

SCI AWOHAMA

Chemin de la Mosquée
06160 ANTIBES

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS PREALABLE A LA REALISATION EVENTUELLE D'UNE EVALUATION ENVIRONNEMENTALE - ANNEXES 2, 3, 4, 6, 7 et 8.

Mars 2023– Indice C



Projet de création et de maintien d'ouvrages de protection contre les coups de mer – Villa Aigue Marine – Commune d'Antibes

Assistant à Maitrise d'Ouvrage	
Bureau d'études ICTP 254 Corniche Fahnestock 06700 ST-LAURENT DU VAR	
N° 22/67 – Cas par cas – Ind. C	

ANNEXE 2 :
Plan de situation

SCI AWOHAMA
Projet de création et de maintien d'ouvrages de protection contre les coups de mer
Villa Aigue Marine - Commune d'Antibes

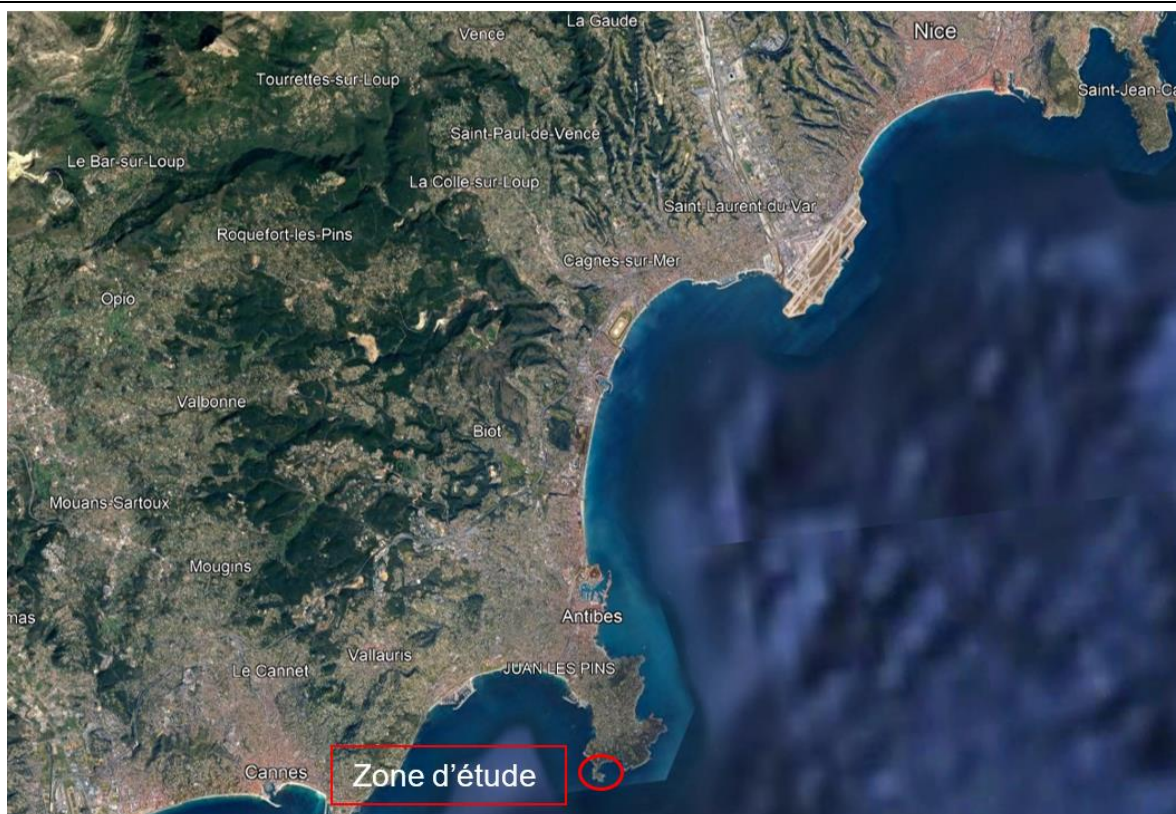


Figure 1 : Localisation IGN de la Zone d'étude (Géoportail)



Figure 2 : Localisation ortho photoplan de la zone d'étude (Source : Géoportail)

ANNEXE 3 :
Photographies de la zone d'intervention



Photo 1 : Vue depuis le Nord vers le Sud (ICTP février 2023)

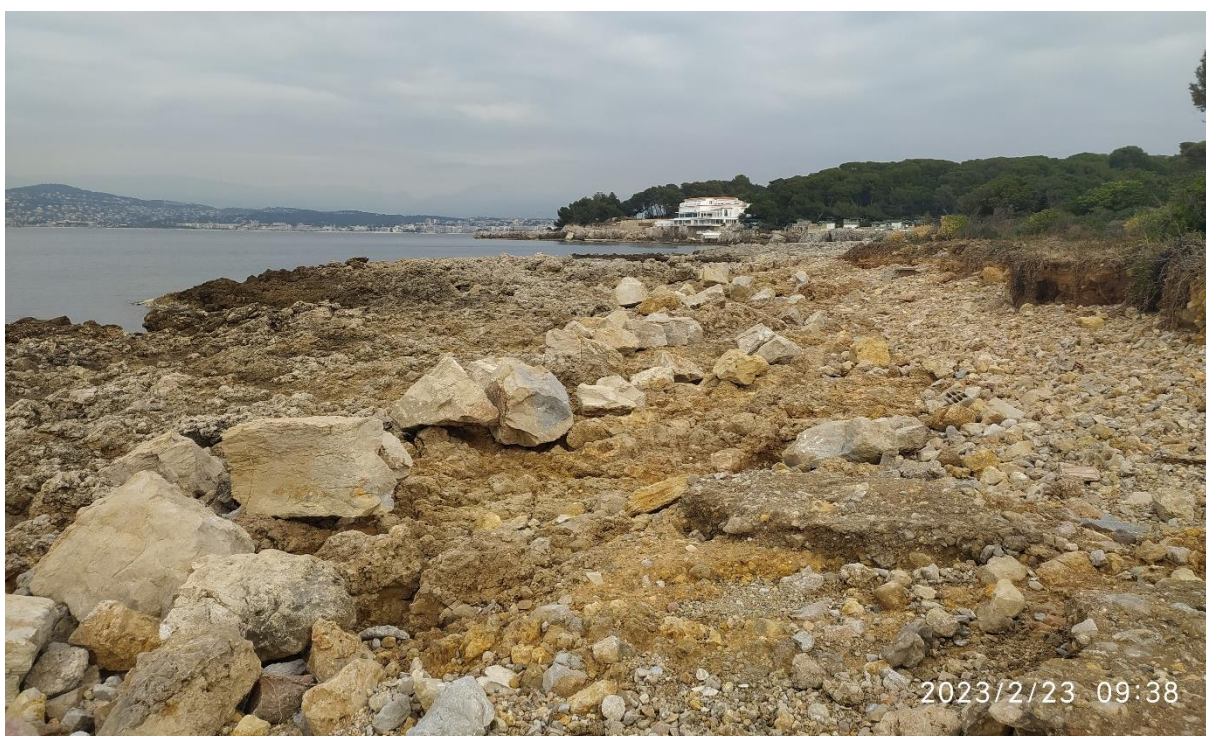


Photo 2 : Vue depuis le Sud vers le Nord (ICTP février 2023)



Photo 3 : Vue depuis le Sud vers le Nord (ICTP février 2023)



Photo 4 : Vue depuis le Sud vers le Nord (ICTP février 2023)



Photo 5 : Vue depuis le Nord vers le Sud (ICTP février 2023)



Localisation des prises de vue – Google Earth

ANNEXE 4 :
Plans projet

Ville d'Antibes

Maître d'Ouvrage :

SCI AWOHAMA
Chemin de la Mosquée
06160 ANTIBES

Maître d'Oeuvre :



Ingénierie Consultants Travaux Publics
254 Corniche Fahnestock
06700 Saint Laurent du Var
Tél.: 04 92 12 97 09
E-mail : ictp@ictp.fr

Mission :

Villa Aigue Marine
demande d'AOT - justification rôle
protection submersion marine
étude de faisabilité au niveau APD

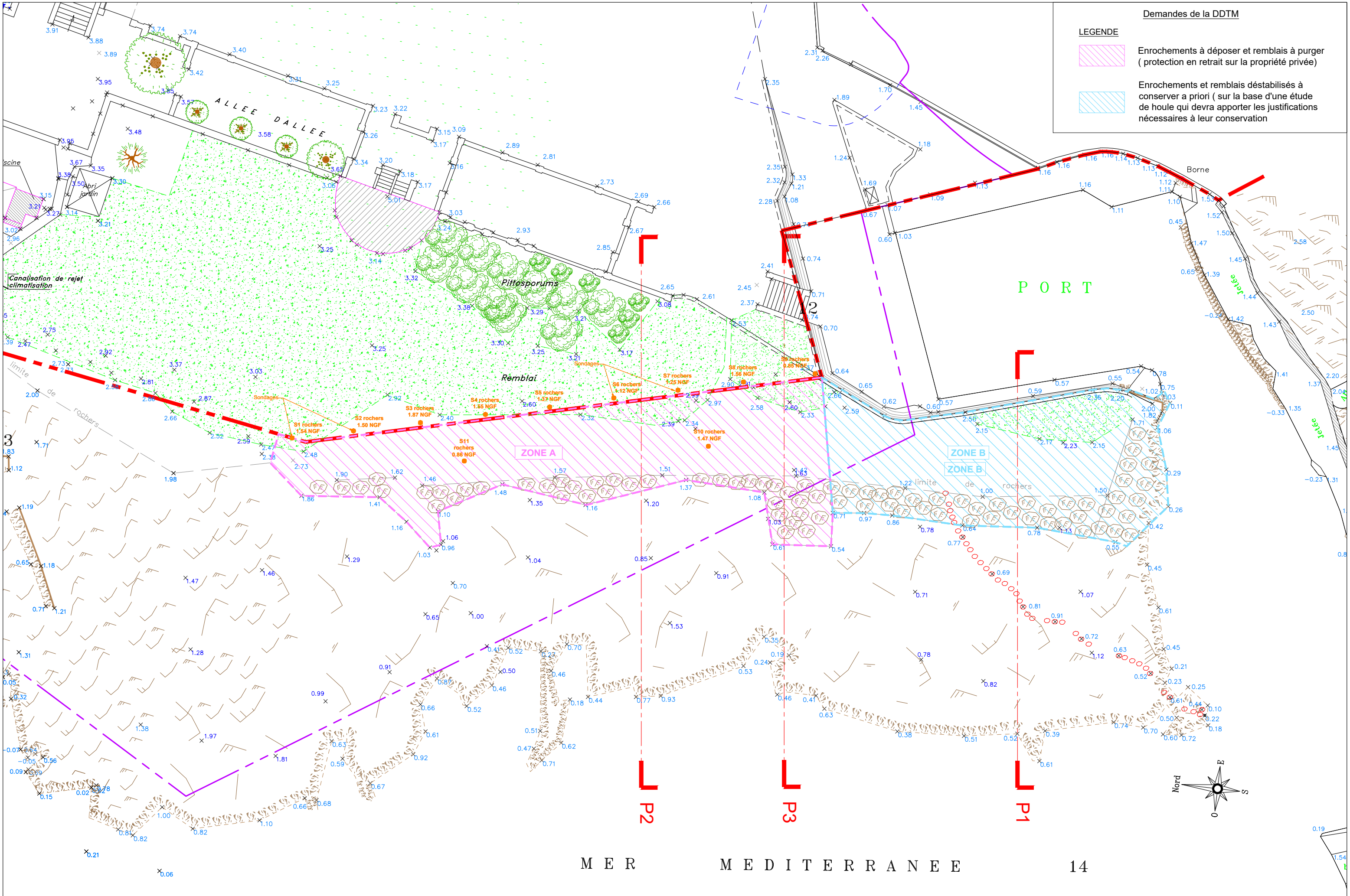
Carnet de plans & coupes
Situation 2022 / Avant et après
tempête 2023 / projet

Phase : APD	
Numéro du PLAN : CP.001	
Echelle : Voir plans	Indice : G

Indice	Modifications apportées
A	Première émission
E	Mise à jour selon MOA
F	Ajout topo avril 2023
G	Muret projet

Date
09 janvier 2023
14 février 2023
28 avril 2023
04 mai 2023

Numéro d'Affaire :	2267	Référence du PLAN :	APDCP001G
--------------------	------	---------------------	-----------

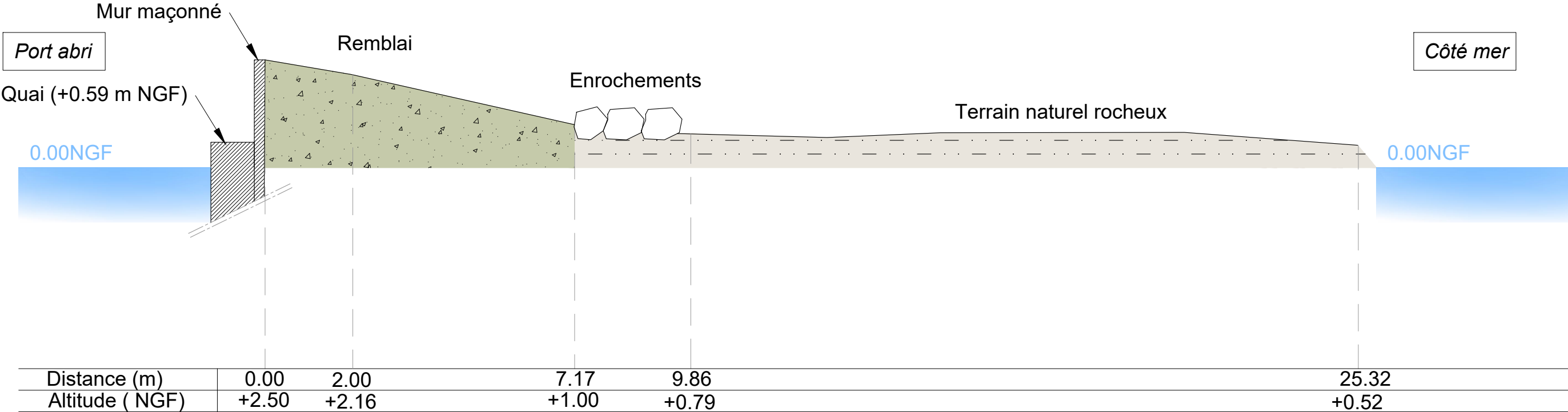


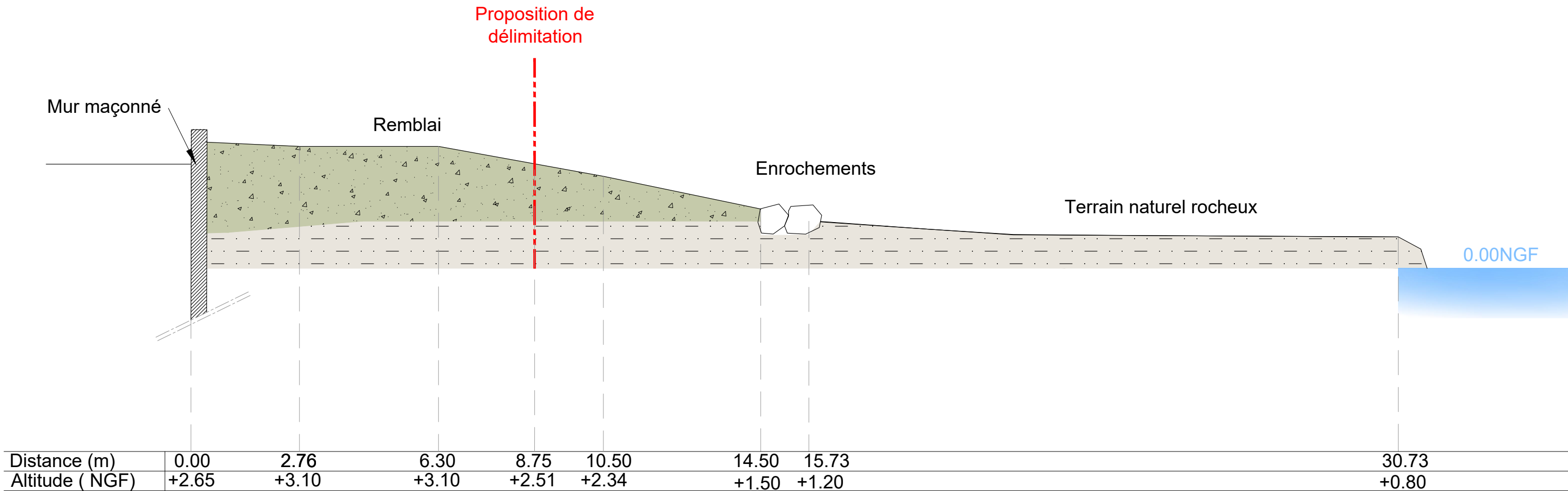
Demandes de la DDTM

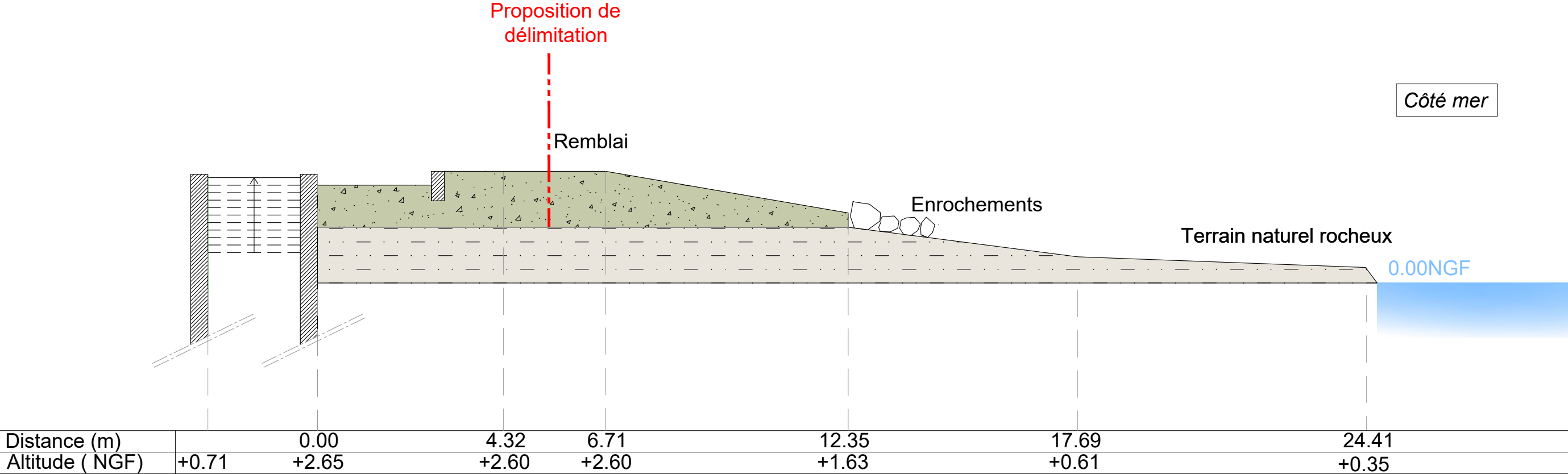
LEGENDE

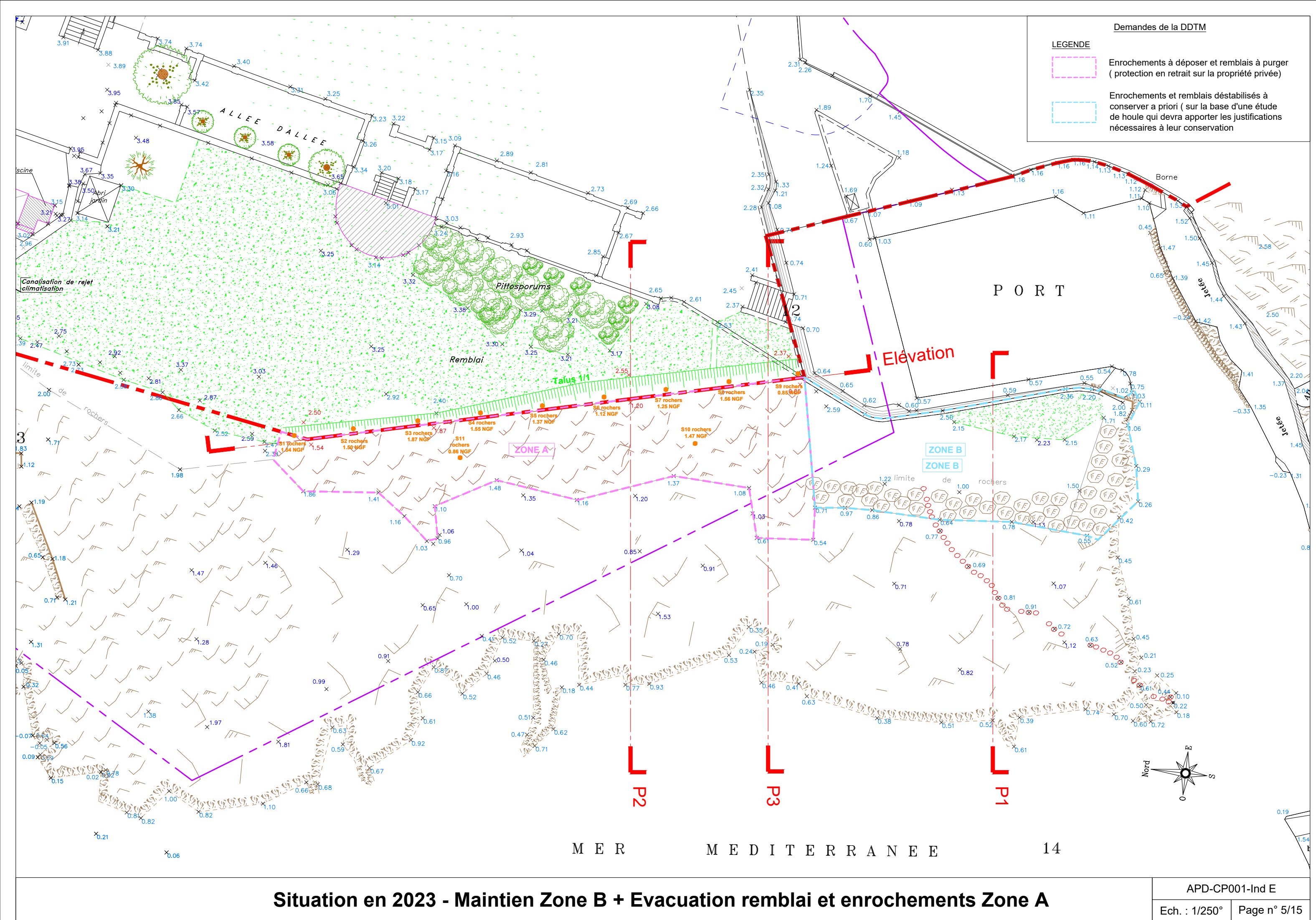
 Enrochements à déposer et remblais à purger (protection en retrait sur la propriété privée)

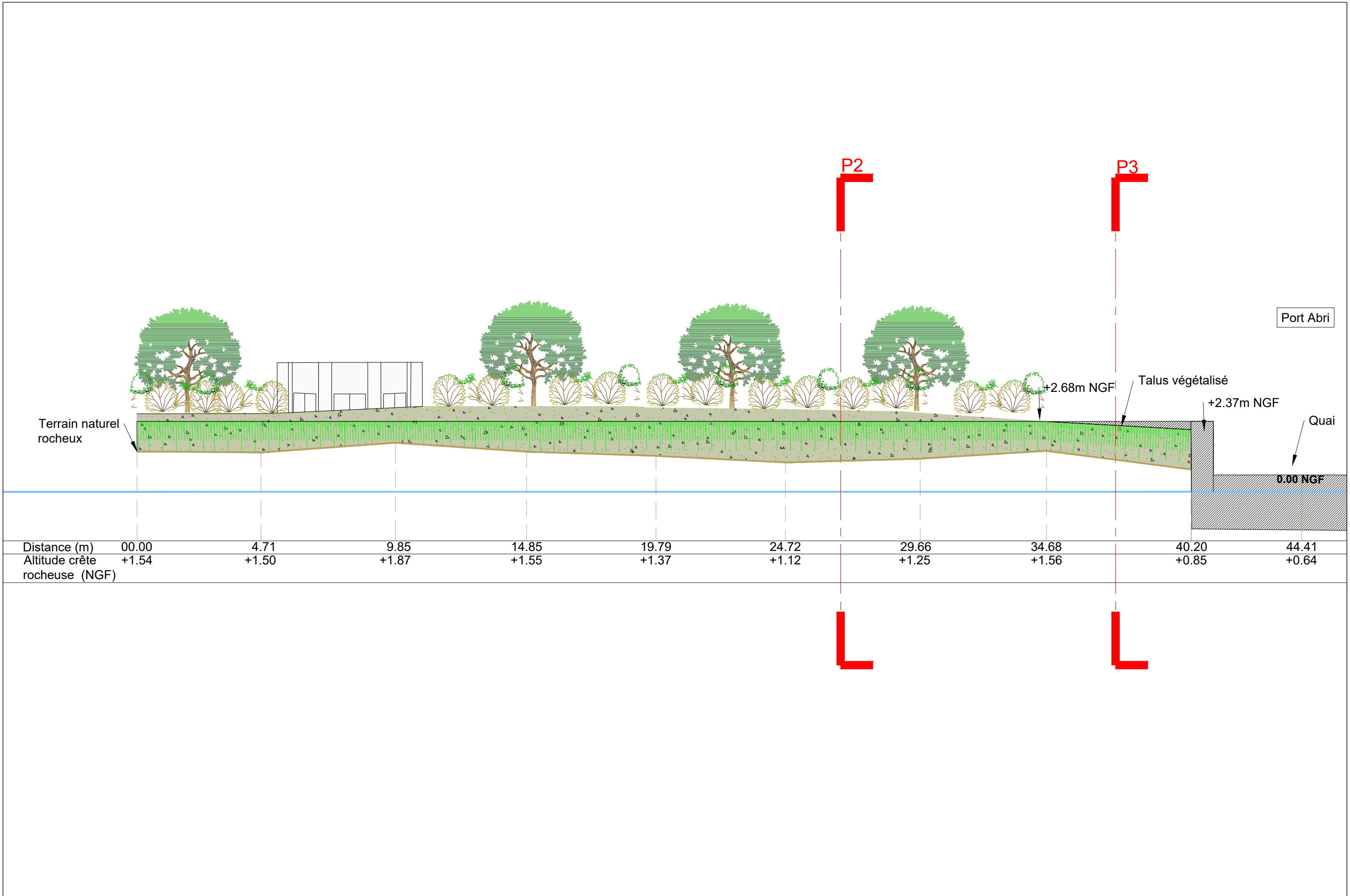
 Enrochements et remblais déstabilisés à conserver a priori (sur la base d'une étude de houle qui devra apporter les justifications nécessaires à leur conservation)

