestiges de guerre...)



De cette constatation et compte tenu du contexte historique de la rade de Toulon, une étude pyrotechnique doit être réalisée pour évacuer tout risque de rencontrer des engins explosifs lors des terrassements pour réalisation de la voirie et mise en fiche du rideau (mixte ou palplanches).

2.15. Enjeux environnementaux

La situation de la darse des CNIM dans une zone urbanisée et fortement impactée par les activités anthropiques ainsi que sa distance aux différents sites remarquables permet de dire que les travaux envisagés n'auront pas d'impact sur les sites d'inventaires et de protection du milieu naturel (ZNIEFF, Natura 2000, sites inscrits et classés) qui se situent aux alentours de la zone dans laquelle seront réalisés les travaux envisagés.

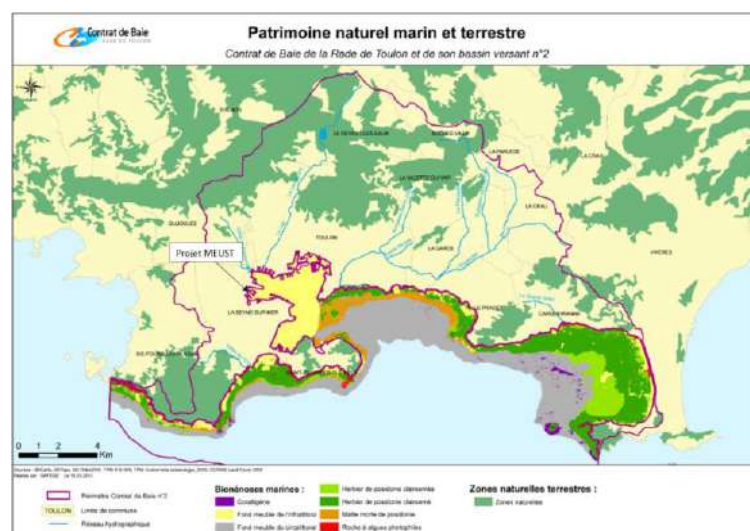


Figure 21 : cartographie des biocénoses marines présentes dans la zone d'étude (Source : Contrat de Baie de la Rade de Toulon et de son bassin versant n°2, 2013)

La darse CNIM est concerné par un périmètre de protection qui inclut une réglementation architecturale particulière imposée par l'Architecte des Bâtiment de France. Il s'agit du périmètre du pont Levant qui est classé monument historique.

Ceci pourrait présenter un enjeu négligeable étant donné le peu de visibilité des travaux (ouvrage de quai et voirie). Aussi, le bâtiment MEUST a normalement dû faire l'objet d'un avis par l'ABF pour l'intégration paysagère.



Figure 22 : Zone de protection et périmètre des monuments historiques (Source : <http://atlas.patrimoines.culture.fr>)

2.15.1. Habitats et espèces

L'absence de zones d'inventaire et de protection du milieu naturel à proximité de la darse des CNIM et plus largement dans la petite rade de Toulon traduit la faible richesse biologique de ce milieu.

La petite rade est très urbanisée et fortement perturbée par les activités anthropiques, notamment les activités maritimes. Ce secteur est très pauvre en faune et en flore.

Aucune phanérogame, ni espèces protégées, ou d'intérêt patrimonial et écologique n'a été observée au cours des plongées effectuées par GALATEA lors des prélèvements d'échantillons de sédiments pour analyses, dans le cadre du dossier d'autorisation pour un dragage dans la darse CNIM.

Ils ont seulement pu observer quelques moules et huîtres le long du quai ainsi que de rares poissons tels que des gobies (*Gobius* sp) sur le fond.

Seule est à noter la présence de grandes nacres (*Pinna nobilis*), espèce protégée, qui sont en densité tout de même relativement faible et dans un espace très restreint, dans la baie de Balaguier. Cette zone est éloignée de la darse CNIM, à environ 3 km par la mer. De plus, elle est abritée par la pointe de l'Eguillette et ne devrait donc pas être impactée par les travaux.

La zone de la darse CNIM est extrêmement pauvre en diversité ainsi qu'en densité d'organismes.

Ceci est dû à sa situation à l'intérieur d'un secteur très urbanisé et soumis à l'influence de nombreuses activités anthropiques. Le secteur des travaux ne présente donc pas d'enjeu écologique particulier.

2.15.2. Démarche environnementale

Les prescriptions environnementales suivantes seront intégrer au projet comme par exemple :

- ✓ Mise en place de chantiers propres à faible impact,
- ✓ Réduction de la consommation énergétique,
- ✓ Réduction de la consommation d'eau,
- ✓ Respect de la trame noire (préservation biodiversité, écosystème),
- ✓ Utilisation de matériaux éco-performants avec un bilan carbone réduit,
- ✓ Etc.



A noter

Au vu de la qualité des sédiments et des eaux dans la zone de projet, il n'est pas proposé à ce stade de démarche d'écoconception.

2.16. Conclusion sur l'analyse des données d'entrée et état des lieux

En vue de la conception du projet, les études supplémentaires suivantes sont à prévoir pour la phase PRO :

- ✓ Etude géotechnique G2PRO pour le dimensionnement du rideau et de la voirie lourde,
- ✓ Analyse de sédiments éventuels pour le dossier au service de l'état,
- ✓ Etude pyrotechnique sur la zone.

3. DEFINITIONS DES BESOINS

3.1. Besoin d'exploitation

3.1.1. Circulation poids lourds

Une circulation de PL est envisagée par le CNRS pour une moyenne de 10 par jour.

La réalisation d'une surface en enrobés pour la circulation des poids lourds en bord à quai (bande d'environ 12m « Métropole » + bande de 2m « CNRS/CCIV » en co-maîtrise d'ouvrage CNRS/TPM) pour une surface d'environ 1085 m² devra être effectuée à la suite du reprofilage du quai.

3.1.2. Engin de manutention

De nombreux véhicules type « Chariot élévateur » circuleront sur la voie afin de desservir les locaux techniques (hall d'intégration et de préparation de campagnes, zones de stockages et de maintenance des instruments scientifiques) du futur bâtiment.

Également des camions grue circuleront, sans stationner, sur la voirie dans une limite de 10 à 12 tonnes à l'essieu.

Les charges horizontales dues à l'accélération ou à la décélération des véhicules peuvent être prises égales à 30 % de la charge verticale à l'essieu.



En l'absence d'informations plus précise sur le type de véhicule à prendre en compte sur la voie, il est raisonné en termes de charge admissible.

La Chaussée neuve est dimensionnée pour le passage de 10PL/j. Suivant ce dimensionnement, il sera défini la charge maximale admissible pour la chaussée avec un engin en stationnaire.

Le nouveau linéaire de quai sera calculé en conséquence.

Pour le quai existant, sa structure reste inconnue, nous sommes donc dans l'impossibilité de vérifier ou de déterminer les charges d'exploitation limite sur le terreplein arrière.

Travaux portuaires liés au projet MEUST

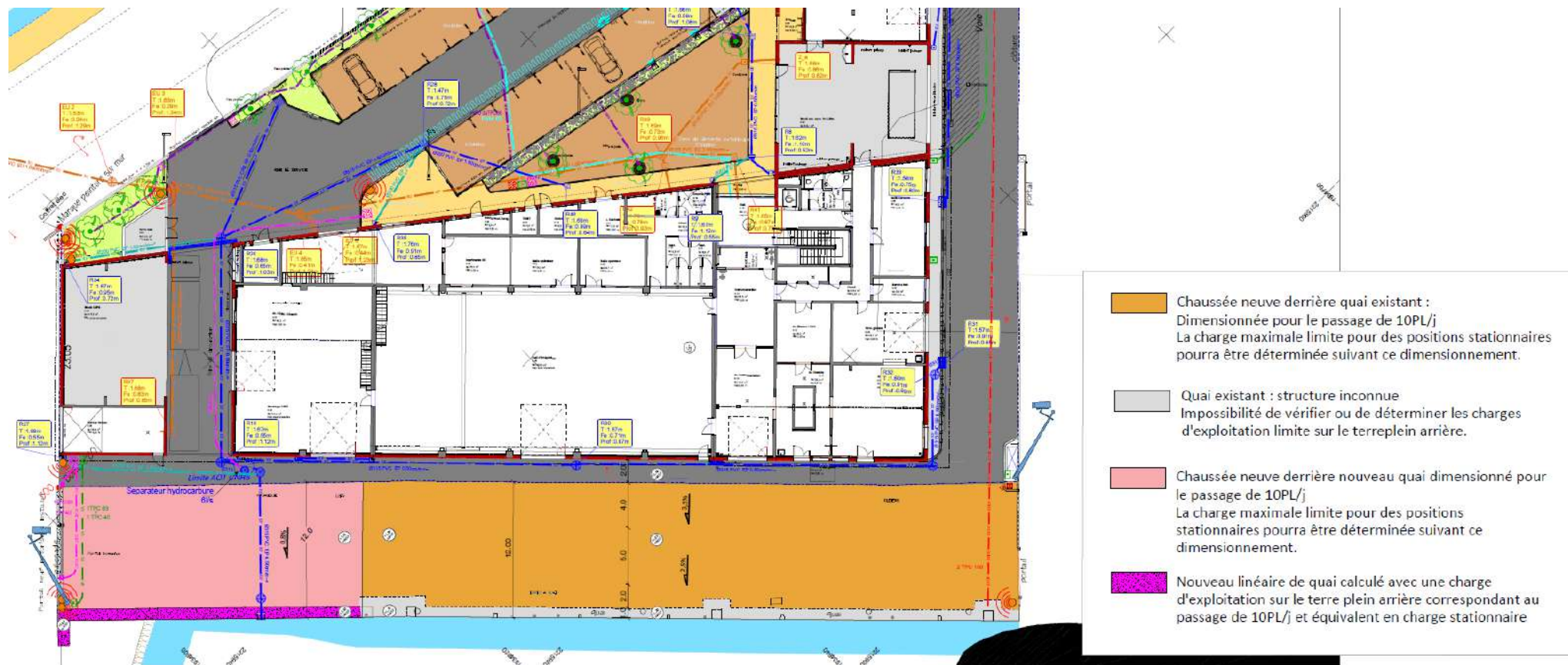


Figure 23 : Plan schématique des ouvrages à dimensionner

3.1.3. Autre

Le quai créé sera susceptible d'accueillir l'aménagement d'un ponton flottant ayant la capacité d'amarrer un bateau de 7,50m avec un faible tirant d'eau servant au chargement d'équipements pesant env. 80 kg (gliders).



