SOCIETE DU PORT DE CAVALLO

NOTES TECHNIQUES PARTICULIERES EN MESURES CONSERVATOIRES
Travaux de réparation et de renforcement des infrastructures immergées du port de Cavallo
(Môle Nord, et pannes 1 à 4)

Maitre d'ouvrage :
Société du Port de Cavallo

Lieux des travaux :
Port de Cavallo, Île de Cavallo, Bonifacio (2A)

Date : 20 Février 2026

Référence dossier : Rapport d'inspection subaquatique TMI – Campagne 30 janvier au 1er février 2026 (18 pages + annexes photographiques)

Table des matières

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET 6
2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU PROJET ET ANALYSE SIMPLIFIEE DES ENJEUX 9
3. ENJEUX LIES AU PAYSAGE ET AU PATRIMOINE 13
4. PRESENTATION DU PROJET ET DES TRAVAUX PREVUS 14
4.1. Textes règlementaires liste non exhaustive 14
4.2. Règles de l'art en matière de travaux Normes et DTU applicables et documents techniques de référence 14
4.3. Description des ouvrages et localisation 15
4.3.1. Conditions d'exécution 15
4.3.2. Contenu détaillé des travaux 15
4.4. Objectifs et Priorités 16
4.5. Travaux prévus et modalités de mise en œuvre 16
4.5.1. Conditions préalables à tout travaux en immersion 16
4.5.2. Formation et Sensibilisation des Intervenants Obligations pour l'Entreprise retenue 16
4.5.3. Phase préparatoire préalable commune (tous ouvrages) : 17
4.5.4. Phase consolidation pour tous les ouvrages 17
4.541. Spécifications techniques des matériaux 17
4.542. Môle Nord 17
4.543. Pannes 1, à 4: 17
4.6. Détails des actions correctives, quantification des temps de travaux, conditions de travail 17
4.6.1 Temps de travail nécessaire pour réparer les massifs béton entre 60 et 70 jours ouvrables 18
4.6.2. Tableau détaillé des actions ciblées 18
4.6.3. Identification plans de masse des espaces de travaux 21
5. NOTE MÉTHODOLOGIQUE : ORGANISATION ET LOGISTIQUE DU CHANTIER 22
5.1. Acheminement du Matériel et Approvisionnement 22
5.2. Stockage et Zone de Vie 22
5.3. Installation de Chantier 22
5.4. Organisation des Travaux (Cycle Opérationnel) 22

5.4.1. Phase A : Préparation (Scaphandriers) 22
5.4.2. Phase B : Coffrage 23
5.4.3. Phase C : Injection (UHPC) 23
5.4.4. Phase D : Finition 23
6. MESURES PREVUES POUR EVITER ET REDUIRE LES IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN 23
6.1. Lutte contre la turbidité 23
6.2. Utilisation de Produits Spécifiques (SikaGrout + Agent) 23
6.3. Prévention des pollutions accidentelles (Hydrocarbures) 23
6.4. Gestion des Déchets (Logistique Propre) 24
7. CONTROLES, ESSAIS ET RECEPTION, GARANTIE 24
7.1 Les points d'arrêts suivants seront à lever par le maître d'ouvrage sous délai max de 24 h 24
7.2 Contrôles en cours de travaux : 24
8. ESTIMATION DES TRAVAUX AVEC MISSION A M O , BUREAUX DE CONTROLE ,ET CSPS : 440 000 ,00 TTC 25
9. PLANIFICATION VERSION 1 POUR UNE EQUIPE DE 3 SCAPHANDRIERS 26
10. PRECONISATIONS, OBLIGATIONS DU MAITRE D'OUVRAGE (MOA) et RESPONSABILITES art 1240 du Code civil 26
11. PROTECTIONS DU SITE AU COURS DES TRAVAUX EN ZONE PROTEGEE 27
11.1. Étude d'Impact Environnemental (EIE) 27
11.2. Protection des Espèces Marines : 27
11.3. Gestion des Déchets et Matériaux : 27
11.4. Contrôle des Pollutions : Prévenir toute fuite d'hydrocarbures ou de produits chimiques. Mise en place des barrières anti-pollution autour des zones de travaux. 27
11.5. Suivi Environnemental : 27
11.6. Identification des matériaux utilisés et mis en œuvre 27
12. COMMUNICATION AVEC LES PARTIES PRENANTES 28
12.1. réunions de concertation avec les pêcheurs et les acteurs touristiques ainsi que les associations environnementales locales (ex : WWF, Conservatoire du Littoral) doivent être programmées par la maitrise d'ouvrage en présence des entreprises retenues et la ville de Bonifacio. 28
12.2. Carnet de chantier environnemental 28
13. DOCUMENTATION ET TRAÇABILITE 28
13.1. Carnet de chantier environnemental 28
13.2. Protection de l'environnement direct 28

13.3. Rapport final 29
PIECES TECHNIQUES ANNEXEES AU PRESENT MARCHE DE TRAVAUX 29
Extraits rapport technique Audit : Protocole des travaux d'urgence du port de Cavallo 29
Extraits rapport audit TMI suite 'inspection subaquatique du Port de Cavallo (campagne 30 janv. – 1er fév. 2026) 29

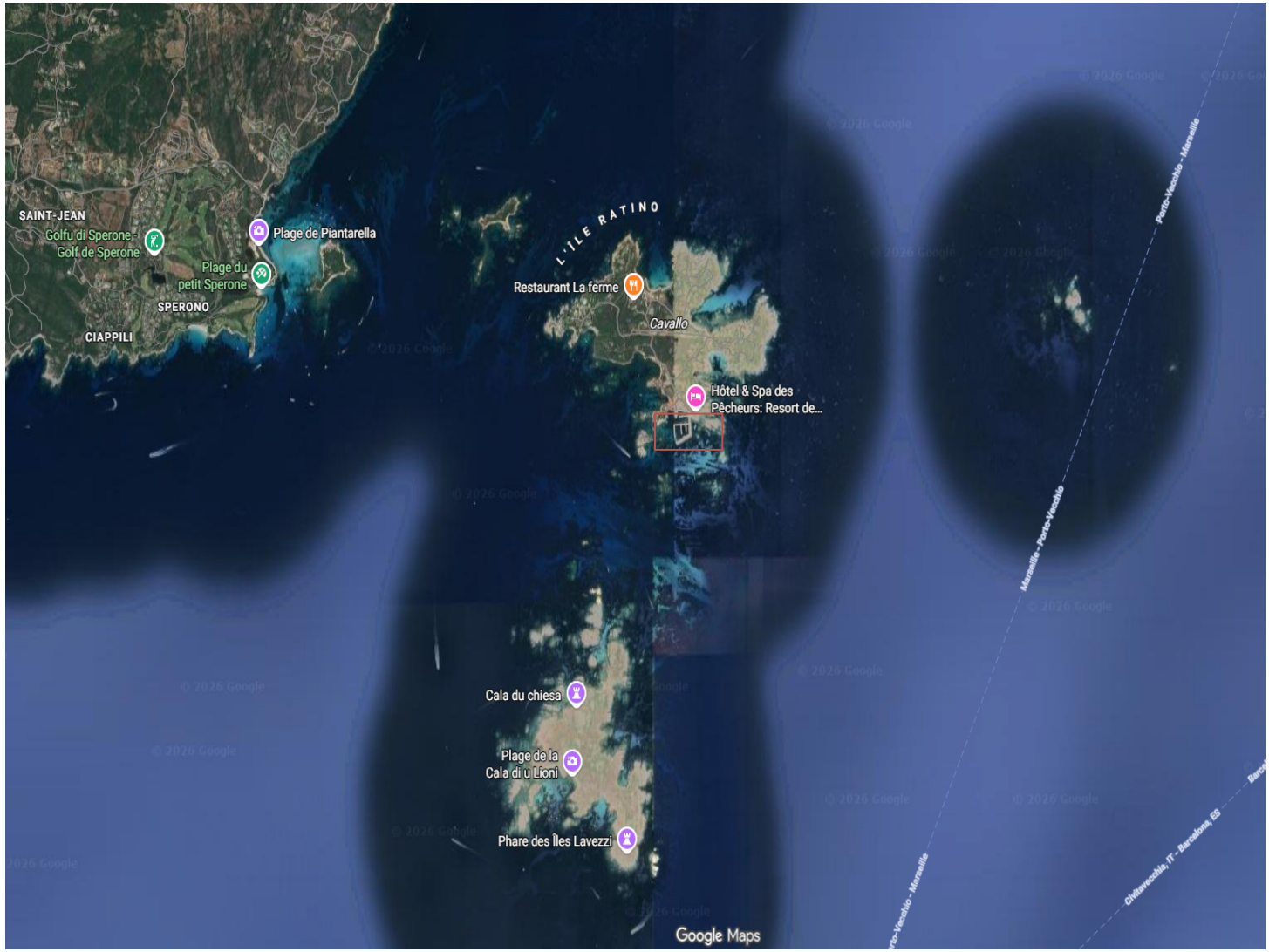
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

Le projet concerne la sécurisation du port de plaisance et de pêche de Cavallo, à une dizaine de kilomètres du port de Bonifacio, à l'extrême sud de la Corse, au cœur de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB).
Le port de plaisance de l'île de Cavallo offre une capacité d'accueil de 230 bateaux et a été mis en service en 1993.
Pour mémoire :