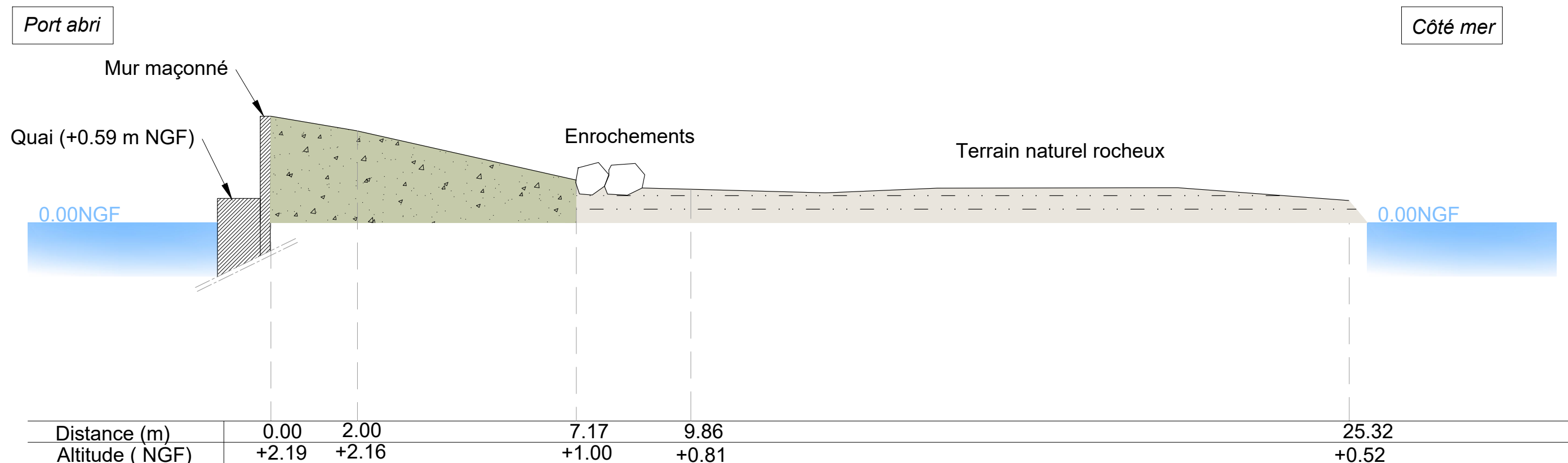


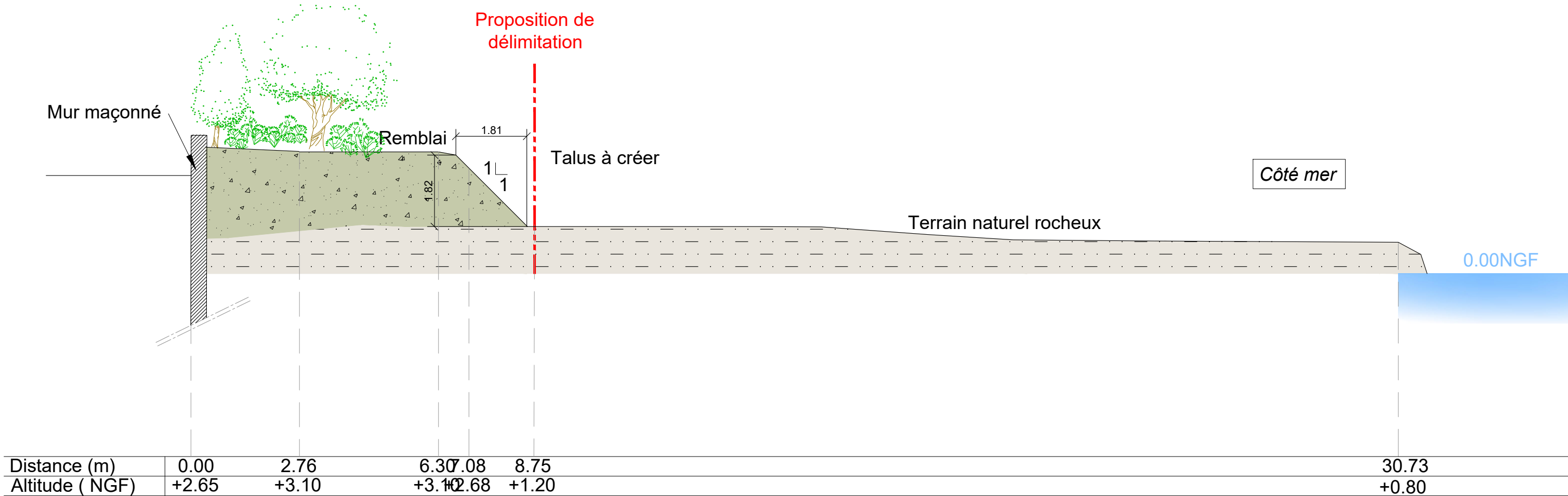


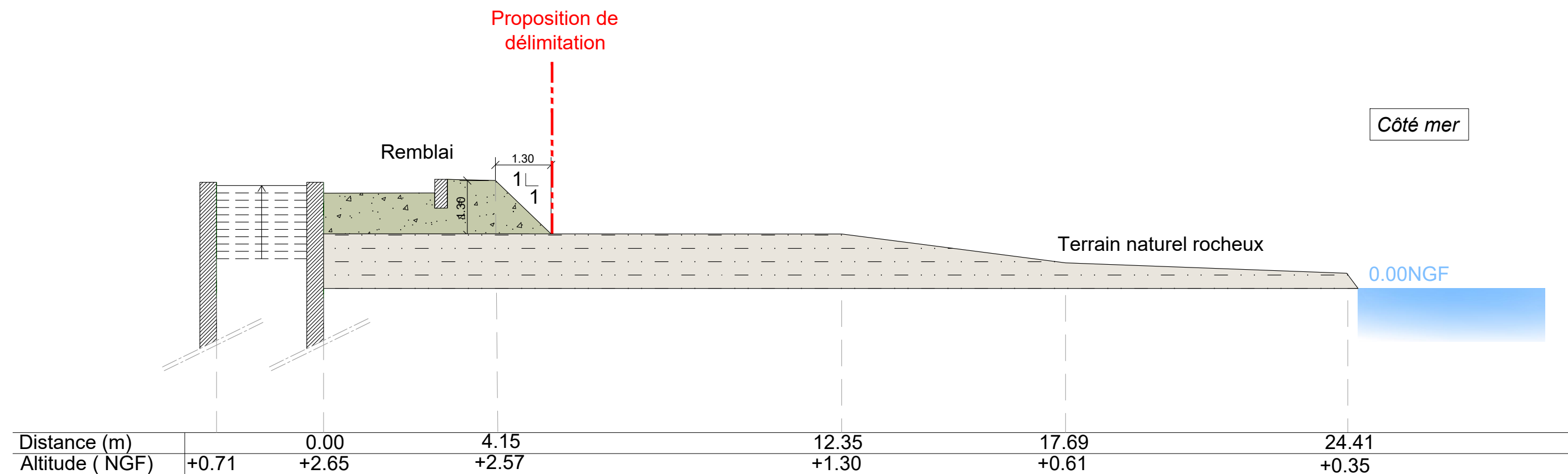


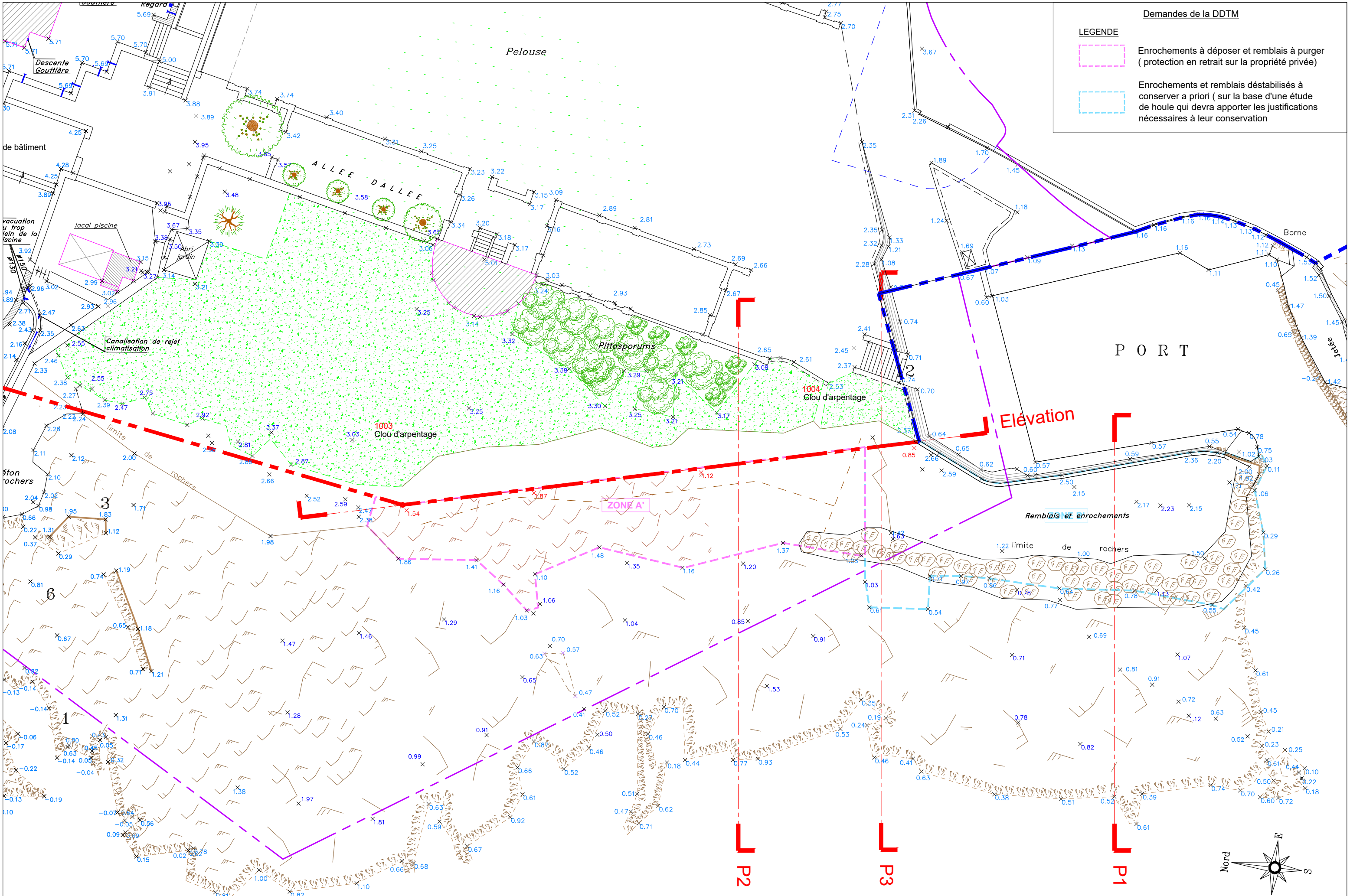










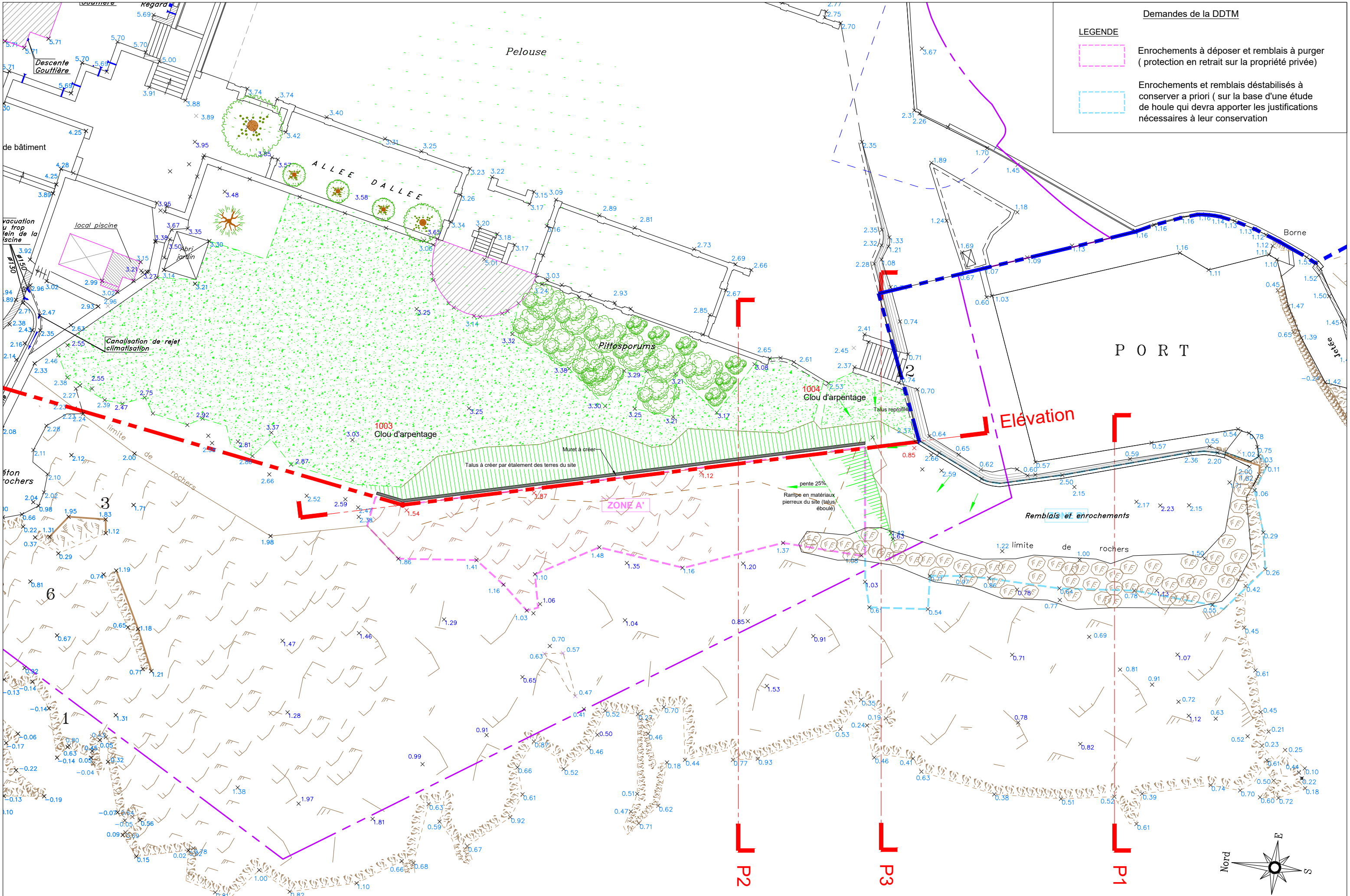


Demandes de la DDTM

LEGENDE

Enrochements à déposer et remblais à purger
(protection en retrait sur la propriété privée)

Enrochements et remblais déstabilisés à
conserver a priori (sur la base d'une étude
de houle qui devra apporter les justifications
nécessaires à leur conservation)



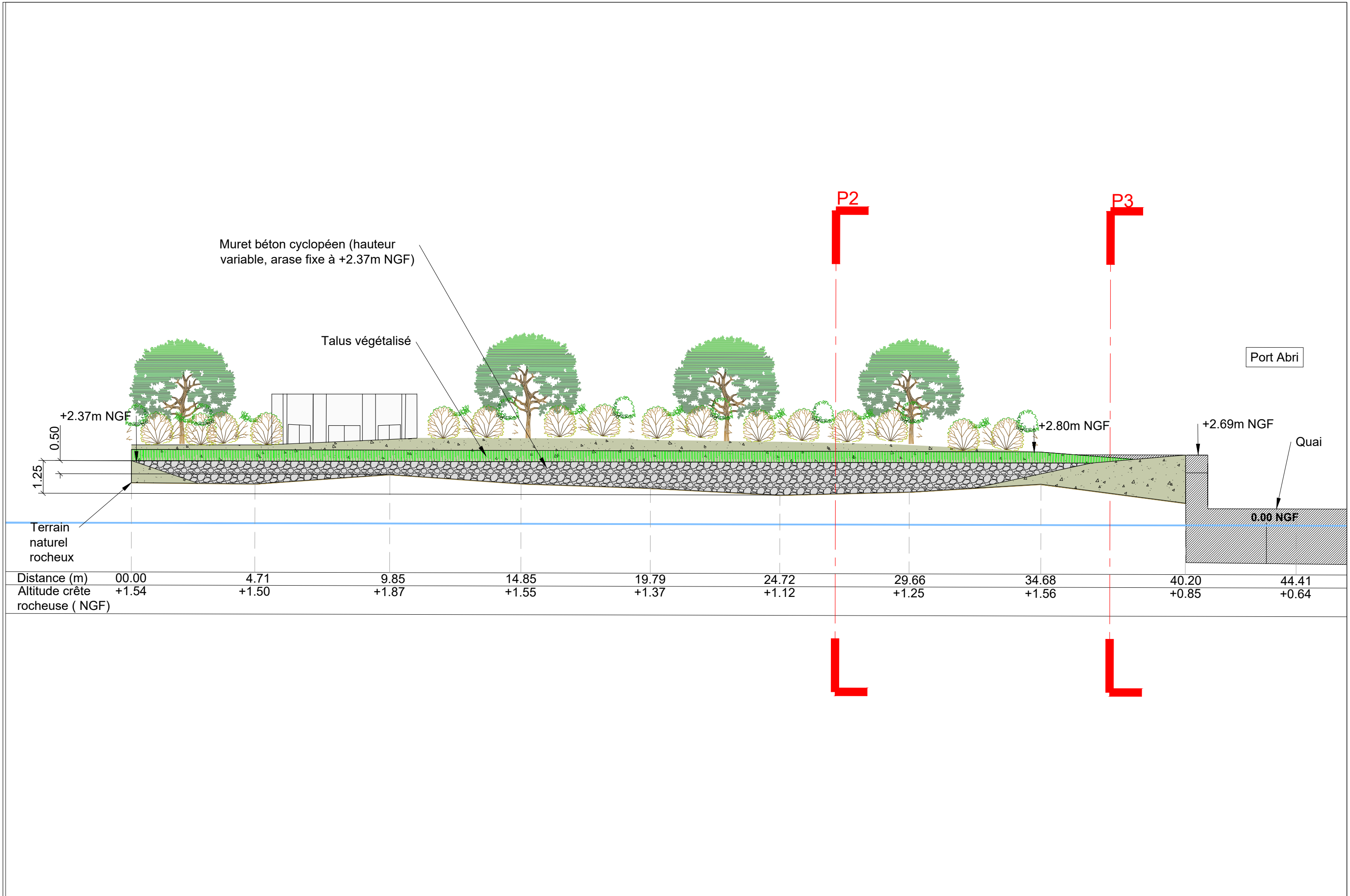
Demandes de la DDTM

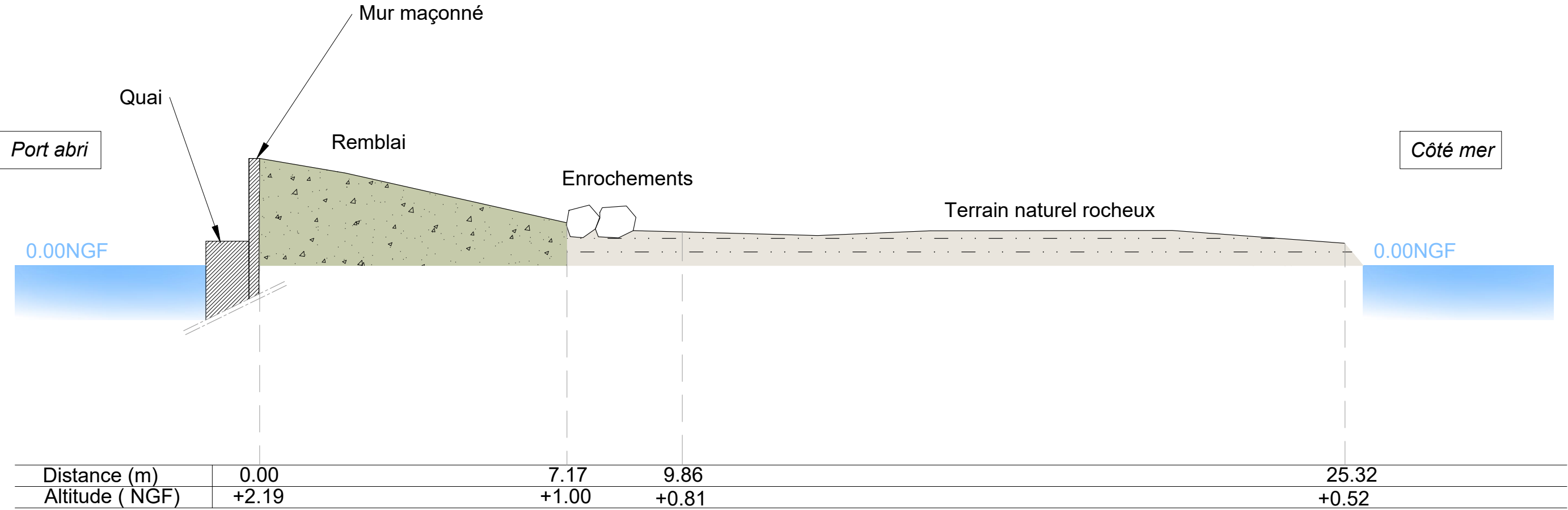
LEGENDE

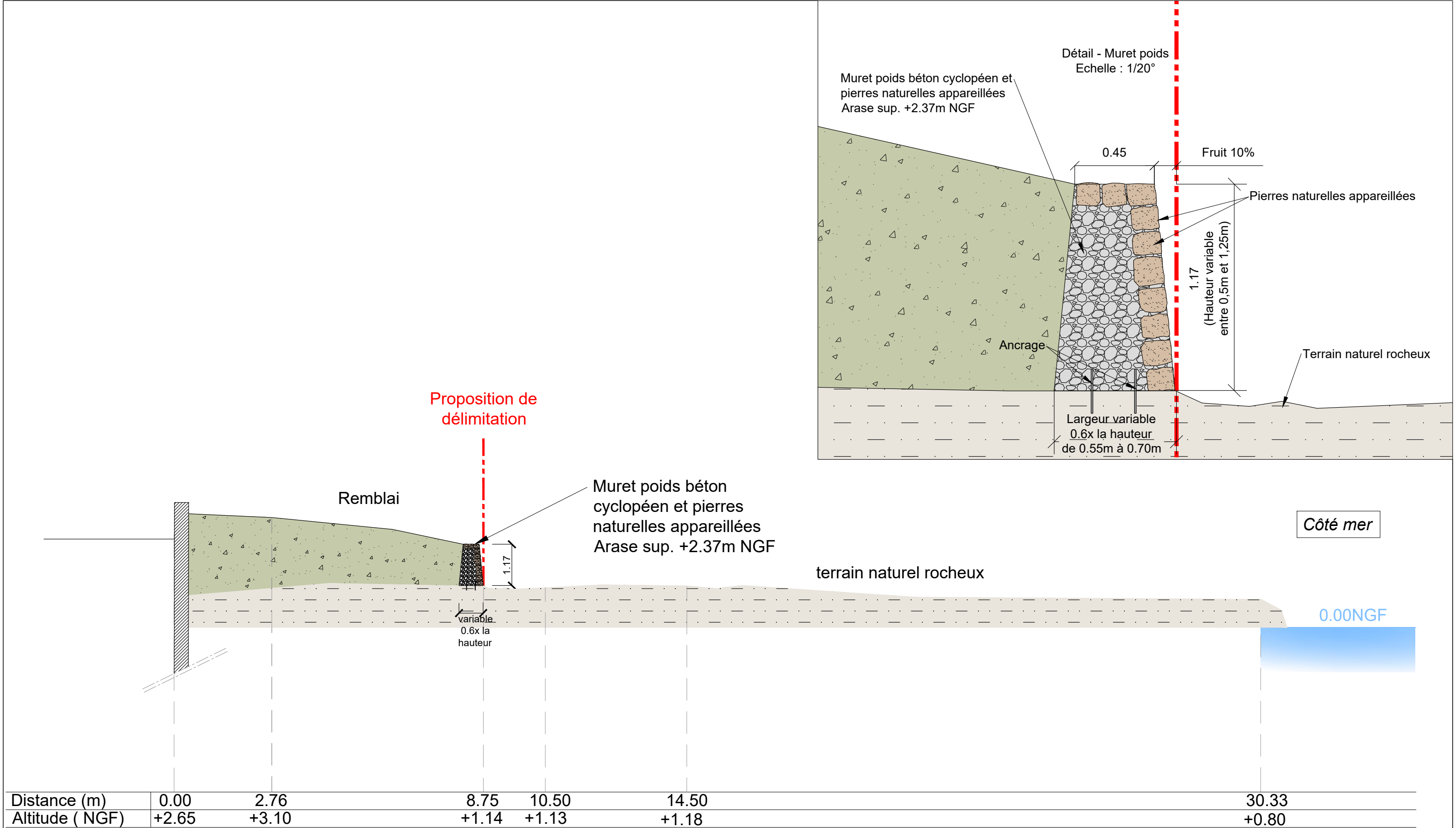
Enrochements à déposer et remblais à purger
(protection en retrait sur la propriété privée)

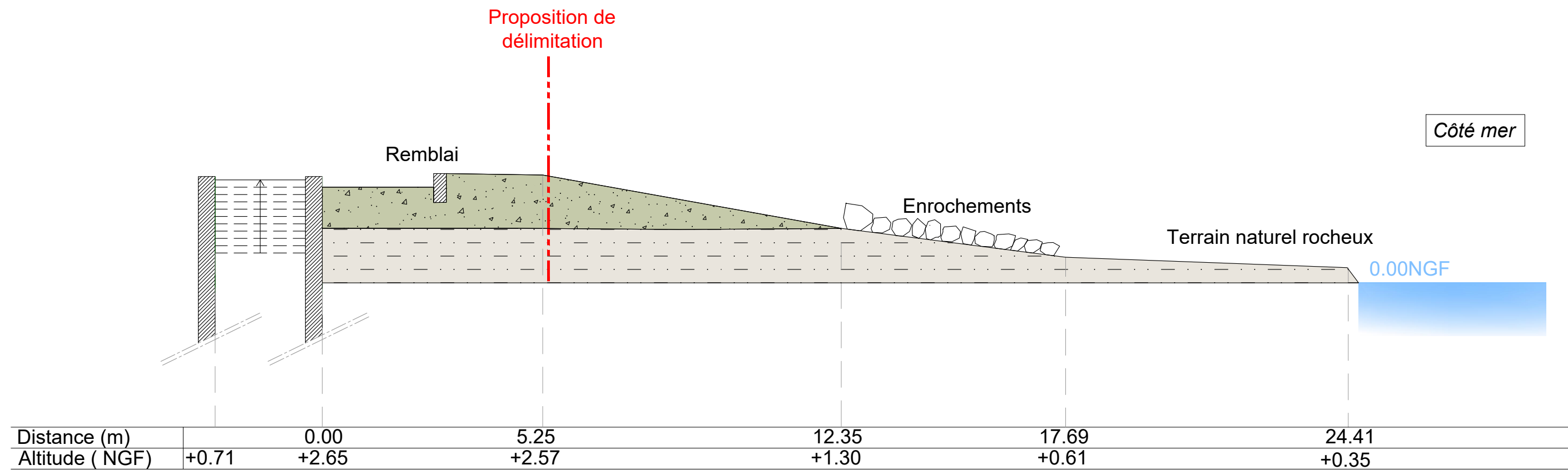
Enrochements et remblais déstabilisés à
conserver a priori (sur la base d'une étude
de houle qui devra apporter les justifications
nécessaires à leur conservation)

Projet - Vue en plan









ANNEXE 6 :
Cartographie des biocénoses
Et localisation du projet par rapport aux sites Natura 2000 et aux autres
protections réglementaires

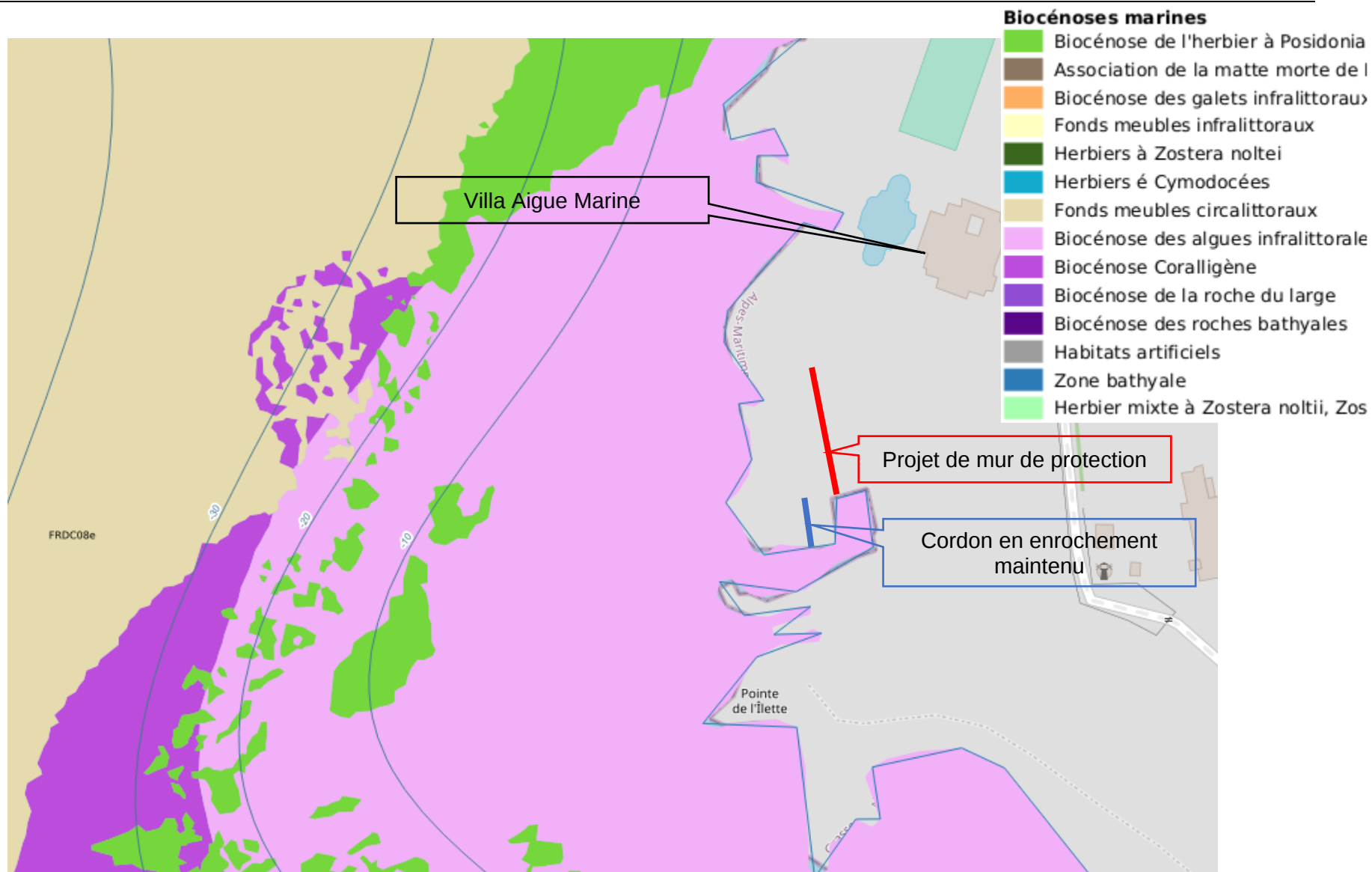


Figure 3 : Biocénoses marines le long du linéaire concerné– Medtrix – Donia Expert



Figure 4 : Localisation du projet vis à vis de la zone Natura 2000 - Géoportail

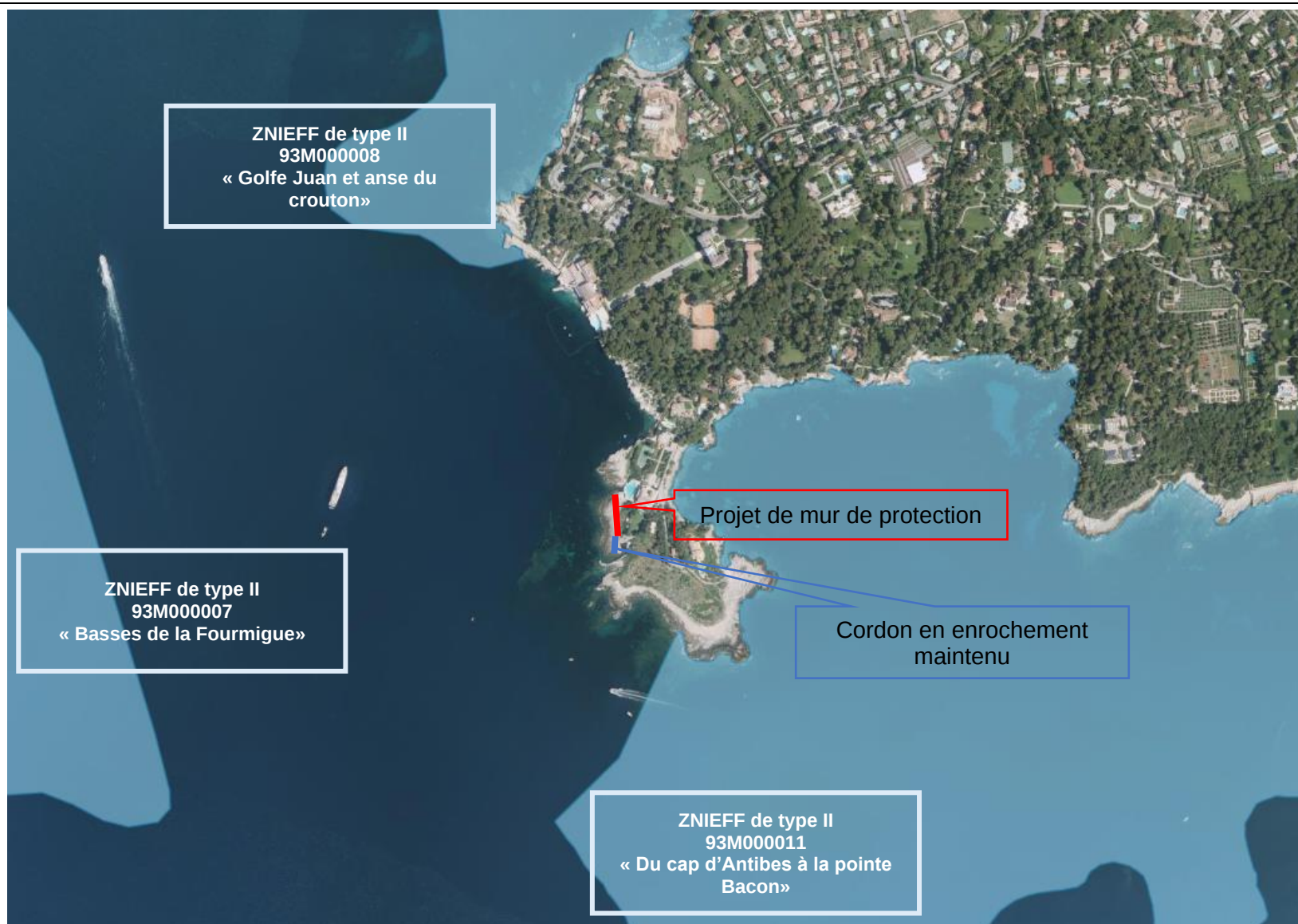


Figure 5 : Localisation du projet vis à vis des ZNIEFF marine - Géoportail

ANNEXE 7 :

Mesures de protection pour éviter ou réduire les effets négatifs notables
du projet sur l'environnement ou la santé humaine

Mesures de protection pour éviter ou réduire les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine

1. Mesures en phase de travaux

Les entreprises de travaux seront soumises au respect de contraintes relatives à l'environnement préconisées dans leur Cahier des Charges pour mener « un chantier respectueux de l'environnement ».

1.1. Mesures pour préserver la qualité du milieu marin

1.1.1. Mesures lors des travaux par voie terrestre

Les mesures du chantier à terre viseront à éviter tout transfert de polluant dans le milieu marin.

- Tous les matériels seront lavés en atelier ou sur un site adapté hors de la zone de chantier.
- Des précautions seront prises pour éviter tout rejet de contaminant et toute chute de matériaux dans le milieu marin lors des travaux.
- Le chantier fera l'objet d'un entretien et d'un nettoyage régulier pour éviter tout entraînement de matériaux par les eaux de ruissellement.

Les déchets de chantier seront gérés et traités par les entreprises attributaires des travaux dans le respect de la réglementation en vigueur. Les entreprises seront responsables du bon état du chantier et s'engageront à :

- Organiser la collecte et le tri des déchets et emballages, en fonction de leur nature et de leur toxicité ;
- Conditionner hermétiquement ces déchets ;
- Prendre les dispositions nécessaires contre l'envol des déchets et emballages ;
- Enfin, pour tous les déchets industriels spéciaux (DIS), l'entreprise établira ou fera établir un bordereau de suivi permettant notamment d'identifier le producteur des déchets, le collecteur, transporteur et le destinataire.

1.1.2. Prévention et moyens de lutte contre les pollutions accidentelles

Les entreprises de travaux prendront toutes les mesures pour éviter le risque de pollution :

- Engins de chantier propres, entretenus et en bon état de fonctionnement, qui devront répondre aux normes en vigueur (les entreprises fourniront les contrôles effectués par les organismes agréés avant le commencement du chantier) ;
- Présence d'équipements et de produits absorbants sur le chantier permettant de pallier un éventuel accident et contenir le risque de pollution ;
- Procédure d'intervention en cas de pollution accidentelle définissant :
 - Les modalités d'intervention en cas d'urgence (procédure, liste et coordonnées de personnes à prévenir en priorité, etc.) ;
 - Les modalités de confinement du site, de récupération et d'évacuation des substances polluantes ainsi que le matériel nécessaire au bon déroulement de l'intervention.

1.2. Mesures de réduction des impacts sur les milieux naturels marins

1.2.1. Mesures concernant les biocénoses marines

1.2.1.1. Mesures d'évitement

La solution d'aménagement arrêtée est la solution qui permet de ne pas avoir d'impact direct et indirect en phase travaux sur l'espèce protégées Posidonia oceanica.

1.2.1.2. Mesures de réduction

Les mesures de suppression et d'atténuation des incidences sur le milieu naturel marin qui seront mises en œuvre durant chantier visent à :

- Mise en sécurité des zones d'intervention par isolement physique,
- Veille météorologique pour éviter la réalisation de travaux en cas de fort vents ou coup de mer,
- Kit anti-pollution sur le chantier dit "propre" + limitation, gestion voire valorisation des déchets, limitation des sources lumineuses, de bruits et de vibration, information des périodes de travaux pouvant entraîner une gêne, etc.