Figure 24 : Gliders (planeurs sous-marins) chargé dans bateau (Source : <https://images.cnrs.fr/photo/>)

Note : Ce ponton ne fait pas partie des travaux à réaliser dans le cadre de ce marché.

Toutefois, le projet pourrait prévoir la fixation de platines au nouveau rideau permettant d'accrocher les bracons qui maintiendront les modules de ponton flottant. Ces platines pourront également accueillir des rails permettant au ponton de coulisser.

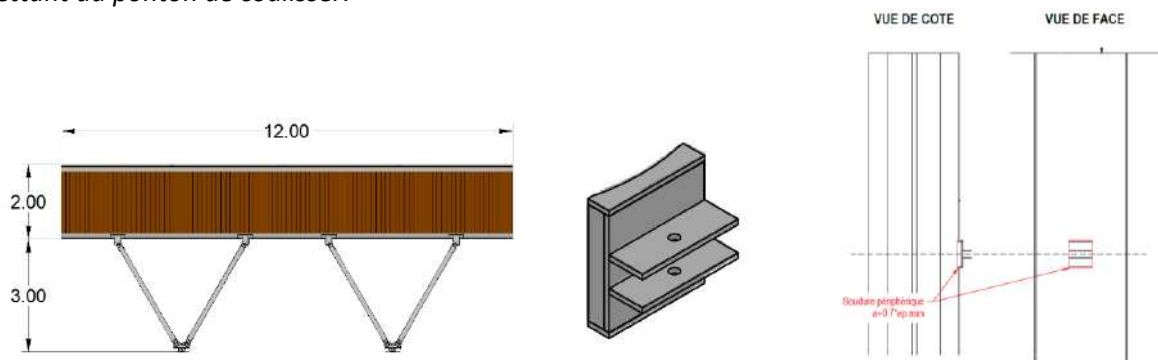


Figure 25 : Système de fixation des pontons flottants par bracons

Le bateau de projet correspond au plus grand navire susceptible de s'amarrer sur le ponton.

On représente, dans le tableau ci-dessous, les caractéristiques du bateau projet :

Navires	Catégorie < 8m
Longueur (m) :	8,0 m
Largeur (m) :	2,8 m
Tirant d'eau max (m) :	0,85 m
Franc bord (m) :	1,0 m
Surface exposée au vent de face (m²)	4,5 m²
Surface exposée au vent de profil (m²)	13 m²
Surface exposée au courant de face (m²)	2 m²
Surface exposée au courant de profil (m²)	5 m²
Déplacement (T)	5 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 + 1,0m de superstructure. Le tout est multiplié par un coefficient de forme pris à 0,8 pour les 2 faces exposées.
- ✓ 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 0,25.

3.2. Réseaux

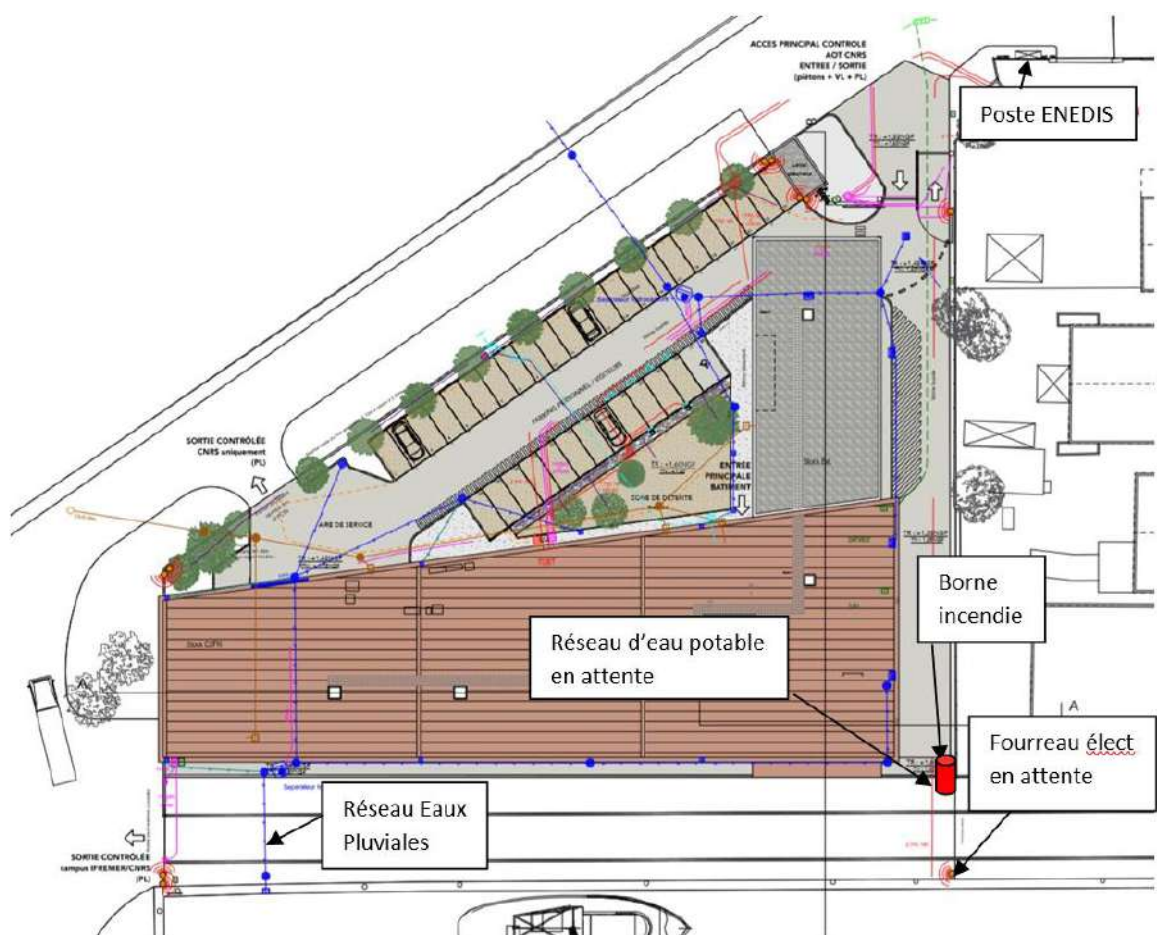


Figure 26 : Plan des réseaux projetés

3.2.1. Alimentation électrique

BBG Architectes prévoit 2 fourreaux de réservation TPC 160 entre le poste Haute Tension (HT) ENEDIS et le Bord à Quai.



Le câblage est à prévoir dans le cadre du projet. Il sera dimensionné pour les besoin en puissance défini ci-après.

3.2.2. Alimentation Eau Potable

Afin d'alimenter la borne de servitude (eau/électricité) située sur le quai, la CCIV a prévu une arrivée en 110 avec vanne quart de tour au droit du poteau incendie.

3.2.3. Borne mixte

Une borne de servitude électricité et eau doit être mise en place. Elle devra répondre aux mêmes caractéristiques techniques que celles actuellement en place sur le quai IFREMER.

- ✓ 1 prise 250A en triphasé
- ✓ 2 prises 240V/36A

Les deux raisons à ce besoin important de puissance sont les suivantes :

- ✓ Possibilité de brancher un navire et de le faire accoster devant MEUST plutôt que devant IFREMER ;
- ✓ Possibilité de brancher un treuil devant MEUST, parfois nécessaire à la DT INSU, dont le courant d'appel est aux alentours de 250 A (treuil actuellement utilisé sur les bornes IFREMER).

CALCUL DE LA PUISSANCE ELECTRIQUE							
		Intensité		Tension		Phasage	Puissance Apparente de la prise
Caractéristiques des prises électriques :		Type Prise 1 :	16 A	240 V	240 V	Mono	3,84 kVA
		Type Prise 2 :	16 A	400 V	400 V	Tri	11,09 kVA
		Type Prise 3 :	36 A	240 V	240 V	Mono	8,64 kVA
		Type Prise 4 :	36 A	400 V	400 V	Tri	24,94 kVA
		Type Prise 5 :	63 A	240 V	240 V	Mono	15,12 kVA
		Type Prise 6 :	63 A	400 V	400 V	Tri	43,65 kVA
		Type Prise 7 :	125 A	240 V	240 V	Mono	30,00 kVA
		Type Prise 8 :	125 A	400 V	400 V	Tri	86,60 kVA
		Type Prise 9 :	250 A	240 V	240 V	Tri	103,92 kVA
		Type Prise 10 :	250 A	400 V	400 V	Tri	173,21 kVA
Hypothèses de calcul :		Coefficient d'utilisation	80%	quand l'utilisateur se branche à une prise, il consomme 75% de la capacité de la prise			
		Coefficient de simultanéité	100%	on considère que les 3 prises sont utilisées en même temps			

Les calculs sont présentés dans le tableau suivant :																		
		Nbre de bornes	Nb de prise totale	Nombre de prises selon type :										Puissance apparente max.	Coef d'utilisation	Coef de simultanéité	Puissance apparente en tête du réseau	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Scénario 1	Borne	1	2		2								1	190 kVA	80%	100%	152,4	kVA
	TOTAL câble et borne																152,4	kVA



A noter

*La puissance électrique demandée pour le bâtiment MEUST est de 240 kVA.
Une demande doit être faite auprès d'ENEDIS pour un surplus de puissance d'environ 150 kVA supplémentaire. Il serait intéressant de lier les 2 demandes.*

3.2.4. Réseau Eaux Pluviales

Le réseau EP est à prendre en compte comme indiqué sur le plan ci-dessus lors des travaux de création du quai.



A noter

Les eaux de la voie de roulement ne sont pas prévues d'être récupérées ni traitées

3.2.5. Définition de la géométrie du quai

Le projet est concerné par un « aléa faible » submersion marine, et relève de l'article III.4.2.A du PAC fixant une cote plancher minimale à + 2 mNGF.