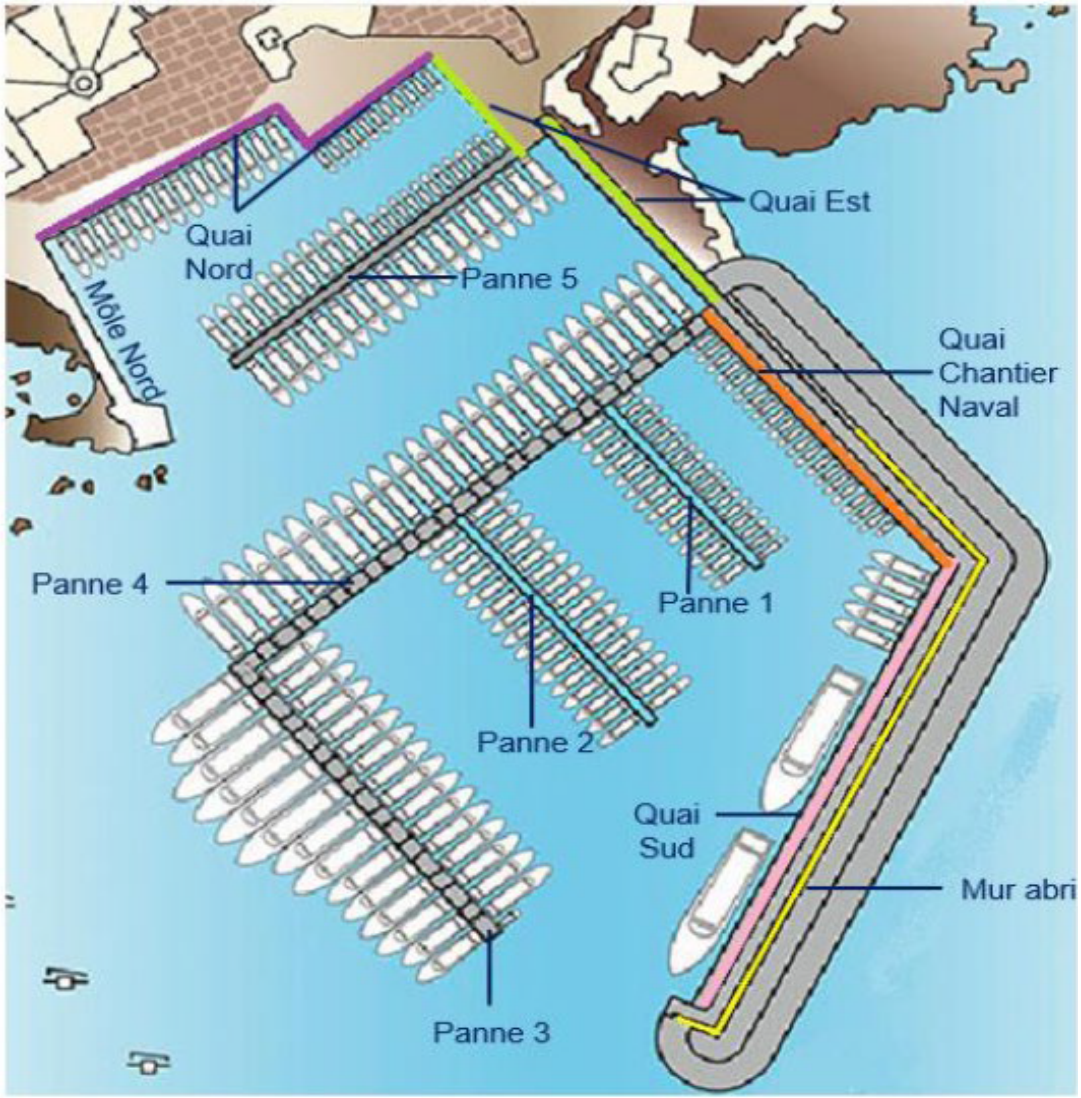
- Le 24 août 1988 un arrêté préfectoral a autorisé la commune à créer et exploiter le port.
- Le 3 novembre 1988, le conseil municipal autorise M. Le Maire à signer le cahier de concession entre la commune et la société du port de Cavallo
- Par arrêté du 25 juin 1991, le préfet a transféré à la commune de Bonifacio la gestion du domaine public maritime affecté à la réalisation du port pour une durée de 35 ans, soit jusqu'au 25 juin 2026.
- le 1er juin 1993, la commune de Bonifacio a conclu un contrat de concession avec la Société du Port de Cavallo, portant sur l'établissement et l'exploitation du port d'une capacité de 231 places, dans des conditions identiques à celles fixées par le contrat de 1988. L'échéance de ce contrat est également fixée au 25 juin 2026.

En prévision de la reprise du port de Cavallo en régie, la commune a commandé 2 études aux sociétés CREOCEAN puis ACCOAST respectivement en 2023 et 2025. Faute d'accord entre la commune et la Société du port de Cavallo concernant le type de travaux à réaliser et le cout associé, la Ville a demandé au Tribunal Administratif de Bastia d'ordonner une nouvelle expertise.
Suite a la venue de l'expert, accompagné par son sapiteur en janvier 2026, ce dernier a préconisé à la commune une fermeture partielle du port notamment lié à des affouillements et cavités au niveau des quais et des massifs bétons des différents pontons qui constituent le port.
C'est dans ce contexte que la Société du port de Cavallo a mandaté une nouvelle étude de la part de la société de TMI afin d'identifier précisément le niveau d'intervention et la méthode associée permettant une ouverture partielle ou complète dès la saison 2026
Il s'avère que la société TMI confirme
■ **l'ampleur modérée des travaux** à réaliser, qui sont assimilés à des **opérations d'entretien/maintenance** : reprise en sous-œuvre des zones d'affouillement et sous-cavage, hydro-décapage, purge des réparations défectueuses et des sacs de ciment, injection de coulis pour comblement des cavités, saignées et galeries, rétablissement du monolithisme et de l'enrobage des pieux.
■ **l'urgence de ces travaux** de par la fonction du port recevant du public (propriétaires, commerces…)
Malgré le caractère modeste de ces actions de maintenance, et de par la localisation du port au sein de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio, le maître d'ouvrage, représenté par la société du port Cavallo, tient à suivre une **procédure exemplaire** pour ce projet.

La localisation du port est représentée via le plan ci-dessous :

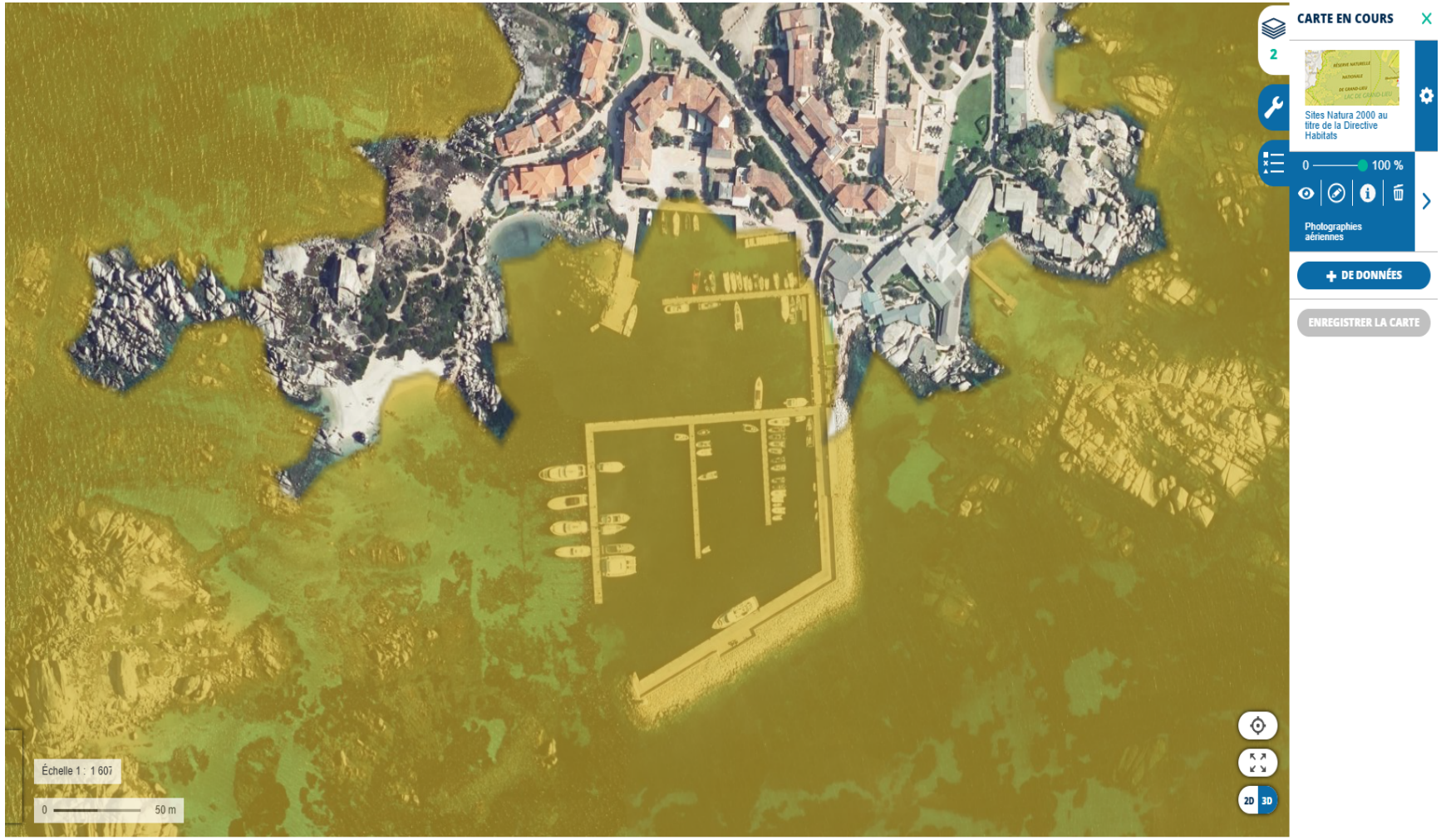


Le détail des infrastructures est représenté via le plan ci-dessous :



2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU PROJET ET ANALYSE SIMPLIFIEE DES ENJEUX