1.2.2. Mesures concernant l'avifaune

Les mesures de suppression et d'atténuation des incidences sur l'avifaune mises en œuvre durant le chantier visent à assurer une bonne conduite de chantier pour minimiser les perturbations physiques et sonores liées aux engins de chantier et une bonne gestion des eaux et des déchets pour réduire au maximum les pollutions physiques et chimiques liées aux travaux.

1.3. Mesures de réduction des impacts sur les activités maritimes et le voisinage

1.3.1. Période des travaux

Les travaux seront réalisés hors de la saison estivales, sur trois semaines à 1 mois à l'automne pour éviter les nuisances sur les activités, nautiques, touristiques et balnéaires.

1.3.2. Sécurité des personnes

L'organisation du chantier sera conforme à la réglementation en vigueur. La zone chantier à terre sera clôturée, l'accès sera réglementé. Une information sera réalisée auprès des usagers de la zone du projet et des riverains. Les différents engins utilisés pour les opérations seront signalés conformément à la réglementation en vigueur.

1.3.3. Respect du voisinage

Le chantier sera soumis à la réglementation en vigueur concernant les nuisances sonores, le respect des normes de rejet et le bon entretien des engins en vue de réduire l'émission des gaz d'échappement des engins.

L'accès routier au chantier sera sécurisé. Les horaires seront adaptés pour éviter tout gêne sur le trafic routier en périphérie. Les entreprises chargées des travaux seront tenues de respecter les horaires de travail (hors week-end et jour férié, durant la journée).

2. MESURES EN PHASE D'EXPLOITATION

2.1. Entretien des installations

Les enrochements et mur de protection feront l'objet de contrôle réguliers et périodiques mais également après chaque tempête pouvant engendrer des désordres partiels sur les milieux ;

- Maritimes
- Terrestres.

ANNEXE 8 :
Rapport technique et financier du projet

Etude technique et financière

Juin 2023 – Indice F



VILLA AIGUE MARINE - ANTIBES (06) DEMANDE D'AOT - JUSTIFICATION PROTECTION SUBMERSION MARINE

	Bureau d'études ICTP 254 Corniche Fahnestock 06700 SAINT-LAURENT DU VAR
	Société MOBIDYC 37 rue de Grenelle PARIS

1	OBJET DE LA CONSULTATION	4
1.1	CONTEXTE ET OBJET DE L'OPERATION	4
1.2	CONSISTANCE ET PHASAGE DES MISSIONS	5
1.3	CLIENT.....	6
1.4	BUREAUX D'ETUDES	6
2	CARACTERISTIQUES DU SITE ET DU LINEAIRE CONCERNE.....	7
2.1	SITE D'ETUDE	7
2.2	ESPECES PROTEGEES ET SITE CLASSE	10
2.3	OUVRAGES SUR LES DPM	11
2.4	DEMANDES DE LA DDTM	16
3	ETUDE DES SOLLICITATIONS MARINES	19
3.1	ZONE B – PROFIL P1	19
3.2	ZONE A – PROFIL P2.....	20
4	AMENAGEMENT DES ZONES A ET B	21
4.1	ABSENCE DE TRAVAUX EN ZONE B.....	21
4.2	TRAVAUX REALISES EN ZONE A	21
4.2.1	<i>Travaux réalisés.....</i>	21
4.2.2	<i>Coup de mer</i>	26
4.3	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	27
4.3.1	<i>Création d'un muret en limite du DPM.....</i>	27
4.3.1	<i>Zone B - profil P3</i>	29
4.3.2	<i>Résultats modélisation P3</i>	29
4.4	REALISATION DES TRAVAUX.....	32
4.5	ESTIMATIONS DES TRAVAUX.....	32

FIGURES

Figure 1 : Localisation du cordon en enrochement de la villa Aigue marine au Cap d'Antibes (Géoportail)	4
Figure 2 : Cordon de protection en enrochement entre le port abri de l'Islette au sud et la piscine au nord (Google Earth)	4
Figure 3 : Localisation du site de la propriété AWOHAMA – Secteur Nord plage de la Garoupe sur la commune d'Antibes	7
Figure 4 : Cap d'Antibes 1926 – IGN remonterletemps	7
Figure 5 : Abri naturelle pour les embarcations 1936 – IGN remonterletemps	8
Figure 6 : Port abri créé en lieu et place de la zone abri – 1941 – IGN remonterletemps	8
Figure 7 : Linéaire d'enrochements le long du littoral créé dans les années 60 (1965 en haut) et conservé aujourd'hui (2019 en bas)	9
Figure 8 : Délimitation du DPM proposé en 2022 – Extrait plan topographique Géomètre Expert Foncier	10
Figure 9 : Biocénoses marines le long du linéaire concerné (Medtrix – Dopnia Expert).....	10
Figure 10 : Largeur de roche naturel hors d'eau entre le milieu marin et la protection en enrochements (ICTP – 11 mai 2022)	11
Figure 11 : Passe d'entrée du port vue depuis le bassin portuaire – ICTP 10/2022	11
Figure 12 : Passe d'entrée du port vue depuis l'entrée du port – ICTP 10/2022	12
Figure 13 : Bassin portuaire – ICTP 10/2022	12
Figure 14 : Mur maçonné vue depuis le bassin portuaire – ICTP 10/2022	13
Figure 15 : Mur maçonné vue depuis le littoral – ICTP 10/2022	13
Figure 16 : Cheminement de pas japonais – ICTP 10/2022	13
Figure 17 : Pas japonais d'accès à l'eau – ICTP 10/2022.....	14

Figure 18 : Cordon en enrochement le long du littoral – ICTP 10/2022	14
Figure 19 : Protection en enrochement à l'angle du port abri – ICTP 10/2022	15
Figure 20 : Protection en enrochement le long du mur abri – ICTP 10/2022	15
Figure 21 : Protection en enrochements le long du littoral – ICTP 10/2022	15
Figure 22 : Division du linéaire des ouvrages de protection en deux zones A et B - ICTP 2023	17
Figure 23 : Profil P1 Zone B – Situation existante – ICTP 2023	18
Figure 24 : Profil P2 Zone A – Situation existante avant retrait remblai et enrochements et avant tempête – ICTP 2023	18
Figure 25 : Evacuation du remblai et des blocs de la zone A – SCI AWOHAMA janvier 2023	21
Figure 26 : Redéfinition des zones d'intervention A' et B' – ICTP 2023	22
Figure 27 : Retrait du remblai en zone A' – SCI AWOHAMA janvier 2023	23
Figure 28 : Talus végétalisé de la zone A' à la suite du retrait du remblai – SCI AWOHAMA janvier 2023	23
Figure 29 : Différences de niveau entre le plateau rocheux et la tête de talus – SCI AWOHAMA janvier 2023	24
Figure 30 : Elévation et coupe type (P2) de la zone A' après retrait du remblai et des enrochements – ICTP 2023	25
Figure 31 : Perte de talus végétalisé lors du coup de mer du 17/18 janvier 2023 – Atelier Sacha GIGANT janvier 2023	26
Figure 32 : Zoom sur la coupe de principe du muret – ICTP 2023	27
Figure 33 : Elévation et coupe type (P2) de la zone A' après retrait du remblai et des enrochements et création du muret en pierre – ICTP 2023	28
Figure 34 : Implantation du profil P3 – ICTP 2023	29
Figure 35 : Coupe type (P3) entre les zones A' et B' - Situation existante en haut, Etat proposé en bas – ICTP 2023	31

1 OBJET DE LA CONSULTATION

1.1 Contexte et objet de l'opération

A la suite du dépôt d'une demande d'AOT du DPM par la SCI AWOHAMA, incluant le port abri de l'Islette, implanté à la Pointe de l'Islette sur le Cap d'Antibes, la DDTM 06 procède à une visite des lieux qui est suivie d'un courrier de synthèse et de demandes complémentaires notamment pour le cordon en enrochements situé en partie sur le DPM (nouvelle délimitation datant de 2022).

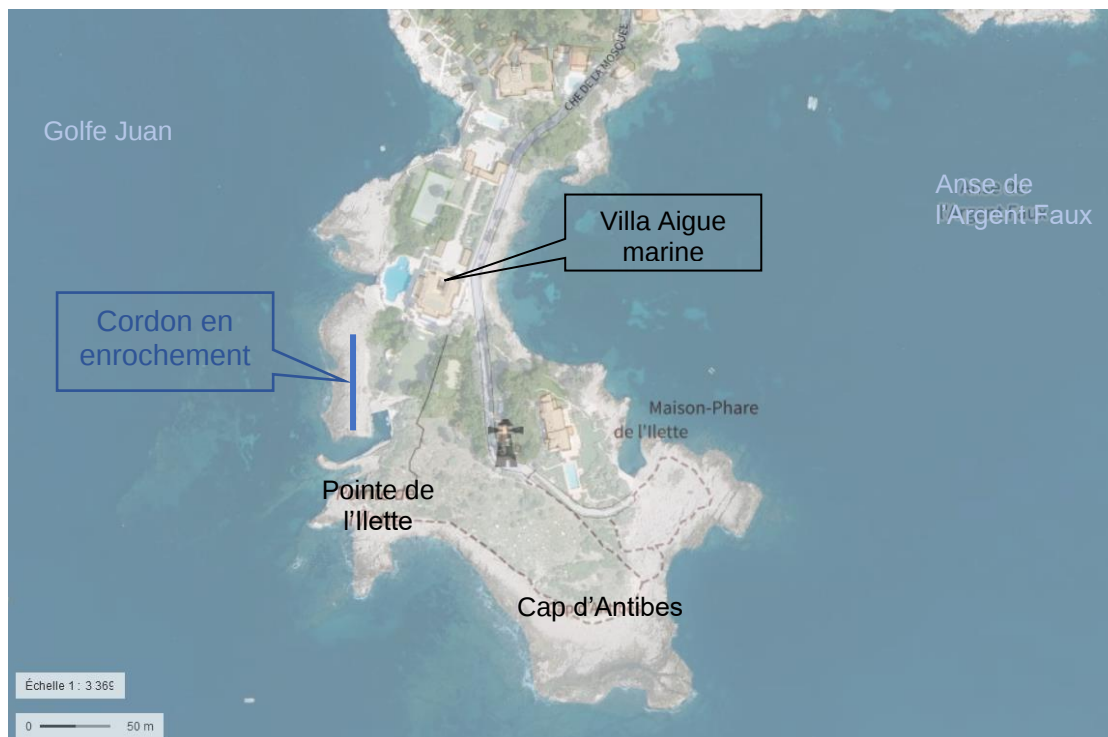


Figure 1 : Localisation du cordon en enrochement de la villa Aigue marine au Cap d'Antibes (Géoportail)



Figure 2 : Cordon de protection en enrochement entre le port abri de l'Islette au sud et la piscine au nord (Google Earth)

La remarque concernant la protection en enrochement est la suivante :

Le maintien du cordon d'enrochements pourrait être étudié dans le cadre de l'AOT en cours d'instruction sous réserve de la production d'une étude qui établirait son rôle de protection contre la submersion, ce qui pourrait conduire à son éventuel repositionnement.

Afin d'être en mesure de répondre à cette demande, au travers d'une étude de niveau d'Avant-Projet Sommaire technique, financière et réglementaire, ICTP constitue une équipe d'experts :

- **ICTP** – Ingénierie génie Civil maritime / Etudes technique, financière et réglementaire.
- **MOBIDYC** – Ingénierie maritime / Etude de houle et propagation à la côte et études des franchissements.

1.2 Consistance et phasage des missions

Compte tenu de la demande de la DDTM et de la localisation du cordon en enrochement sur le DPM, le bureau d'études ICTP propose, dans un premier temps, de réaliser une **étude de faisabilité technique, financière, réglementaire de niveau Avant-projet Détaillé (APD) permettant de présenter un projet suffisamment abouti à la DDTM.**

A noter que la localisation en site classé et à proximité du phare de l'Ilette impose de prendre en compte l'impact paysager du projet. L'ABF sera consulté dans le cadre de l'instruction de la demande d'AOT, voire du dossier au titre de la loi sur l'eau, nécessaire à l'obtention des autorisations pour la réalisation de travaux en contact avec le milieu marin.

TRANCHE FERME

- **Etude technique (niveau APD)**, avec notamment :
 - L'étude des sollicitations marines pour déterminer le rôle de protection de l'ouvrage, ainsi que les efforts nécessaires au dimensionnement pour proposer une protection adaptée.
 - La définition des ouvrages de protection et leurs caractéristiques.
 - La définition des travaux à réaliser (réhabilitation, déplacement, confortement, ...)
 - Le planning et phasage sommaire des travaux.
- **Etude financière** avec l'estimation du montant des travaux.

TRANCHE OPTIONNELLE

Option 1

- **Etude réglementaire** avec un cadrage des procédures à mener et, le cas échéant, un échange avec les administrations concernées (DDTM 06, DREAL PACA) et la réalisation des dossiers réglementaires (cas par cas, DLE, formulaire NATURA 2000)

Option 2 (a et b)

- **Mission de Maitrise d'œuvre complète** pour la réalisation des travaux préalablement arrêtés par la SCI AWOHAMA.

1.3 Client

SCI AWOHAMA
CHE DE LA MOSQUEE
06160 ANTIBES

1.4 Bureaux d'études

Bureau d'études ICTP

254, Corniche Fahnestock
06700 – SAINT LAURENT DU VAR
Tel : 04 92 12 97 09 – Fax : 04 92 27 97 78
Représenté par Monsieur Didier TOSELLO, Gérant

Société MOBIDYC

37 rue de Grenelle
75007 PARIS
Représentée par Madame Catherine VILLARET

2 CARACTERISTIQUES DU SITE ET DU LINEAIRE CONCERNE

2.1 Site d'étude

L'étude concerne les ouvrages de protection de la propriété « AWOHAMA », située chemin de la Mosquée à Antibes, dont l'aménagement débute dans les années 20.



Figure 3 : Localisation du site de la propriété AWOHAMA – Secteur Nord plage de la Garoupe sur la commune d'Antibes

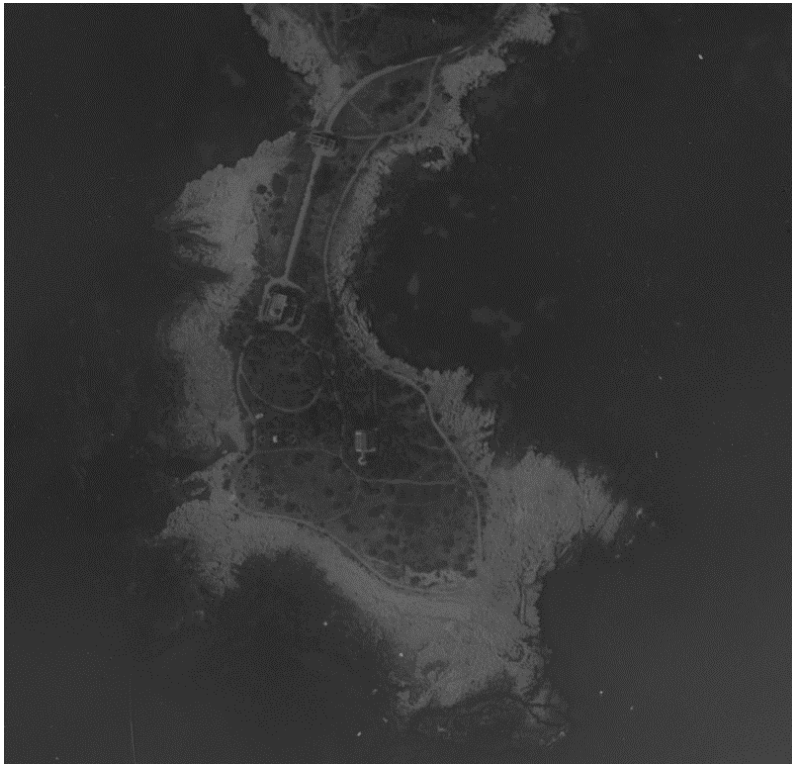


Figure 4 : Cap d'Antibes 1926 – IGN remonterletemps

Le port sera réalisé dans les années 40 dans une zone, qui par sa configuration, accueillait naturellement des bateaux.



Figure 5 : Abri naturelle pour les embarcations 1936 – IGN remonterletemps



Figure 6 : Port abri créé en lieu et place de la zone abri – 1941 – IGN remonterletemps

Dans le milieu des années 60, un linéaire en enrochement est implanté le long du littoral au nord du port abri. C'est ce même linéaire qui est aujourd'hui concerné par les demandes de la DDTM.



Figure 7 : Linéaire d'enrochements le long du littoral créé dans les années 60 (1965 en haut) et conservé aujourd'hui (2019 en bas)

En effet, la délimitation du domaine public maritime, proposée en 2022 par la DDTM 06 localise ce linéaire en enrochement sur le DPM.

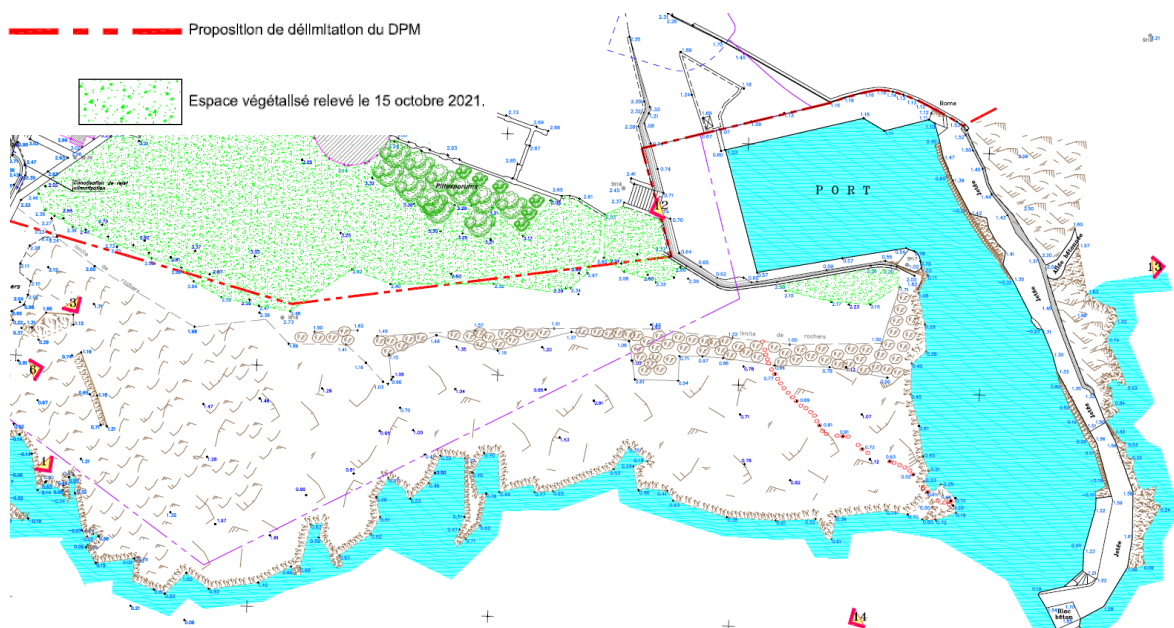


Figure 8 : Délimitation du DPM proposé en 2022 – Extrait plan topographique Géomètre Expert Foncier

2.2 Espèces protégées et site classé

D'après les premières informations obtenues, la limite supérieure de l'herbier de Posidonie est éloignée à plus de 110 m du cordon en enrochement, dont 15 à 20 m de roche hors d'eau.

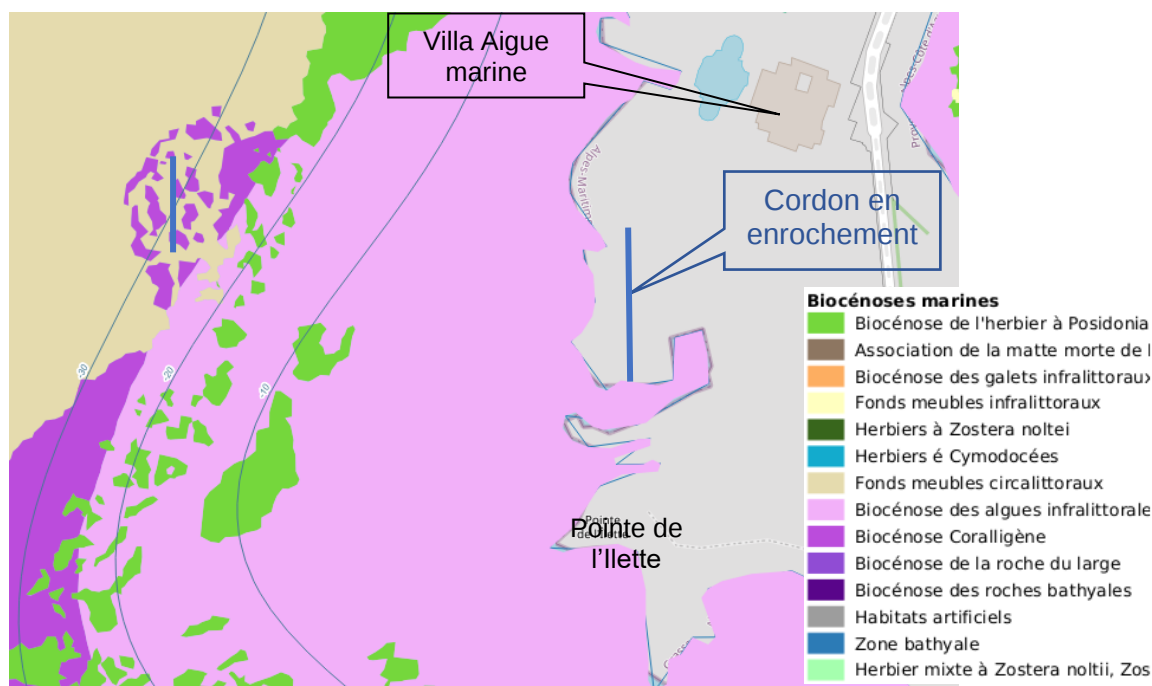


Figure 9 : Biocénoses marines le long du linéaire concerné (Medtrix – Dopnia Expert)

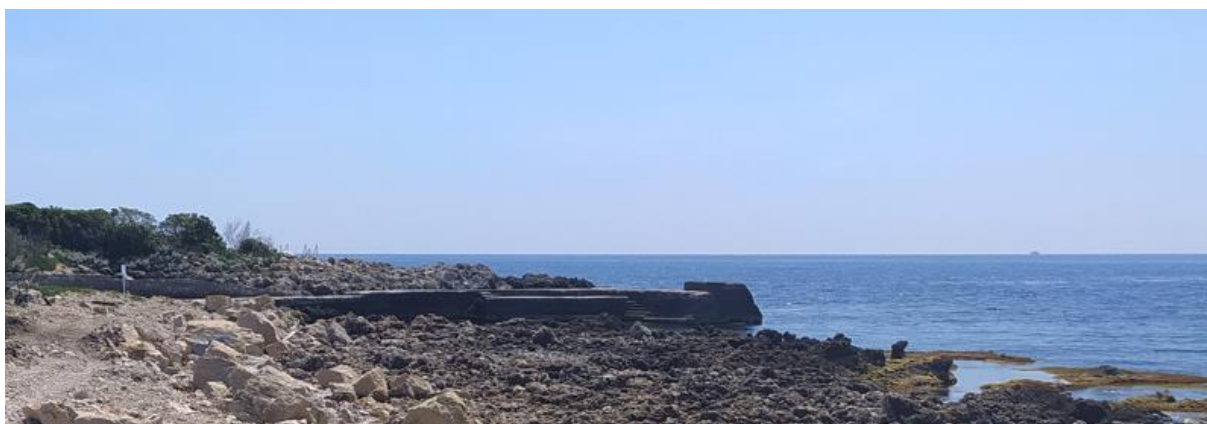


Figure 10 : Largeur de roche naturel hors d'eau entre le milieu marin et la protection en enrochements (ICTP – 11 mai 2022)

La Cap d'Antibes fait partie intégrante du site classé Site naturel du Cap d'Antibes, de plus le linéaire concerné se situe non loin du Phare de l'Îlette site inscrit « Atlas des paysages : Les grandes baies ».

L'intérêt paysager du site étant avéré, pour le projet de reprise de cette zone du littoral et des infrastructures portuaires, le Maître d'ouvrage a fait appel à un paysagiste, en contact avec l'ABF.

2.3 Ouvrages sur les DPM

Actuellement plusieurs ouvrages de protection contre les sollicitations marines sont implantés sur le domaine public maritime.

- Les ouvrages constituant le port abri (passe d'entrée et bassin portuaire).

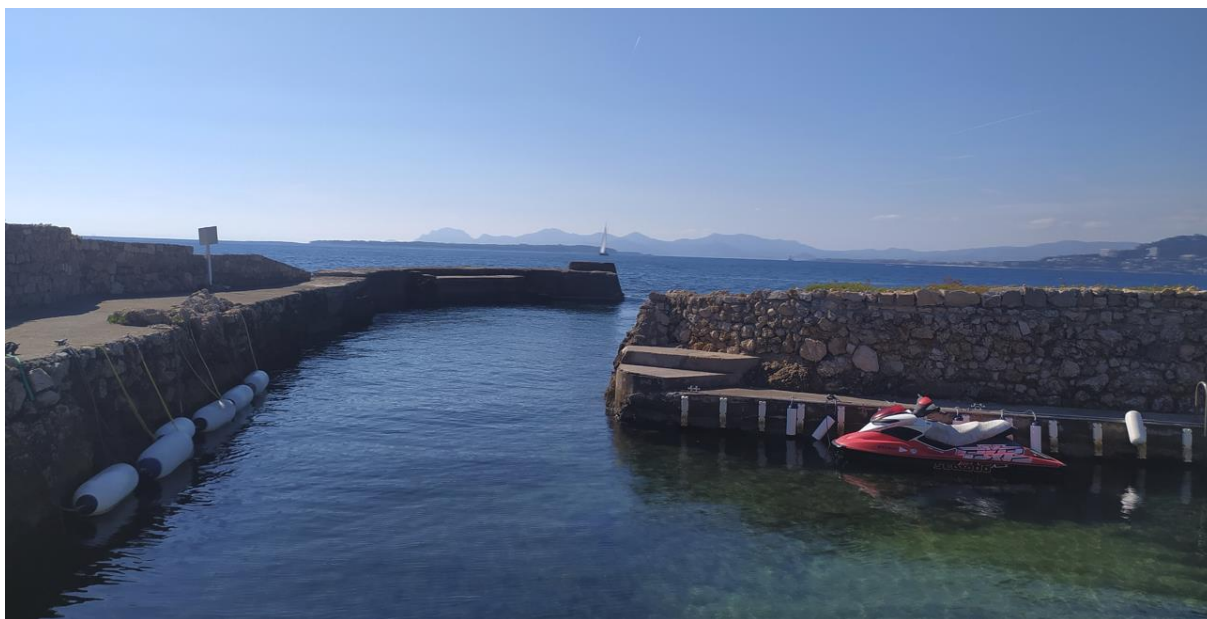


Figure 11 : Passe d'entrée du port vue depuis le bassin portuaire – ICTP 10/2022



Figure 12 : Passe d'entrée du port vue depuis l'entrée du port – ICTP 10/2022



Figure 13 : Bassin portuaire – ICTP 10/2022

- Le muret maçonné de protection du port abri.

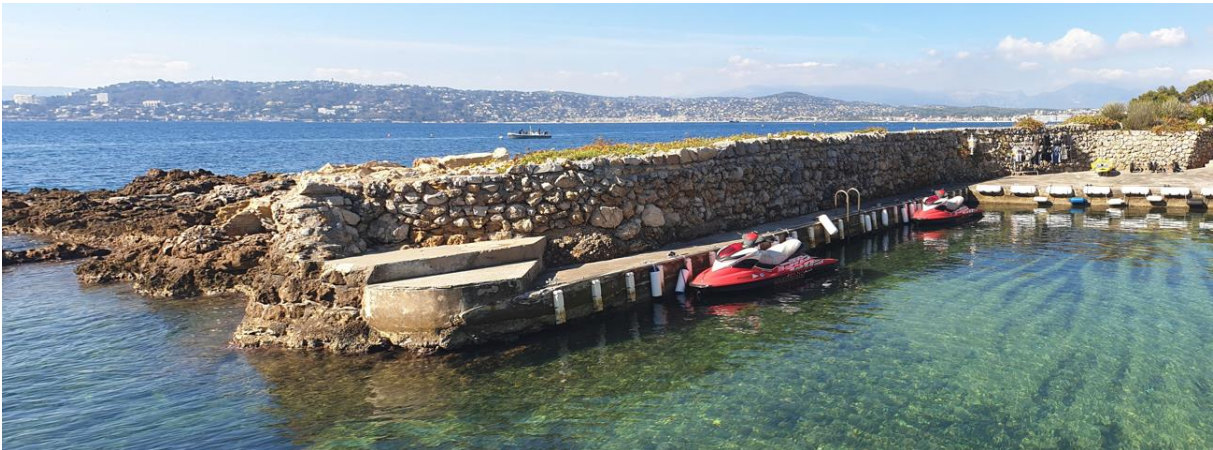


Figure 14 : Mur maçonné vue depuis le bassin portuaire – ICTP 10/2022



Figure 15 : Mur maçonné vue depuis le littoral – ICTP 10/2022

- Des pas japonais permettant l'accès à l'eau



Figure 16 : Cheminement de pas japonais – ICTP 10/2022



Figure 17 : Pas japonais d'accès à l'eau – ICTP 10/2022

- Un cordon d'enrochements (1 seule rangée de blocs) de blocométrie variable (entre 200 et 800 kg environ) reposant sur le terrain naturel (secteur au droit du port abri) et sur un remblai.



Figure 18 : Cordon en enrochement le long du littoral – ICTP 10/2022



Figure 19 : Protection en enrochement à l'angle du port abri – ICTP 10/2022



Figure 20 : Protection en enrochement le long du mur abri – ICTP 10/2022



Figure 21 : Protection en enrochements le long du littoral – ICTP 10/2022

Le bassin portuaire est un port abri accessible à tous pour une occupation temporaire en cas de besoin (mauvaise météo, avaries, conditions défavorables à la navigation, ...); son maintien est donc d'intérêt public.

2.4 Demandes de la DDTM

L'objectif de la DDTM est de limiter au maximum l'aménagement anthropique du littoral, ainsi face à la présence de ces ouvrages sur le DPM des demandes spécifiques sont faites à la SCI AWOHAMA.

Compte tenu de leur état et de l'absence d'une réelle utilité, il est demandé que les pas japonais soient retirés, à l'exception de ceux donnant accès à l'échelle de bains au nord de la piscine, qui devront faire l'objet d'un traitement spécifique pour améliorer leur aspect.

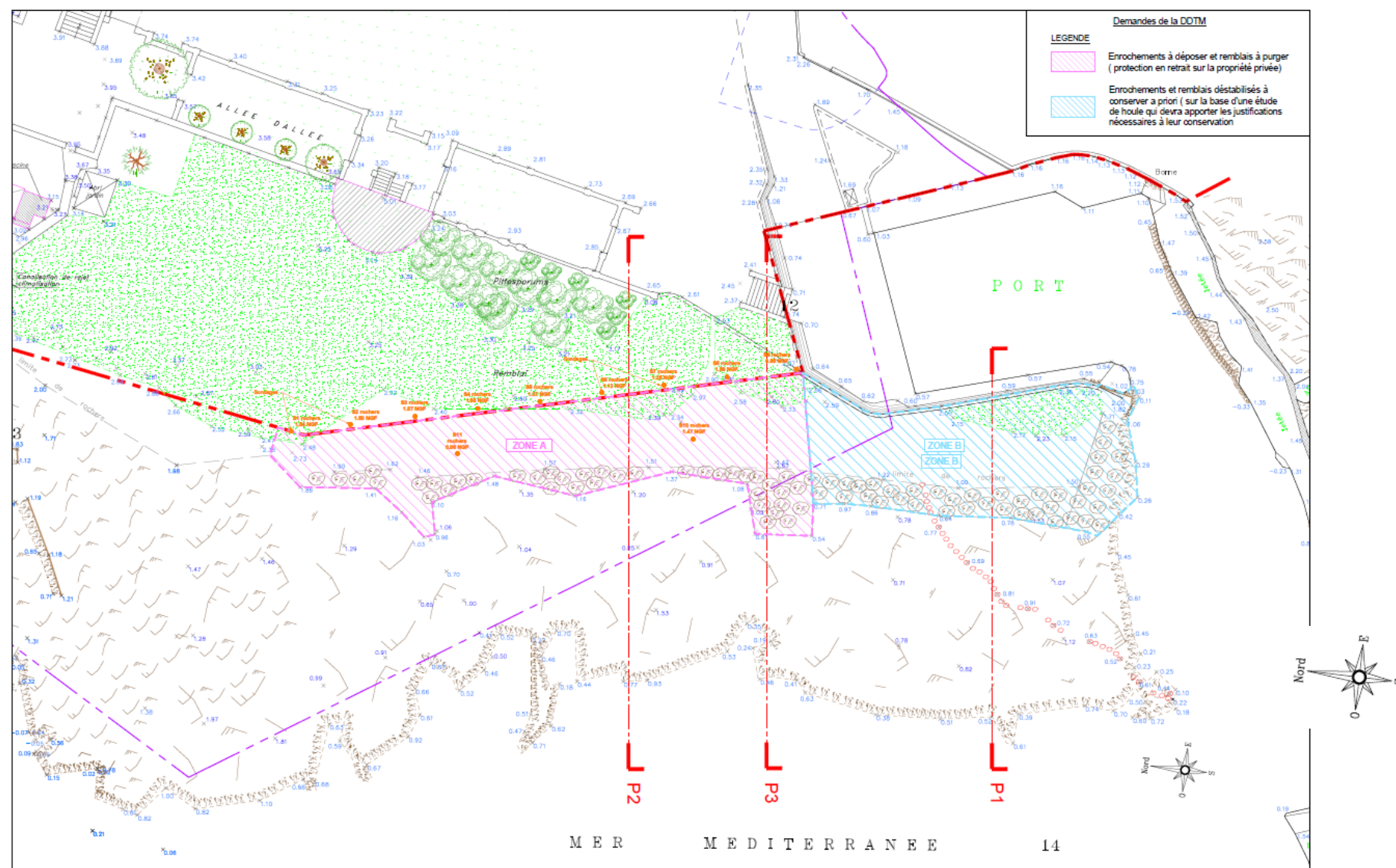
D'intérêt public, les infrastructures portuaires ne sont pas concernées par une demande similaire.