Cette cote réglementaire ne peut pas être atteinte, car elle induirait une pente de sol sur le quai impropre à l'exploitation du bâtiment. La cote maximale qui peut être atteinte pour le niveau bas du bâtiment MEUST est de +1,70m NGF, permettant une fonctionnalité avec le bord à quai aujourd'hui et à l'horizon 2100.

Le bord à quai existant côté IFREMER en limite d'AOT présente une pente de 2,5 % vers les bâtiments qui permet notamment le transport de charges de plain-pied entre l'intérieur des bâtiments d'IFREMER et le bord à quai (accès bateaux). La cote altimétrique moyenne de la pierre froide sur le quai existant est de + 1,20 mNGF.

TPM Port n'a pas prévu dans l'immédiat de rehausser les quais et de conserver une pente de 2,5 % devant le futur bâtiment MEUST (bande de roulement IFREMER/CNRS) et 3,5% jusqu'au droit de la façade.

Le nouveau linéaire sera quant à lui arasé à la côte +1,50 mNGF avec une pente continue à 1,35% devant le bâtiment.

Travaux portuaires liés au projet MEUST

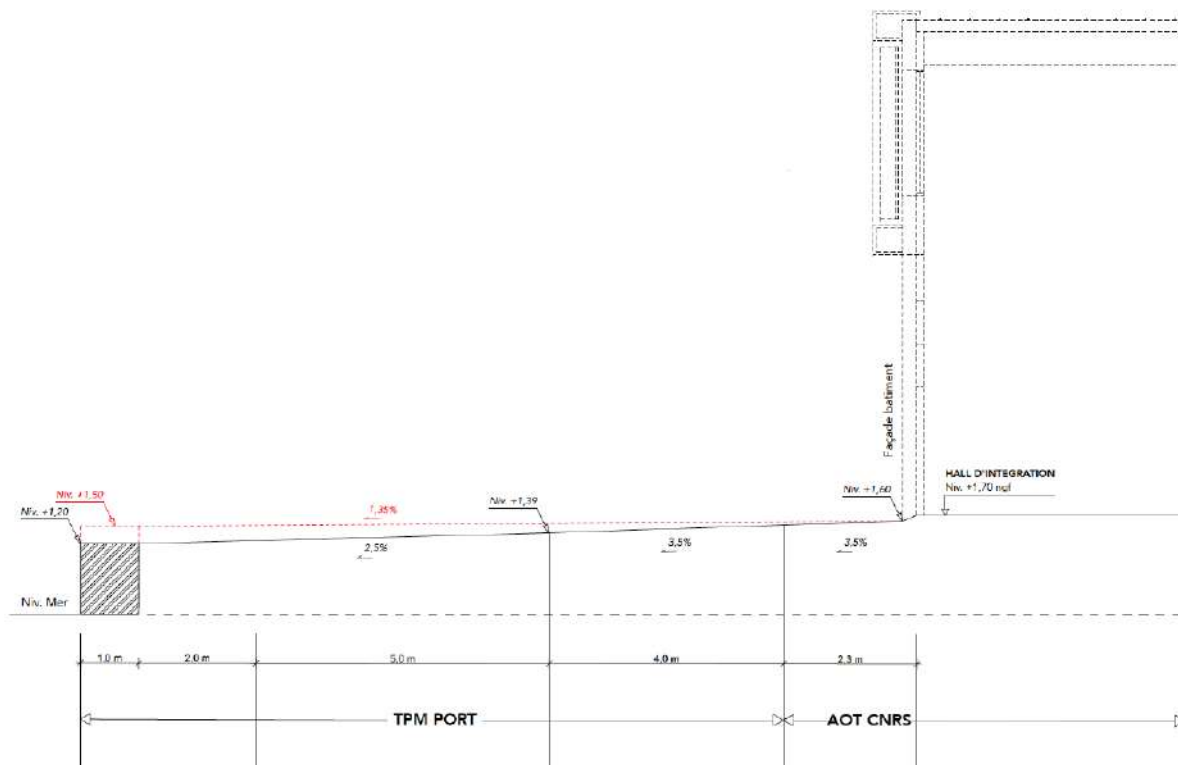


Figure 27 : Coupe de principe au droit du quai

3.3. Conclusion sur les besoins

- ✓ Définir précisément le type et les caractéristiques des engins susceptibles de circuler sur le quai ;
- ✓ Définir précisément la puissance électrique nécessaire.

4. PROPOSITION ET DEFINITION DES AMENAGEMENTS

4.1. Réalisation du nouveau quai

4.1.1. 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.

4.1.2. Durée de vie

L'ouvrage sera dimensionné pour une durée de vie de 50 ans.

4.1.3. Actions et combinaisons d'actions

Les différentes situations du projet nous amènent à retenir, pour le dimensionnement du quai les actions suivantes :

- ✓ Actions permanentes :
 - poids propres des structures (PP),
- ✓ Actions variables :
 - les charges d'exploitations (EXP),
 - les charges roulante des PL (PL),
 - Les charges roulantes des engins de manutention (ROU),
 - l'amarrage (AM) sur le futur ponton flottant ancré sur le rideau,

a) Charges d'exploitation (EXP)

Une surcharge piétonne de 500kg/m² est prise en compte sur le quai (stockage et circulation piéton)

b) Surcharge d'exploitation routière (PL)

Une charge d'exploitation portuaire de 2,5T/m² est prise en compte à l'arrière de la magistrale du quai à une distance de 1m.

c) Charge roulante

La charge roulante d'un chariot élévateur FL4 est prise en compte à une distance de 1m par rapport au quai.

Les essieux sont distants de 1,60m et l'emprunte des roues représente 0,24 m².

Soit une charge maximale de 9 T par essieu et une pression de $9,0/0,24 = 37,5 \text{ t/m}^2$

d) Amarriage

Les efforts d'amarriage sont calculés en fonction des conditions climatiques et des dispositifs d'amarriage.

Le scénario de modélisation correspond aux conditions de projet suivante :

- ✓ Vent cinquantennale moyenné sur 10 min de 24m/s (Moyenne du Beaufort 9)
- ✓ Courant de 0,2m/s
- ✓ Clapot de $H_s = 0,5\text{m} - T_p = 2\text{s}$

Compte tenu de la méthode utilisée (par le calcul à partir de méthodes simplifiées), la valeur de traction retenue a été prise égale à 1,50 fois la valeur calculée, pour prendre en compte les incertitudes du modèle (sur effet des actions de clapot et courant) et la correction de 1,25 pour les amplifications dynamiques (selon les Recommandations ROSA 2000).

Bateau de projet	Résultante globale R_v (t)
< 8m	1,2 T

En considérant un ponton tenu par 2 bracons, l'effort max ELS est pris à 600kg.

e) 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
PL	1.5	0.77	0.4
ROU	1.5	0.77	0.4
Am	1.5	0.77	0.2

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.

4.1.4. Matériaux

a) Béton armé

Béton

- ✓ La classe d'exposition du béton est XS3, appropriée pour les surfaces dans un milieu marin (selon la norme NF EN 206-1).
- ✓ La classe de résistance associée, donnée par l'Eurocode 2 ainsi que l'annexe nationale française est **C35/45** pour du béton coulé sur place est **C40/50** pour des éléments préfabriqués
- ✓ Les ciments sont des ciments prise mer, de type CEM II 42,5 R PM
- ✓ La résistance caractéristique correspondante du béton à 28 jours en compression est **fck = 35 MPa**
- ✓ La résistance moyenne à la traction est **fctm = 3,2 MPa**
- ✓ Le module de déformation longitudinal instantané est **E = 34 000 Mpa**.
- ✓ Le module de déformation longitudinal différé est **E = 11 300 Mpa**.
- ✓ Le diamètre maximal des granulats est **D = 20 mm**.
- ✓ Le poids volumique est **$\gamma_c = 2,45 \text{ t/m}^3$**
- ✓ Le coefficient de poisson est :
- ✓ **$\nu = 0$** pour le calcul des déformations
- ✓ **$\nu = 0,2$** pour le calcul des déformations
- ✓ Le coefficient de sécurité associé au béton en situation durable et transitoire est **$\gamma_c = 1.5$**
- ✓ Le pourcentage d'amortissement critique est **$\epsilon = 4\%$**

Armature acier

- ✓ Les armatures utilisées pour le béton armé seront de type HA B500B
- ✓ La limite élastique caractéristique correspondante est **$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$** pour un module d'élasticité **$E = 200 000 \text{ Mpa}$** .
- ✓ Le coefficient de sécurité associé au béton en situation durable et transitoire est **$\gamma_s = 1.15$**

Maîtrise de la fissuration

La valeur d'ouverture de fissure maximale recommandée par l'Eurocode 2 pour une classe d'exposition XS3 est **$w_{max} = 0.2 \text{ mm}$** .

Il sera donc vérifié que l'ouverture des fissures à l'ELS quasi-permanent reste inférieure à 0.2 mm.

La quantité de ferrailage pourra être augmentée afin de diminuer la contrainte dans les aciers et ainsi garantir une ouverture de fissure inférieure à 0.2 mm.

Enrobage

- ✓ Enrobage minimal d'adhérence

L'enrobage minimal d'adhérence **$C_{min,b}$** est pris égal au diamètre équivalent du paquet d'armature. On retiendra comme hypothèse **$C_{min,b} = 20 \text{ mm}$** .

- ✓ Enrobage minimal d'environnement

L'enrobage minimal d'environnement **$C_{min,dur}$** est défini en fonction de la classe structurale de l'ouvrage et de la classe d'exposition du béton. Pour une structure de classe S4 et un béton XS3 on considère **$C_{min,dur} = 45 \text{ mm}$** .

✓ Enrobage minimal

$$\text{L'enrobage minimal } C_{\min} = \max \begin{cases} C_{\min,b} \\ C_{\min,dur} \\ 10 \text{ mm} \end{cases}$$

$$C_{\min} = 45 \text{ mm}$$

✓ Tolérance d'exécution

La tolérance d'exécution ΔC_{dev} permet de prendre en compte les écarts d'exécution lors de la mise en place du ferrailage. La valeur recommandée par la NF EN 1992-1-1 est de 10 mm.