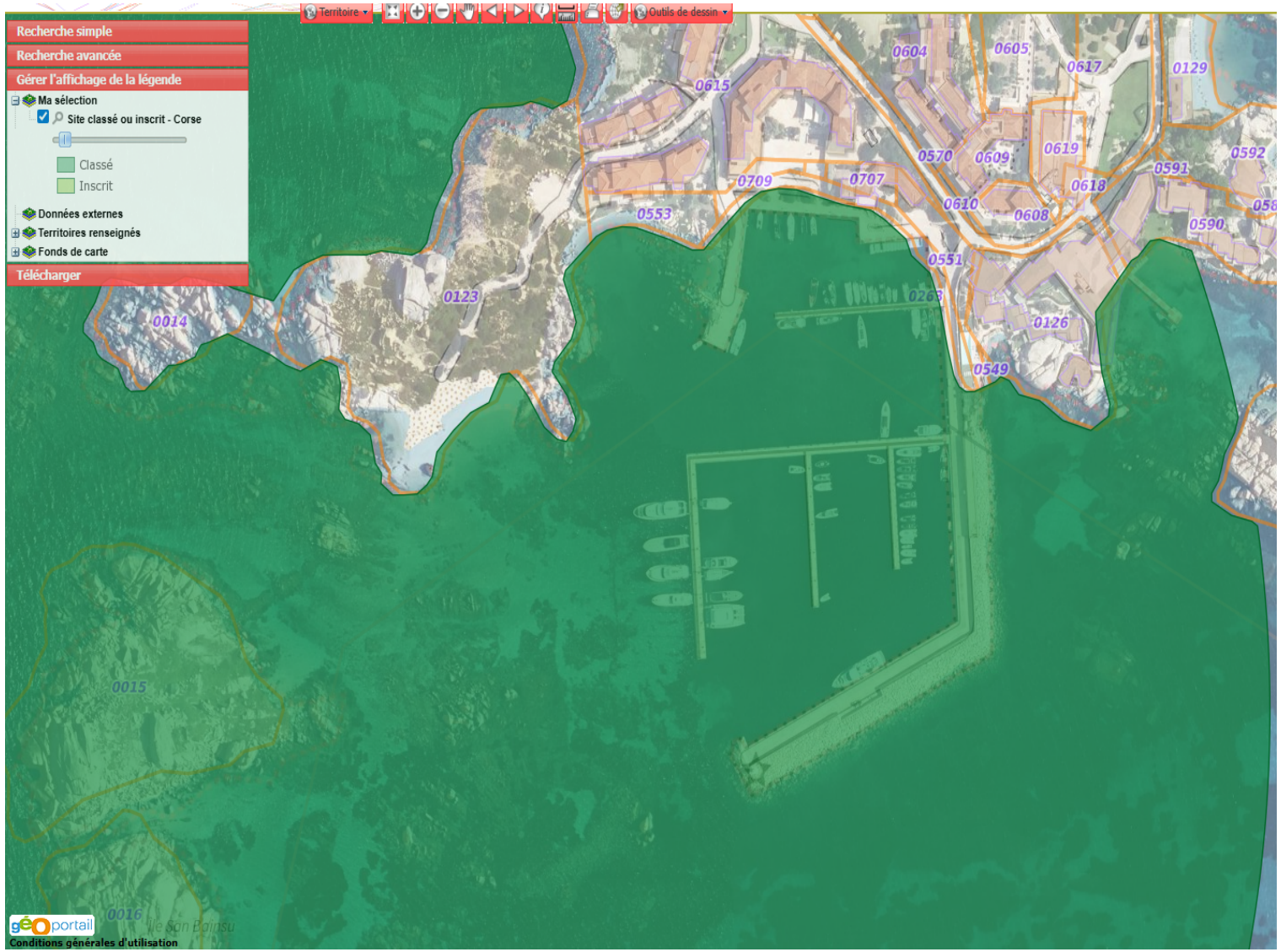
L'intérêt écologique du secteur se traduit par la présence de nombreux périmètres environnementaux au droit et à proximité du projet. Les sites les plus proches et leur distance au projet sont récapitulés dans le tableau ci-après :
Site Natura 2000 :



ZNIEFF de type I



Site classé :

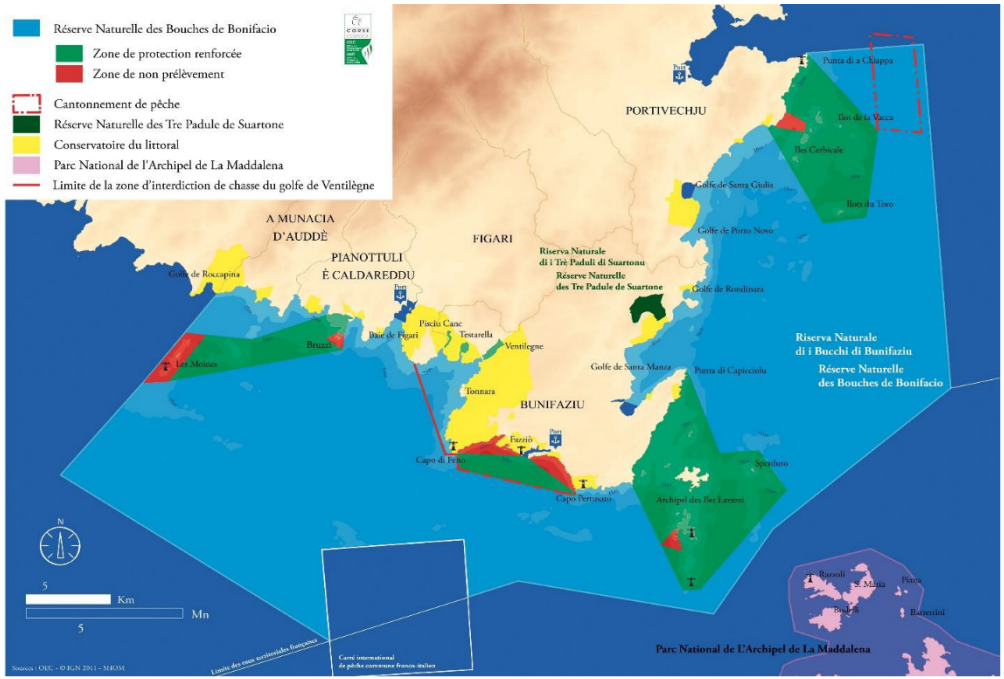


De plus, le port de Cavallo est localisé au sein du :

- Parc marin international des Bouches de Bonifacio

- Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio
- Sanctuaire PELAGOS des mammifères marins

La Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB) a été créée le 23 septembre 1999. Plus grande réserve naturelle de France métropolitaine, elle couvre 79 640 hectares répartis sur cinq communes entre la Corse et la Sardaigne : Bonifacio, Figari, Monaccia d'Aullène, Pianottoli-Caldarello et Porto-Vecchio.
Trois niveaux de protection sont définis par le décret de création de la réserve naturelle. Dans le périmètre général, 12 300 hectares sont classés en Zone de Protection Renforcée et 1 130 hectares le sont en Zone de Non Prélèvement.
C'est **l'Office de l'Environnement de la Corse** (OEC) qui assure la gestion de la réserve naturelle depuis sa création.
Essentiellement marine, la RNBB assure néanmoins la gestion de plus de 180 hectares terrestres, composés essentiellement d'îlots marins à forte valeur patrimoniale.
Dans un paysage de falaises calcaires et de chaos granitiques, le site abrite 37 % des espèces remarquables de Méditerranée. On y trouve des milieux littoraux et marins ainsi que des paysages exceptionnels : archipels des Lavezzi, des Cerbicale, des Bruzzi ou des Moines, falaises de Bonifacio, étangs de Ventilègne

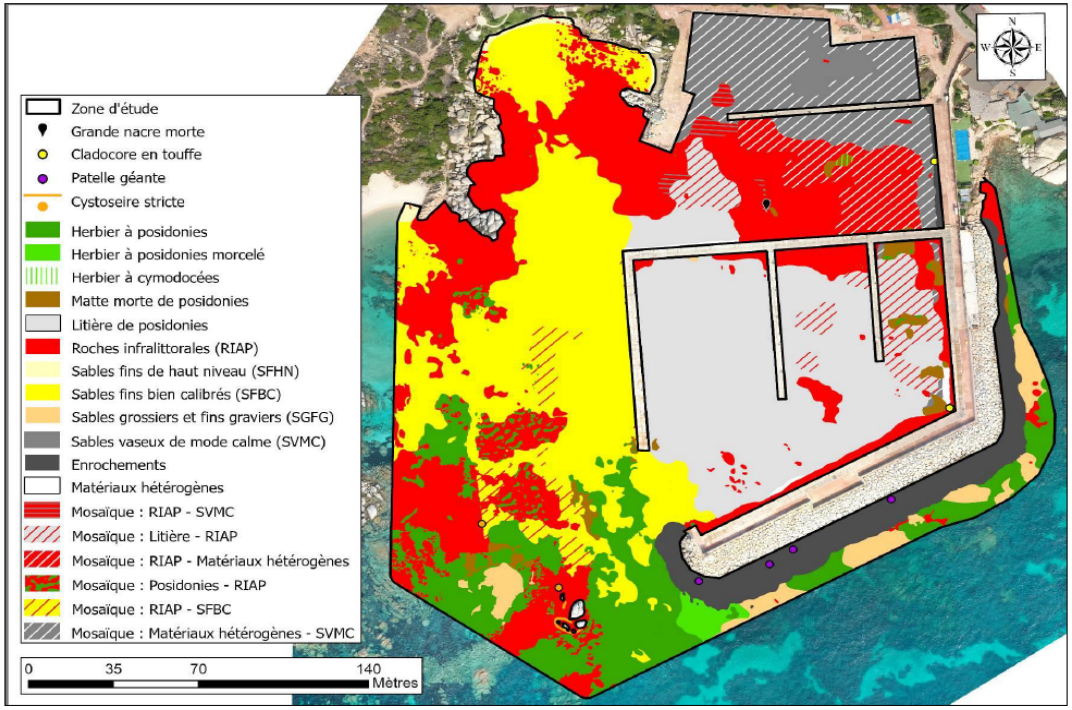


En parallèle la commune de Bonifacio nous a indiqué avoir réalisé un état initial du port et se propose de fournir les éléments suivants:

- Bathymétrie et topographie sous-marine,

- Biocénoses et habitats sensibles
- Sédiments et qualité des eaux
- Hydrodynamique et courantologie
- Modèle d'agitation

L'un des éléments importants dans la projection des travaux présentés ci-après, est la prise en compte de la cartographie des habitats marins et espèces réglementés réalisée par la société ACRIN :



Le maitre d'ouvrage confirme qu'aucune intervention à proximité ne sera réalisée.

3. ENJEUX LIES AU PAYSAGE ET AU PATRIMOINE

Le projet est localisé au sein de plusieurs périmètres de protection au titre du paysage et/ou du patrimoine :

- Site classé

- Périmètre de protection de monuments historiques : Néanmoins, **aucun travail terrestre** n'est prévu

4. PRESENTATION DU PROJET ET DES TRAVAUX PREVUS

Le présent cahier des charges est applicable aux travaux conservatoires de réparation des massifs bétons cyclopéens immergées, conformément au diagnostic établi par la STE TMI (Pieces jointes) .
Il intègre exhaustivement les préconisations techniques du rapport de la Sté TMI et toutes les références réglementaires et techniques en vigueur au 19/02/2026.
Des adaptations mineures (quantitatifs exacts de coulis) pourront être affinées après premiers travaux

Les travaux ne pourront se faire qu'après obtention des autorisations des services compétents : Etat, Office de l'Environnement de la Corse …

Au-delà, le maitre d'ouvrage s'engage à préciser au maitre d'œuvre l'obligation de suivre les textes réglementaires liés aux travaux et aux règles de l'art :

4.1. Textes règlementaires liste non exhaustive

- Code du travail, articles R4461-1 et suivants (travaux en milieu hyperbare).
- Arrêté du 14 mai 2019 relatif aux travaux hyperbares effectués en milieu subaquatique (Mention A – scaphandre autonome ou narguilé).
- Décret n° 2011-45 du 11 janvier 2011 (protection des travailleurs en milieu hyperbare).
- Code de l'environnement – Livre II (Loi sur l'eau et milieux aquatiques – déclaration ou autorisation si nécessaire).
- Règlementation environnementale locale
- Code de l'environnement – Livre II (Loi sur l'eau et milieux aquatiques – déclaration ou autorisation si nécessaire).
- Règlementation environnementale locale

4.2. Règles de l'art en matière de travaux Normes et DTU applicables et documents techniques de référence

- NF EN 206/CN + A1 : Béton – Spécifications, performances, production et conformité (classe d'exposition XS3 pour zone immergée permanente + XD2/XS2 en marnage).
- NF EN 1992-1-1 (Eurocode 2) + Annexe Nationale : Calcul des structures en béton.
- NF EN 13670/CN : Exécution des ouvrages en béton.
- Série NF EN 1504-1 à 10 (Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton) :
    - Partie 3 : Réparation structurale et non structurale.
    - Partie 5 : Injection du béton (coulis).
    - Partie 9 : Principes généraux.
    - Partie 10 : Application sur site et contrôle qualité.