Concernant les ouvrages de protection (enrochements et mur maçonnés), la DDTM divise le linéaire en deux zones, A et B, qui doivent être traitées différemment selon l'intérêt de la présence des installations :

- Zone A au nord
 - o Situation : Cordon en enrochement déstructuré + remblai devant un talus végétalisé.
 - o Demande : le cordon en enrochement et le remblai implantés sur le DPM sont à évacuer et le cas échéant une protection pourra être créée dans le périmètre de la parcelle privée.
- Zone B au sud
 - o Situation : Cordon en enrochement organisé + remblai devant le mur maçonné de protection du port abri.
 - o Demande : Justification du maintien du cordon en enrochement et du remblai par une étude de houle. Dans le cas contraire ils seront à évacuer.

Le plan à la page suivante (et joint au **Carnet de plans**) localise et délimite les zones A et B.

SCI AWOHAMA
Villa aigue marine - Antibes (06)
Demande d'AOT - Justification rôle protection submersion marine



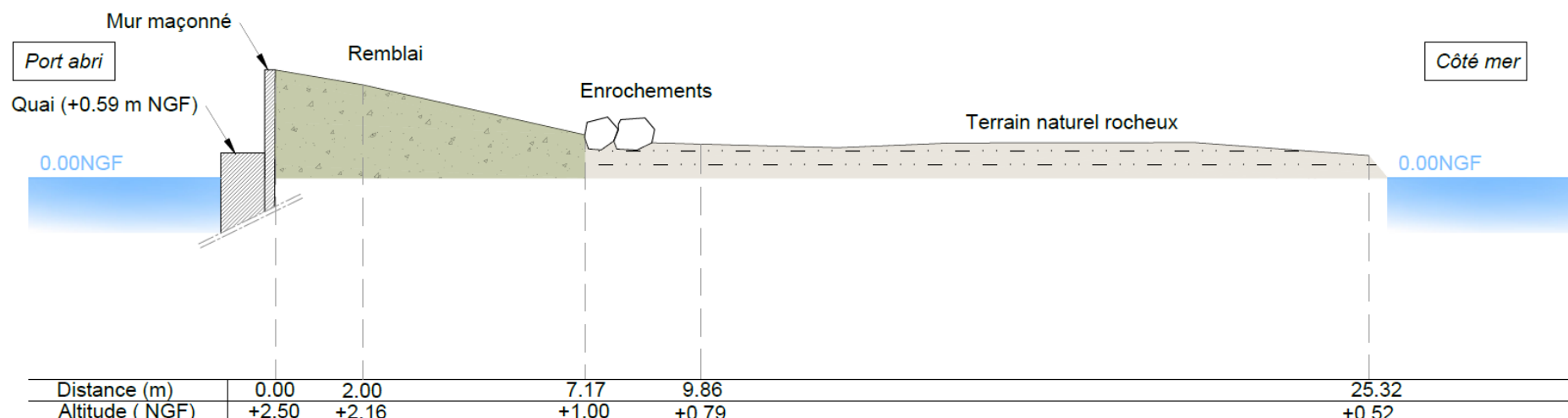


Figure 23 : Profil P1 Zone B – Situation existante – ICTP 2023

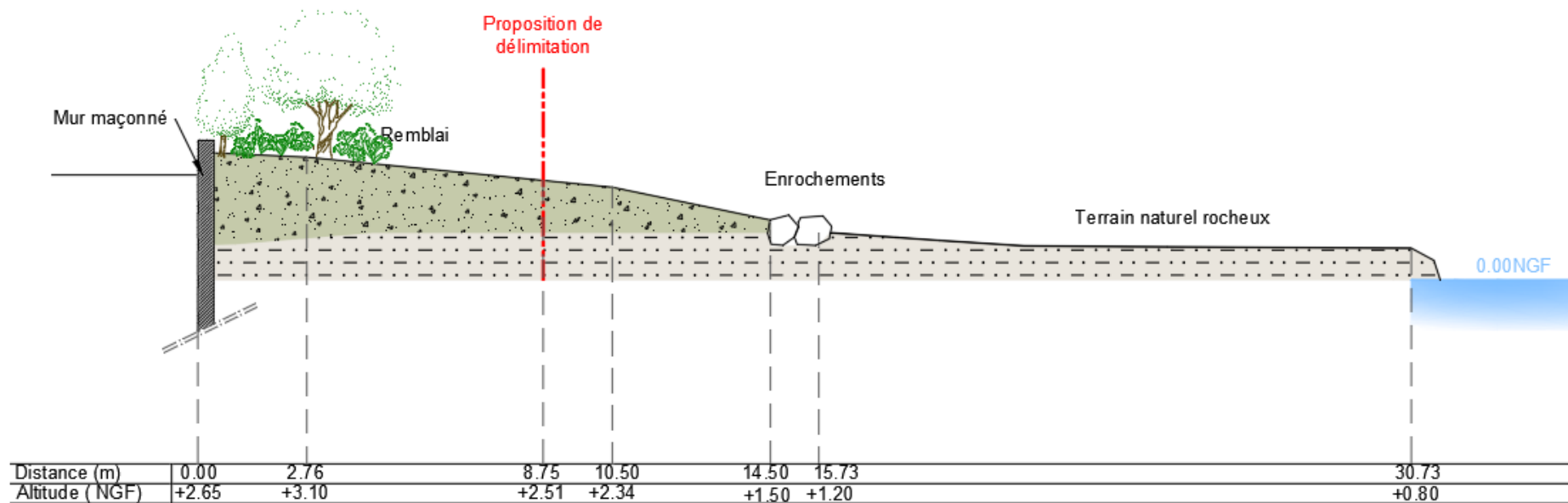


Figure 24 : Profil P2 Zone A – Situation existante avant retrait remblai et enrochements et avant tempête – ICTP 2023

3 ETUDE DES SOLLICITATIONS MARINES

L'objectif général de l'étude des sollicitations marines a été de quantifier les franchissements par paquets de mer au niveau de l'ouvrage de protection de la propriété AWOHAMA et plus précisément de déterminer l'impact des ouvrages (notamment le cordon en enrochements) sur la réduction des débits franchissant et son rôle de protection pour assurer la sécurité des biens et des personnes.

Cette étude, jointe en **annexe n°1** du présent rapport, s'appuie sur la construction de deux modèles : un modèle d'approche de houle (TOMAWAC) et un modèle de type canal à houle numérique. Des simulations sont réalisées pour des conditions met-océaniques représentatives des conditions extrêmes (période de retour annuelle T1, décennale T10, et cinquantennale T50).

Les conclusions et recommandations de l'étude des sollicitations marines sont les suivantes.

Des conditions représentatives de coups de mer extrêmes (période de retour annuelle, décennale et cinquantennale) de secteur Sud et SSO ont été simulées, avec des hauteurs de houles H_s au droit de l'ouvrage entre 3.1 m et 4.1 m pour des périodes pic T_p de 10.1s et 11.5s.

L'impact du changement climatique (CC) a été pris en compte en réalisant les modélisations avec les effets du changement climatique sur l'élévation du niveau moyen des mers à l'horizon 2100, et en prenant en compte le scénario pessimiste recommandé (+0.8 m d'ici à 2100).

Par ailleurs, pour des coups de mer de période de retour annuelle, les modélisations ont également été réalisées sans l'impact du changement climatique sur l'élévation du niveau des mers, de manière à connaître l'instant présent.

3.1 Zone B – Profil P1

Les simulations numériques du canal à houle pour ces conditions ont montré des débits franchissant moyens variants entre 6.6 l/s/m pour les conditions annuelles - T1- (sans prise en compte du CC) et 12.2 l/s/m (avec prise en compte CC) pour l'état existant avec cordon d'enrochements pour le profil P1 (Zone B) situé au droit du port abri.

Les simulations après retrait du cordon d'enrochements montrent des débits entre 20 et 30% plus importants (8.9 l/s/m et 17.8 l/m/s) pour les conditions annuelles, avec et sans prise en compte de la hausse du niveau marin respectivement.

De même, le volume franchissant instantané maximal est significativement plus élevé après retrait du cordon en enrochements car il n'y a plus d'ouvrage pour arrêter les lames d'eau.

Les planches de propagation du canal à houle numérique illustrent l'effet d'amortissement du cordon d'enrochements sur la plupart des vagues ; même si l'ouvrage est tout de même franchi.

Les simulations montrent donc un réel intérêt de l'ouvrage / cordon en enrochements sur le secteur au droit du port abri (P1) sur la réduction des débits et volumes franchissant (de 20 à 30%).

L'ouvrage au droit du port abri (P1) joue donc un rôle pour la sécurité des biens et des personnes et son maintien (voire son amélioration/optimisation) est justifié.

3.2 Zone A – Profil P2

Pour le profil P2 (Zone A), les différences entre état existant et aménagé (projet DDTM) sont moins marquées que pour le profil P1. Les simulations numériques du canal à houle ont montré des débits franchissant moyens variants entre 4.2 l/s/m pour les conditions annuelles - T1- (sans prise en compte du CC) et 20.6 l/s/m (avec prise en compte CC) pour l'état existant avec cordon d'enrochements et le remblai en place.

Les simulations après retrait du cordon d'enrochements et du remblai montrent des débits du même ordre de grandeur (4.4 l/s/m et 23.9 l/m/s) pour les conditions annuelles, avec et sans prise en compte du CC, respectivement.

Pour le profil P2 (secteur au droit du jardin), les résultats d'atténuation des franchissements sont moins probants, et le maintien du cordon d'enrochements ne se justifie pas.

Les caractéristiques du remblai peuvent avoir un impact sur le run-up et les valeurs de franchissement, mais cet impact est négligeable en comparaison des paquets de mer franchissant. Par exemple, on observe une diminution du run up avec une augmentation de la porosité (p.ex. ballast vs roche), et une diminution du run up avec une diminution de la pente. Plus la pente d'un talus est forte, plus les franchissements sont importants.

L'épaisseur de remblai au droit de P2 est d'environ 1,85 m ; un muret de protection contre l'érosion du talus est alors nécessaire.

4 AMENAGEMENT DES ZONES A et B

4.1 Absence de travaux en Zone B

L'étude de sollicitations marines a justifié le maintien de l'organisation actuelle de la Zone B, comprenant le mur maçonné, le remblai et la protection en enrochement.

Aucune action n'est donc prévue dans cette zone.

Cependant, même si les aménagements de protection en zone B offrent une protection, ils n'empêchent pas les franchissements.

L'ouvrage nécessaire pour cela devrait être plus haut et plus large que n'est la protection actuelle.

Sans échange spécifique avec la DDTM, la proposition d'aménagement actuelle prévoit uniquement le maintien de l'existant.

4.2 Travaux réalisés en Zone A

4.2.1 Travaux réalisés

Compte tenu de la demande expresse de la DDTM de retirer les enrochements et le remblai de la Zone A, la SCI AWOHAMA exécute les travaux dès la fin d'année 2022.

Environ 416 tonnes de remblai ont été évacués hors site.

Afin de pouvoir réutiliser les blocs, présents sur la zone A, pour la future protection hors DPM, ces derniers ont été déplacés pour évacuer les remblais sur lesquels ils reposaient puis remis approximativement à leur place en zone A de manière temporaire (après information à la DDTM).

Le plan suivant présente la zone concernée par les travaux.

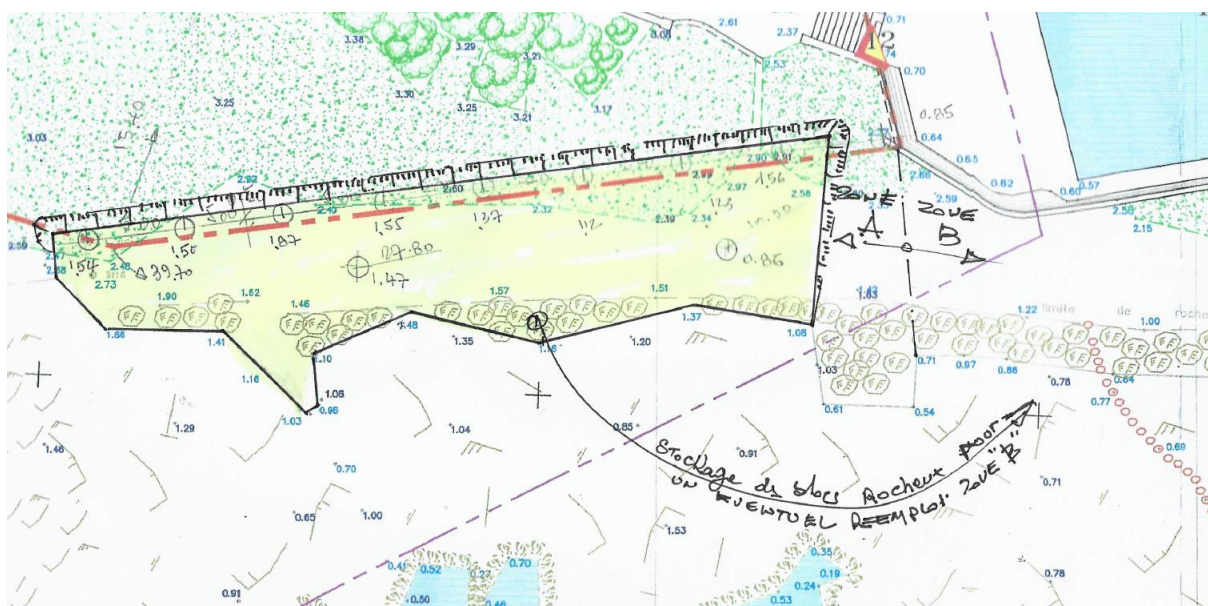


Figure 25 : Evacuation du remblai et des blocs de la zone A – SCI AWOHAMA janvier 2023



Figure 27 : Retrait du remblai en zone A' – SCI AWOHAMA janvier 2023

La photographie et les plans suivants (et joint au [Carnet de plans](#)) montrent la zone A après travaux, avec notamment l'importante hauteur du talus (près de 2 m à certains endroits), liée à l'épaisseur du remblai retiré.



Figure 28 : Talus végétalisé de la zone A' à la suite du retrait du remblai – SCI AWOHAMA janvier 2023

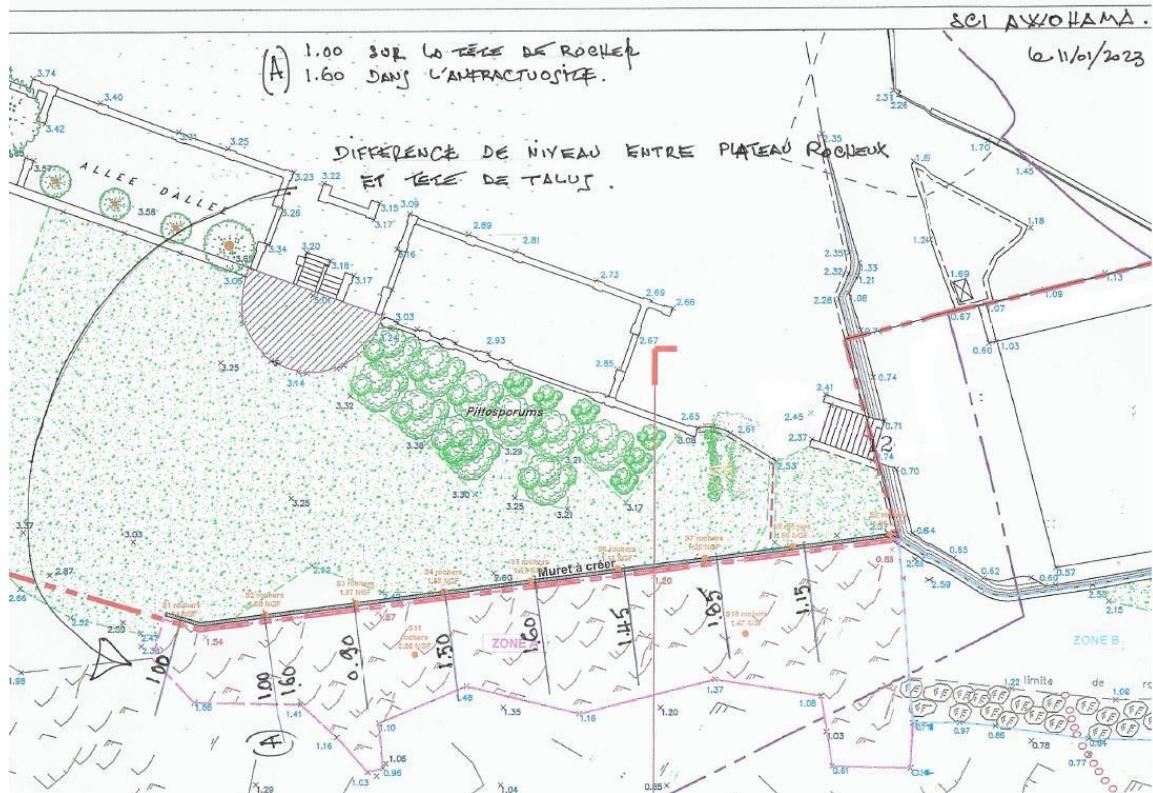


Figure 29 : Différences de niveau entre le plateau rocheux et la tête de talus – SCI AWOHAMA janvier 2023

SCI AWOHAMA
 Villa aigue marine - Antibes (06)
 Demande d'AOT - Justification rôle protection submersion marine

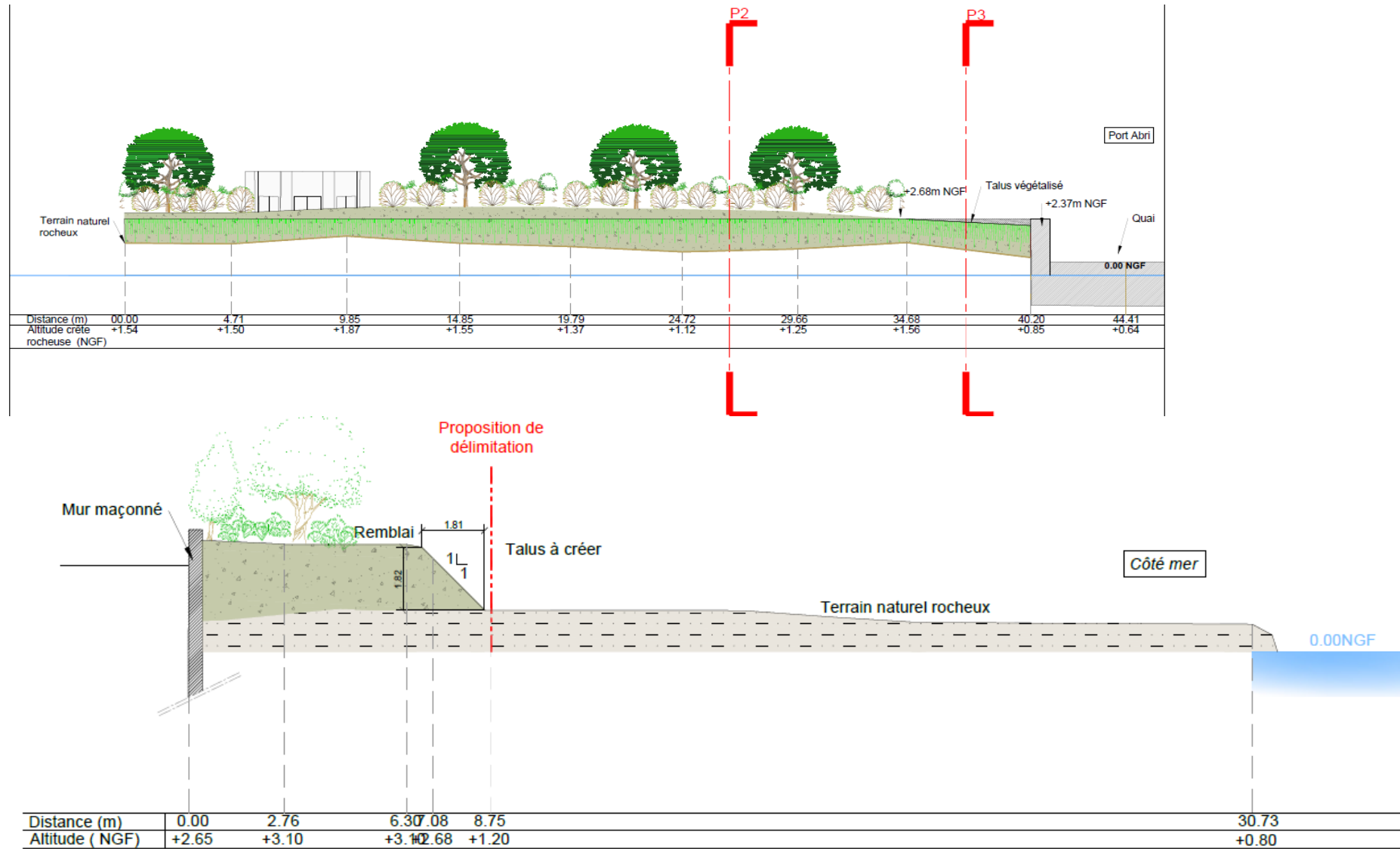


Figure 30 : Elévation et coupe type (P2) de la zone A' après retrait du remblai et des enrochements – ICTP 2023

4.2.2 Coup de mer

Mi-janvier, juste à la suite des travaux, un important coup de mer entraîne une perte du talus végétalisé ; avec de la terre et des griffes de sorcières détachés et présents sur les rochers. Le montage suivant, réalisé par l'Atelier Sacha GIGANT (bureau d'études Paysagiste concepteur sur le projet) permet de constater le recul du talus.



Figure 31 : Perte de talus végétalisé lors du coup de mer du 17/18 janvier 2023 – Atelier Sacha GIGANT janvier 2023

Le retrait du remblai jusqu'à la roche naturelle a entraîné la création d'un dénivelé plus ou moins important entre le talus végétalisé et les rochers mais également entre les zones A' et B'.

Afin d'éviter une importante perte du talus et d'assurer la praticabilité du linéaire, les aménagements présentés aux paragraphes suivants sont proposés.

4.3 Propositions d'aménagement

4.3.1 Création d'un muret en limite du DPM

Pour le maintien du talus végétalisé, il est proposé l'implantation d'un muret en béton armé tout le long du talus, hors DPM, dont la cote d'arase supérieure serait de 2,37 m NGF, plus basse que celle du mur du port abri (de 2,69 m NGF).

Le niveau supérieur de la roche naturelle étant variable (de 1,12 m NGF à 1,87 m NGF), la hauteur du mur serait elle aussi variable, de 1,25 m à 0,50 m.

Afin d'assurer une meilleure intégration dans le site, l'ouvrage sera fait en pierre naturelle.

A noter que la nature des enrochements présents sur le site ne permet pas leur après fragmentation. En effet, un choc entraîne leur explosion en morceaux informes et donc difficilement exploitables.

Pour éviter l'évacuation des enrochements de la zone A', ces derniers seront déplacés hors DPM, éventuellement sur le talus derrière le muret.

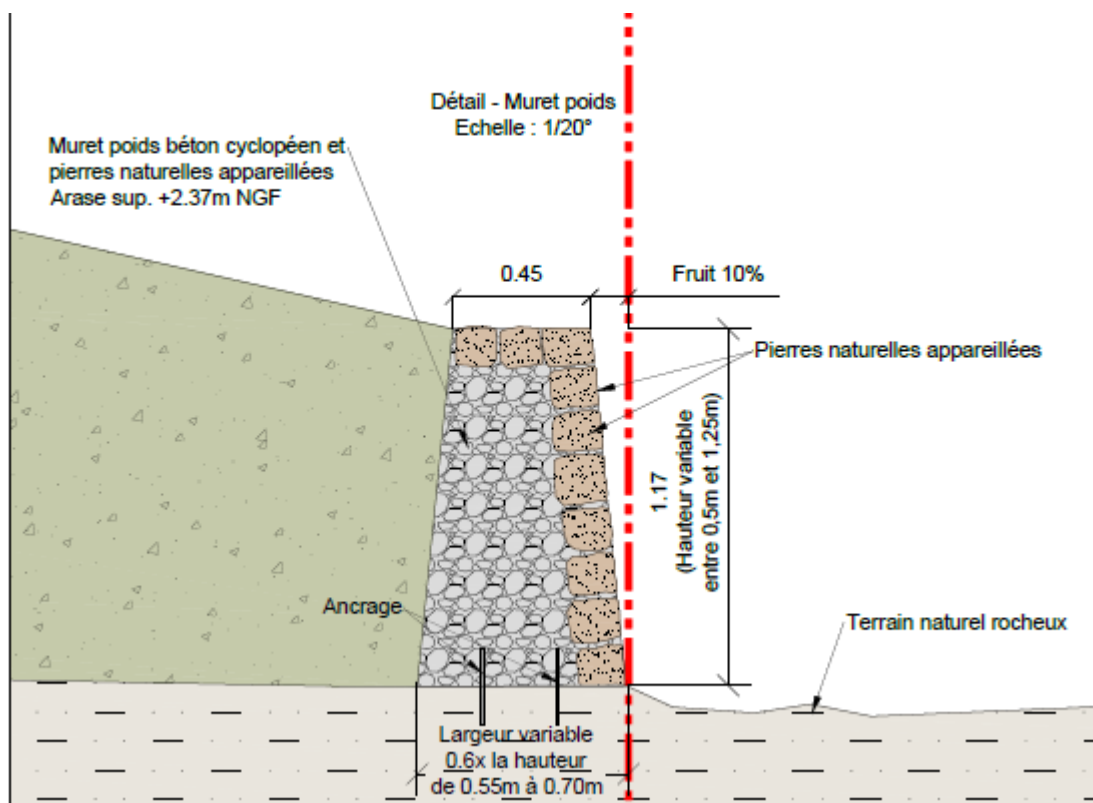


Figure 32 : Zoom sur la coupe de principe du muret – ICTP 2023

L'élévation et la coupe à la page suivante, et jointes au [Carnet de plans](#), montrent l'implantation du muret.

SCI AWOHAMA
Villa aigue marine - Antibes (06)
Demande d'AOT - Justification rôle protection submersion marine

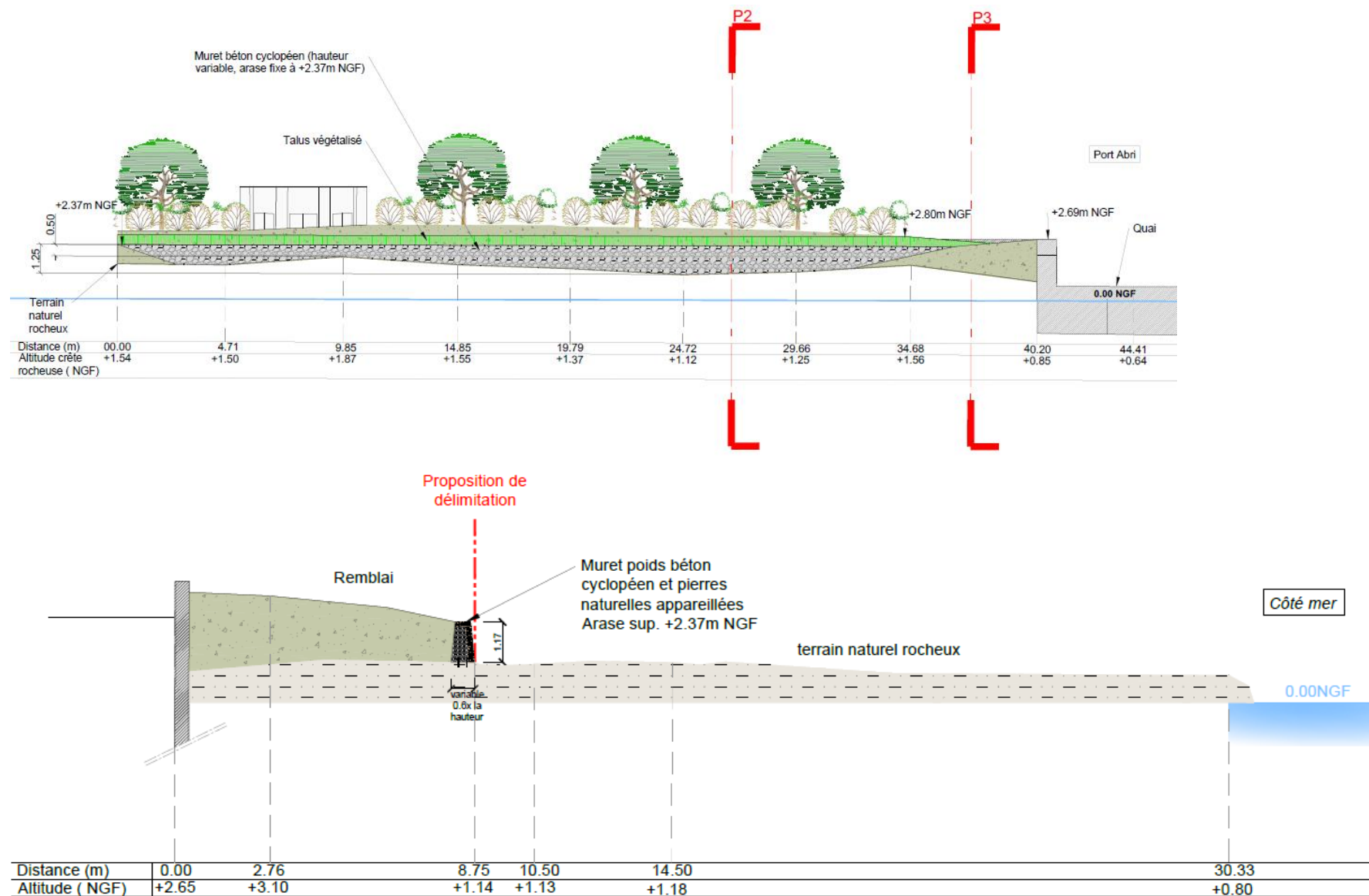


Figure 33 : Elévation et coupe type (P2) de la zone A' après retrait du remblai et des enrochements et création du muret en pierre – ICTP 2023

4.3.1 Zone B - profil P3

Afin de maintenir une protection sur une partie plus sensible et fragile, une largeur de 4 m a été maintenue entre le mur du port abri et le futur muret à la limite entre les zones A' et B'.

Le retrait du remblai en Zone A' a entraîné la création d'un dénivelé important entre la zone traitée et la zone maintenue en l'état, un léger talus sera alors recréé afin de maintenir une protection efficace.

Un troisième profil P3 a alors été étudié de la même manière que P1 et P2.