✓ Enrobage nominal

$$\text{L'enrobage nominal est donc : } C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = 55 \text{ mm}$$

Les recommandations du Rosa 2000 ou encore du guide du CEREMA (Guide d'utilisation du béton en site maritime) recommandent des ordres de grandeur pour les enrobages en travaux maritimes :

- ✓ ouvrages constamment immergés : 50 mm,
- ✓ ouvrages soumis aux embruns ou en zone marnante : 70 mm,
- ✓ ouvrages soumis à l'abrasion et aux chocs : 100 mm,
- ✓ ouvrages coulés en pleine fouille, parois moulées : 70 à 90 mm

b) Pieux métalliques / palplanches

 Acier

- ✓ Les caractéristiques de l'acier correspondent à un matériau **S275 à S355 ou X60 (400MPa)** (norme API 5CT) de limite élastique $R_e = 552 \text{ MPa}$;
- ✓ Le module d'élasticité est **$E_s = 210\,000 \text{ Mpa}$**
- ✓ Le poids volumique est **$\gamma_a = 7,85 \text{ t/m}^3$**
- ✓ Le coefficient de poisson est **$\nu = 0,3$**
- ✓ Le pourcentage d'amortissement critique est **$\epsilon = 2\%$**

 Longueur de flambement

La longueur de flambement des pieux est estimée selon la figure 5.8 de l'EN 1993-5. Le pieu est considéré comme libre en tête. Dans ces conditions la longueur de flambement est estimée au double de la hauteur libre du pieu.

 Prise en compte de la corrosion

L'épaisseur sacrifiée due à la corrosion est déterminée selon les recommandations du tableau 4.2 de la partie 5 de l'Eurocode 3.

Il est pris en compte pour la détermination des sections résistantes des éléments métalliques du projet, d'une réduction des épaisseurs due à la corrosion (pour une durée de projet = 50 ans)

Tableau 7 : Epaisseur sacrificielle à retenir pour le dimensionnement

	Faces exposées	Côté intérieur
Zone de marnage et d'embruns	3,75mm	0,60mm
Zone d'immersion permanente	1,75 mm	0,60mm
Zone en sol (considéré naturel et intact)	0,60mm	0,60mm

L'application et le type de système de protection anticorrosion seront certifiés ACQPA et seront conformes au fascicule 56.

La classe d'environnement du point de vue de la corrosion est définie de la façon suivante :

- ✓ Catégorie de corrosivité atmosphérique : C5-M (zone côtière et marine),
- ✓ Catégorie pour les structures immergées ou enterrées : Im2 (eau de mer).

Les parties des pieux soumises au marnage seront reprises dans la structure béton et donc protégé de la corrosion.

c) Déplacement horizontal maximum

Le déplacement horizontal est limité à 80 mm environ (H soutenue/100).

4.1.5. Méthode de calcul

Les vérifications ELU (GEO et STR) seront réalisées par la méthode aux équilibres limites (MISS) imposé par la norme dans le cas où l'écran est ancré avec application d'un facteur de pondération de 1,11 sur les surcharges variables.

Puis un modèle MISS sans pondération sur les caractéristiques des sols et des surcharges est réalisé pour l'évaluation des déplacements ELS, des pressions mobilisées et des efforts V et M.

Il est ensuite vérifié les états limites ultimes pour les situations de projet durables et transitoires les plus défavorables.

Situation de projet	Type ELU	Approche	
Défaut de butée	GEO	2	K-REA
Equilibre vertical de l'écran	GEO	2	K-REA
Résistance de la structure	STR	2	Excel de calcul à partir des résultats de K-REA

Les états-limites ultimes à considérer relèvent des états-limites de rupture ou de déformation excessive d'un élément de structure ou du terrain (STR et GEO).

Conformément aux prescriptions de l'EC7 partie 1, les calculs pour la vérification des états limites STR et GEO sont menés conformément à l'approche 2 qui consiste à appliquer les 3 ensembles de facteurs partiels suivants :

- ✓ L'ensemble A1 sur les actions ou leurs effets
- ✓ L'ensemble M1 sur les paramètres de sol
- ✓ L'ensemble R2 sur les résistances.

4.1.6. Choix du mode constructif

L'ouvrage de quai envisagé est un quai à paroi continue à l'image de l'existant permettant d'assurer la liaison avec le terre-plein arrière et de reprendre l'ensemble des efforts tout en garantissant un tirant d'eau suffisant et des conditions d'exploitations optimales pour les opérations recherchées.

Une grande variété de structure peut être mise en place pour assurer ces fonctions. Ces structures peuvent être différenciées par leur mode de fonctionnement, leur comportement vis-à-vis des efforts et selon la manière dont ils vont solliciter la résistance du sol de fondation et de ses éléments constitutifs.

Dans un premier temps, compte tenu du contexte géotechnique, avec la présence de couche de caractéristiques géo mécaniques faibles sur de fortes épaisseurs, nous écartons de l'analyse l'ensemble de la famille des ouvrages poids (quais blocs empilés, caissons BA, voiles béton en L, ...).

En effet, ces ouvrages nécessitent d'être fondés sur un sol de bonne capacité portante. Au vu du sol en place, la réalisation d'une souille de fondation semble très lourde, complexe et couteuse à mettre en œuvre.

Le sol en place est donc bien plus adapté à des ouvrages de type parois souples ou autres.

Il est référencé ci-dessous une liste des conceptions susceptibles d'être réalisées pour le présent poste. Ces solutions sont ensuite analysées et comparées en cohérence avec l'ensemble des contraintes énoncées dans les chapitres précédents.

Les grandes familles de solutions envisageables peuvent être les suivantes :

a) Quai Palplanche + écran arrière

C'est un ouvrage constitué de palplanches métalliques emboîtées les unes dans les autres et battues (ou vibrées) dans le sol de fondation, pour former un écran vertical, servant de soutènement au massif de sol.

Le fonctionnement des rideaux de palplanches est celui d'une structure chargée par la poussée des terres et de l'eau et résistant en flexion pour mobiliser des appuis constitués, d'une part par le sol en fiche (partie enterrée du rideau en pied) et d'autre part, s'il y a lieu (force de butée insuffisante), par un système d'ancrage en tête par des tirants.

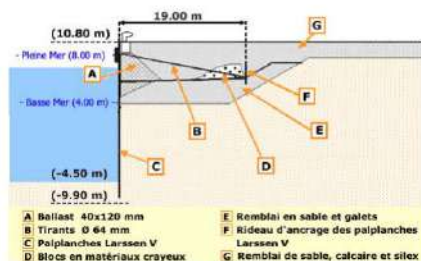


Figure 28 : Schéma de principe d'un quai palplanches

La technique est adaptée pour des profondeurs moyennes à grandes et pour des charges moyennes. Sa réalisation est rapide (battage ou vibrofonçage) et économique. Cependant, le sol en place doit permettre l'enfoncement des palplanches et sa résistance en flexion devient vite limitée en fonction des charges qui s'y appliquent. Aussi la durabilité de l'acier est faible avec une corrosion importante qui nécessite une protection et un suivi régulier.

Les illustrations ci-dessous montre l'exemple du quai fluvial du Havre réalisé en 2014 (Source Revue travaux n°905)

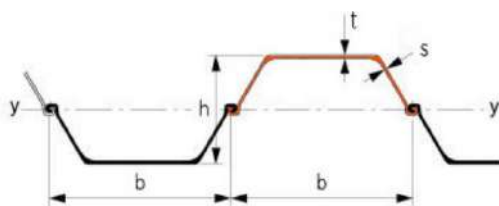


Figure 29 : Battage des palplanches



Figure 30 : Mise en place des tirants et des liernes

Prédimensionnement au regard des hypothèses ci-dessus :



- ✓ Rideau principal Palplanches PU22 descendu à -13,0 mNGF
- ✓ Rideau secondaire PU18 à 8m descendu à -3,25 mNGF
- ✓ Tirant diam 35mm espacement 2,0m

b) Rideau mixte (Combiwall)

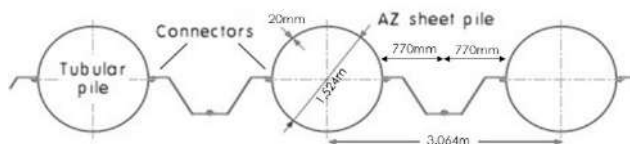
Les quais de type rideau mixte sont composés d'une alternance de profilés principaux en acier (tubes ou H), comme éléments structurels et de sections de palplanches (généralement AZ) comme éléments intermédiaires. Les pieux principaux reprennent les efforts horizontaux (pression du sol et de l'eau) et les charges verticales. Les palplanches intermédiaires jouent le rôle de transfert de charges vers les pieux et contrent les effets hydrostatiques.

Le complexe peut également être tiranté avec un système d'ancrage liaisonné à un rideau arrière suivant le sol en présence et les charges à reprendre. La technique permet de construire des ouvrages de dimensions supérieures à celles des ouvrages en palplanches, et de reprendre plus de charges tout en assurant des faibles déformations.