- NF P 95-101, 95-102, 95-103 : Ouvrages d'art – Réparation et renforcement des ouvrages en béton et maçonnerie (reprise béton dégradé, béton projeté, traitement fissures).
- NF DTU 21 : Exécution des ouvrages en béton.
- NF EN 335 et NF EN 350 : Durabilité du bois – Classes d'emploi (Classe 4 ou 5 pour pièces bois marines)

- Guide CETMEF 2011 : Réparation des bétons altérés en site maritime.
- Guide CETMEF 2011 : Altération du béton en site maritime.
- Guide CETMEF : Surveillance, auscultation et entretien des ouvrages maritimes – Fascicule 1 (maçonnerie).
- Fascicule 10 de l'Instruction Technique SOA (CEREMA) : Fondations en site aquatique.
- Fascicule 65 CCTG (version décembre 2017) : Exécution des ouvrages de génie civil en béton (notamment chapitres sur coulis d'injection).
- Guides STRRES FABEM (Fédération des entreprises de réparation et renforcement) : FABEM 1 (reprise bétons dégradés), FABEM 3 (injection fissures), FABEM 4 (protection bétons).
- Fiches Aide-Mémoire CEREMA : Injection des maçonneries d'ouvrages maritimes ; Protection de surface des bétons.
- Guide d'utilisation du béton en site maritime (CETMEF).

4.3. Description des ouvrages et localisation

4.3.1. Conditions d'exécution

- Travaux exclusivement par plongeurs professionnels mention A (équipe : Chef d'opération hyperbare, plongeurs, surveillant surface, opérateur secours).
- Plan de prévention des risques hyperbares obligatoire (PPRE) + fiche de sécurité par plongée.
- Durée quotidienne d'immersion limitée conformément à l'arrêté du 14/05/2019.
- Protection environnementale : bâches de confinement des effluents de décapage, récupération des déchets, pas de rejet de coulis non polymérisé.
- Phasage : travaux par ouvrage complet avant passage au suivant (contrôle intermédiaire obligatoire).
- Conditions météo : arrêt si houle > 1 m ou visibilité < 1 m.

4.3.2. Contenu détaillé des travaux

Les travaux consistent en la réparation urgente des désordres identifiés sur les infrastructures en béton immergées du port de Cavallo :

Les ouvrages sur lesquels l'entreprise interviendra sont de dimensions moyennes de 2,70 x 5,00 X 4m hauteur, reposant sur le substratum partiellement rocheux

du fond marin. Restructuration par injection de béton spécifiques au milieu marin dans les massifs bétons défaillants, présentant des cavités

- Môle Nord (ouvrage gravitaire) : reprise en sous-œuvre des zones d'affouillement et sous-cavage (17 zones critiques, dont C01 en sustentation).
- Pannes 1 à 4 (massifs béton supportant pieux bois Ø 200 mm Classe 4 en excellent état) : hydro-décapage, purge des réparations défectueuses et des sacs de ciment posés provisoirement), injection de coulis pour comblement des cavités, saignées et galeries, rétablissement du monolithisme et de l'enrobage des pieux.

Les travaux seront entièrement subaquatiques (plongée professionnelle mention A) et devront restaurer la stabilité, la portance et la durabilité des ouvrages face à l'agression marine (dissolution chimique + érosion hydrodynamique par propulseurs)

4.4. Objectifs et Priorités

- Permettre la réouverture du port avant le 30 mai 2026

- Les Priorités d'intervention afin de lever les dysfonctionnements identifiés sont établis comme suit :

1. Môle Nord et Môle Sud en option
2. Panne n°3
3. Panne n°4
4. Panne n°2
5. Panne n°1

La panne 5 ne sera pas traitée dans le cadre des priorités et sera en conséquence utilisée intensément

4.5. Travaux prévus et modalités de mise en œuvre

4.5.1. Conditions préalables à tout travaux en immersion

- Respect intégral des règles hyperbares et du Code du travail.
- Mesures environnementales renforcées (zone Natura 2000 / réserve naturelle).
- Planning prévisionnel à fournir par l'entrepreneur (Gantt) respectant les priorités du rapport TMI.
- Respect intégral des règles hyperbares et du Code du travail. Art R 4461-1.
- Coordinateur SPS (1 seule entreprise et 240j /hommes, mais pression absolue supérieure à 3 bars)
- Utilisation de techniques **non destructives** (forage silencieux, pieux vissés).
- Interdiction des explosions ou des vibrations intenses.
- Délimitation d'un périmètre de sécurité autour des massifs immergés sous-marins
- Interdiction des explosions ou des vibrations intenses.
- Signalisation maritime conforme aux normes (balisage flottant, avertissement aux usagers

4.5.2. Formation et Sensibilisation des Intervenants Obligations pour l'Entreprise retenue

Formation obligatoire du personnel aux bonnes pratiques environnementales en milieu marin.

Une réunion hebdomadaire spécifique sur les enjeux écologiques locaux.

Affichage des consignes (protection des posidonies, gestes interdits).

4.5.3. Phase préparatoire préalable commune (tous ouvrages) :

- Hydro-décapage haute pression (> 1 000 bars, buse rotative) sur toute surface érodée pour éliminer la couche friable (5 cm minimum, jusqu'à béton sain).
- Purge complète des sacs de ciment défectueux et des matériaux non adhérents.
- Nettoyage final et contrôle visuel/tactile par plongeur.

4.5.4. Phase consolidation pour tous les ouvrages

4.541. Spécifications techniques des matériaux

- Coulis cimentaire stable, sans ressuage (> 95 % stabilité), faible viscosité (< 30 s au cône Marsh), expansif contrôlé, résistance à 28 jours ≥ 40 MPa en immersion marine.
- Coulis d'injection (NF EN 1504-5) :
- Compatibilité chimique avec béton cyclopéen existant et eau de mer.
- Béton de réparation (si nécessaire en zone de marnage) : NF EN 206 XS3 + NF EN 1504-3 Classe R4 (structurale).
- Bois : Classe d'emploi 4 ou 5, traitement certifié CTB-B+ ou équivalent.

4.542. Môle Nord

- Reprise en sous-œuvre des 17 zones (C01 à C17). Comblement des cavités sous base par injection de coulis ou sacs de béton immergé voir coffrage immergé si nécessaire).
- Angle C01 en sustentation : pose de cales sur support préalablement préparé si risque immédiat, puis injection définitive.

4.543. Pannes 1, à 4:

- Injection comblement de tous les volumes de cavités, saignées et galeries (jusqu'à 18 m linéaires sur Panne 3, 170 cm profondeur sur Panne 2).
- Rétablissement de l'enrobage des pieux bois (visibles sur Panne 2 et 4).
- Rétablissement du monolithisme des longrines et massifs.

4.6. Détails des actions correctives, quantification des temps de travaux, conditions de travail

Équipe de 3 scaphandriers qualifiés Conditions de travail
(Mention A – travaux subaquatiques, Code du travail R.4461 et arrêté du 14 mai 2019)

4.6.1 Temps de travail nécessaire pour réparer les massifs béton entre 60 et 70 jours ouvrables

Conformément au rapport, audit TMI la durée estimative globale des travaux en mesures conservatoires après travaux préparatoires est peut-être estimée

Durée maximale d'immersion : 3 heures par jour et par plongeur (1 ou 2 plongées), réduite à 1 h 30 en cas de conditions difficiles (température, houle, fatigue).
Organisation typique : rotations (2 plongeurs en immersion simultanée + 1 en surface/soutien), surveillance hyperbare, temps de décompression, visites médicales obligatoires.
Productivité réaliste : préparation (hydro-décapage + purge) + injection de mortier = environ 2 à 3 m³ par jour d'équipe (compte tenu de l'accès difficile,
profondeur 4-8 m, visibilité variable

4.6.2. Tableau détaillé des actions ciblées

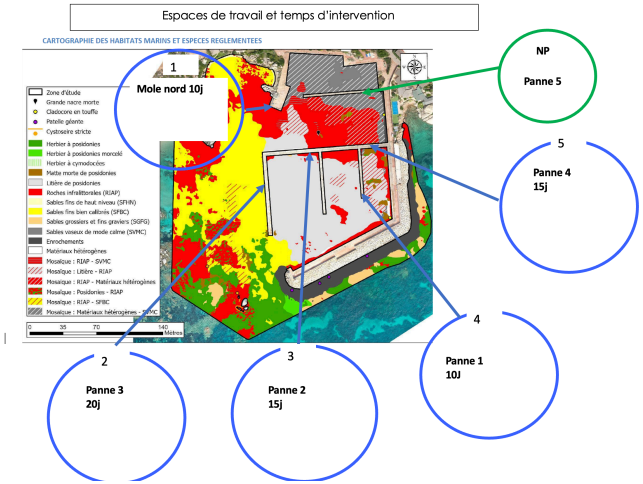
Localisation	Actions précitées rapport TMI		NB actions correctives	Jours ouvrables Équipe 3 hommes (18h/J)	
				NB de jours	H - MO
	REF	Observation / Impact Structurel			
Môle Nord	C01	Profondeur de 2 mètres. Angle en sustentation	17	**10**	180
	C02	Affouillement profond.			
	C03	Perte d'assise			
	C04	Érosion filante profonde sur 3,5 mètres.			
	C05	Sous-cavage.			
	C06	Cavité verticale.			
	C07	Saignée horizontale.			
	C08	Érosion de façade.			
	C09	Érosion de façade.			
	C10	Cavité volumineuse.			
	C11	Saignée horizontale.			
	C12	Saignée horizontale.			
	C13	Joint érodé.			
	C14	Fissure verticale.			
	C15	Cavité mineure.			