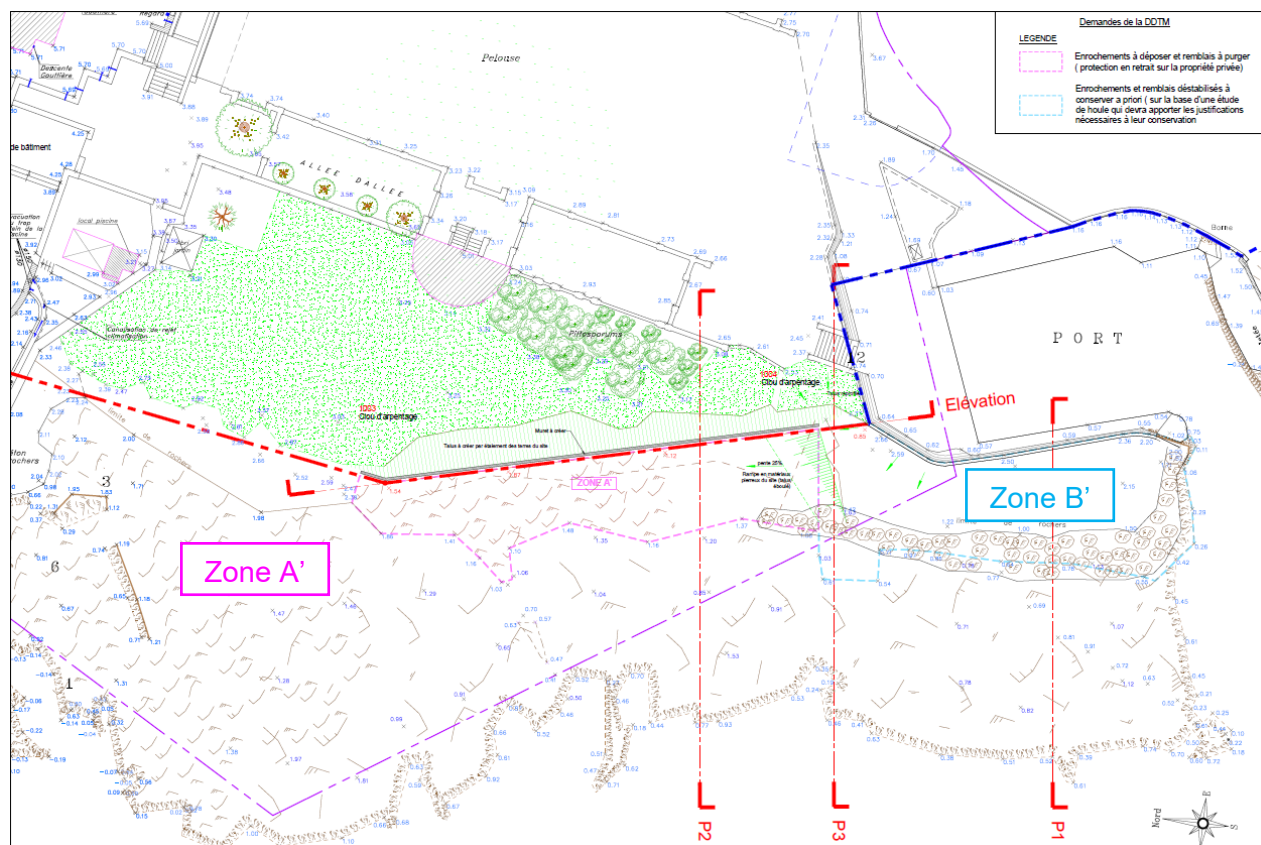


Figure 34 : Implantation du profil P3 – ICTP 2023

4.3.2 Résultats modélisation P3

Les résultats pour le profil P3 sont en annexe 4 de l'étude Riviera Oceanographic Consulting jointe en [annexe n°1](#).

Les simulations numériques du canal à houle pour ces conditions ont montré des débits franchissant moyens variants entre 2.2 l/s/m pour les conditions annuelles - T1- (sans prise en compte du CC) et 23.3 l/s/m (avec prise en compte CC) pour l'état existant avec cordon d'enrochements.

Les simulations après retrait du cordon d'enrochements montrent des débits de plus de 40% plus importants (3.8 l/s/m et 40.1 l/m/s) pour les conditions annuelles, avec et sans prise en compte de la hausse du niveau marin respectivement.

De même, le volume franchissant instantané maximal est significativement plus élevé après retrait du cordon en enrochements car il n'y a plus d'ouvrage pour arrêter les lames d'eau.

Les planches de propagation du canal à houle numérique illustrent l'effet d'amortissement du cordon d'enrochements sur la plupart des vagues ; même si l'ouvrage est tout de même franchi.

Les simulations montrent donc un **réel intérêt de l'ouvrage / remblai + cordon en enrochements** sur cette portion entre les deux zones sur la réduction des débits et volumes franchissant.

L'ouvrage (P3) joue donc un rôle pour la sécurité des biens et des personnes et son maintien (voire son amélioration/optimisation) est justifié.

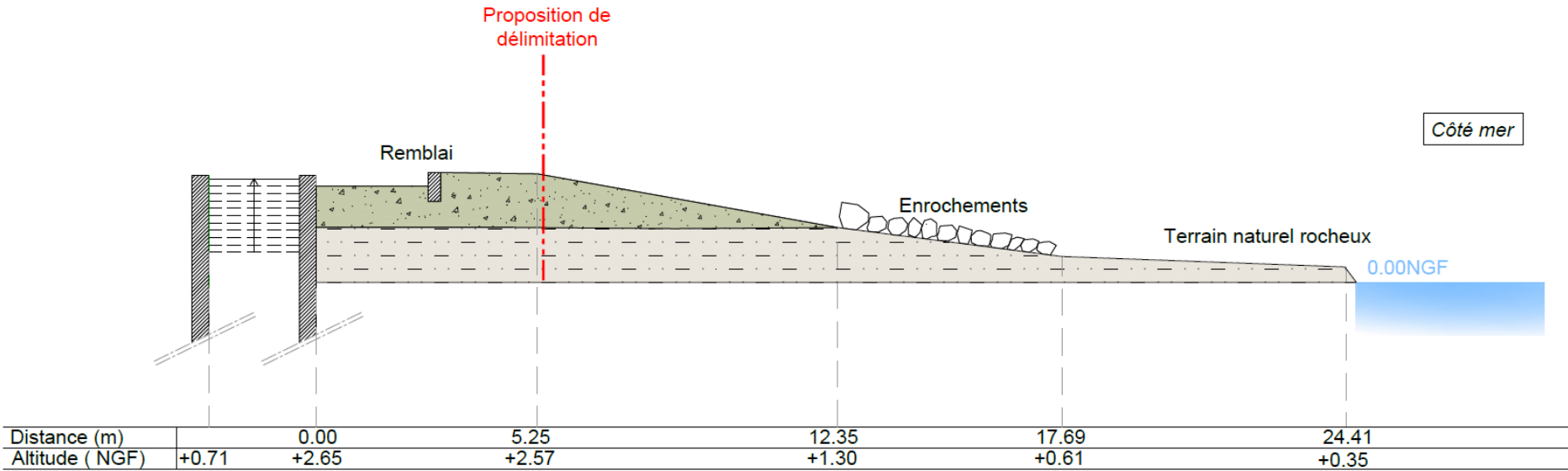
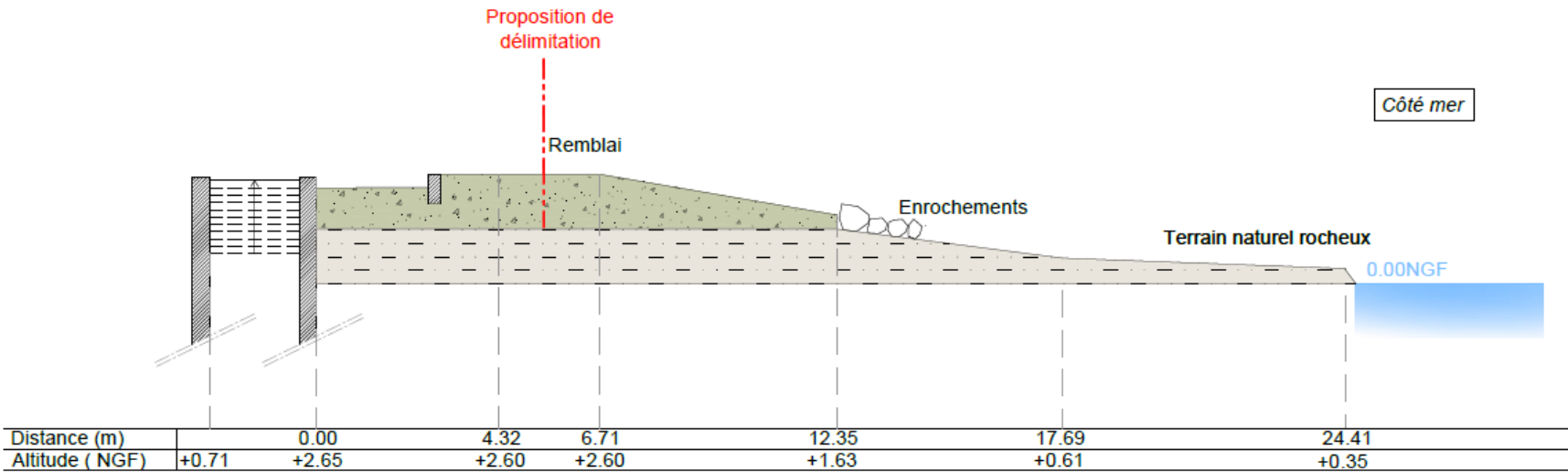


Figure 35 : Coupe type (P3) entre les zones A' et B' - Situation existante en haut, Etat proposé en bas – ICTP 2023

4.4 Réalisation des travaux

Les modalités d'intervention seront celles mises en place pour les premières interventions de retrait de la protection de la Zone A', soit à partir d'une zone de chantier située sur le quai du port abri et d'une rampe passant au-dessus du mur maçonné.

Dans la mesure du possible, les enrochements du site seront utilisés dans le remblai, limitant ainsi le transport de matériaux.

4.5 Estimations des travaux

Les estimations des travaux sont présentées dans le tableau joint en **annexe n°2** du présent rapport.

Annexe n°1 : Mise en place d'un modèle de propagation de houle et d'un modèle de franchissements pour l'analyse de l'impact d'un ouvrage sur la réduction de la submersion marine Indice B – P1, P2 et P3 – Riviera
Oceanographic Consulting – Janvier 2023

Rapport d'Etude

Mise en place d'un modèle de propagation de houle et d'un modèle de franchissements pour l'analyse de l'impact d'un ouvrage sur la réduction de la submersion marine – AWOHAMA, Cap d'Antibes

FRANCE

IVIERA OCEANOGRAPHIC CONSULTING



Riviera
Oceanographic
Consulting

01/02/23	B	Ajout profil P3	FB	GD
25/11/22	A	Rapport initial	FB	GD
Date	Révision	Description	Prepared	Checked

Table des Matières

1. Contexte de l'étude	3
1.1. Le site	3
1.2. Objectifs de l'étude	7
2. Recueil des données	9
2.1. Statistiques de houle au large d'Antibes	9
2.2. Niveaux d'eau.....	10
2.3. Topo-bathymétrie	11
3. Modélisations numériques	12
3.1. Stratégie de modélisation	12
3.2. Modélisation de l'approche de la houle	12
3.2.1. Présentation du logiciel.....	12
3.2.2. Emprise, maillage et bathymétrie	13
3.2.3. Résultats.....	14
4. Résultats du modèle de franchissement	18
4.1. Logiciel utilisé	18
4.2. Mise en place du canal à houle numérique	19
4.2.1. Construction du modèle.....	19
4.2.2. Profils modélisés.....	19
4.2.3. Séries temporelles des houles imposées	21
4.3. Résultats : franchissements par paquets de mer - débits et volumes de franchissements et enveloppes de run-up / run-down	25
5. Conclusions et recommandations	29
6. Références.....	31
7. Annexes.....	32

1. Contexte de l'étude

1.1. Le site

L'étude concerne les ouvrages de protection de la propriété « AWOHAMA », située chemin de la Mosquée à Antibes (Figure 1.1).



Figure 1.1: Localisation du site de la propriété AWOHAMA – secteur Nord plage de la Garoupe sur la commune d'Antibes

Des photos aériennes, issues du site de l'IGN, nous montrent que le petit port existait déjà en 1955 (Figure 1.2). Une vue planimétrique du site est donnée en Figure 1.3.

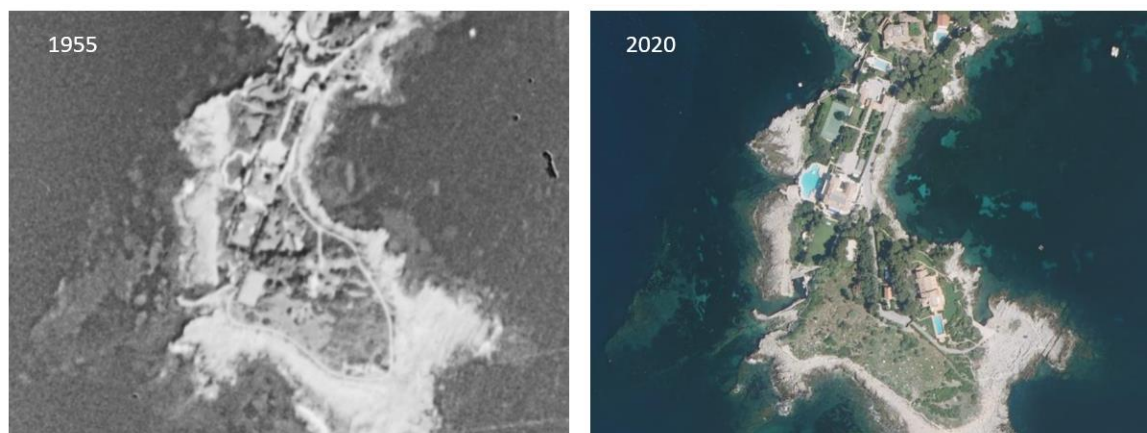


Figure 1.2: Photo aérienne de 1955 et 2020 [1]

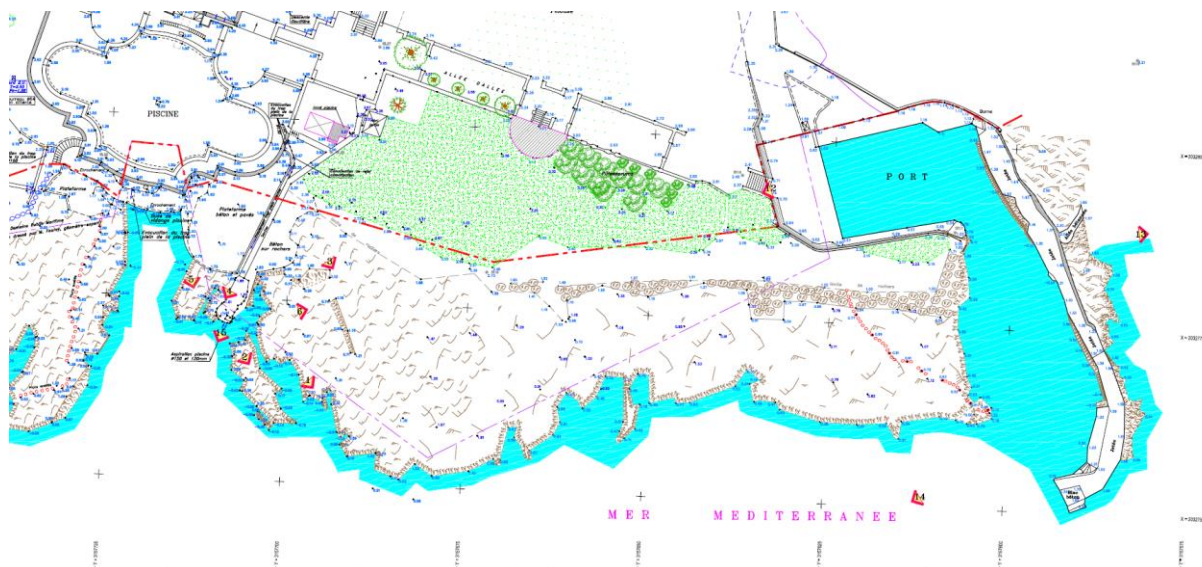


Figure 1.3: Etat des lieux – plan topographique 2022 [2]

Actuellement plusieurs ouvrages de protection contre les sollicitations marines sont implantés sur le domaine public maritime (

Figure 1.4 et Figure 1.5) :

- Un cordon d'enrochements (1 seule rangée de blocs) de blocométrie variable entre 200 et 800kg environ reposant sur le terrain naturel (secteur au droit du port abri) et sur un remblai (épaisseur non connue avec précision, mais à priori une cinquantaine de cm) ;
- Muret maçonné au droit du port abri ;
- Les ouvrages constituant le bassin portuaire.

Le rôle de ces ouvrages est critique durant les coups de mer ; qu'ils soient fréquents (période de retour de l'évènement inférieur à un an) ou bien extrêmes (T1, T10, etc.)

A noter également que le port abri joue le rôle d'un bassin tampon qui permet d'accueillir une bonne partie des débits franchissant lors des coups de mer.

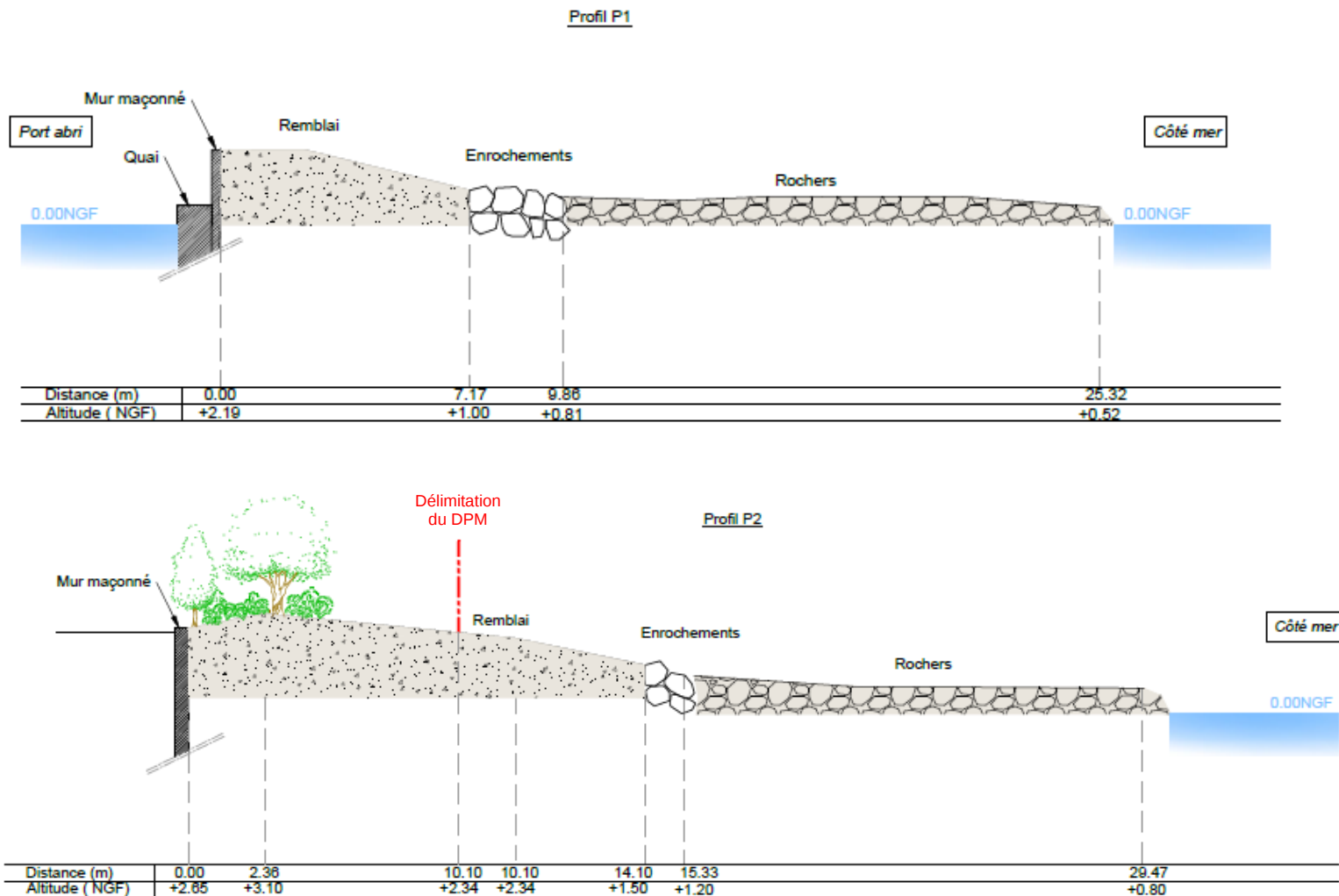


Figure 1.4: Coupe type des ouvrages (ICTP, 2022)



Figure 1.5: Photographies des ouvrages (ROC, 2022)

Une cartographie des zones basses potentiellement exposées à la submersion marine a été réalisée sur le PACA par le BRGM et les données sont reprises dans les divers documents d'urbanisme notamment les « porter à connaissance sur la submersion marine » [3]. La cartographie *Figure 1.6* montre que le littoral au droit de la propriété fait partie d'une zone de falaise, et est sujette aux chocs mécaniques et projections dues aux vagues avec des niveaux de submersion entre 1.29 et 1.49m NGF à l'horizon 2100 [3].

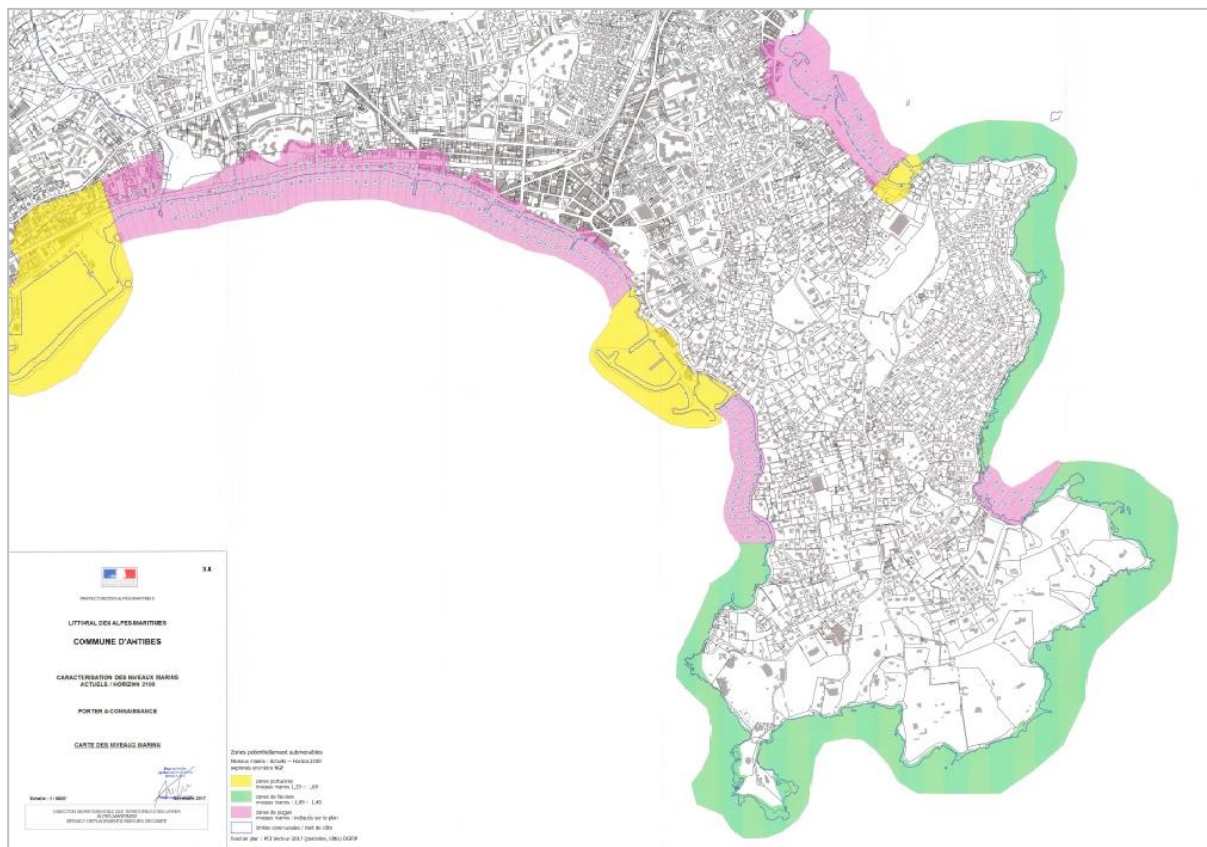


Figure 1.6: Cartographie des zones potentiellement submersibles et des niveaux marins de référence [3]

1.2. Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette étude est de quantifier les franchissements par paquets de mer au niveau de l'ouvrage de protection de la propriété AWOHAMA. L'étude visera à déterminer l'impact des ouvrages (notamment le cordon en enrochements) sur la réduction des débits franchissant et son rôle de protection pour assurer la sécurité des biens et des personnes.

A noter que le port est un abri pour tout bateaux en cas de conditions défavorables à la navigation, comme il est indiqué sur le panneau implanté à son entrée.

La présente étude s'appuie sur la construction de deux modèles : un modèle d'approche de houle (TOMAWAC) et un modèle de type canal à houle numérique. Des simulations sont réalisées pour des conditions met-océaniques représentatives des conditions extrêmes (période de retour annuelle T1, décennale T10, et cinquantennale T50).

Le rapport se décompose ainsi de la façon suivante :

- Etude météo-océanique et sélection des conditions représentatives ;
- Modélisation de la propagation des houles ;
- Modélisation des franchissements le long de deux profils (un par secteur distinct) pour l'état existant et après retrait de l'ouvrage / cordon d'enrochements (profil 1) et cordon d'enrochements et remblai (profil 2) ;
- Conclusions sur l'importance des ouvrages au vu de la réduction des débits franchissant et donc de l'aléa submersion marine.

2. Recueil des données

2.1. Statistiques de houle au large d'Antibes

Les analyses statistiques sur des séries temporelles (houle, vent, niveaux marins, etc.) permettent de déterminer les valeurs extrêmes des paramètres en fonction de la période de retour pour chaque secteur directionnel. La base de données développée par GLOBOCEAN [4] consistant en une série de points au large de la Cote d'Azur est utilisée.

La modélisation des états de mer du large a été effectuée avec l'utilisation du modèle de vagues WaveWatch III, qui est un modèle d'états de mer en points de grille de 3^{ème} génération. Il calcule les champs de vagues par génération, propagation et dissipation des états de mer sur les zones de simulations concernées, en utilisant les champs de vent en entrées (forçage atmosphérique).

Une analyse statistique des conditions de houle a été réalisée à partir des séries continues d'états de mer reconstituées par le modèle WaveWatchIII sur le point de grille « Antibes Ouest » (Figure 2.1).

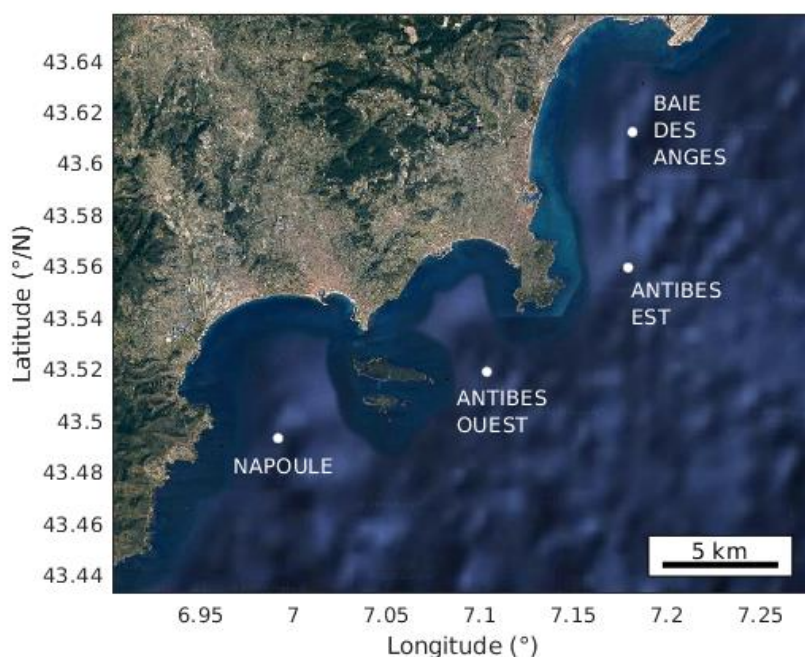


Figure 2.1 – Secteur d'étude et position des points de mesures

Les conditions met-océaniques retenues pour estimer les risques de franchissement sont les tempêtes annuelles, décennales et cinquantennales. Les conditions imposées aux limites maritimes (conditions de houle) ainsi que sur l'ensemble du modèle (niveau moyen, vents) sont estimées sur la base des analyses statistiques au niveau du point « Antibes Ouest ».

Les plages situées à l'Ouest du Cap d'Antibes sont bien abritées des coups de vents d'Est. Seuls les secteurs Sud et SSO sont donc modélisés.

Les conditions météo-océaniques retenues (6 conditions au total) sont synthétisées dans le *Tableau 2.1*. Les conditions imposées concernent la houle au large (hauteur significative H_s et période de pic T_p), le niveau moyen Z_s . Le forçage du vent n'a pas été pris en compte dans les simulations, étant donné qu'il est négligeable par rapport au forçage dû à la houle en zone littorale. Les secteurs Nord et Ouest n'ont pas été modélisés car la baie de Juan les Pins et les plages au Nord du Cap d'Antibes sont largement abritées des coups de Mistral.

Pour chaque condition, le niveau d'eau moyen Z_s imposé correspond au niveau extrême (1an, 10ans, 50ans) calculé dans le guide du CEREMA pour le Port de Nice [5].

Tableau 2.1 : Conditions météo-océaniques pour Antibes Ouest - Secteur Sud et SSO (Dir 180°N et 202.5°N, respectivement)

Période de Retour	H_s (m)	T_p (s)
Annuelle (T1)	3.1	10.1
Décennale (T10)	3.7	10.7
Cinquantennale (T50)	4.1	11.2

2.2. Niveaux d'eau

Les niveaux d'eau sont estimés sur la base de deux rapports faisant référence en la matière :

- Le rapport du CEREMA sur les niveaux marins extrêmes le long du littoral français (2018) présente une estimation statistique des valeurs extrêmes du niveau d'eau. Les estimations sont établies par une méthode de convolution de la distribution des hauteurs de marée PM, avec la distribution des surcotes PM. La queue de distribution des surcotes est calculée par ajustement statistique d'une distribution de Pareto (Cerema, 2018) ;
- En France et en Méditerranée, d'après les éléments fournis par le GIEC dans son rapport AR6 venu compléter le rapport spécial sur les océans et les cryosphère (SROCC), 3 hypothèses (optimiste, pessimiste et extrême) de surélévation du niveau marin sont proposées à 3 échéances de temps (2030, 2050 et 2100). Dans le cadre de cette étude nous retiendrons l'hypothèse pessimiste à l'horizon 2100, soit une surélévation du niveau moyen de 0.8m due aux effets du changement climatique.

Ainsi les niveaux d'eau retenus pour les modélisations sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 2.2 : Niveaux retenus pour les modélisations

Période de retour	Niveau (NGF)
1 an	1.38 m
10 ans	1.47 m
50 ans	1.56 m

2.3. Topo-bathymétrie

L'altimétrie générale du site est présentée au travers du Modèle Numérique de Terrain de l'IGN-SHOM établi avec le produit L3D en *Figure 2.2*. Ce jeu de données est utilisé pour le maillage des modèles de propagation et de franchissement.

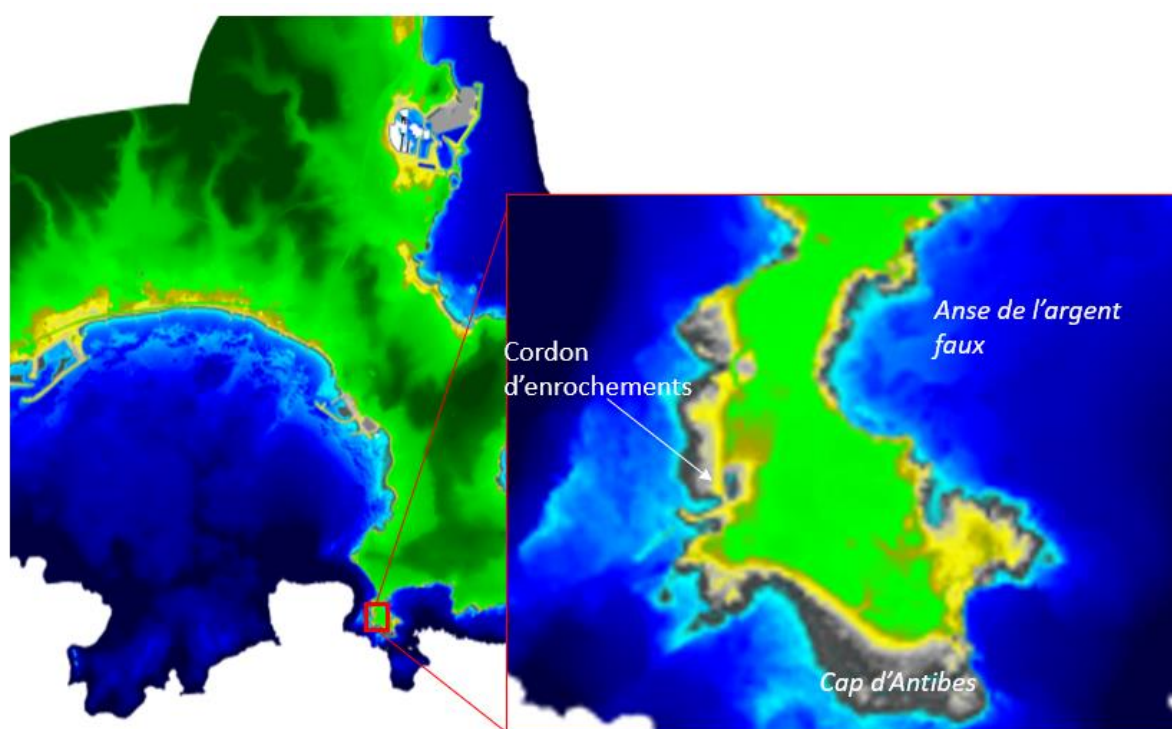


Figure 2.2: Disponibilité du jeu de données topo-bathymétrique LITO3D sur le secteur du cap d'Antibes

3. Modélisations numériques

3.1. Stratégie de modélisation

Le couplage de plusieurs modèles a été mis en œuvre pour représenter les interactions complexes entre la houle, la bathymétrie et les ouvrages, qui gouvernent le déferlement et les débits franchissant.