Figure 31 : Réalisation du rideau mixte (Quai conteneur de Lomé, 2012)

Prédimensionnement au regard des hypothèses ci-dessus :



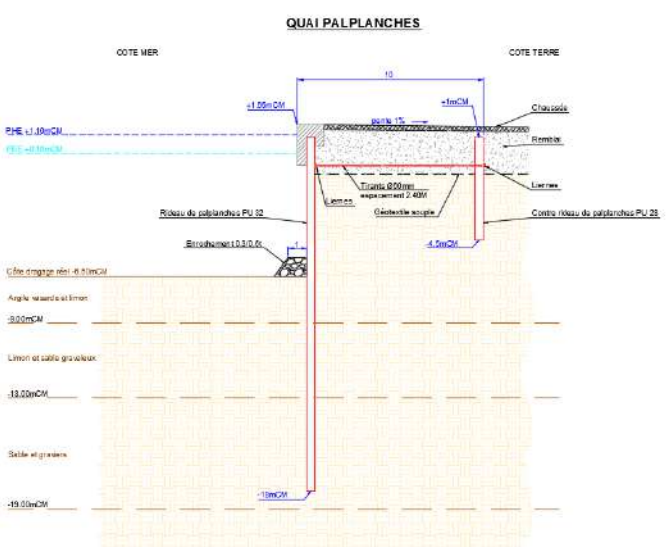
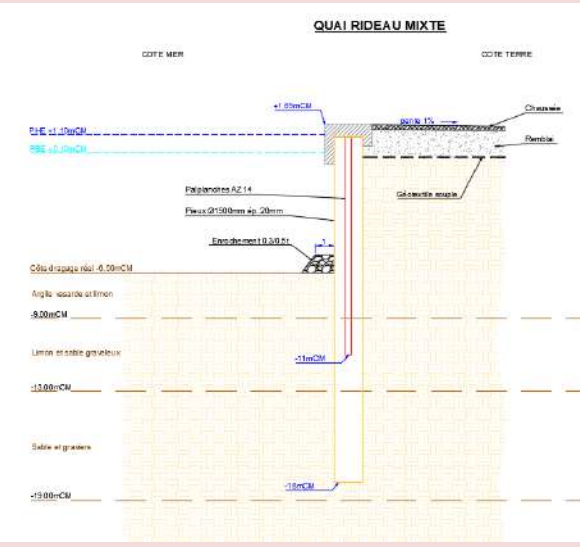
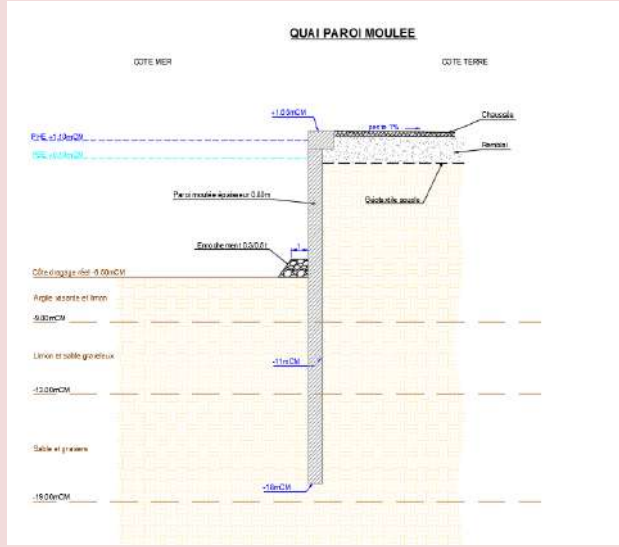
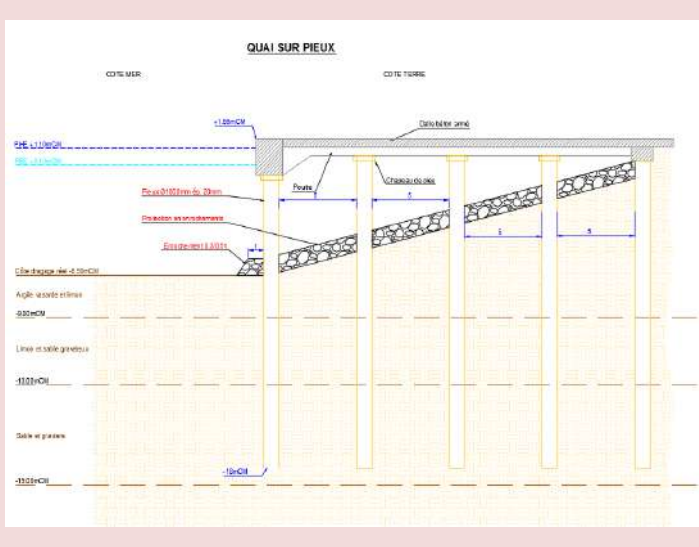
$$\text{Inertie : } I_{sys} = \frac{I_{pieu} + I_{palpl}}{b_{sys}}$$

- ✓ Pieux de diamètre 762mm, épaisseur 17,5mm descendu à -16,5mNGF
- ✓ Palplanches intermédiaire AZ18 descendues à -8,0 mNGF

Notons que ce type de solution permet dans le cas de la rencontre de sol dur (ou blocs) de trépanner les pieux ou les forer et ainsi passer ces horizons ce qui ne peut être le cas avec un rideau de palplanches.

4.1.7. Tableau de choix

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

	Quai palplanches	Rideau mixte	Paroi moulée	Quai sur pieux
Description				
Avantages	Economique Légèreté Système identique à l'existant	Facilité et rapidité de réalisation Grande résistance en flexion Adaptabilité si rencontre d'horizons durs Pas besoin de tirants	Grande rigidité Facilité et rapidité d'exécution Adapté pour traverser tout type de terrains Bonne durabilité	Pas de soutènement Grande inertie Diminution de la réflexion (agitation résiduelle) Adapté pour traverser tout type de terrains
Inconvénients	Difficulté de réalisation pour traverser des blocs et bancs durs Corrosion Tirants d'ancrage obligatoire sur rideau arrière ou incliné et scellé au sol Terrassement important	Plus coûteux suivant géotechnique et chargement Corrosion	Nécessité de travaux à sec et d'une emprise importante Installation de chantier importante et non compatible avec le chantier du bâtiment MEUST Remblai d'apport important Déplacement en tête important sans mise en place de tirants Coûts	Stabilité talus sous quai Corrosion Coûts Délai d'exécution
Coût ouvrage	Environ 270 k€	Environ 295 k€	Non chiffré	Non chiffré

4.2. Réalisation des voiries

4.2.1. Hypothèses de dimensionnement

Les hypothèses de dimensionnement retenues sont les suivantes :

- ✓ Plateforme support de chaussée de classe PF2+ (EV2 = 80 MPa)
- ✓ Circulation de PL : 10 mouvements par jour
- ✓ Durée de service : 20 ans

4.2.2. Réalisation de la plateforme support de chaussée

Les investigations géotechniques déjà réalisées ont montré que la P.S.T ou sol en place, est de nature argilo-limoneuse de classe A2. Les sols rencontrés sont modérément sensibles à l'eau et ils ont une bonne portance qui peut cependant chuter sous l'action de l'eau.

Sol naturel de support	P.S.T	Classe d'arase	Portance des sols) long terme (MPa)	Commentaires
A2	PST n°2	AR1	$20 < P_s < 50$	La couche de forme est indispensable

Pour réaliser le chantier, il est indispensable d'avoir une arase d'au moins 30 MPa (portance à court terme). Après décapage, il conviendra de tester l'arase supérieure pour définir la plateforme existante et les besoins éventuels de purge en cas d'insuffisance de portance.

L'amélioration de la portance, s'il y a lieu de le faire, peut être réalisée par trois techniques :

- ✓ Traitement en place avec de la chaux et du ciment,
- ✓ Substitution dans le cas d'un défaut de portance généralisé,
- ✓ Purge dans le cas d'un défaut de portance ponctuel.

Le drainage peut s'avérer indispensable dans le cas d'un niveau aquifère proche. Dans le cas le plus défavorable, l'utilisation de matériaux drainant pour la substitution et la purge sera nécessaire.

Pour les besoins du projet, nous préconisons une plateforme de type PF2+ avec un module EV2 ≥ 80 MPa.

Travaux portuaires liés au projet MEUST

**RAPPEL DES
DIFFÉRENTS CAS POSSIBLES DE P.S.T. (cf. fascicule I § 3.3.2)**

Cas de P.S.T.	Schéma	Description	Classe de l'arsise	Commentaires
P.S.T. n°0		Sols A, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , C ₁ se trouvant dans un état hydrique (h). Contexte Zones tourbeuses, marécageuses ou inondables. PST dont la portance risque d'être quasi nulle au moment de la réalisation de la chaussée ou au cours de la vie de l'ouvrage.	AR0	La solution de franchissement de ces zones doit être recherchée par une opération de terrassement (purgé, substitution) et/ou de drainage (fossés profonds, rabattement de la nappe...) de manière à pouvoir reclasser le nouveau support obtenu au moins en classe AR1.
P.S.T. n°1		Sols Matériaux des classes A, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , C ₁ , R ₁₀ , R ₁₅ et certains matériaux C ₂ , R ₂₀ et R ₂₅ dans un état hydrique (h). Contexte PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité d'amélioration à long terme (B).	AR1	Dans ce cas de PST, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique remblai. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou il selon le contexte ; - soit d'écarter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau de forte épaisseur (en admettant une légère réduction si l'on insère un géotextile anticontaminant à l'interface PST - couche de forme).
P.S.T. n°2		Sols Matériaux des classes A, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄ , C ₁ , R ₁₀ , R ₁₅ et certains matériaux C ₂ , R ₂₀ et R ₂₅ dans un état hydrique (m). Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A). Cette portance peut cependant chuter à long terme sous l'action des infiltrations des eaux pluviales et d'une remontée de la nappe (B).	AR1	Bien que les exigences requises à court terme pour la plate-forme support puissent être éventuellement obtenues au niveau de l'arsise, il est cependant quasiment toujours nécessaire de prévoir la réalisation d'une couche de forme. Si l'on peut réaliser un rabattement de la nappe à une profondeur suffisante, on est ramené au cas de PST 3.
P.S.T. n°3		Sols Mêmes matériaux que dans le cas de PST 2. Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau, de bonne portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) mais pouvant chuter à long terme sous l'action de l'infiltration des eaux pluviales (B).	AR1 AR2	En l'absence de mesures de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arsise, même situation que celle décrite dans le cas PST 2. Classement en AR2 si des dispositions constructives de drainage à la base de la chaussée et d'imperméabilisation de l'arsise permettent d'évacuer les eaux et d'éviter leur infiltration dans la PST.
P.S.T. n°4		Sols Mêmes matériaux qu'en PST 1 sous réserve que la granularité permette leur traitement. Contexte PST en matériaux sensibles à l'eau (en remblai ou rattachés en fond de déblai hors nappe) sensibles à la chaux ou aux liants hydrauliques selon une technique "remblai" et sur une épaisseur de 0,30 à 0,50 m. L'action du traitement est cependant durable.	AR2	La portance de l'arsise peut être localement élevée mais la dispersion n'autorise pas un classement supérieur. La décision de réalisation d'une couche de forme sur cette PST dépend du projet et des valeurs de portance de l'arsise mesurées à court terme (après prise du liant).
P.S.T. n°5		Sols B ₁ et D ₁ et certains matériaux rocheux de la classe R ₁₀ . Contexte PST en matériaux sableux fins insensibles à l'eau, hors nappe, posant des problèmes de traficabilité.	AR2 AR3	La portance de l'arsise de cette PST dépend beaucoup de la nature des matériaux. Classement en AR2 si le module EV2 de l'arsise est supérieur à 120 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme sur cette PST ne s'impose que pour satisfaire les exigences de traficabilité.
P.S.T. n°6		Sols Matériaux des classes D ₂ , R ₁₀ , R ₁₅ , R ₂₀ , R ₂₅ , R ₃₀ , R ₃₅ , R ₄₀ ainsi que certains matériaux C ₂ , R ₂₀ , R ₂₅ et R ₃₀ . Contexte PST en matériaux graveleux ou rocheux insensibles à l'eau mais posant des problèmes de réglage et/ou de traficabilité.	AR3 AR4	Classement en AR3 si EV2 ≥ 120 MPa et en AR4 si EV2 ≥ 200 MPa. Les valeurs de portance à long terme peuvent être assimilées aux valeurs mesurées à court terme. La nécessité d'une couche de forme ne s'impose que pour les exigences à court terme (nivellement et traficabilité) et peut donc se réduire à une couche de fin réglage.