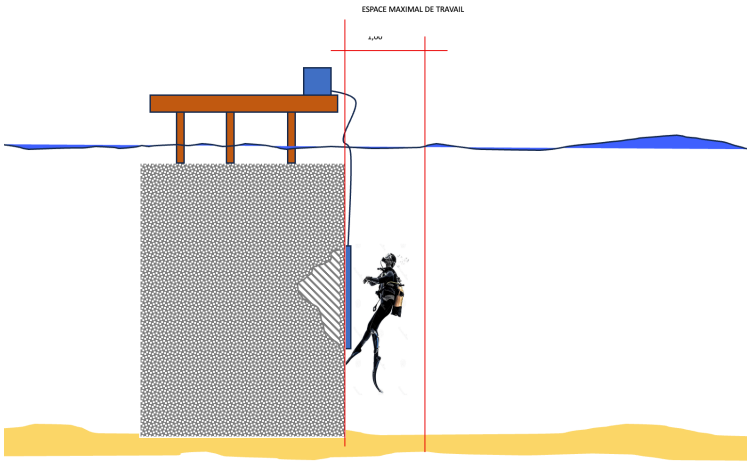
	C16	Érosion de surface.			
	C17	Érosion de surface.			
Môle Sud		Sous réserve Audit			
Panne 1	M 1	Saignée horizontale.	15	10	180
	M 2	Érosion pénétrante.			
	M 3	Zone masquée par des sacs.			
		Zone masquée par des sacs.			
		Mur de sacs sur 3 mètres.			
	M 4	Cavité profonde.			
		Saignée horizontale.			
		Pénétration d'un mètre au cœur du massif.			
		Saignée de surface.			
	M 5	Zone sacs sur 3,5 mètres.			
		Cavité profonde.			
	M 6	Érosion superficielle.			
		Cavité ponctuelle.			
		Cavité profonde.			
		Angle évidé sur 1m de fond.			
Panne 2	C01-0 2	Érosions de surface (x2).	25	15	270
	C03	Pilier légèrement visible.			
	C04	Saignée importante.			
	C05	Pilier visible dans la cavité.			
	C06	Cavité ponctuelle.			
	C07	Profondeur supérieure au mètre.			
	C08	Massif évidé sur 1,70m de fond.			
	C09-1 0	Cavités profondes.			
	C11	Saignée continue de 5 mètres.			
	C12	Érosion linéaire.			
	C13	Pilier visible (fond 90cm).			

	C14	Saignée volumineuse.			
	C15-1 6	Érosions filantes (x2).			
	C17	Cavité moyenne.			
	C18	Érosion de joint.			
	C19	Profondeur critique.			
	C20	Cavité moyenne.			
	C21	Érosion.			
	C22	Saignée linéaire.			
	C23	Seconde saignée continue de 5 mètres.			
	C24	Cavité profonde.			
	C25	Saignée de surface.			
Panne 3	C01	Faille traversante (7,30m).	44	20	360
	C02	Zone de sacs de ciment.			
	C05	Mur de sacs (Hauteur importante : 1m).			
	C08	Lien Surface/Fond : Sous le pilier fendu hors d'eau (tassement).			
	C13	Saignée continue sur 6,50m.			
	C14-19	6 saignées parallèles.			
	C20	Galerie traversante de 13,30m.			
		Faille record continue sur 18 mètres.			
		Seconde faille superposée de 18 mètres.			
		Zone fracturée (Saignées de 12,30m).			
		Caverne de 1,20m de fond sur 10m de long.			
		Saignée de quasi 10m.			
		Série de 5 cavités terminales.			
Panne 4	CO1	Profondeur métrique	22	15	270
	CO3	CRITIQUE. Pied de pieu visible (Déchaussement en fond).			
	C04	Saignée profonde.			
	CO5	Saignée de 5 mètres de long.			
	C07	Faille de près de 9 mètres.			
	C08	MAJEUR. Cisaillement continu sur 15 m mètres.			

	C09	IMPORTANT. Mur de sacs (11m x 1,5m de m haut).			
	C10-13	Série de 4 zones "Sacs" (Cumul linéaire de 26m).			
	C14- 19	Cavités ponctuelles et fissures.			
	C20	IMPORTANT. Profondeur 1m sur 7m de long			
	C21-22	Saignées de fin de panne.			
Totaux provisoire	**Marge erreur 40% curseur entre 70 e100 j**		**145**	**70j**	**1260h de MO**

4.6.3. Identification plans de masse des espaces de travaux





5. NOTE MÉTHODOLOGIQUE : ORGANISATION ET LOGISTIQUE DU CHANTIER

5.1. Acheminement du Matériel et Approvisionnement

- Transport Maritime : Le matériel (compresseurs, centrale d'injection, Etc..) et les matériaux seront acheminés par barge ou navette de fret depuis Piantarella ou Bonifacio.
- Gestion des sacs : Sikagrout (UHPC).
  - L'acheminement se fera par rotations de palettes de 1,2 à 1,5 tonne.
  - Chaque sac de 25 kg sera manipulé avec soin pour éviter le perçage (sensibilité de l'UHPC à l'humidité).

5.2. Stockage et Zone de Vie

- Stockage Primaire (Base Vie) : Une zone de stockage temporaire sera installée sur le quai principal (Mole nord et Quai capitainerie). Les palettes seront systématiquement bâchées et stockées sur des chevrons pour éviter tout contact avec l'eau de mer ou les remontées d'humidité.
- Stockage Secondaire (Poste de travail) : Seule la quantité nécessaire pour une journée de travail sera acheminée sur la panne concernée afin de ne pas surcharger les structures en bois.

5.3. Installation de Chantier

Atelier de Mélange et Injection :

- Mise en place d'un malaxeur.
- Poste de pesage de précision pour l'Agent Colloïdal.

- Périmètre de Sécurité : Balisage de la zone de travail pour les plaisanciers et installation de barrages anti-turbidité sur ouvrage.

5.4. Organisation des Travaux (Cycle Opérationnel)

Le chantier sera découpé en cycles répétitifs :

5.4.1. Phase A : Préparation (Scaphandriers)

Forage et mise en place des tiges (ancrage mécanique ou chimique selon l'état du support
Auscultation finale pour ajuster le volume réel de la cavité (Vérification des profondeurs).

5.4.2. Phase B : Coffrage

Pose des panneaux d'étanchéité intégraux par chevillage sur les zones saines. `
Mise en place des joints d'étanchéité périphériques.
Installation du tube d'injection bas et de l'évent haut.

5.4.3. Phase C : Injection (UHPC)

Mélange contrôlé (Eau + SikaGrout + Agent Colloïdal).
Injection continue pour éviter les reprises de bétonnage.
Arrêt de l'injection dès reflux par l'évent témoin.

5.4.4. Phase D : Finition

Décoffrage après 24h/48h selon la température.

6. MESURES PREVUES POUR EVITER ET REDUIRE LES IMPACTS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT MARIN

6.1. Lutte contre la turbidité

- Barrage Anti-Turbidité : Un rideau de protection sera installé autour de la zone de travail.
- Coffrage Étanche : L'utilisation du panneau intégral avec joints compressibles garantit que 100% de l'UHPC reste à l'intérieur de la cavité.

6.2. Utilisation de Produits Spécifiques (SikaGrout + Agent)

- Agent Colloïdal (Anti-lessivage) : L'ajout de cet adjuvant est la mesure écologique principale. Il rend le béton "cohésif", l'empêchant de se dissoudre ou de se délaminer au contact de l'eau. Même en cas de fuite accidentelle, le béton reste en masse et ne pollue pas la colonne d'eau.
- Béton Haute Performance (UHPC) : Sa très faible porosité limite les échanges chimiques entre le béton durci et l'eau de mer à long terme.

6.3. Prévention des pollutions accidentelles (Hydrocarbures)

- Bacs de Rétention : Tous les équipements de surface seront placés dans des bacs de rétention étanches pour stopper toute fuite d'huile ou de carburant.
- Kits Anti-Pollution : Un kit d'intervention d'urgence (buvards absorbants, barrages flottants) sera présent sur le quai et sur l'embarcation de soutien pendant toute la durée des travaux.

6.4. Gestion des Déchets (Logistique Propre)

- Tri des sacs vides : Les sacs de SikaGrout seront compactés au fur et à mesure de leur utilisation, stockés dans des "Big-Bags" étanches et évacués vers une filière de recyclage.
- Nettoyage du matériel : Aucun rinçage de bétonnière ou de pompe ne sera effectué directement dans le port. Les eaux de lavage seront collectées et traitées à terre.

7. CONTROLES, ESSAIS ET RECEPTION, GARANTIE

7.1 Les points d'arrêts suivants seront à lever par le maître d'ouvrage sous délai max de 24 h

- Préalablement aux travaux :
- Validation des fournitures.
- Validation des procédures
- Validation du planning d'exécution
- Durant les travaux :
- Validation de la qualité des supports.

7.2 Contrôles en cours de travaux :

- Pression d'injection, volume injecté (traçabilité par massif), carottage témoin (1 par ouvrage majeur).
- Essais sur coulis : fluidité, stabilité, résistance mécanique (laboratoire agréé COFRAC).
- Réception : inspection subaquatique finale par tierce partie indépendante **(**plongeur expert + rapport photographique et métrés).

8. ESTIMATION DES TRAVAUX AVEC MISSION A M O , BUREAUX DE CONTROLE ,ET CSPS : 440 000 ,00 TTC

DESIGNATION			ESTIMATION TTC	
Total provisoire process opérationnel	U	QU	PU	PT
DESIGNATION			ESTIMATION TTC	
Travaux déboursés secs				
Heures de MO	H	1260	60	75600,00
-Matériaux quantités évalué SIKAGROUP 300kg/M3 = 1200 sacs à 100€ = 120 000€ Divers produits = 30 000€ granulats et accessoires structures bois Total provisoire arrondi 150 000	M3	100 **	1500 €	150 000
Total provisoire				225600,00
Coeff entreprise 1.3				67680,00
Total provisoire prix de vente HT				293280,00
Total TTC				322608,00
Travaux préparatoires TTC				40 000,00

TOTAL PROVISOIRE TRAVAUX	362608,00
TOTAL MISSIONS A M O CONTROLE	18000,00
TOTAL PROVISOIRE PROCESSUS OPERATIONNEL	380608,00
MARGE D'ALEAS 15%	57091,20
	437699,00 TTC
ARRRONDIS	**440000,00 TTC**

DESIGNATION LOCALISATIONS DES OUVRAGES par QUANTITE DE BETON INJECTÉ **	QU	Coef	Total
Môle Nord (gravitaire) : 17 zones	6,00		
Panne 1 : 15 cavités → 8,9 m³	9,000		
Panne 2 (longrine monolithique) : ~29 zones	25,000		
Panne 3 (la plus dégradée) : 44 zones dont galeries de 13,3 m et failles de 18 m	35,000		
Panne 4 : zones masquées importantes	5,000		
	80,00	1,25	**100M3**

9. PLANIFICATION VERSION 1 POUR UNE EQUIPE DE 3 SCAPHANDRIERS

Localisation	J									J+70	Observations
Môle Nord	10J										
Panne 3		20J									
Panne 2					15 j						
Panne 1							10 J				
Panne 4									15 J		Date au plus tôt : **60 jours** ouvrables

10. PRECONISATIONS, OBLIGATIONS DU MAITRE D'OUVRAGE (MOA) et RESPONSABILITES art 1240 du Code civil

PM

11. PROTECTIONS DU SITE AU COURS DES TRAVAUX EN ZONE PROTEGEE

Pour minimiser l'impact environnemental des travaux subaquatiques, les mesures suivantes doivent être mises en œuvre, et notamment des bâches de confinement des effluents de décapage, récupération des déchets, pas de rejets de coulis non polymérisés

11.1. Étude d'Impact Environnemental (EIE)

Réalisation d'une étude préalable pour identifier les espèces protégées et les habitats sensibles avec évaluation des risques potentiels sur la faune et la flore marine.