Pour cette étude, les codes suivants ont été utilisés :

- TOMAWAC pour la propagation de la houle ;
- IH2VOF pour la modélisation des franchissements.

L'objectif du modèle de propagation est de caractériser les houles à la côte et de fournir les conditions aux limites du modèle de franchissement (canal à houle numérique) mis en place en Section 4. L'objectif du canal à houle numérique est de simuler les franchissements et quantifier les débits (en situation existante avec présence d'encrochements et après retrait de l'ouvrage / encrochements).

3.2. Modélisation de l'approche de la houle

3.2.1. Présentation du logiciel

Le système de modélisation TELEMAC (www.opentelemac.com) est un code open source développé à l'origine par EDF R&D. Ce modèle est aujourd'hui largement diffusé dans la communauté internationale et devenu un code de référence.

Le système TELEMAC repose sur la méthode des éléments finis. Il est donc parfaitement adapté pour représenter finement les géométries complexes des systèmes littoraux.

Le code TOMAWAC est un code de propagation de la houle depuis le large jusqu'en zone côtière. Ce modèle dit de 'troisième génération' repose sur une représentation spectrale de la houle.

TOMAWAC a été ici utilisé en mode non-couplé (fond stationnaire, pas de prise en compte des courants) pour calculer les contraintes de radiation et les contraintes de frottement dues à la houle qui seront imposées dans les modèles hydrosédimentaires.

Les processus pris en compte sont les suivants :

- Réfraction bathymétrique ;
- Dissipation d'énergie par déferlement, frottement sur le fond ;
- Dissipation par moutonnement ;
- Interaction non linéaire (triades et quadruplets interactions).
- Les hypothèses de modélisation sont les suivantes :
- Spectre JONSWAP ;
- Pas de temps $\Delta t = 2s$;
- Discrétisation en 36 directions ;
- 20 fréquences ($f_{min} = 0.05 \text{ Hz}$, $r = 1.1$) ;
- Vent et courant non pris en compte ;
- Niveau d'eau moyen constant (correspondant à la surcote).

3.2.2. Emprise, maillage et bathymétrie

Le domaine de modélisation et le maillage sont représentés sur le *Tableau 3.1*. Le modèle représente finement la partie Nord du Cap d'Antibes et s'étend sur une dizaine de km d'extension d'Est en Ouest et 13 km du Nord au Sud. Le maillage est composé de 101 074 éléments triangulaires pour 53 580 nœuds avec une taille de maille variable de 300 m environ au large à moins de 2m au niveau des plages.

Le maillage a été interpolé sur un assemblage de bathymétries composé à partir de plusieurs jeux de données (*Tableau 3.1*). La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** *Figure 3.1* montre la bathymétrie au niveau du cap d'Antibes et de la propriété AWOHAMA.

Tableau 3.1: Liste des données de bathymétrie disponibles

Type données	Source	Couverture/résolution	Remarques
<i>HOMONIM</i>	SHOM	0 – 2800 m <i>Résolution 100m</i>	Disponible PBMA et NM
<i>LITO3D</i>	SHOM	Bande littorale <i>Résolution 1m</i>	Levés de 2015
<i>Plan géomètre 2022</i>	Olivier Berbenni géomètre expert	Propriété AWOHAMA	Levé 2022

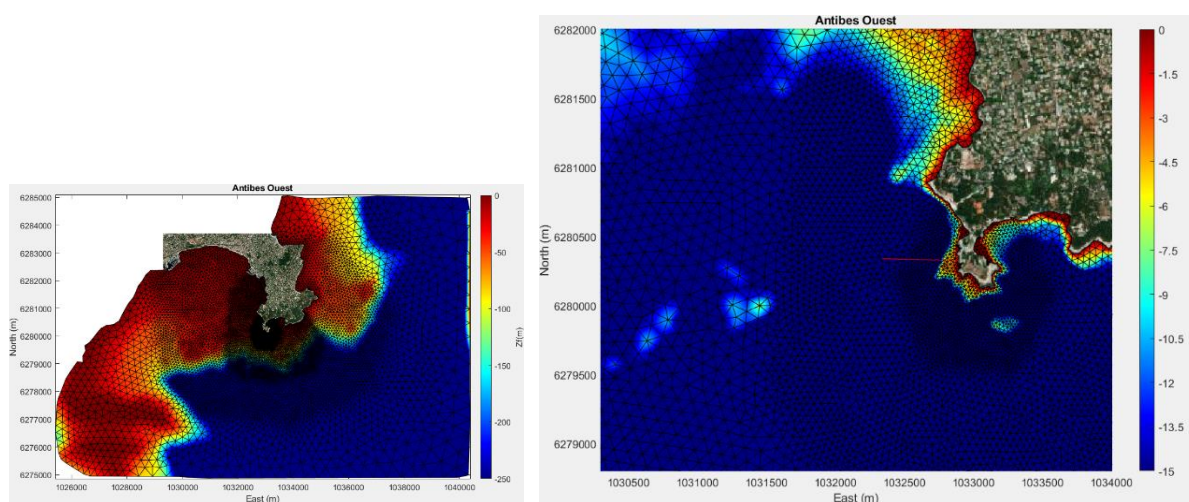


Figure 3.1: Modèle d'approche de houle : emprise et maillage (vue d'ensemble, gauche et vue rapprochée sur le Cap d'Antibes, droite)

Les cas suivants ont été simulés :

Périodes de retour (RP) :

T = 1an ;

T=10ans ;

T=50ans

2 secteurs directionnels :

S (180°N) ;

SS0 (210°N)

L'étude fournira les données d'entrée (variables hydrodynamiques) au modèle de franchissements en un point au large.

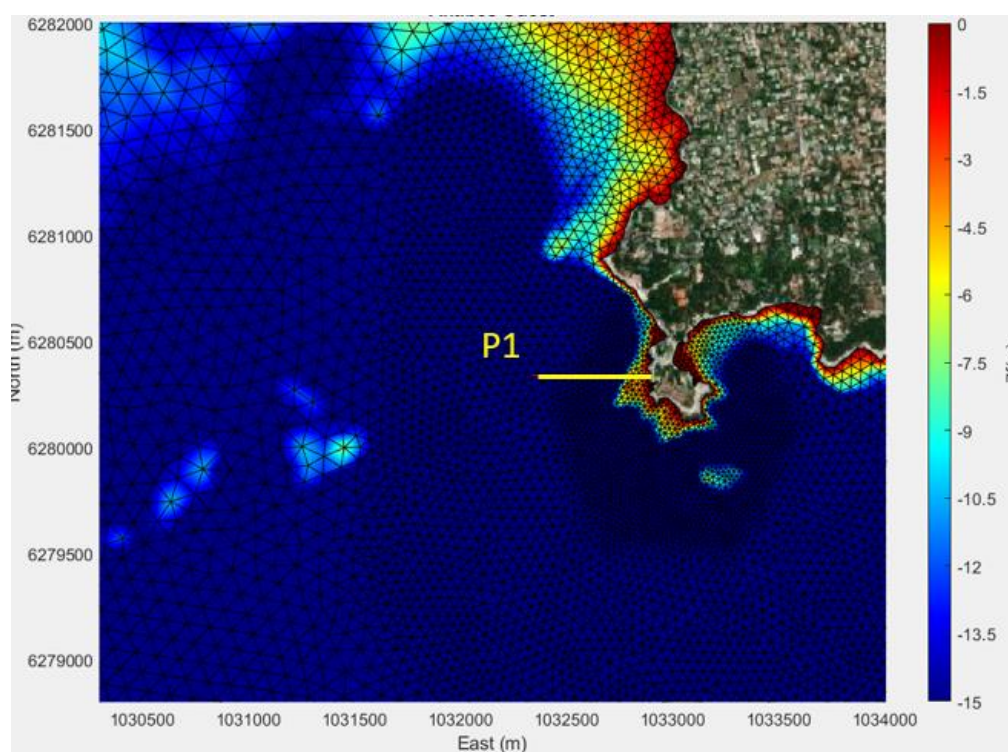


Figure 3.2: Localisation du point d'extraction des données de houle pour les simulations en canal numérique

3.2.3. Résultats

Un exemple de planche de propagation pour le secteur S (condition fréquentes – soit caractéristiques d'un évènement non exceptionnel) est donné en *Figure 3.3*. Les figures pour une périodes de retour annuelle sont consultables en annexes. Les résultats montrent que :

- Pas d'atténuation par dissipation sur les fonds lorsqu'elle pénètre dans la baie de Golfe Juan ;
- La houle au large subit une amplification par convergence sur les hauts fonds ;
- Les hauteurs de houles sont relativement non uniformes (impact des hauts fonds et platiers).

A l'issu des modélisations, les conditions suivantes sont retenues pour les simulations des franchissements :

- SUD RP1 : $H_s=3.1$ m ; $T_p=10.1$ s ;
- SUD RP10 : $H_s=3.5$ m ; $T_p= 10.5$ s ;
- SUD RP50 : $H_s=4.1$ m ; $T_p= 11.5$ s

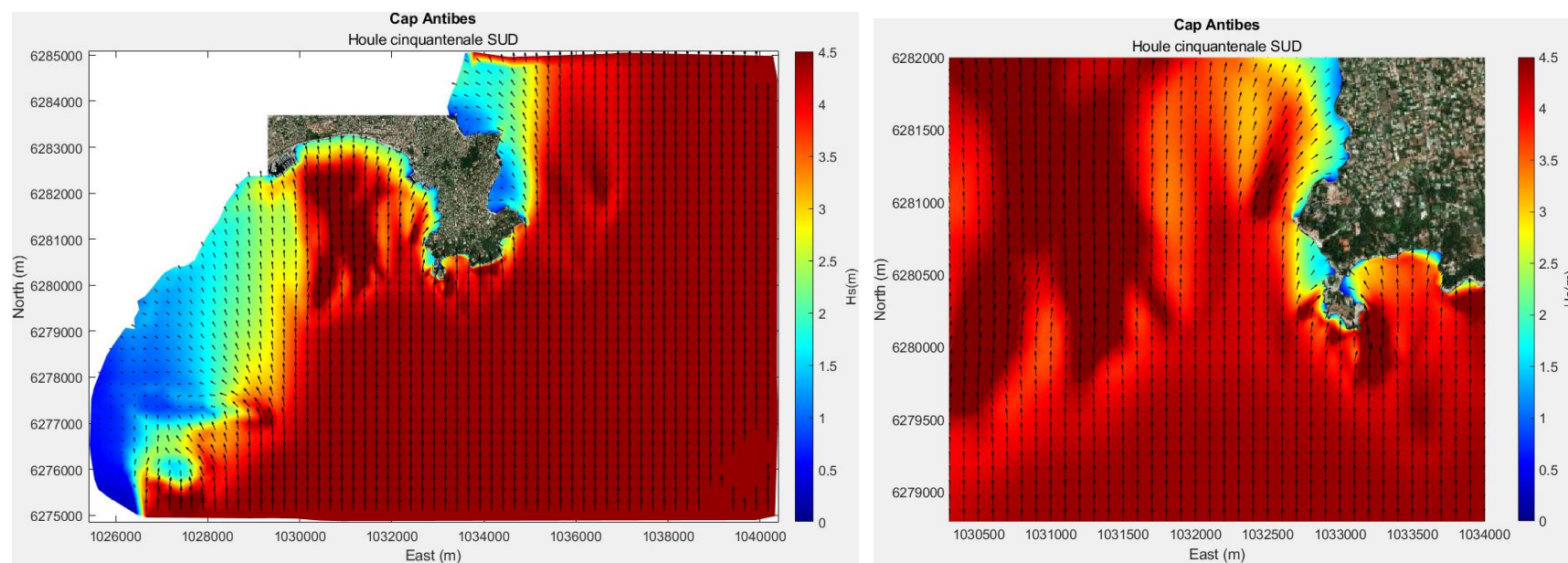


Figure 3.3: Vue globale (gauche) et rapprochée (droite) – Houle de secteur SUD ($H_s=4.1m$, $T_p=11.2s$, $Z_s=1.56mNGF$)

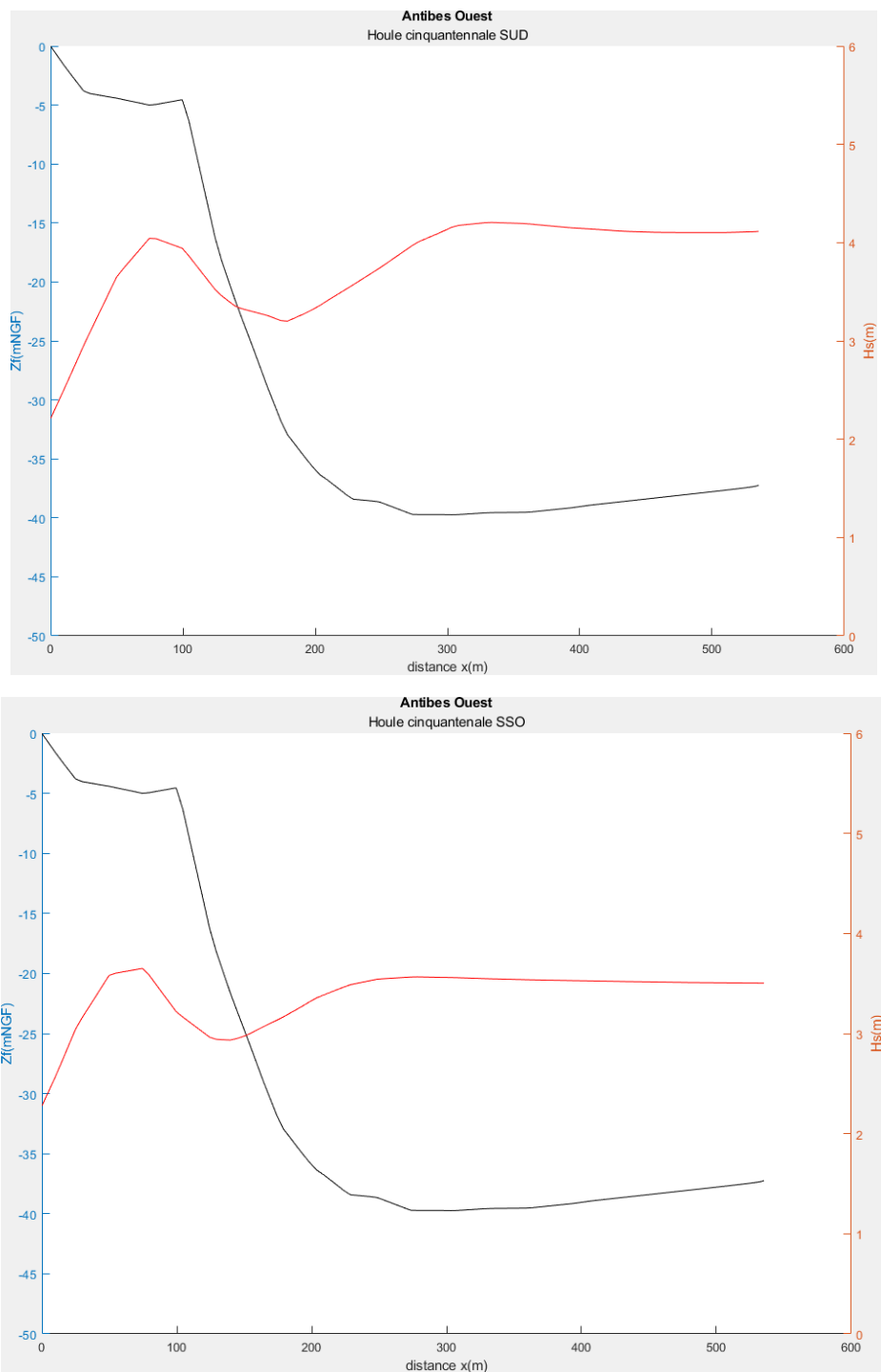


Figure 3.4: Profils de hauteurs de houle (courbe rouge) le long du profil d'extraction (altimétrie littorale en courbe noire) pour des conditions de houle d'incidence S et SSO (données d'entrée pour la modélisation des franchissements en §4)

4. Résultats du modèle de franchissement

4.1. Logiciel utilisé

Les volumes et débits franchissant sont déterminés à l'aide de modélisations en canal à houle numérique, sur le logiciel IH2VOF développé par l'Institut Hydraulique de Cantabria. Ce logiciel résout les équations RANS (Reynolds-Averaged Navier Stokes) bidimensionnelles, qui se basent sur la décomposition du champ des vitesses et des pressions instantanées en une composante moyenne et une fluctuation turbulente. Les effets de la turbulence sont exprimés à l'aide d'un modèle $k-\epsilon$ non linéaire, adapté à des écoulements turbulents anisotropes. Pour la résolution de l'écoulement à l'intérieur du milieu poreux, le modèle utilise les équations VARANS (Volume-Averaged Reynolds-Averaged Navier Stokes) obtenues par intégration des équations RANS sur un volume de contrôle.

Le logiciel IH2VOF permet l'utilisation d'un système de génération de la houle interne au domaine de calcul : une augmentation de la pression à l'intérieur d'une zone dite « région source » donne naissance, à la verticale de cette zone, à un train d'ondes gravitaires. Cette méthode permet d'éviter que les ondes réfléchies par la structure étudiée ne perturbent la génération des ondes incidentes. Le suivi de la surface libre est réalisé à l'aide de la méthode VOF (« Volume Of Fluid »). Cette méthode consiste à déterminer les variations de densité à l'intérieur de chaque cellule de la maille de calcul et permet de représenter des configurations de surface libre multi-connexes. Le système d'équations RANS associé à une technique VOF de suivi d'interface permet de simuler le déferlement de la houle sans critère spécifique d'initiation ou d'arrêt.

Les points forts de ce logiciel sont les suivants :

- Le nombre d'hypothèses sous-jacentes est faible par rapport aux autres approches numériques ;
- Les caractéristiques d'écoulement non linéaires pendant la transformation des vagues sont considérées ;
- La dispersion des ondes est intrinsèquement incluse dans les équations ;
- Le déferlement n'est pas déclenché artificiellement ;
- Le flux induit par les vagues est résolu sur la verticale ;
- La turbulence induite par les vagues peut être considérée ;
- La répétabilité des modélisations permet de tester différentes structures de protection côtière en un temps relativement limité, de plus ces structures peuvent être soumises à des conditions hydrodynamiques identiques pour une meilleure comparaison.

4.2. Mise en place du canal à houle numérique

4.2.1. Construction du modèle

Les principales caractéristiques du maillage adopté pour cette étude sont les suivantes :

- 2 sous-maillages en x et 3 en y, avec une précision maximale dans la zone du cordon d'enrochements (entourée en violet en Figure 4.1) ;
- Mailles en abscisses variant de 0.4m (au large) à 0.14m à la côte / sur l'ouvrage ;
- Mailles en ordonnées à 0.1m autour du niveau d'eau et sur l'ouvrage ;
- Total de 76 500 mailles.

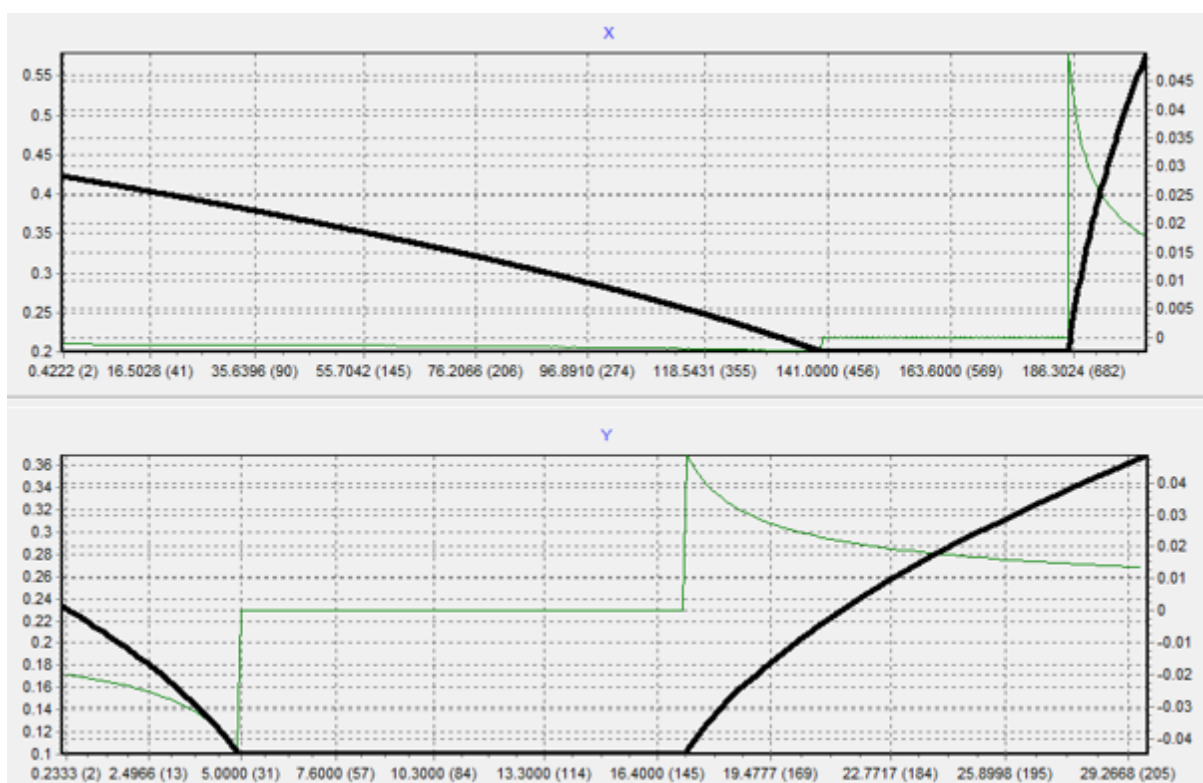


Figure 4.1 : Tailles des mailles le long du domaine de calcul : axe des abscisses (haut) ; axe des ordonnées (bas)

4.2.2. Profils modélisés

Deux profils situés au droit de la propriété ont été modélisés pour deux situations :

- L'état existant, avec la présence du cordon d'enrochements (profils P1 situé au droit du port abri et P2 situé plus au sud de la propriété au droit du jardin) ;
- L'état aménagé (projet DDTM) : sans ouvrage en enrochements (P1) et sans enrochements ni remblai (épaisseur de remblai évaluée à environ 50cm) (P2).

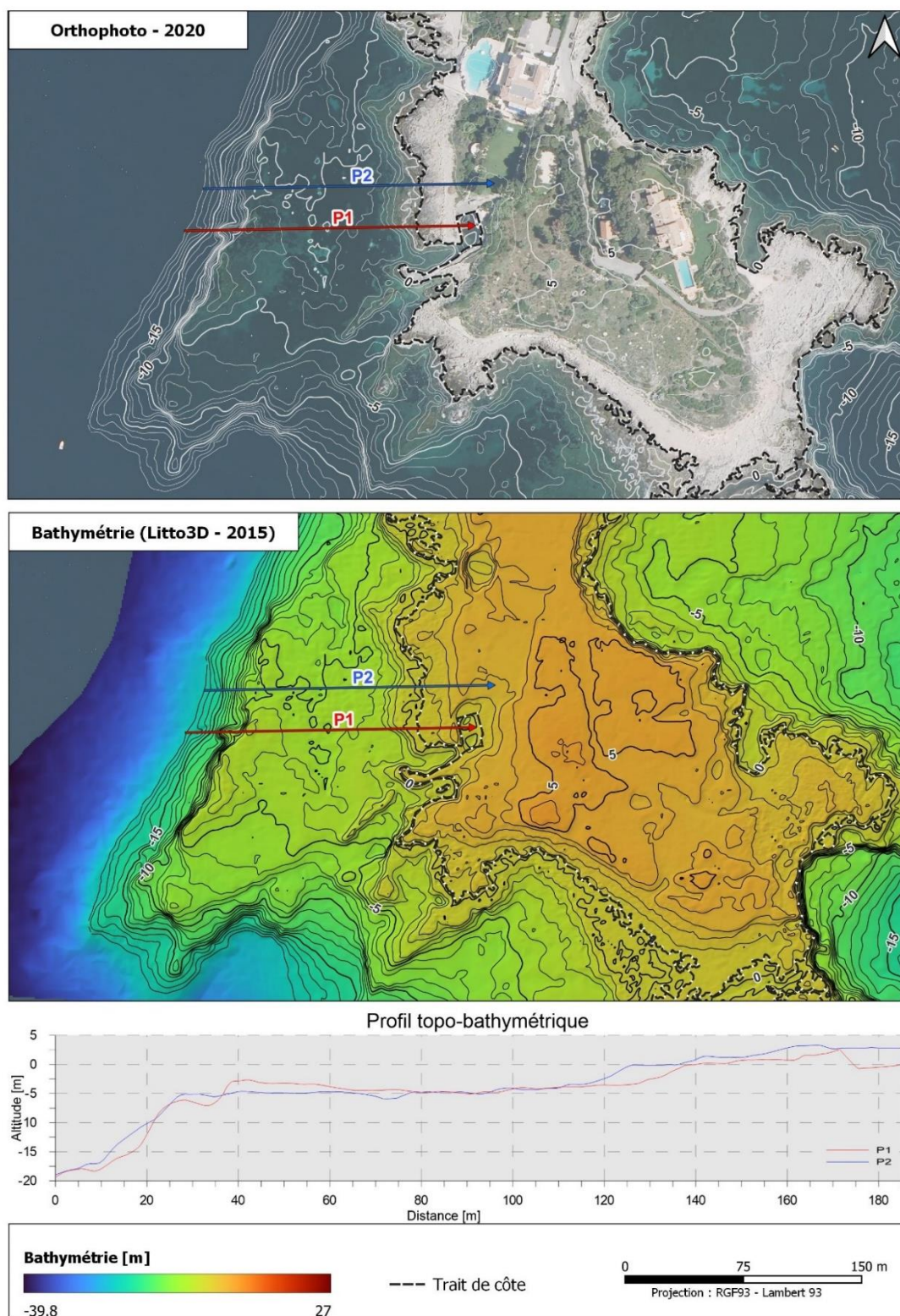


Figure 4.2 : Localisation des profils modélisés en canal à houle numérique (correspondant aux coupes de la Figure 1.4

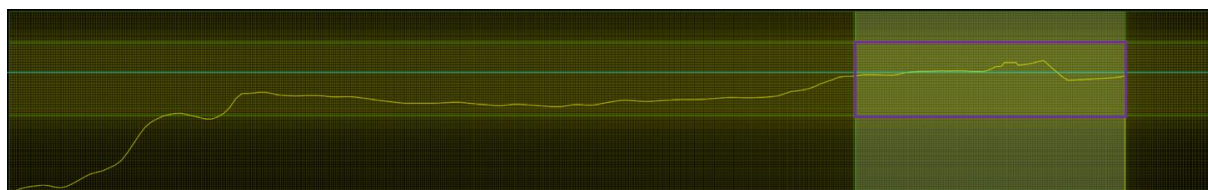


Figure 4.3: Construction et maillage du profil P1 modélisé

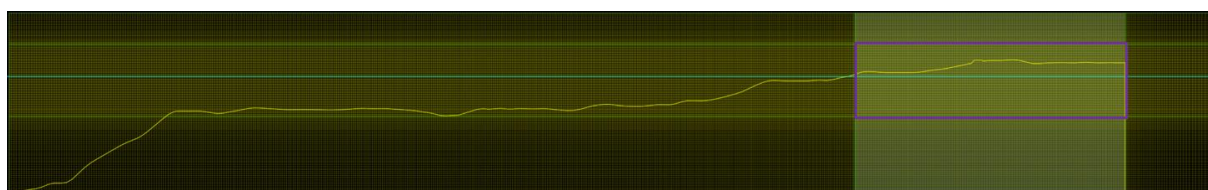


Figure 4.4: Construction et maillage du profil P2 modélisé

4.2.3. Séries temporelles des houles imposées

Les caractéristiques des séries temporelles de houles imposées aux limites des modèles sont présentées dans le tableau ci-dessous et dans les figures ci-après.

Tableau 4.1 : Principales caractéristiques des houles en entrée du modèle

	T = 1 an	T = 10 ans	T = 50 ans
Nombre de vagues	113	102	103
Hs	3.1 m	3.5 m	4.1 m
Hm0	3.2 m	3.5 m	4.1 m
Hmax	5.5 m	6.4 m	7.1 m
Tm	7.7 s	8.5 s	9.5 s
Tp	10.1 s	10.5 s	11.5 s

Par ailleurs, les séries temporelles, les histogrammes de hauteur de houle et de période pic ainsi que les graphes hauteur de houle vs période sont présentés dans les figures ci-dessous. Il s'agit **des séries temporelles générées à la frontière liquide du modèle**. Les modélisations sont réalisées sur une durée de 1000s nécessaire à l'établissement d'une série temporelle de surface libre permettant de représenter correctement les caractéristiques des houles, et ainsi **représentative d'un cycle complet de houles au cours d'une tempête**.