(A) Comportement de la PST à la mise en œuvre de la couche de forme
(B) Situation pendant la "phase de construction" de la chaussée.

PF2+ (80MPa)



Couche de réglage

PST2 / AR1

La couche de forme pourra être réalisée avec du matériau GNT ou bien en recyclant les déblais existants. Ce recyclage est possible que sous certaines conditions.
Ces préconisations ont été déterminées à partir du guide SETRA.

Travaux portuaires liés au projet MEUST

Classe de sol	Observations générales	Situation météo- rologique		Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTs	Épaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plate- forme support de chaussée			
						PST n° 1 AR 1	PST n° 2 AR 1	PST n° 3 AR 1 AR 2	PST n° 4 AR 2
A _{1h}	La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter avec des liants hy- drauliques associés éventuelle- ment à de la chaux. La maîtrise de l'état hydrique de ces sols traités est souvent déli- cate en raison de la variation brutale de leur comportement (por- tance) pour de faibles écarts de teneur en eau. Ces sols se traitent généralement en place.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydry- que du mélange sol + liant(s).	NON				
		= ou -	pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gra- villonné éventuellement clouté	0 0 2 2				
A _{1m}		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydry- que du mélange sol + liant(s).	NON				
		= ou -	pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydry- que T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gra- villonné éventuellement clouté	0 1 2 2				
A _{1s}		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydry- que du mélange sol + liant(s).	NON	e=0,35	e=0,35	e=0,35	e=0,35
		= ou -	pas de pluie	W : Humidification pour changer l'état hy- drique T : Traitement avec un liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure gra- villonné éventuellement clouté	0 2 1 2				
A _{2h}	La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traie- ter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique étant donné l'importance de la frac- tion argileuse qu'ils peuvent contenir. L'association avec de la chaux peut par ailleurs s'imposer pour ajuster leur état hydrique lors- qu'ils sont trop humides. Lorsqu'ils sont dans un état sec, il est nécessaire de les humidifier pour les ramener à l'état moyen et dans ce cas la chaux peut avantageusement être introduite sous forme de lait de chaux dont la concentration doit être adap- tée au cas de chantier consi- déré. Ces sols se traitent presque tou- jours en place pour la phase de prétraitement à la chaux et éven- tuellement en centrale pour la phase traitement au ciment.	+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydry- que du mélange sol + liant(s).	NON				
		=	ni pluie ni évapo- ration	T : Traitement mixte : chaux + liant hydraulique S : Application d'un enduit de cure gra- villonné éventuellement clouté	0 0 3 2	PF2	PF2	PF3	PF3
		-	évapo- ration im- portante	T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gra- villonné éventuellement clouté	0 0 2 2				
A _{2m}		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydry- que du mélange sol + liant(s).	NON				
		= ou -	pas de pluie	W : Arrosage pour maintien de l'état hydry- que T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gra- villonné éventuellement clouté	0 1 2 2				
A _{2s}		+	pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydry- que du mélange sol + liant(s).	NON				
	= ou -	pas de pluie	W : Humidification pour changer l'état hy- drique T : Traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : Application d'un enduit de cure gra- villonné éventuellement clouté	0 2 2 2					

Des essais d'aptitudes sur éprouvettes devront également être réalisés dans le cas où le traitement des sols s'avérerait nécessaire afin de déterminer le traitement approprié à mettre en œuvre.

Cette classe de matériaux est régie par les conditions d'utilisation en couche de forme suivantes :

- ✓ Action sur la teneur en eau (W) par arrosage pour maintenir l'état hydrique du mélange sol-liant,
- ✓ Traitement (T) avec un liant hydraulique associé à la chaux,
- ✓ Application (S) d'un enduit de cure éventuellement gravillonné.

En considérant une portance d'arase supérieure à 30 MPa, la couche de forme traitée avec un liant hydraulique adapté en cas de réemploi de matériau, aura une épaisseur minimum de 0,35 m.

Le compactage pourra se faire avec tous types d'engins conformément aux préconisations du guide SETRA (compacteurs à pneus, compacteurs à pied dameurs vibrants, plaques vibrantes, ...) tout en respectant les valeurs minimales d'épaisseur de couches (e), de vitesse (V), du nombre d'application de charges (N), du débit horaire par unité de largeur du compacteur (Q/L) et du rapport Q/S/.

4.2.3. Structure proposé

La structure proposée est la suivante :



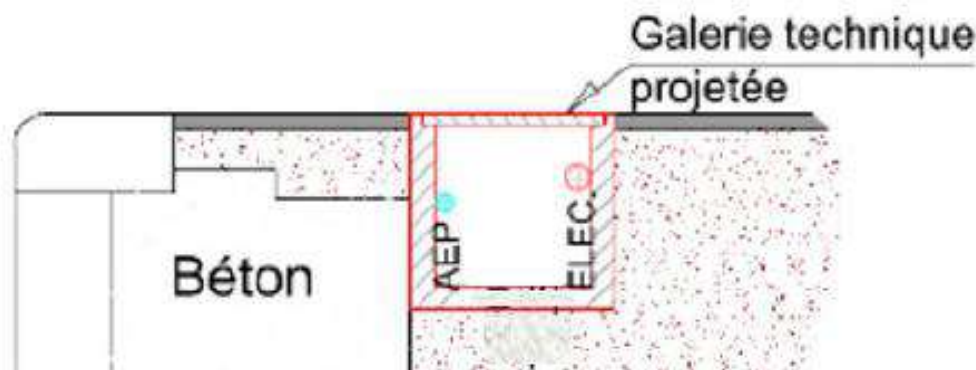
4.3. Réalisation des Réseaux

L'ensemble des réseaux pourra être amené via un réseau filant sous le terre-plein en arrière du quai hors d'emprise de la poutre de couronnement.

Le passage de ces réseaux secs et humides dédiés sera effectué dans un caniveau technique découvrable avec dalle béton ou fonte circulaire et facilitant la maintenance.

Le caniveau sera composé de 2 compartiments (électricité et eau) et recouvert de dalles béton. Il cheminera jusqu'à l'emplacement de la borne mixte de distribution.

Des trappes d'accès aux caniveaux seront mises en œuvre tous les 15 mètres.



Les travaux comprendront :

- ✓ Réalisation des terrassements le long des quais.
- ✓ Préparation de l'assise et mise en place des caniveaux béton.
- ✓ Passage des différents réseaux :
 - Réseau d'alimentation électrique,
 - Réseaux d'eau potable,
- ✓ Installation et raccordement à la borne mixte
- ✓ Raccordement des réseaux au réseau existant



La récupération des eaux pluviales sur la bande de roulement n'est pas prévue.

4.3.1. Eau potable

Le réseau est à créer en totalité le long du quai depuis l'arrivée en 110 au droit du poteau incendie.
Il s'agit d'une canalisation PEHD en diamètre 40.

4.3.2. Electricité

BBG Architectes prévoit 2 fourreaux de réservation TPC 160 entre le poste Haute Tension (HT) ENEDIS et le Bord à Quai.

Le raccordement électrique de la borne est à réaliser au moyen de câbles cheminant en caniveau.

Les câbles entre la borne et le caniveau chemineront en fourreaux.

4.4. Borne mixte

Une borne mixte (eau et électricité) sera placée sur la poutre de couronnement de manière à ce que les bateaux à quai puissent bénéficier à un accès à l'eau et l'électricité.

La borne sera avec 3 connexions d'alimentation électrique :

- ✓ 1 prise 250A – 400 V
- ✓ 2 prises 36A – 240 V

Et 3 connexions d'alimentations d'eau (staubly ou ¼ de tour) et un éclairage balisage.

Les points suivants seront respectés :

- ✓ Mise en place d'une borne d'alimentation en eau et électricité en polyester ou aluminium avec 4 points de fixation au quai,

- ✓ Les prises et les robinets doivent être localisés sur la partie latérale de la borne,
- ✓ Une trappe de réarmement des disjoncteurs doit être présente côté intérieur,
- ✓ Indice de protection des prises en IP 67,
- ✓ Prévoir des compteurs d'eau dans la borne,

4.4.1. Eclairage

Non prévu.

Le CNRS prévoit l'éclairage du quai à partir de 7 projecteurs orientables de 16 000 lumens chacun.