11.2. Protection des Espèces Marines :

L'entreprise évitera toute perturbation des herbiers de posidonie, classés comme habitat prioritaire par la Directive Habitats (92/43/CEE) et limitera ses travaux au 31 mai date au plus tard en respectant les périodes de reproduction des espèces sensibles de juin à septembre 2026

11.3. Gestion des Déchets et Matériaux :

L'entreprise utilisera des matériaux non toxiques et respectueux de l'environnement telle que décrits dans la note technique

11.4. Contrôle des Pollutions : Prévenir toute fuite d'hydrocarbures ou de produits chimiques. Mise en place des barrières anti-pollution autour des zones de travaux.

11.5. Suivi Environnemental :

Réalisation d'un suivi post-travaux pour évaluer l'impact sur l'écosystème.

11.6. Identification des matériaux utilisés et mis en œuvre

- Les matériaux employés pour le béton spécialisé (NF EN 206 XS3 + NF EN 1504-3 Classe R4 (structurale)) seront sélectionnés parmi des formulations à faible lixiviation, avec traçabilité complète des matières premières et des additifs écologiques dûment certifiés. Un plan de confinement et d'étanchéité du coffrage sera mis en place, avec surveillance continue de la turbidité et de la qualité de l'eau. Les eaux de lavage et les excédents seront traités et évacués à terre selon les procédures prévues. Sur la base de l'étude d'impact environnementale existante, un plan de suivi environnemental seront réalisés avant, pendant et après les travaux.
- Sur l'emploi des Adjuvants écologiques et certifications l'entreprise retenue devra préciser les références des adjuvants et liants écologiques (certifications existantes, résultats d'études indépendantes), et transmettre au maitre d'ouvrage des fiches de données de sécurité et des fiches environnementales (FDS) à jour.

- Contrôle de la composition : même si l'objectif est de limiter les rejets, l'entreprise devra prévoir une traçabilité des matières premières (fournisseurs certifiés, mémos de composition) et un plan de gestion des approvisionnements pour éviter les matériaux à risque.
- L'entreprise devra nous transmettre toutes les fiches techniques sur les performances d'étanchéité du coffrage et les méthodes de mise en œuvre pour limiter les fuites de lait de ciment et les poussières : exigences d'étanchéité, joints, membranes, et procédures de vérification pré-coulage.
- L'entreprise devra définir une méthode de coulage contrôlée et reproductible : pompage avec tuyau guidé, vitesse de coulée, contrôle de pression et de flux pour minimiser le lessivage et présenter un Plan de gestion des eaux et des rejets : zones de collecte des eaux de lavage et des excédents de matériau,
- Traitement à terre ou sur site selon les possibilités (filtration, décantation, neutralisation éventuelle

12. COMMUNICATION AVEC LES PARTIES PRENANTES

12.1. réunions de concertation avec les pêcheurs et les acteurs touristiques ainsi que les associations environnementales locales (ex : WWF, Conservatoire du Littoral) doivent être programmées par la maitrise d'ouvrage en présence des entreprises retenues et la ville de Bonifacio

12.2. Carnet de chantier environnemental

13. DOCUMENTATION ET TRAÇABILITE

13.1. Carnet de chantier environnemental

Enregistrement quotidien des mesures prises pour limiter l'impact sera réalisé par l'entreprise sous le contrôle de l'A M O
Photographies avant/pendant/après travaux pour archivage.

13.2. Protection de l'environnement direct

Plan d'intervention en périodes critiques : identifier les périodes biologiquement sensibles (reproduction, migrations, présence de nurseries) et adapter les créneaux d'intervention ou les mesures de protection.

Rideaux anti-turbidité et barrières physiques : l'entreprise précisera dans son offre :

Le type et l'emplacement des rideaux flottants, la maintenance et les conditions de déploiement/démontage.

Limitation de la durée immergée : viser des fenêtres opérationnelles courtes et répétables et prévoir des mesures de maintenance et de nettoyage des équipements hors zone sensible.

Mesures complémentaires : réduire les émissions de bruit et les vibrations, minimiser les perturbations visuelles et les risques de collision pour la faune.

13.3. Rapport final

Remise à la Commune de Bonifacio et au Parc Naturel Marin d'un bilan détaillé incluant :

Zones impactées et mesures conservatoires.

Procès-verbal de réception des travaux par planches et massifs Preuves de conformité (autorisations, contrôles)

Cahier de suivi environnemental

PIECES TECHNIQUES ANNEXEES AU PRESENT MARCHE DE TRAVAUX

Extraits rapport technique Audit : Protocole des travaux d'urgence du port de Cavallo

Extraits rapport audit TMI suite 'inspection subaquatique du Port de Cavallo (campagne 30 janv. – 1er fév. 2026)

Le rapport de TMI (Travaux Maritimes Internationaux) dresse un état des lieux précis et alarmant des infrastructures immergées.

La pathologie est systémique sur tous les massifs béton (type cyclopéen) :

- 1 Dissolution chimique de la matrice cimentaire par l'eau de mer → perte de cohésion sur ~5 cm d'épaisseur (matière friable qui s'effrite au toucher).

- 2 Érosion hydrodynamique (flux des propulseurs/hélices) → ouverture des anciens joints de reprise → formation de saignées horizontales (« sciage »), cavités, galeries et sous-cavages.

Les pieux bois (Classe 4, Ø 200 mm) sont en excellent état après 30 ans d'immersion (aucune attaque de tarets ni pourriture).
Tous les désordres concernent uniquement les massifs béton.
Inventaire des cavités (mesuré sur place) :

Les nombreuses zones « sacs de ciment » (réparations anciennes) masquent des vides arrière : le volume réel à combler est estimé entre 90 et 110 m³ (majoration conservatrice de +25 à +45 %, surtout sur Panne 3 et 4, comme souligné dans le rapport).

Le rapport préconise des travaux immédiats : hydro-décapage haute pression, purge des sacs défectueux, injection sous pression de mortier/coulis pour rétablir le monolithisme et l'enrobage des pieux, et reprise en sous-œuvre du Môle Nord.

Priorités : 1. Môle Nord → 2. Panne 3 → 3. Panne 4 → 4. Panne 2 → 5. Panne 1.

Travaux Maritimes Internationaux

société du Port de CAVALLO

Poggio di nazza,
le 12 Fevrier 2026

RAPPORT TECHNIQUE : PROTOCOLE DES TRAVAUX D'URGENCE DU PORT DE CAVALLO

LE MICRO-BÉTON HAUTE PERFORMANCE (UHPC - PMES) :

L'abandon des mortiers classiques au profit de produits techniques ultra-haute performance (UHPC) (type **MasterFlow** ou **SikaGrout**) est validé par la nature systémique des désordres :

- **Fluidité & Pénétration :** Ces produits auto-plaçants sont indispensables pour remplir par pompage les saignées de 15 à 18 mètres de long (Pannes 3 et 4) et les galeries traversantes sans laisser de poches d'air ou de vides.
- **Résistance à l'eau de mer (PMES) :** Formulés pour résister aux sulfates et chlorures, ils traitent la cause racine de la "**dissolution physico-chimique**" observée sur le béton cyclopéen.
- **Indélyavabilité :** Leur formulation limite le délavage en milieu immergé, garantissant l'intégrité du liant lors de la mise en œuvre.

MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE D'INTERVENTION

Compte tenu de la friabilité du support (matière s'effritant au toucher), la réparation doit constituer une **reprise structurelle par coffrage intégral**.

Phase 1 : Préparation des supports (Cruciale)

- **Purge Mécanique :** Élimination des parties non adhérentes. Les tests indiquent qu'il faut gratter environ 5 cm pour retrouver une zone dure.
- **Hydro-décapage :** Nettoyage haute pression (HP) pour éliminer le biofilm et les sédiments, assurant l'adhérence du micro-béton sur l'ancien massif.

Phase 2 : Coffrage "Banche" (Le Sarcophage)

- Mise en place de banches métalliques ou de coffrages perdus rigides plaqués contre la façade.
- **Étanchéité :** Le dispositif doit être étanche en périphérie pour supporter la pression hydrostatique du micro-béton injecté.

Phase 3 : Injection

- Mise en œuvre par pompage à partir du point bas (pour chasser l'eau par le haut) jusqu'à refus.

SOLUTIONS SPÉCIFIQUES PAR TYPE D'OUVRAGE

A. PANNES 1 et 3 (Massifs Discontinus)

Objectif : Rétablir le monolithisme des blocs fracturés et stratifiés.

- **Traitement des Failles Longitudinales :** Pour les saignées traversantes (ex : Panne 3, faille de 18 m), le coffrage sera continu. L'injection va recréer une "**clavette**" **horizontale** solidarisant les strates du massif et stoppant le cisaillement.
- **Traitement des Zones "Sacs" :** Pour ne pas risquer d'effondrement, la solution consiste à coffrer devant les sacs existants et à injecter le micro-béton fluide. Il s'infiltrera dans les interstices pour encapsuler l'ancienne réparation dans un bloc solide.

B. PANNES 2 et 4 (Longrines & Pieux Exposés)

Objectif : Rétablir l'enrobage et le frottement latéral des pieux.

.

- **Reconstitution du Frettage :** Sur les zones où le pied du pieu est visible, le coffrage permettra de noyer complètement le fût. Le micro-béton va mouler le bois, rétablissant la connexion mécanique indispensable au transfert de charge.
- **Renforcement d'Armatures :** Dans les cavités profondes (P > 100 cm), des aciers de couture seront scellés dans le béton sain avant coulage pour armer la réparation.

Pour les cavités moins profondes Pose d'armatures

C. MÔLE NORD (Ouvrage Gravitaire)

Objectif : Comblement des affouillements et blocage de l'assise.