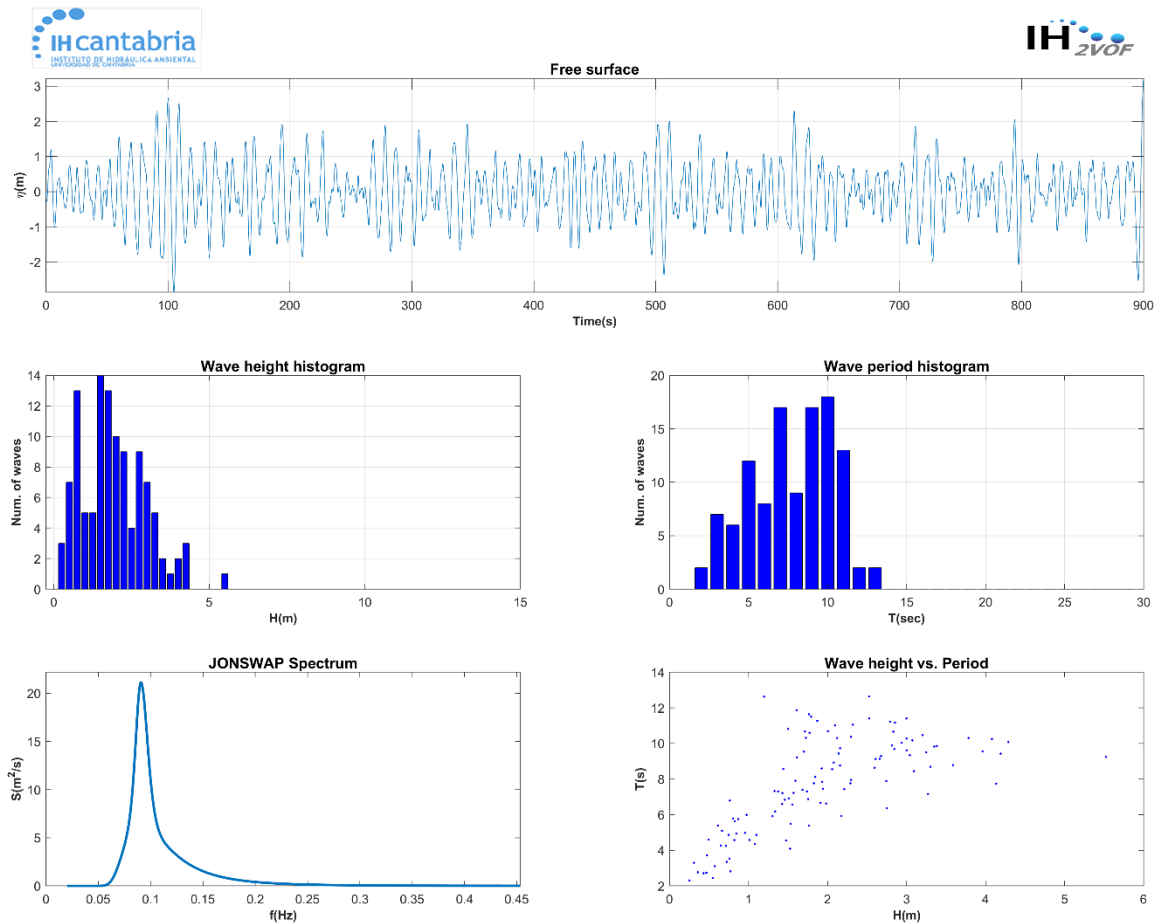


Figure 4.5 : Caractéristiques détaillées des houles de période de retour annuelle générées à l'entrée du modèle

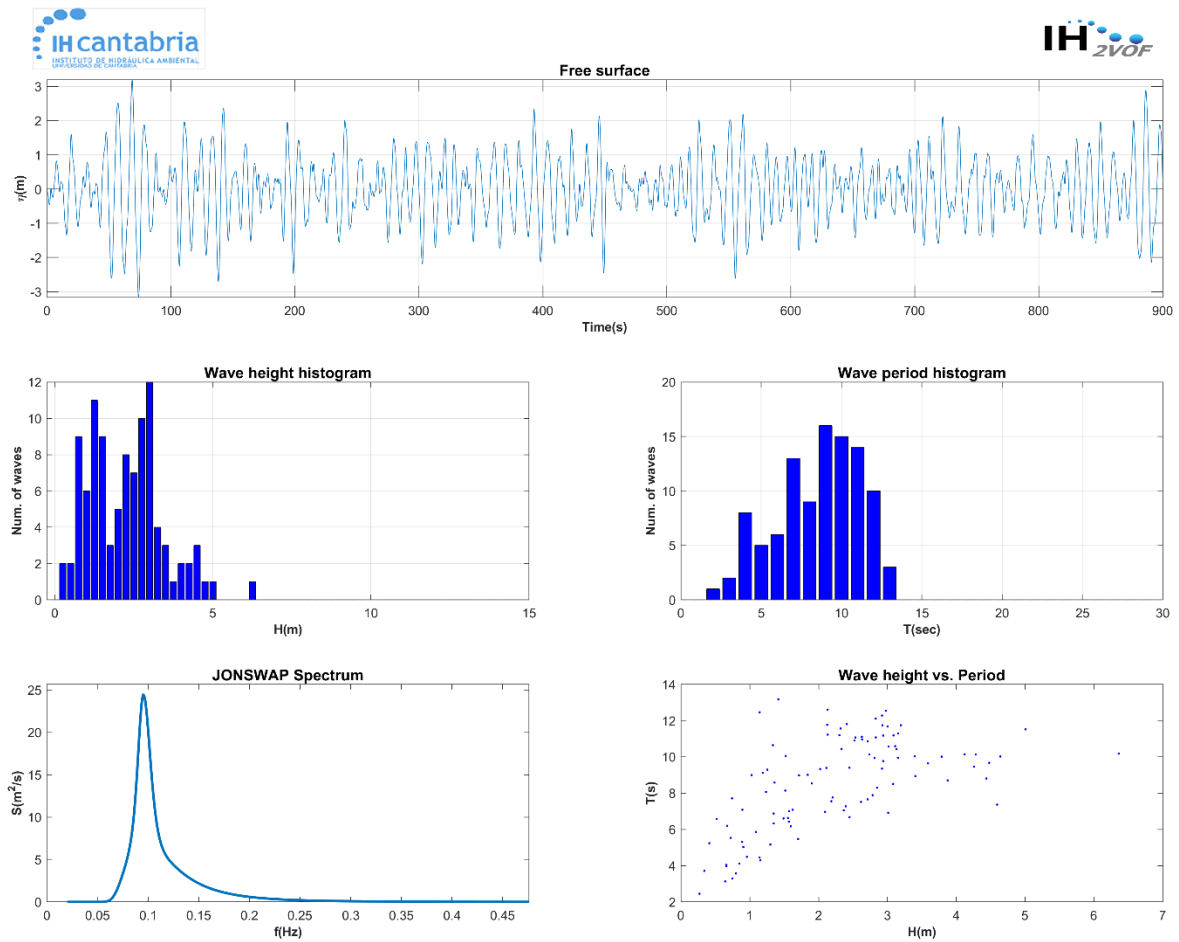


Figure 4.6: Caractéristiques détaillées des houles de période de retour décennale générées à l'entrée du modèle

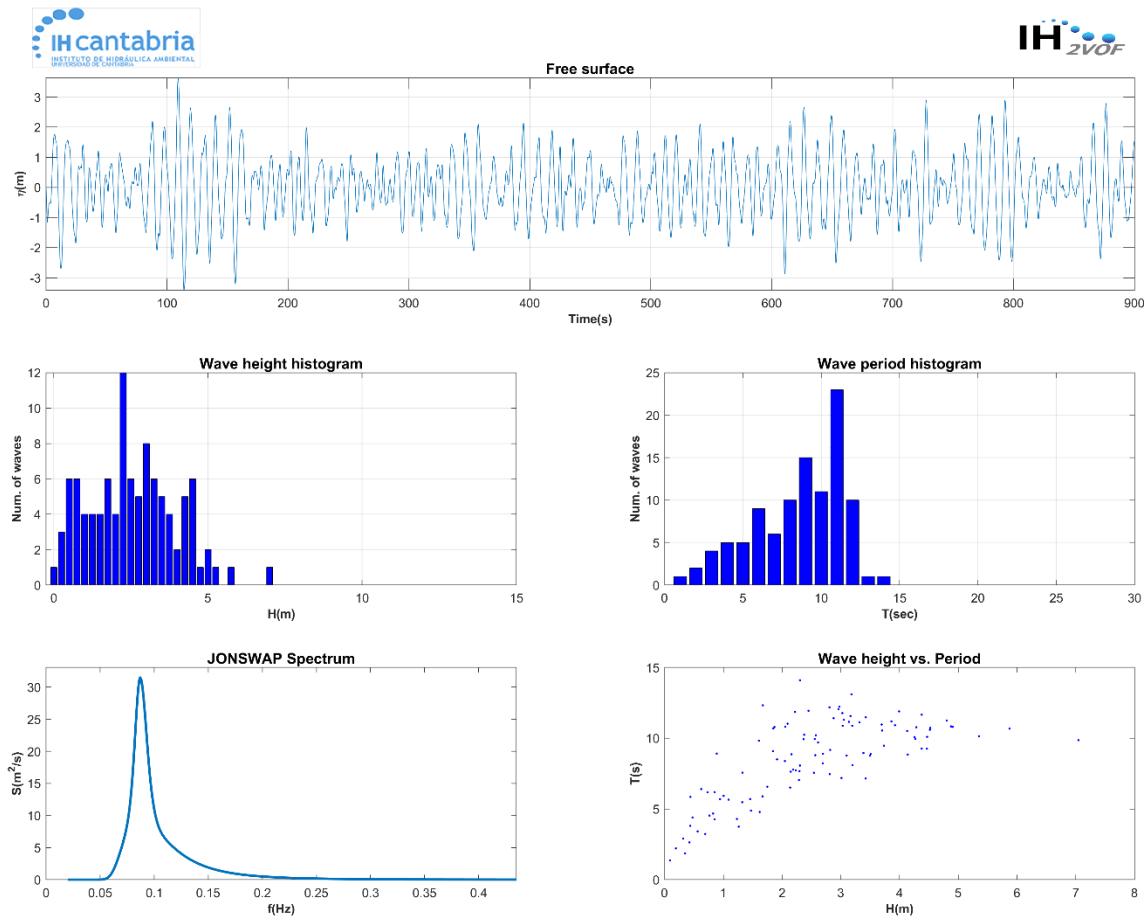


Figure 4.7: Caractéristiques détaillées des houles de période de retour cinquantennale générées à l'entrée du modèle

4.3. Résultats : franchissements par paquets de mer - débits et volumes de franchissements et enveloppes de run-up / run-down

Les résultats des franchissements par paquets de mer pour l'ensemble des configurations et des tempêtes de période de retour 1 an, 10 ans et 50 ans (considérant la hausse du niveau marin à l'horizon 2100) sont présentés dans les tableaux ci-après.

Les paramètres suivants sont analysés :

- Débit franchissant moyen : q (en l/s/m) ;
- Volume franchissant instantané maximal : V (en l/m) ;
- Epaisseur maximale de la lame d'eau franchissante (en m).

A noter que la sonde numérique pour extraire ces paramètres de franchissement est localisée à l'arrière du cordon d'enrochements.

Il a été décidé pour la condition annuelle (T1) de réaliser les simulations avec et sans changement climatique (CC).

Le *Tableau 4.2* met en avant l'effet notable de l'ouvrage pour le **profil P1** situé au droit du Port Abri : dans le cas d'un retrait de l'ouvrage par rapport à l'état existant, les franchissements (notamment les débits franchissant moyens q et les volumes instantanés maximaux V) sont fortement augmentés (+20%) pour toutes périodes de retour.

L'effet de l'ouvrage sur la réduction des franchissements pour le **profil P2** est moins significatif ; que ce soit pour les débits ou les volumes

Tableau 4.3).

Des illustrations des vagues franchissantes pour chacun des profils modélisés sont données en *Figure 4.8* et *Figure 4.9* (profil P1 existant et « projet DDTM ») et *Figure 4.10* et *Figure 4.11* (profil P2 existant et « projet DDTM »).

Les processus de franchissement et l'effet des ouvrages sont également illustrés à travers les enveloppes maximales de run-up et run-down (Annexe 3). En l'état existant les houles incidentes frappent contre les enrochements et arrivent ainsi à franchir avec des débits et volumes réduits, alors que pour l'état aménagé / après retrait de l'ouvrage en enrochements, les houles déferlent entièrement sur le talus / TN et entraînent des débits de franchissements plus importants et dangereux à la fois pour la sécurité des piétons et pour de potentiels dégâts structurels.

Tableau 4.2: Valeurs de franchissement pour l'état existant et après retrait de l'ouvrage / cordon d'enrochements - P1

Profil	1an sans CC			1an avec CC			10ans avec CC			50ans avec CC		
	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)
P1 avec enrochements (existant)	6,6	640	0,3	12,2	1050	0,6	77,8	2800	1	94,4	3750	1,1
P1 sans enrochements (projet DDTM)	8,9	800	0,3	17,8	1300	0,6	88,9	3600	1	111,1	4800	1,1
Différence en %	26%	20%	0%	31%	19%	0%	12%	22%	0%	15%	22%	0%

Tableau 4.3: Valeurs de franchissement pour l'état existant et après retrait de l'ouvrage / cordon d'enrochements et du remblai – P2

Profil	1an sans CC			1an avec CC			10ans avec CC			50ans avec CC		
	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)
P2 avec enrochements (existant)	4,2	870	0,3	20,6	2095	0,5	100,0	4853	0,8	138,9	7313	0,9
P2 sans enrochements ni remblai (projet DDTM)	4,4	1045	0,3	23,9	2270	0,5	116,7	4973	0,9	144,4	8033	1
Différence en %	5%	17%	0%	14%	8%	0%	14%	2%	11%	4%	9%	10%

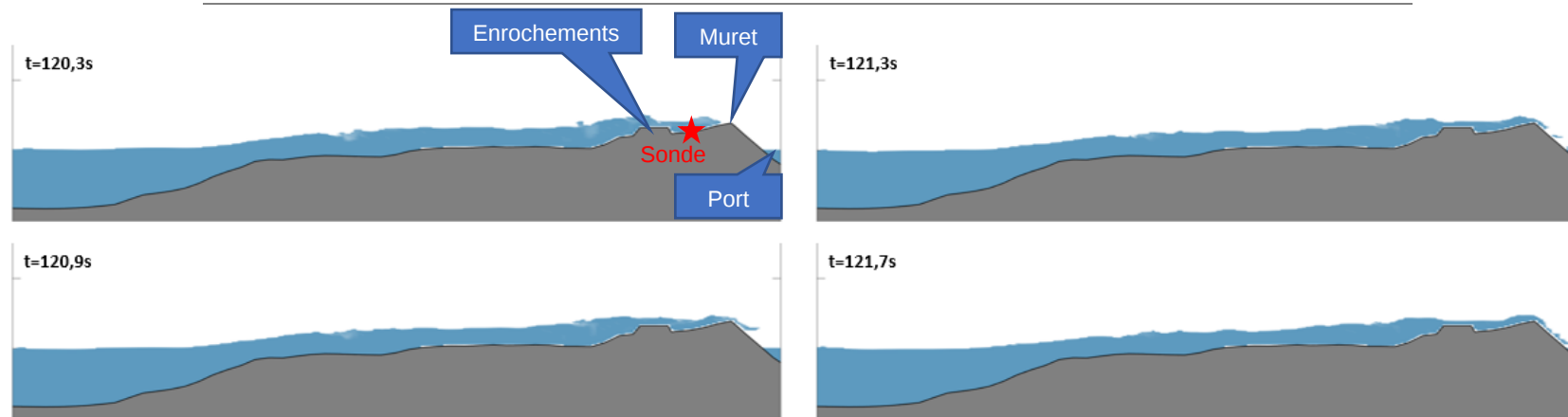


Figure 4.8: Résultats pour tempête annuelle (hors prise en compte CC) en l'état existant / avec enrochements : extraits de propagation d'une vague franchissante – profil P1

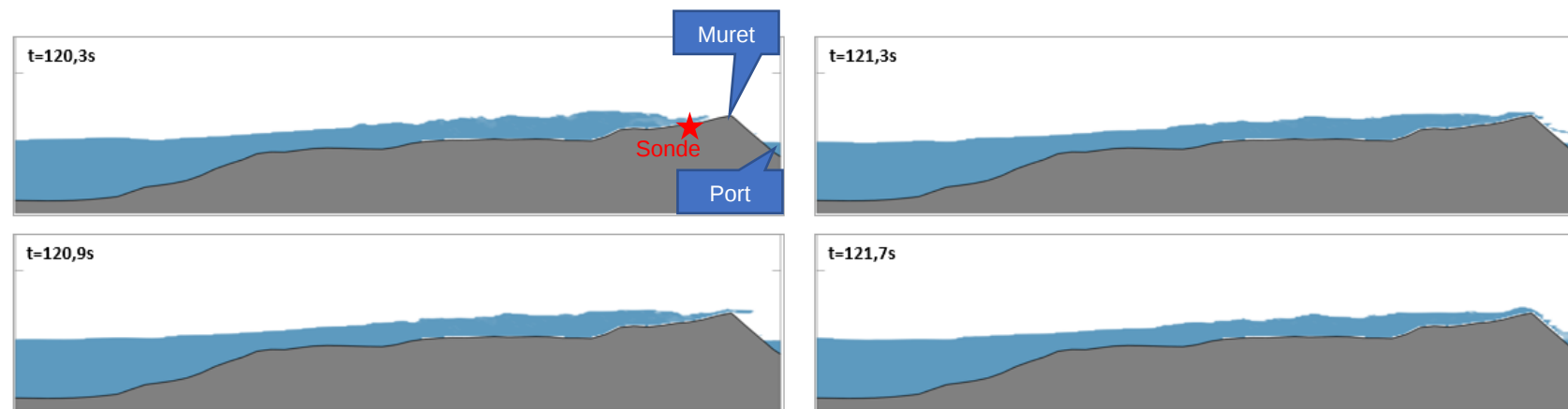


Figure 4.9: Résultats pour tempête annuelle (hors prise en compte CC) en l'état projet DDTM / retrait enrochements : extraits de propagation d'une vague franchissante – profil P1

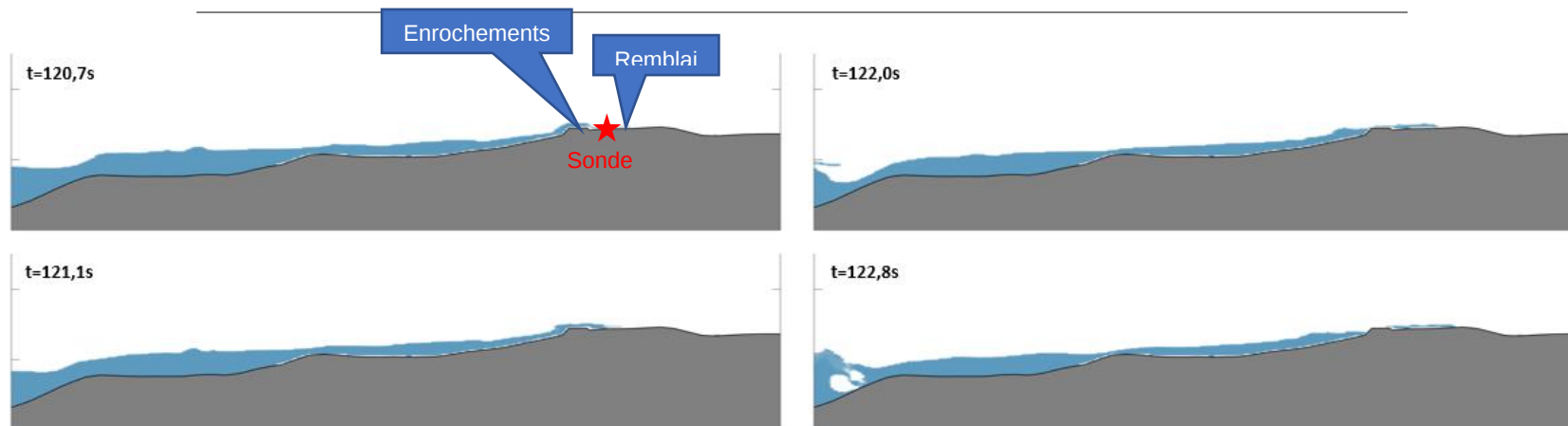


Figure 4.10: Résultats pour tempête annuelle (hors prise en compte CC) en l'état existant / avec enrochements : extraits de propagation d'une vague franchissante – profil P2

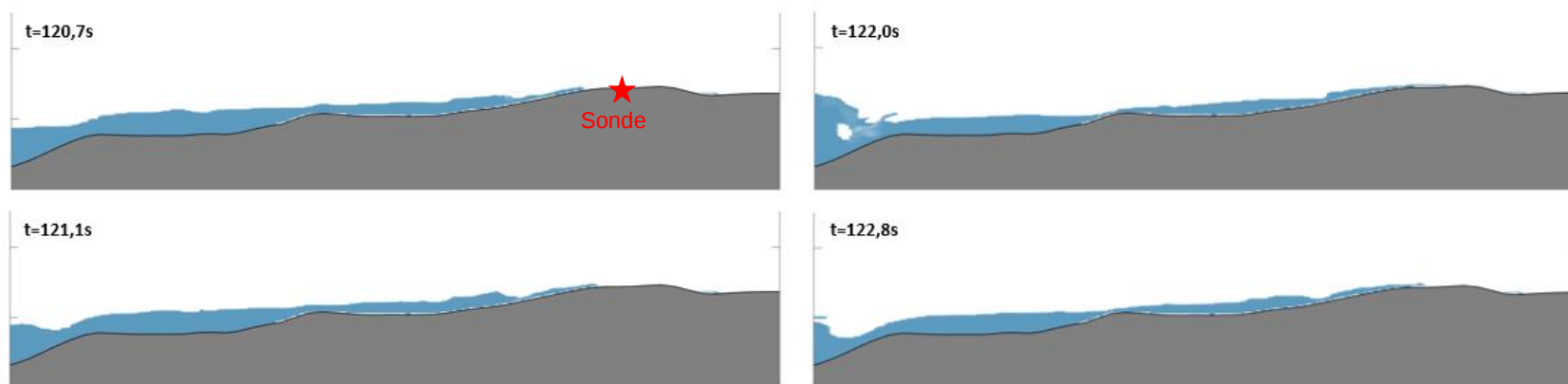


Figure 4.11: Résultats pour tempête annuelle (hors prise en compte CC) en l'état projet DDTM / retrait enrochements et remblai : extraits de propagation d'une vague franchissante – profil P2

5. Conclusions et recommandations

Des modèles numériques de houle ont été mis en œuvre afin de comprendre et quantifier les franchissements au droit de la propriété AWOHAMA à Antibes.

Des conditions représentatives de coups de mer extrêmes (période de retour annuelle, décennale et cinquantennale) de secteur Sud et SSO ont été simulées, avec des hauteurs de houles H_s au droit de l'ouvrage entre 3.1m et 4.1m pour des périodes pic T_p de 10.1s et 11.5s. L'impact du changement climatique (CC) a été pris en compte en réalisant les modélisations avec les effets du changement climatique sur l'élévation du niveau moyen des mers à l'horizon 2100, et en prenant en compte le scénario pessimiste recommandé (+0.8m d'ici à 2100). Par ailleurs, pour des coups de mer de période de retour annuelle, les modélisations ont également été réalisées sans l'impact du changement climatique sur l'élévation du niveau des mers, de manière à connaître l'instant présent.

Les simulations numériques du canal à houle pour ces conditions ont montré des débits franchissant moyens variants entre 6.6 l/s/m pour les conditions annuelles – T1- (sans prise en compte du CC) et 12.2 l/s/m (avec prise en compte CC) pour l'état existant avec cordon d'enrochements pour le profil P1 situé au droit du port abri. Les simulations après retrait du cordon d'enrochements montrent des débits entre 20 et 30% plus importants (8.9 l/s/m et 17.8 l/m/s) pour les conditions annuelles, avec et sans prise en compte de la hausse du niveau marin respectivement. De même, le volume franchissant instantané maximal est significativement plus élevé après retrait du cordon en enrochements car il n'y a plus d'ouvrage pour arrêter les lames d'eau. Les planches de propagation du canal à houle numérique illustrent l'effet d'amortissement du cordon d'enrochements sur la plupart des vagues ; même si l'ouvrage est tout de même franchi.

Les simulations montrent donc un réel intérêt de l'ouvrage / cordon en enrochements sur le secteur au droit du port abri (P1) sur la réduction des débits et volumes franchissant (de 20 à 30%).

Pour le profil P2, les différences entre état existant et aménagé (projet DDTM) sont moins marquées que pour le profil P1. Les simulations numériques du canal à houle ont montré des débits franchissant moyens variants entre 4.2 l/s/m pour les conditions annuelles – T1- (sans prise en compte du CC) et 20.6 l/s/m (avec prise en compte CC) pour l'état existant avec cordon d'enrochements et le remblai en place. Les simulations après retrait du cordon d'enrochements et du remblai montrent des débits du même ordre de grandeur (4.4 l/s/m et 23.9 l/m/s pour les conditions annuelles, avec et sans prise en compte du CC, respectivement).

L'ouvrage au droit du port abri (P1) joue donc un rôle pour la sécurité des biens et des personnes et son maintien (voire son amélioration/optimisation) est justifié.

Pour le profil P2 (secteur au droit du jardin), les résultats d'atténuation des franchissements sont moins probants, et le maintien du cordon d'enrochements ne se justifie pas.

Les caractéristiques du remblai peuvent avoir un impact sur le run-up et les valeurs de franchissement, mais cet impact est négligeable en comparaison des paquets de mer franchissant. Par exemple, on observe une diminution du run up avec une augmentation de la porosité (p.ex. ballast vs roche), et une diminution du run up avec une diminution de la pente. Plus la pente d'un talus est forte, plus les franchissements sont importants.

En fonction de l'épaisseur du remblai au droit de P2, l'aménagement d'un ouvrage de protection est nécessaire (type muret maçonné ou gabions) dans le cas où le MOA souhaite réduire ou empêcher les franchissements sur ce linéaire.

6. Références

1. IGN - [Remonter le temps \(ign.fr\)](https://www.ign.fr/)
2. Olivier Berbenni Géomètre Expert, Juin 2022. Plan masse AOT. REF 05056_AOT_TOPO.dgw.
3. Plan Local d'Urbanisme (PLU) Commune d'Antibes – Porter-à-connaissance des aléas de submersion marine – Note de présentation et recommandations. Pièce 8B. PLU révisé approuvé par DCM le 29 Mars 2019.
4. GLOBOCEAN, 2020. Etats de mer au large des baies de Cannes et Golfe Juan.
5. CETMEF. REFMAR (Réseaux de référence des observations marégraphiques).
6. SHOM <https://data.shom.fr/>

7. Annexes

Annexe 1 : STATISTIQUE DES ETAT DE MER DU LARGE

Annexe 2 : RESULTATS DU MODELE DE PROPAGATION DE HOULE

Annexe 3 : RESULTATS DU MODELE DE FRANCHISSEMENT – ENVELOPPES DE SUBMERSION

Annexe 4 : RESULTATS DU MODELE DE FRANCHISSEMENT – ENVELOPPES DE SUBMERSION – PROFIL ADDITIONNEL P3

ANNEXE 1 – STATISTIQUES DES ETATS DE MER DU LARGE

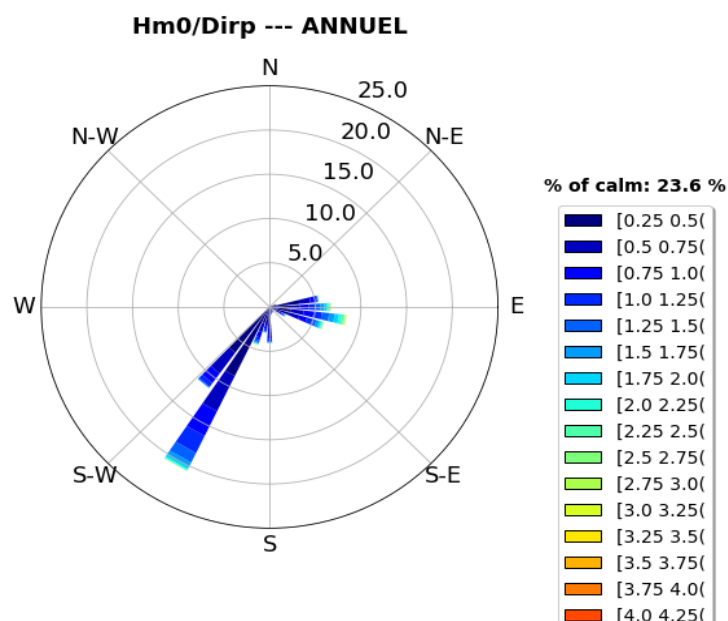


Figure 7.1 : Rose des houles

ANTIBES OUEST - S1 [070° - 140°[						
LOI	GAMMA		alpha = 3,46199			
SEUIL	3,3		lambda = 1,33262			
TEMPETES	58,00					
NB/AN	2,1					
PdR		Hm0 (m)			Paramètres associés les plus probables	
	Inf	Mode	Sup	Tp (s)		Dirp (°/N)
1	3,6	3,6	3,7	8,4	8,5	[080 - 110°[
10	4,1	4,4	4,6	8,8	9,2	
30	4,3	4,7	5,1	9,0	9,5	
50	4,4	4,9	5,3	9,1	9,7	
100	4,6	5,1	5,6	9,2	9,8	
ANTIBES OUEST - S2 [140° - 220°[						
LOI	GAMMA		alpha = 4,40542			
SEUIL	3,0		lambda = 1,72396			
TEMPETES	57,00					
NB/AN	2,0					
PdR		Hm0 (m)			Paramètres associés les plus probables	
	Inf	Mode	Sup	Tp (s)		Dirp (°/N)
1	3,2	3,3	3,4	10,0	10,2	[180° - 210°[
10	3,7	3,9	4,1	10,5	10,9	
30	3,9	4,2	4,5	10,7	11,2	
50	4,0	4,4	4,7	10,8	11,4	
100	4,1	4,5	4,9	10,9	11,6	

Figure 7.2 : Extrêmes d'états de mer pour les secteurs Est (haut) et Sud (bas)

ANNEXE 2 – RESULTATS DU MODELE DE PROPAGATION DE HOULE

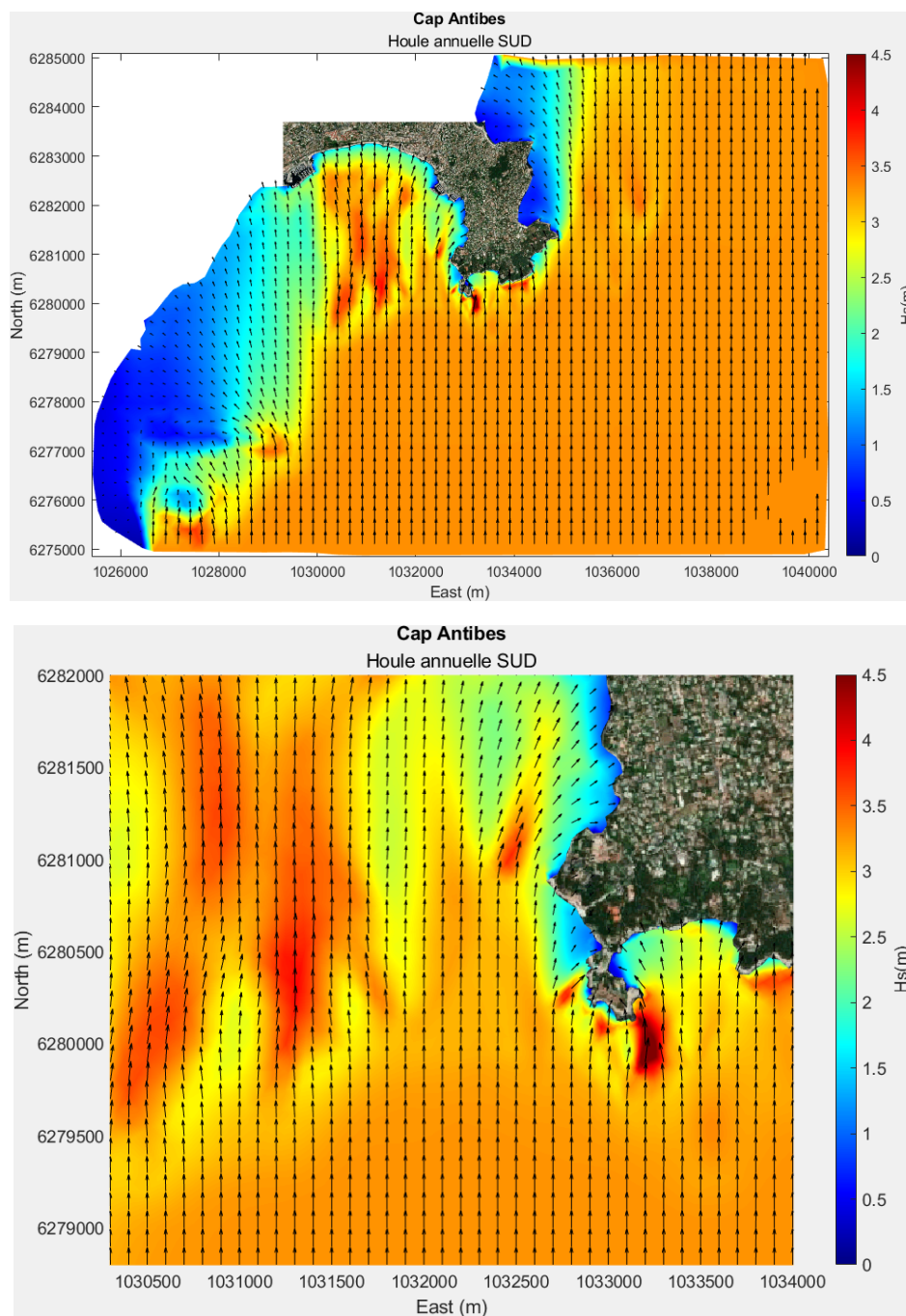


Figure 7.3: Vue rapprochée – Houle de secteur SUD ($H_s=3.1m$, $T_p=10.1s$)