5. COUT

Les tableaux ci-dessous résument les estimations pour les scénarios 1 (Rideau mixte) et 2 (Palplanches tirantées). Les écarts de prix sont faibles. Le choix définitif pourra se faire suivant l'estimation avec les dimensionnement en phase PRO :

5.1. Scénario 1 (Rideau mixte)

N°	POSTE	TOTAL
100	Prix généraux	60 000,00 €
200	Appontements et passerelles	291 521,91 €
400	Réseaux	14 800,00 €
500	Voirie - Revêtement de surface	152 565,00 €
400	Risque et aléas AVP (10%)	45 888,69 €
TOTAL HT en euros €		564 776 €
TVA (20%)		112 955 €
TOTAL TTC		677 731 €

5.2. Scénario 2 (Palplanches tirantées)

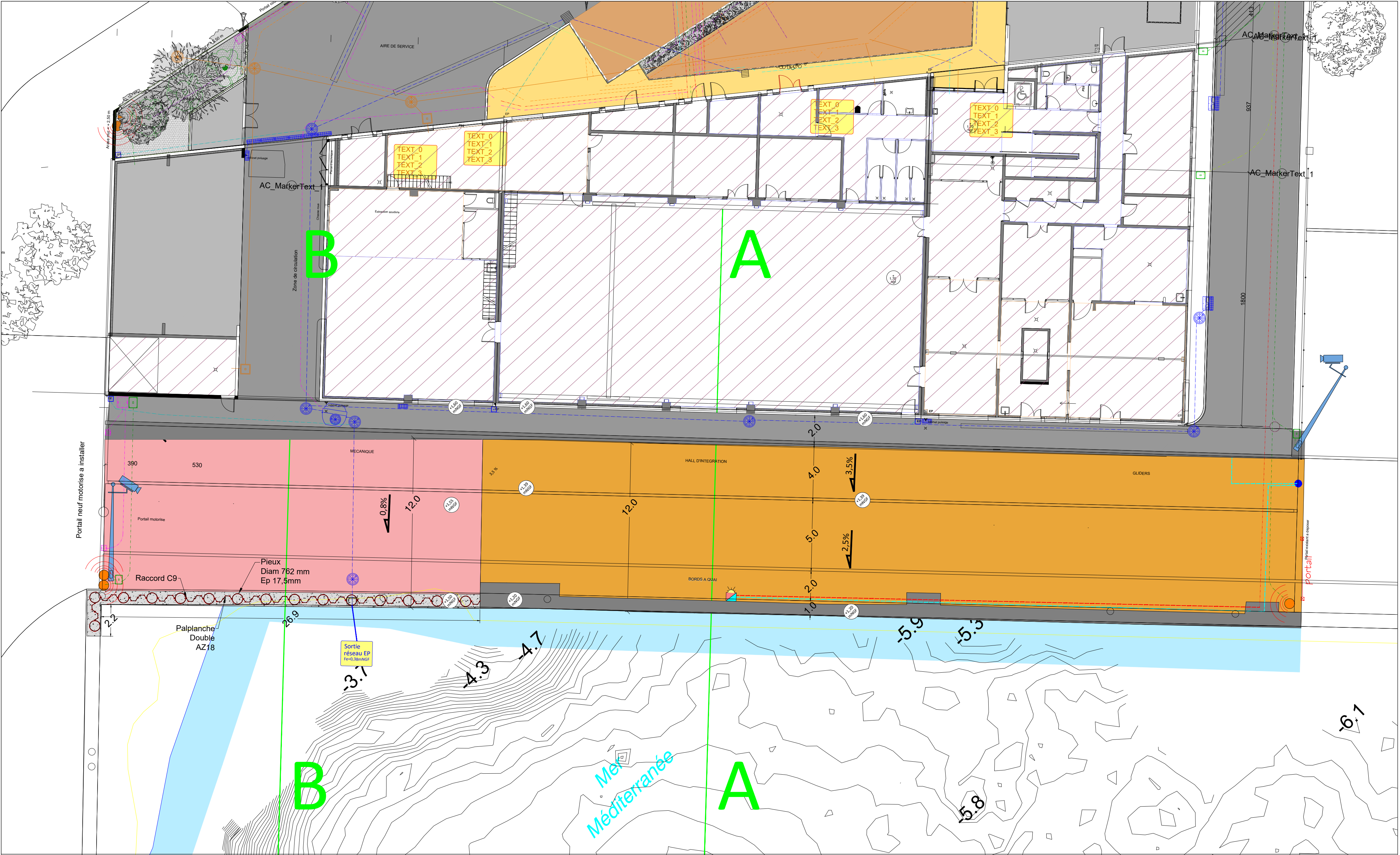
N°	POSTE	TOTAL
100	Prix généraux	60 000,00 €
200	Rideau de palplanche tiranté	279 650,69 €
400	Réseaux	14 800,00 €
500	Voirie - Revêtement de surface	152 565,00 €
-	Risque et aléas AVP (10%)	44 701,57 €
TOTAL HT en euros €		551 717 €
TVA (20%)		110 343 €
TOTAL TTC		662 061 €

5.3. Conclusion

On constate que les coûts pour les 2 solutions sont très proches et dépendent fortement du cours des aciers sidérurgiques.

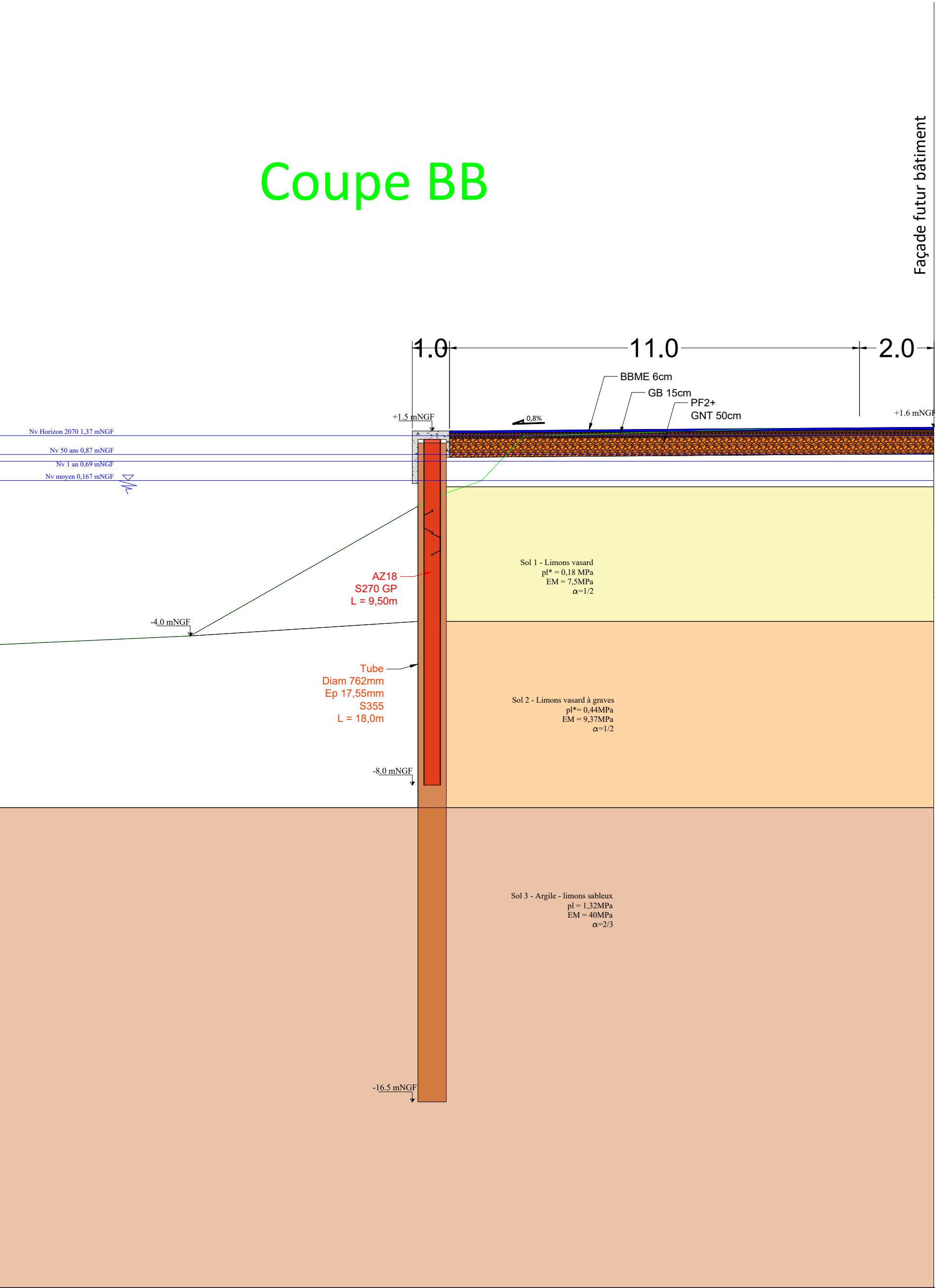
Les coûts de fourniture des palplanches et des pieux, bien qu'étant tous deux en acier, peuvent varier différemment du fait de leur cout sidérurgique.

Ainsi nous recommandons de laisser une possibilité de variante sur le type de quai lors du DCE.