- Reprise en Sous-œuvre (Cavité P = 200 cm) :

1. Mise en place d'un coffrage frontal pour fermer la cavité basale.
2. Injection pour remplir l'espace entre le substrat rocheux et la sous-face du bloc en suspension.

- **Banquette de Butée (Anti-affouillement) :** Création d'une semelle parafouille au pied de l'ouvrage pour protéger le sol d'assise contre les flux de propulseurs.

la préparation de l'assise sera étudiée et réalisée en tenant compte du risque d'affouillement sur le moyen terme

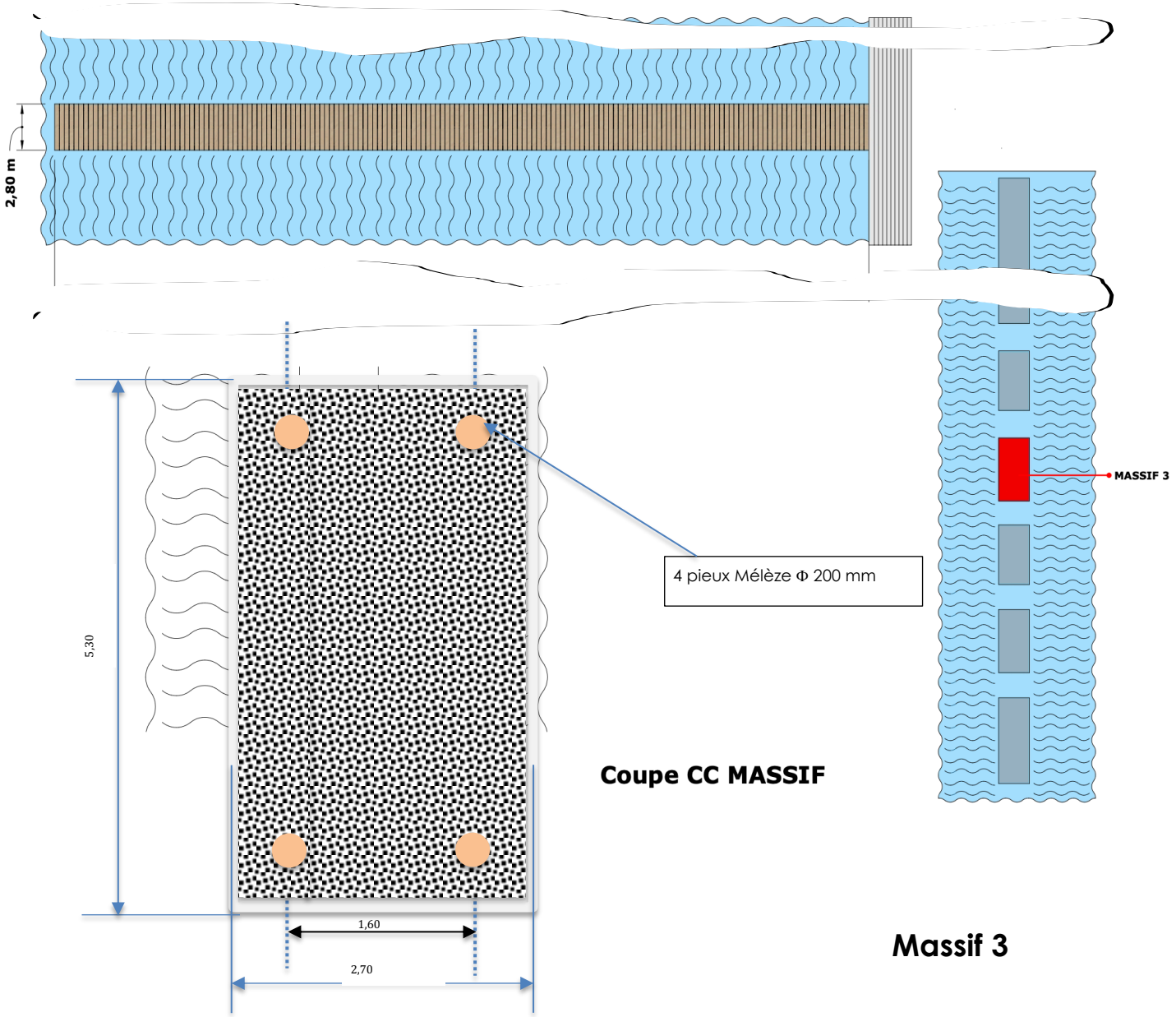
SYNTHÈSE

1. **Pérennité :** Résistance mécanique (> 60 MPa) supérieure au béton cyclopéen d'origine.
2. **Sécurité :** L'injection sous coffrage évite l'intervention manuelle risquée à l'intérieur des cavités instables.
3. **Performance :** Seule technique capable de traiter les galeries de 13 mètres et de garantir le remplissage complet des volumes complexes identifiés lors de l'inspection.

Page 3 sur 3

SCHEMAS TECHNIQUES PRE ETUDE D'UN MASSIF TYPE

Panne 1



Coupe CC MASSIF

Massif 3

Panne 1

Massif Type médian de la panne 1 avec 4 pieux

- **Poids du Massif aérien**
- **Volume** : 5,30 X 4,60 X 2,70 = 65,826 m³
- **Poids** : 65,826 X 2200 = 144,81 Tonnes

- **Poids Sous-oeuvre** 80 T0 Tonnes

- **Contrainte au sol** :

Surface approx : 5,30 X 2,7 = 14,31

Poids du Massif + charges exploitations + charges permanentes

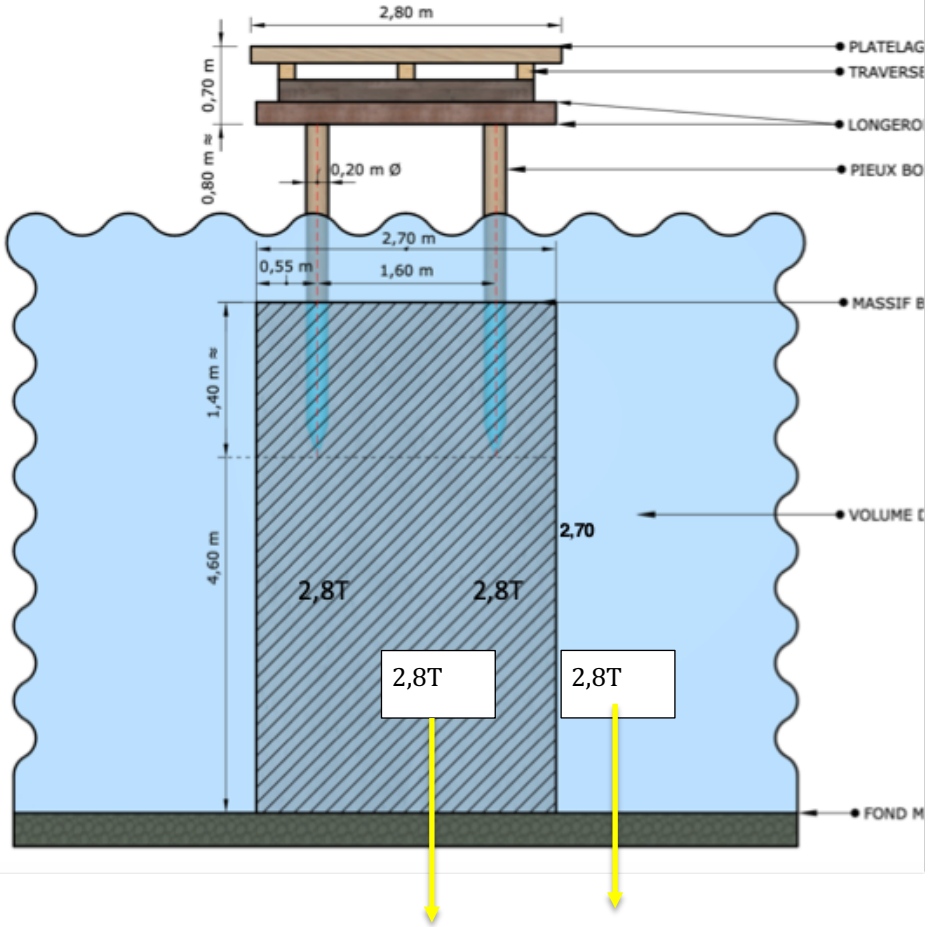
- **P massif** 80 000 DaN
- **Ch Ex. Qu** = 14 X 800 DaN/m² = 11 200 DaN
- **Poids total** : 91 200 DaN arrondis à 100 KNDAN env. 98T