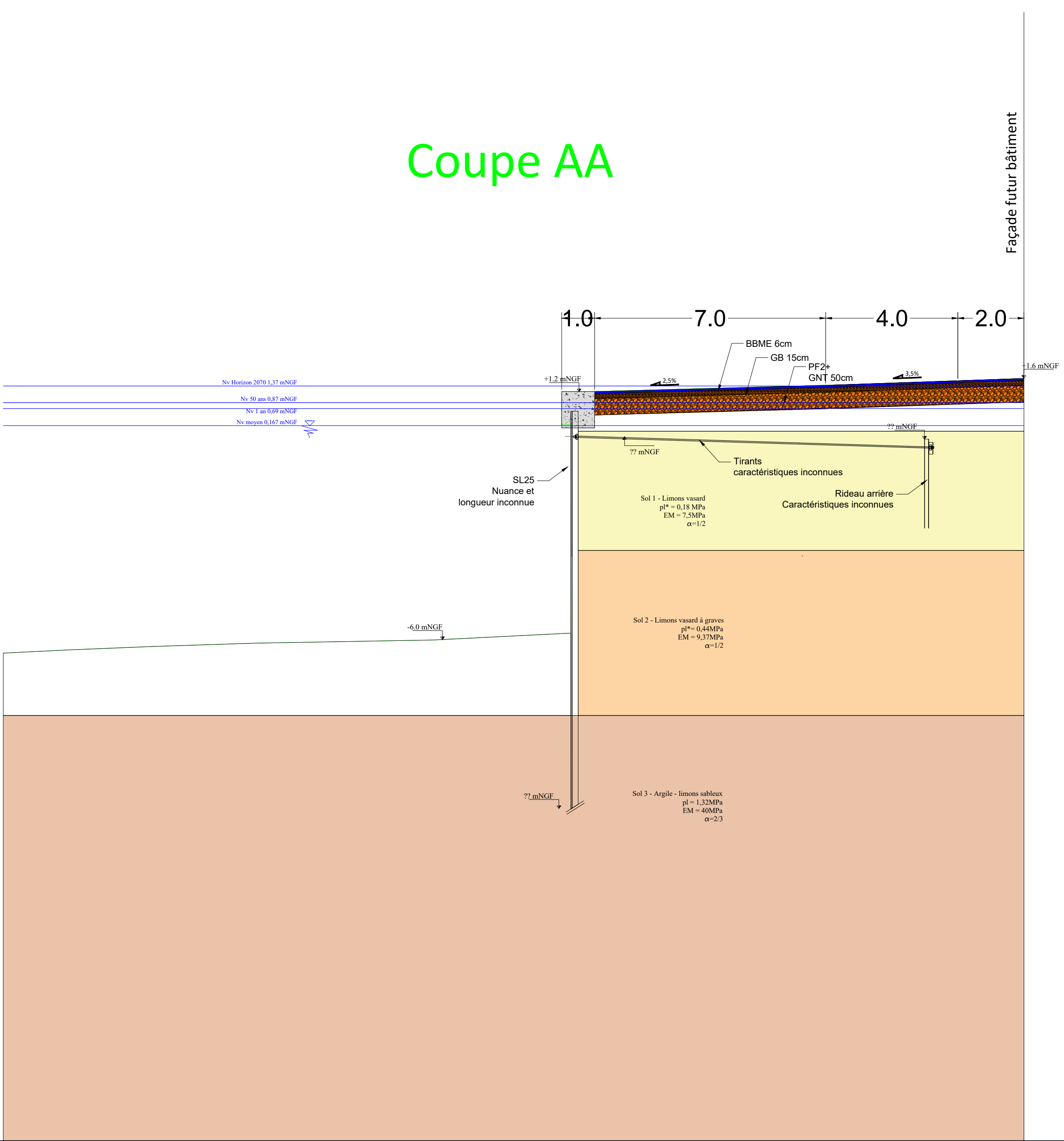


Plan masse - Scénario 1 Rideau mixte

Coupe BB

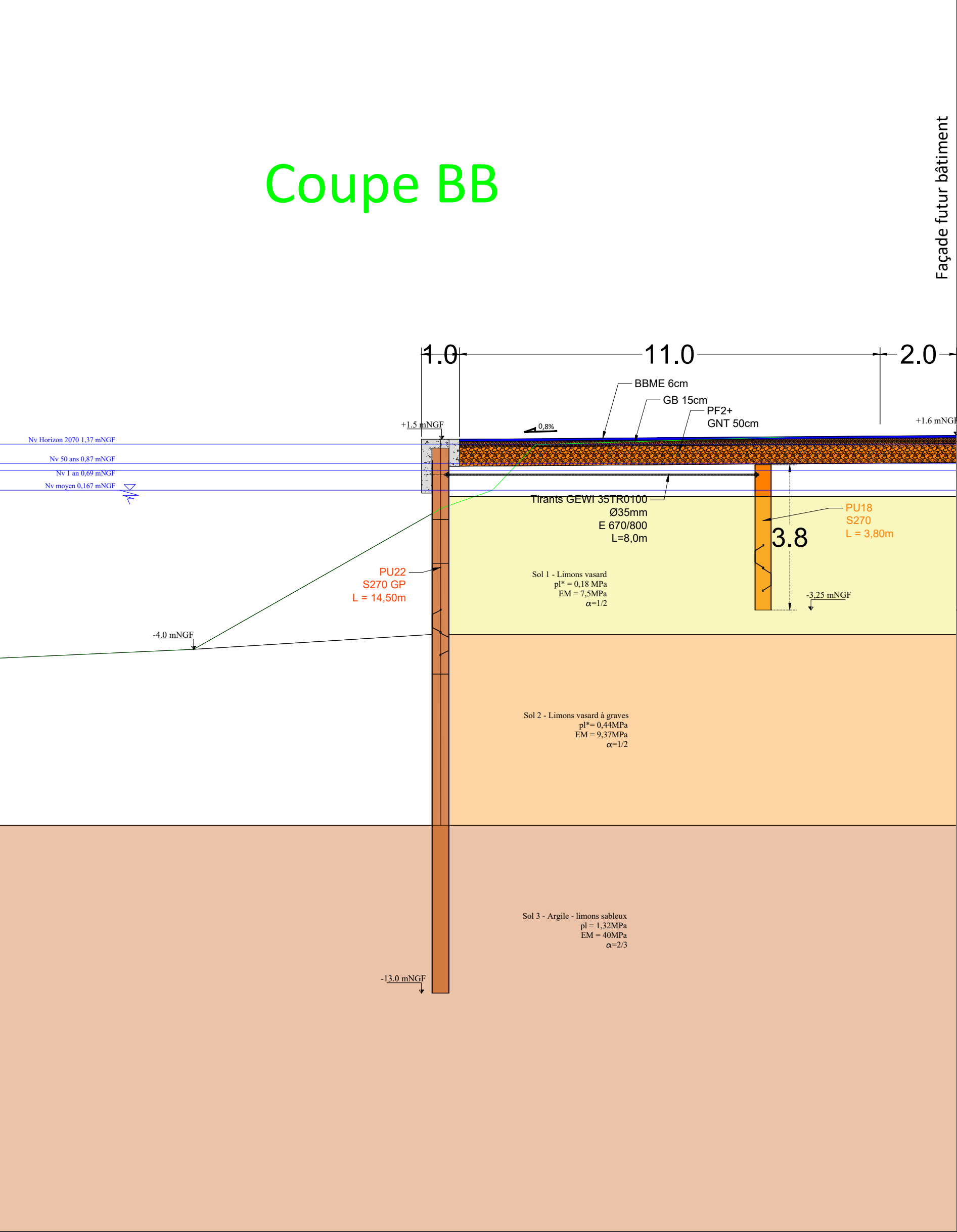


Coupe AA

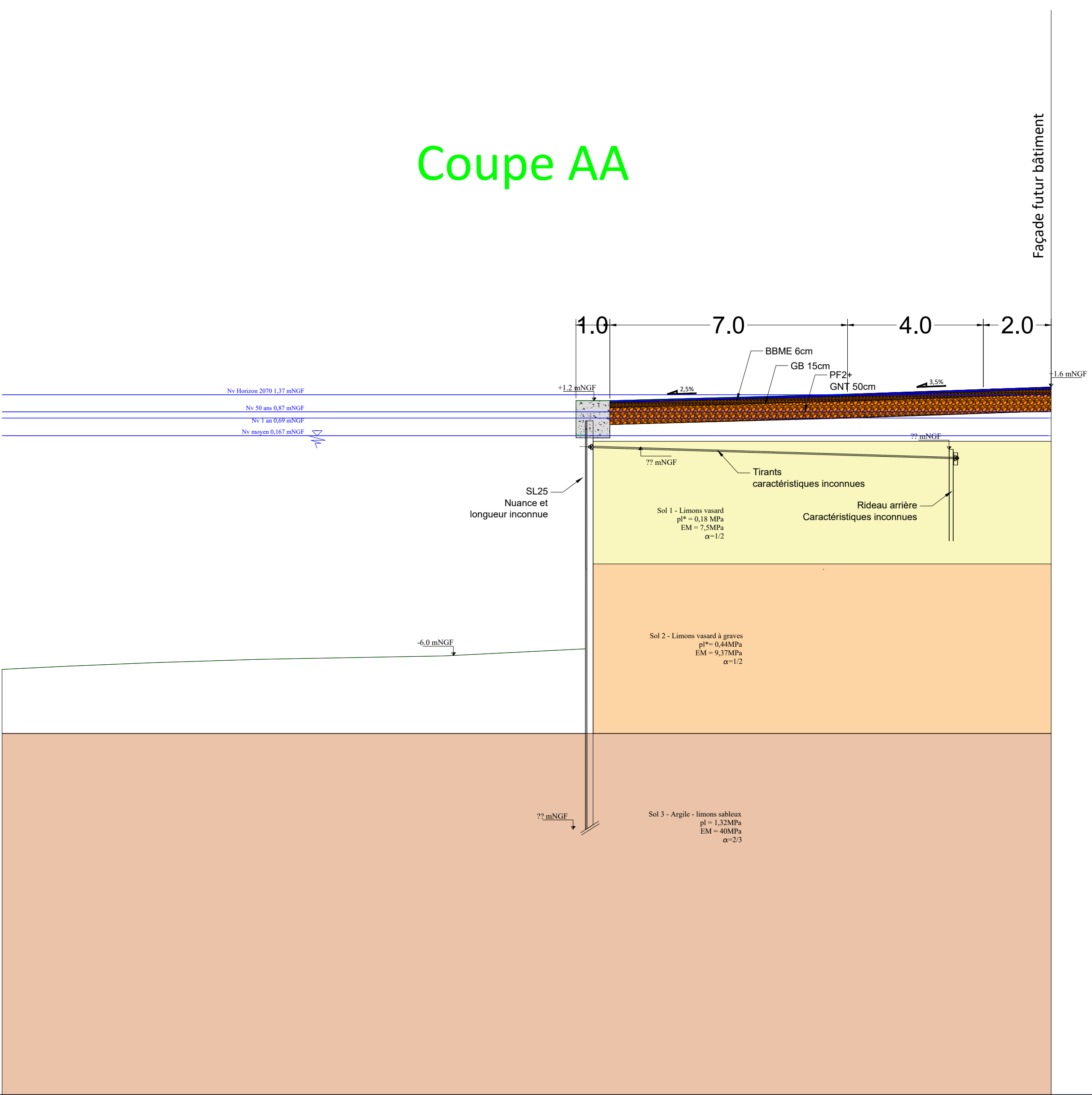


Coupes - Scénario 1 - Rideau mixte

Coupe BB



Coupe AA



Coupes - Scénario 2 - Palplanches tirantées