ur 10% → 100 MdaN

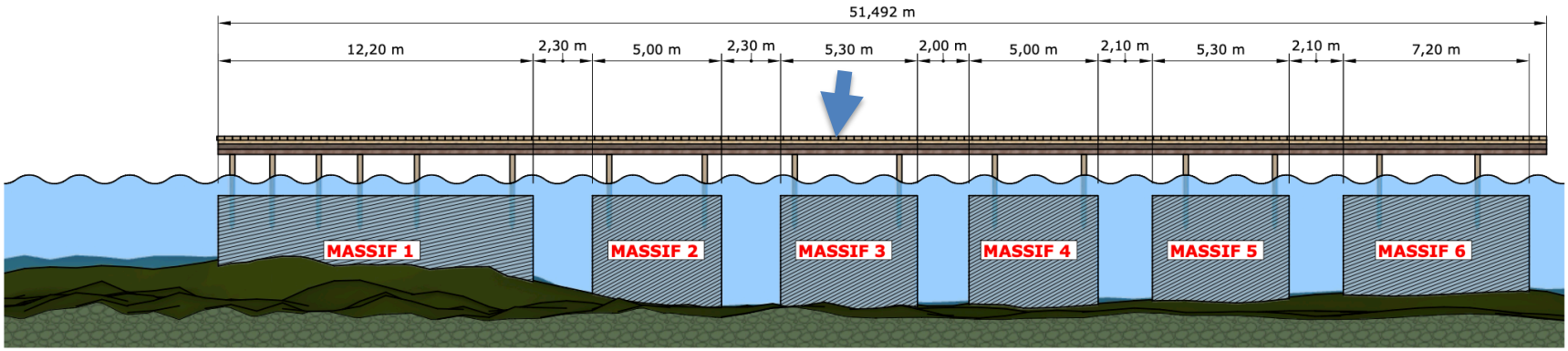
Contrainte au sol Maximum

100 / (530 X 270) = 0,7 Bars

Contrainte retenue 1 Bars Maximum 0,1 MPA

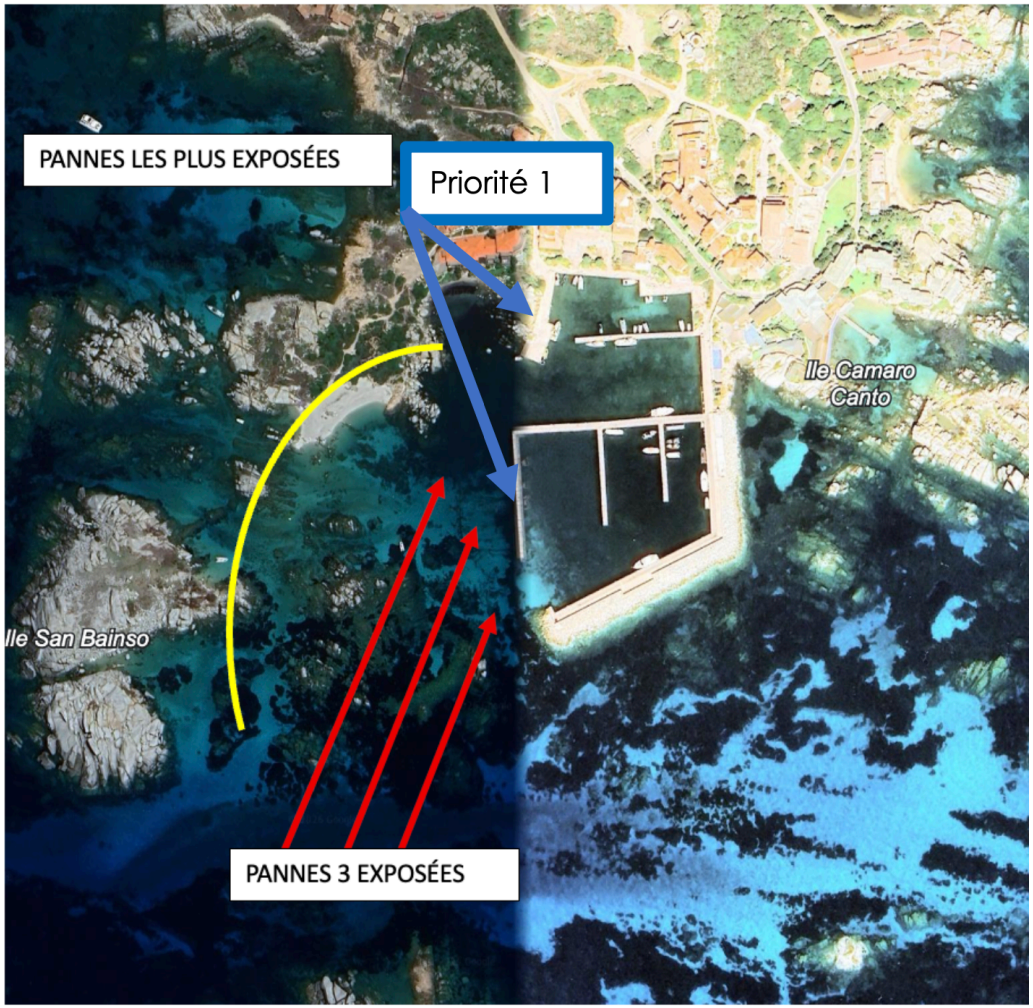


Panne 1

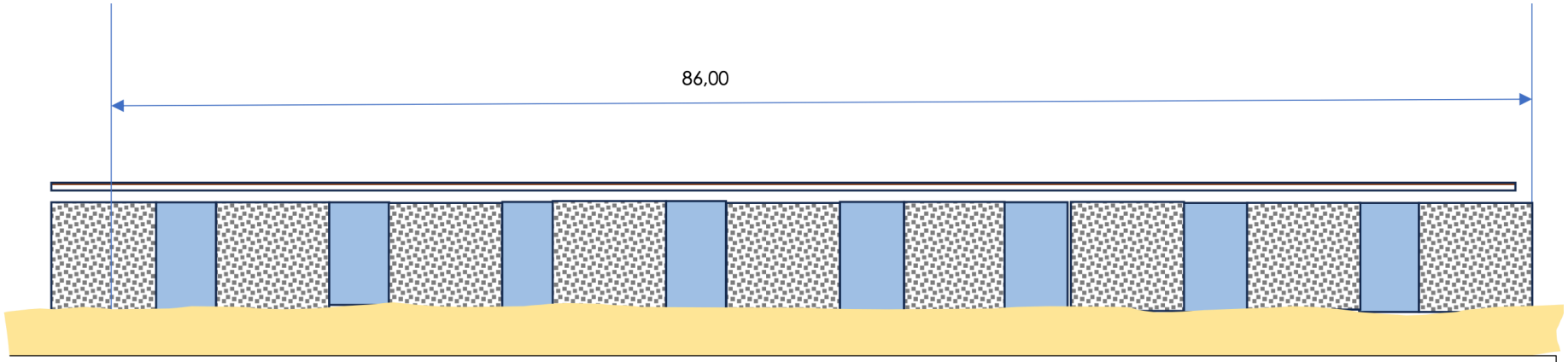


Coupe BB

TRAVAUX PRIORITAIRES PANNE 3 ET MOLE NORD



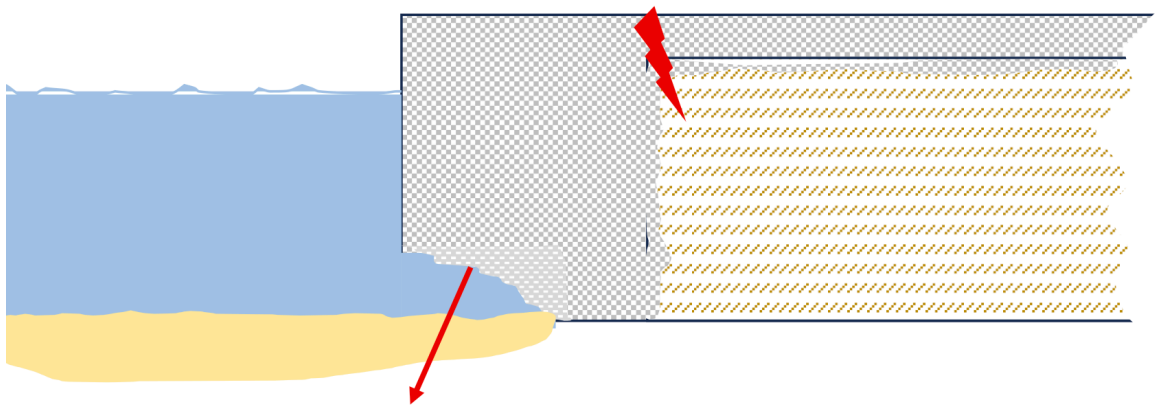
PANNE 3



10 MASSIFS BETON DE 5,30 x4,00x4,00 longueur de la Panne 86 ml
Poids unitaire immersion des massifs = 122 tonnes

Surfaces moyennes exposées à la houle 120M2 dont (Coeff minoration angulaire 40%)

MOLE NORD FISSURATIONS



DESCRIPTION PANNE 3 AUDIT TMI

2. Type et forme d'appui sur le sol marin

- **Type d'appui :** Pieux en appui sur des socles béton (Massifs).
- **Configuration :**
  - 3 pieux par appui sur la panne / 6 pieux par massif.
  - **Entraxe entre piliers :** 1,50 m.
  - **Entraxe avec les autres groupes de piliers :** 4,00 m.
  - **Débord des pieux dans le massif :** 45 cm et 60 cm.
- **Quantitatif :** 66 pieux au total sur la panne.

3. Socles Béton (Massifs)

- **Nombre de massifs :** 10 unités.
- **Dimensions relevées :**
  - **Hauteur (H) :** 400 cm
  - **Longueur (L) :** 530 cm
  - **Largeur (l) :** 400 cm

Cet ouvrage présente le niveau de dégradation le plus avancé du site, illustrant parfaitement le phénomène de **stratification** du béton cyclopéen. L'analyse dimensionnelle des 44 cavités recensées montre que l'érosion ignore désormais les joints de dilatation entre les blocs.

A. Phénomène de "Sciage" Horizontal

L'ampleur des désordres linéaires est ici sans précédent :

- **Linéaire Record :** Des failles horizontales de **18 mètres de long** ont été identifiées. Elles traversent plusieurs massifs consécutifs sans interruptio
- **Diagnostic :** La structure est littéralement "**sciée**" dans le sens de la longueur. Cette discontinuité horizontale fragilise la stabilité d'ensemble d la panne face aux poussées latérales.

B. Structures Caverneuses et Galeries

La dissolution a progressé au point de transformer le massif en un réseau de tunnels :

- **Tunnels sous-marins :** La présence de galeries traversantes de plus de 1**mètres** transforme certains segments de l'ouvrage en structures caverneuses.
- **Perte de portance :** La base du massif n'est plus un bloc plein mais un assemblage de piliers de béton résiduels.

C. Corrélation Fond / Surface

L'impact des désordres immergés est désormais visible sur les superstructures :

- **Preuve de tassement :** Un pilier de superstructure fendu hors d'eau se situe à **l'aplomb exact** d'une zone de tassement majeur identifiée en fondation.
- **Alerte :** Ce lien direct prouve que les cavités ne sont plus de simples dégradations de surface, mais qu'elles provoquent des mouvements structurels actifs de l'ouvrage.

Note technique : L'ampleur des galeries (13 à 18 m) rend la Panne 3 prioritaire en termes de travaux immédiats. Le volume de coulis nécessaire ici sera le plus important du chantier pour stabiliser ces "cavernes" et stopper les tassements e

C27	50	**720**	30	Saignée de 7,20m.
C28	50	**18,00 m**	30	**Faille record continue sur 18 mètres.**
C29	50	**18,00 m**	40	**Seconde faille superposée de 18 mètres.**
C32-37	50-60	**12,30 m**	25-50	**Zone fracturée** (Saignées de 12,30m).
C38	**120**	**10,70 m**	70	**Caverne de 1,20m de fond sur 10m de long.**
C39	50	**970**	30	Saignée de quasi 10m.
C40-44	30-60	150-500	15-25	Série de 5 cavités terminales.

Réf	P (cm)	L (cm)	H (cm)	Observation / Impact Structurel
C01	30	**730**	20	**Faille traversante (7,30m).**
C02	*Inc.*	530	60	Zone de sacs de ciment.
C05	50	400	100	Mur de sacs (Hauteur importante : 1m).
C08	30	370	40	**Lien Surface/Fond :** Sous le pilier fendu hors d'eau (tassement).
C13	40	**650**	20	Saignée continue sur 6,50m.
C14-19	15-60	250-300	15-30	**6 saignées parallèles.**
C20	**90**	**13,30 m**	50	**Galerie traversante de 13,30m.**