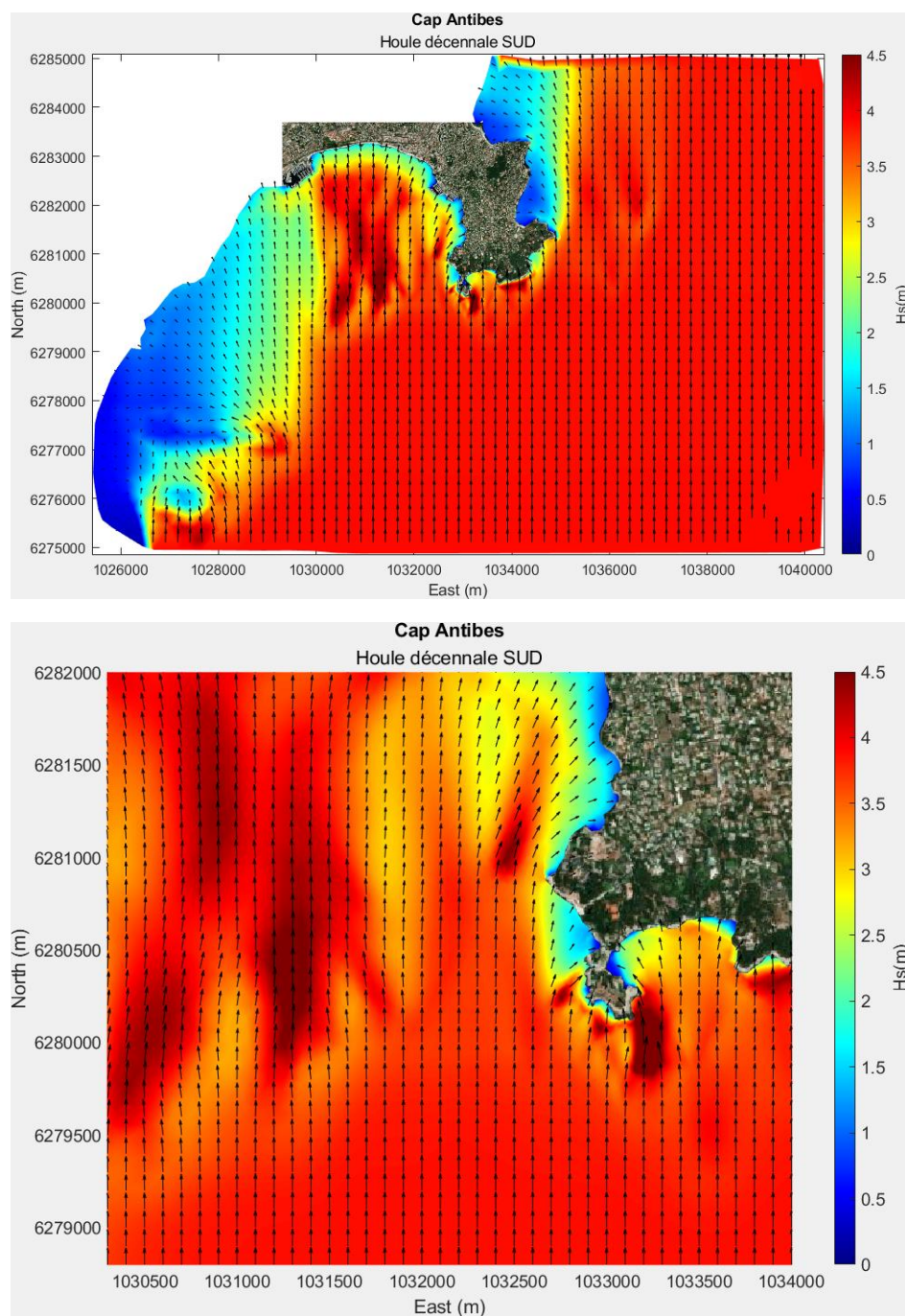


Figure 7.4: Vue globale – Houle de secteur SUD ($H_s=3.7m$, $T_p=10.7s$)

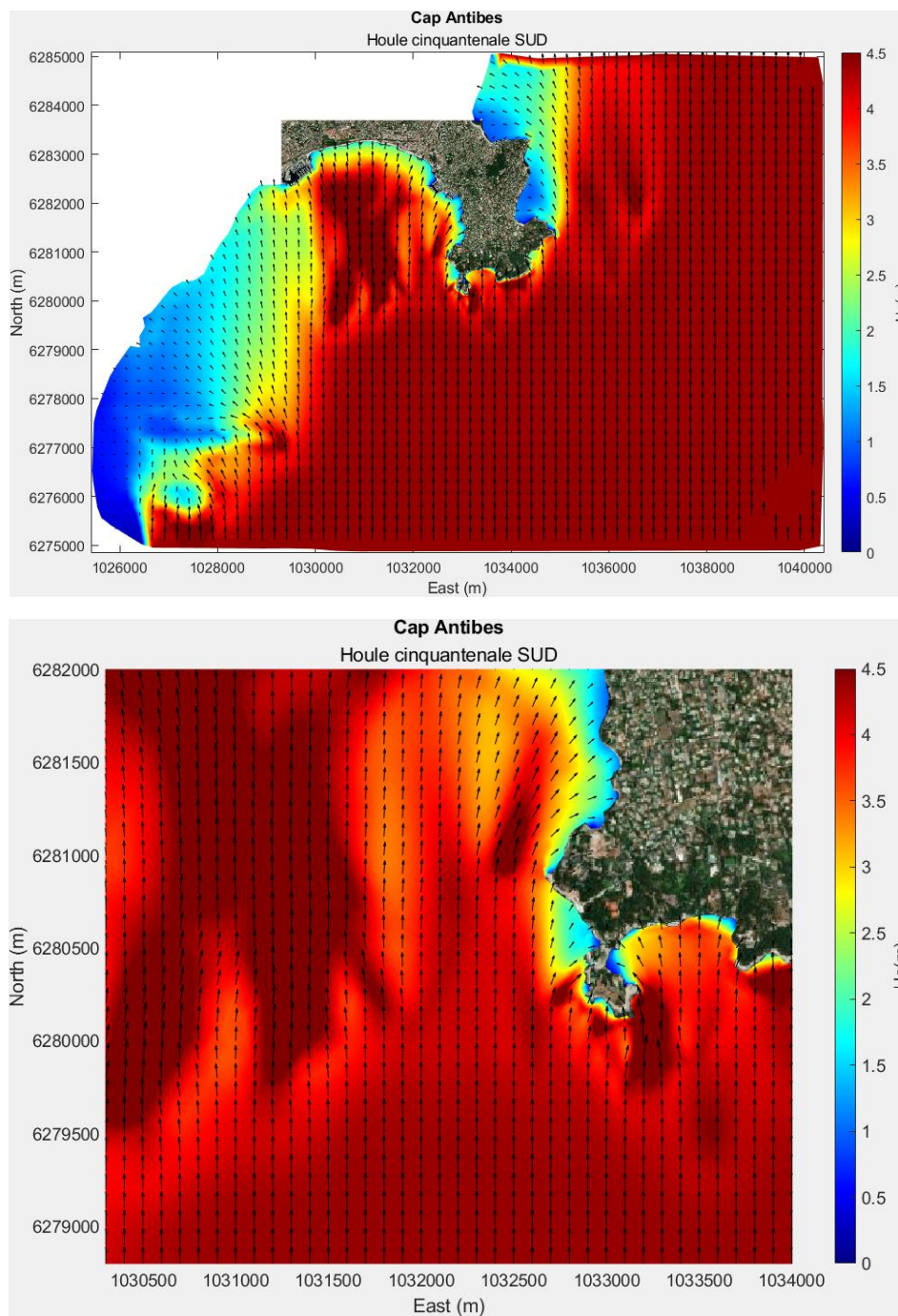


Figure 7.5: Vue rapprochée – Houle de secteur SUD ($H_s=4.1m$, $T_p=11.2s$)

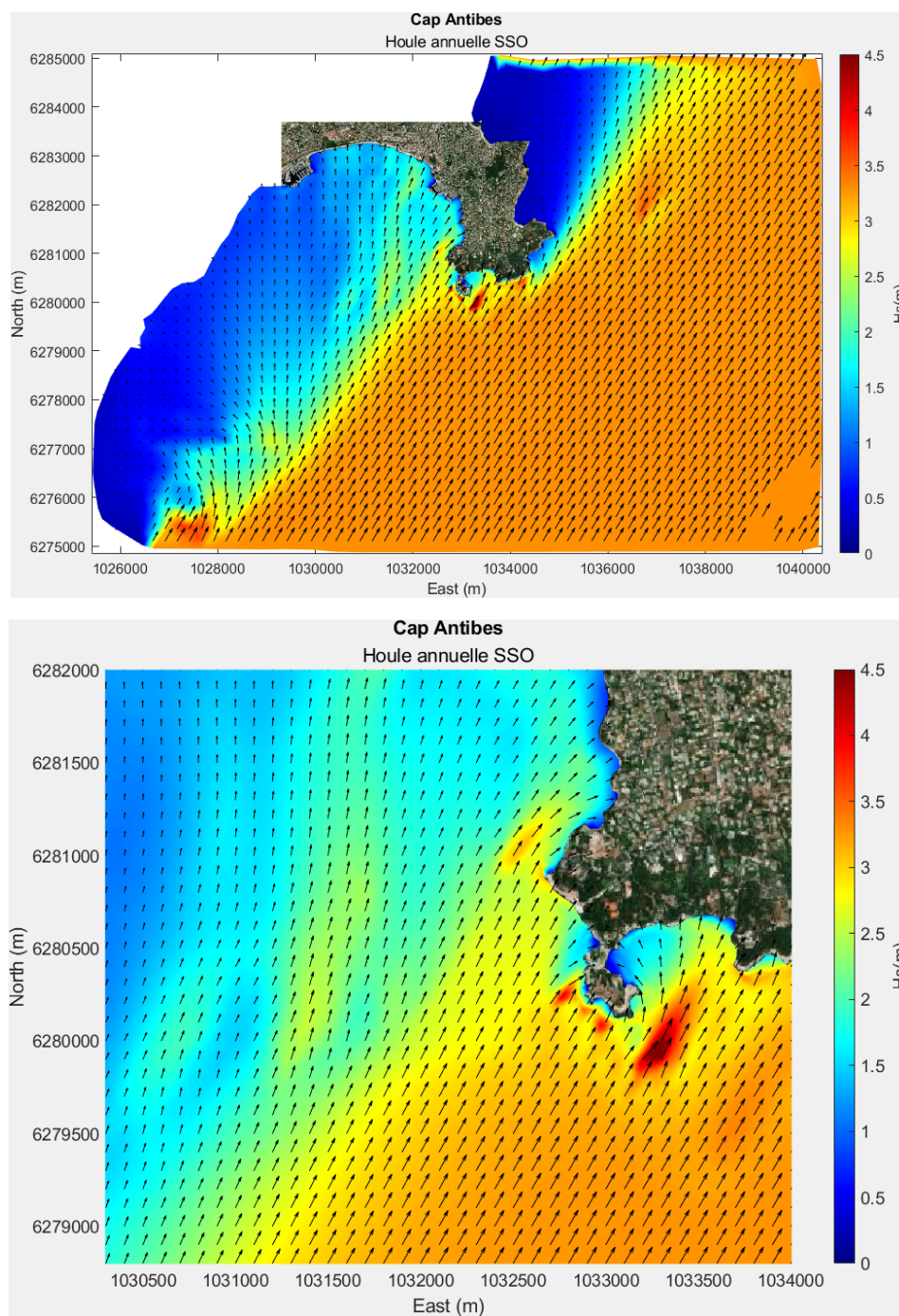


Figure 7.6: Vue rapprochée – Houle de secteur SSO ($H_s=3.1m$, $T_p=10.1s$)

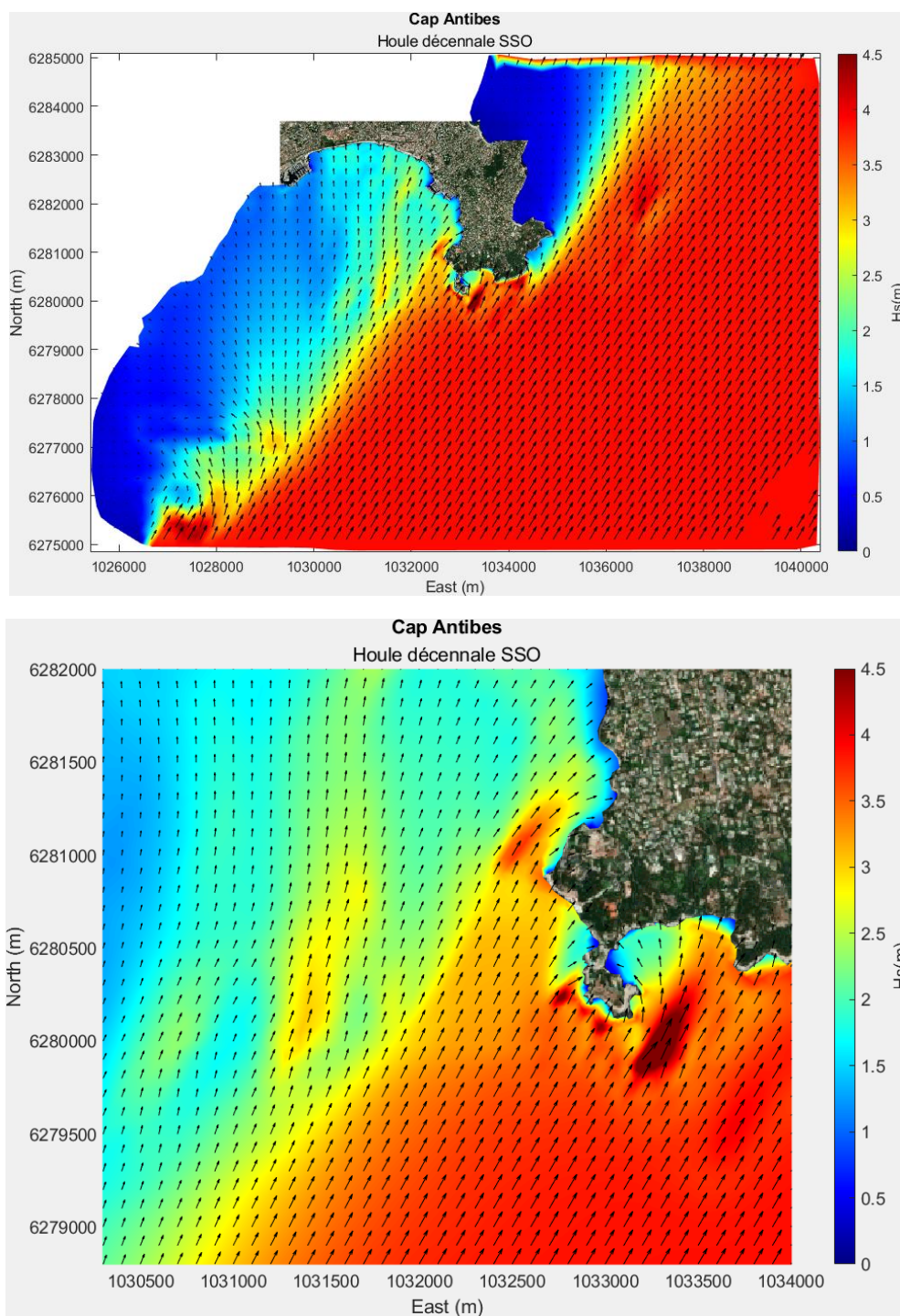


Figure 7.7: Vue rapprochée – Houle de secteur SSO ($H_s=3.7m$, $T_p=10.1s$)

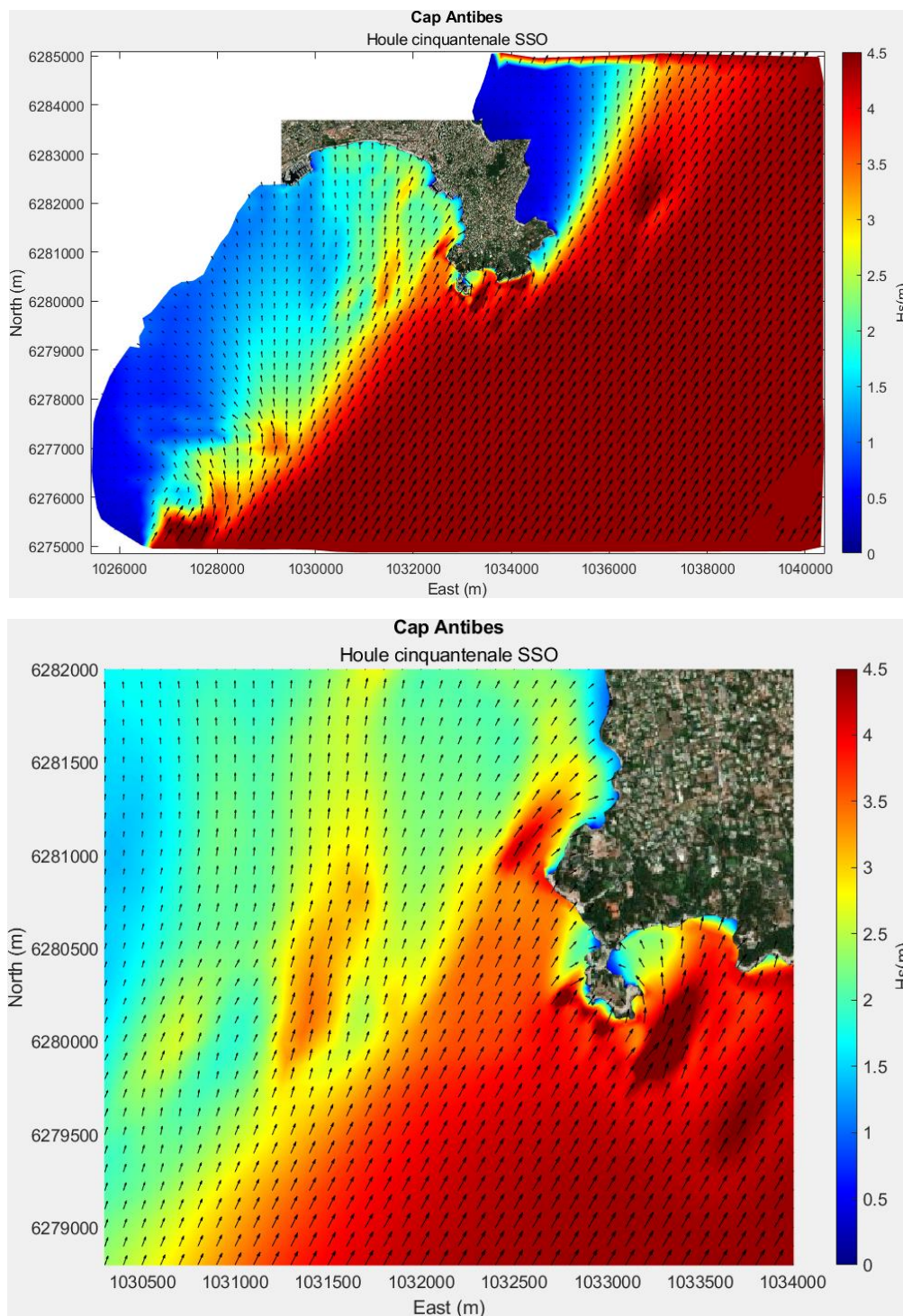


Figure 7.8: Vue rapprochée – Houle de secteur SSO ($H_s=4.1m$, $T_p=11.2s$)

ANNEXE 3 – RESULTATS DU MODELE DE FRANCHISSEMENT – ENVELOPPES DE SUBMERSION

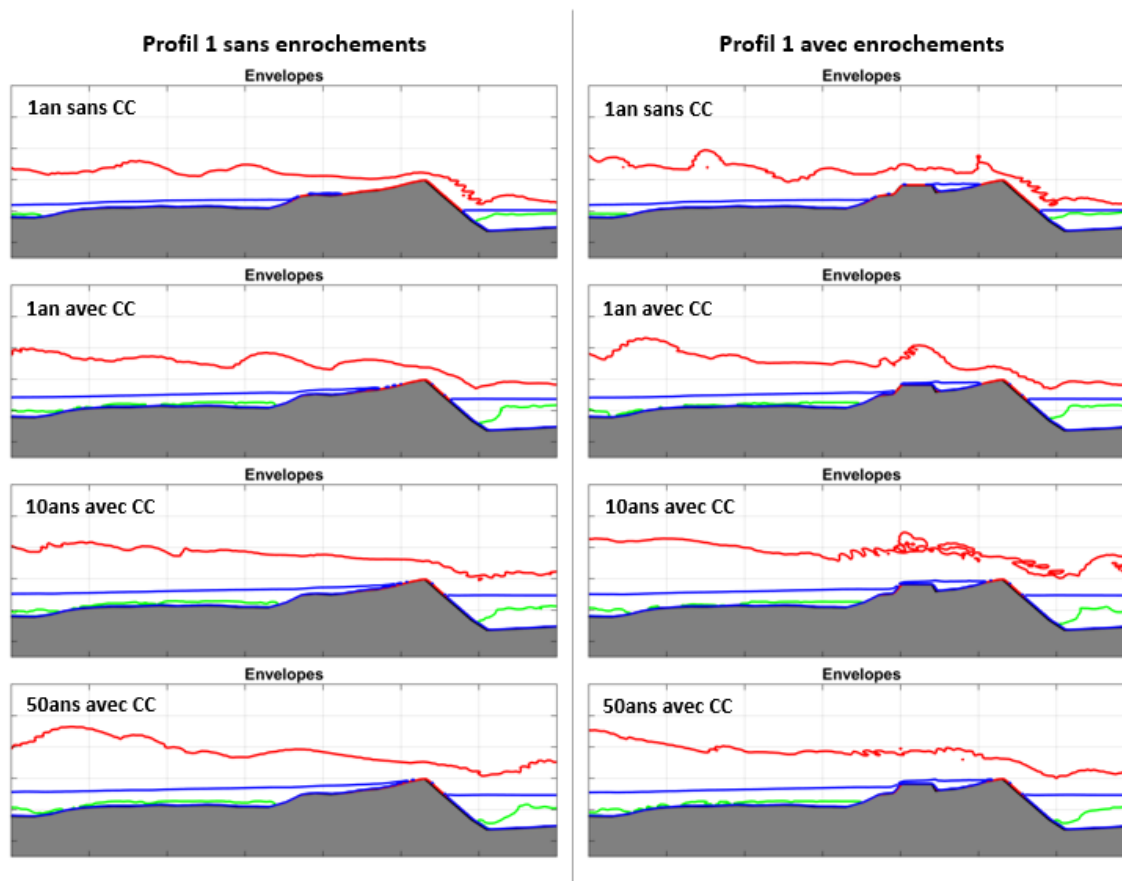


Figure 7.9 : Enveloppes du run-up/run-down modélisées sur le profil initial (droite) et pour retrait de l'ouvrage (gauche) pour l'ensemble des conditions hydrodynamiques – trait rouge : run-up maximal ; trait bleu : niveau moyen ; trait vert : run-down maximal – P1

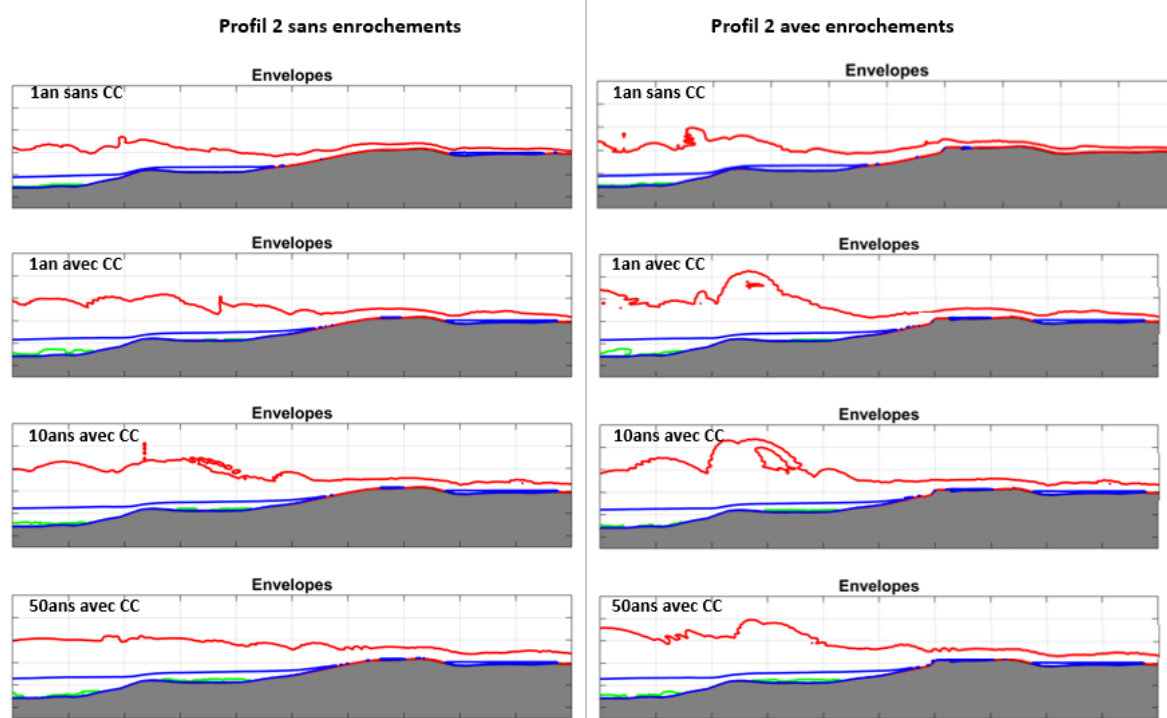


Figure 7.10 : Enveloppes du run-up/run-down modélisées sur le profil initial (droite) et pour retrait de l'ouvrage (gauche) pour l'ensemble des conditions hydrodynamiques – trait rouge : run-up maximal ; trait bleu : niveau moyen ; trait vert : run-down maximal – P2

ANNEXE 4 – RESULTATS DU MODELE DE FRANCHISSEMENT – ENVELOPPES DE SUBMERSION – PROFIL ADDITIONNEL P3

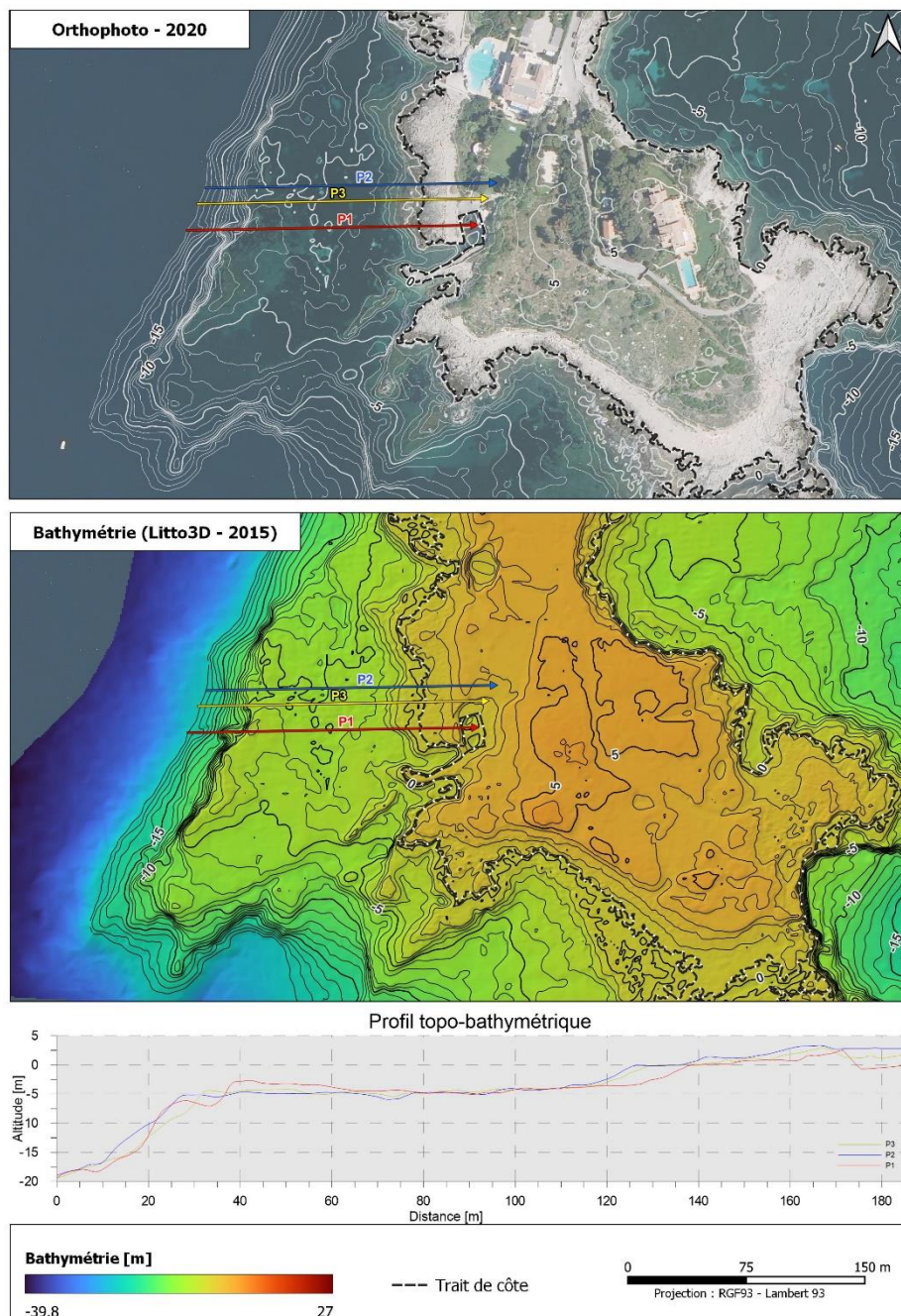


Figure 7-11: Profil topo-bathymétrique au droit des profils P1, P2 et P3

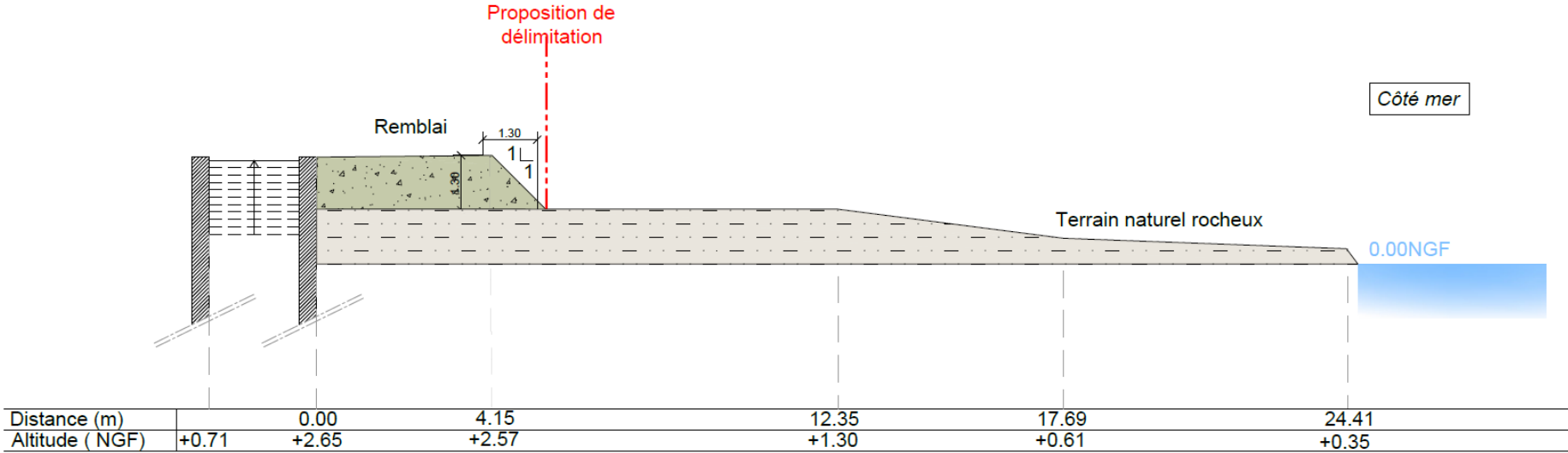
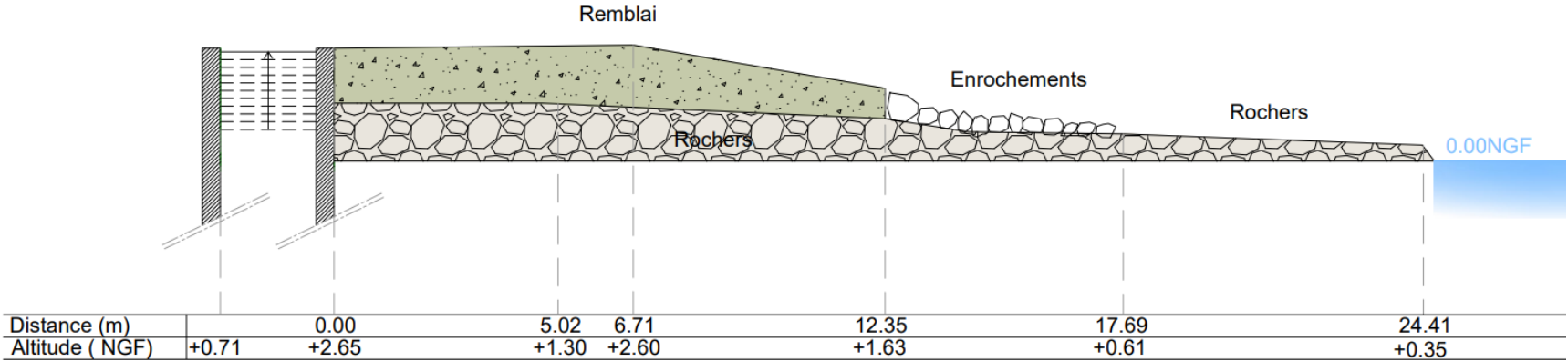


Figure 7-12: Coupe type au droit du profil P3 – Etat existant en haut / Suite retrait remblai et enrochements en bas – ICTP 2023

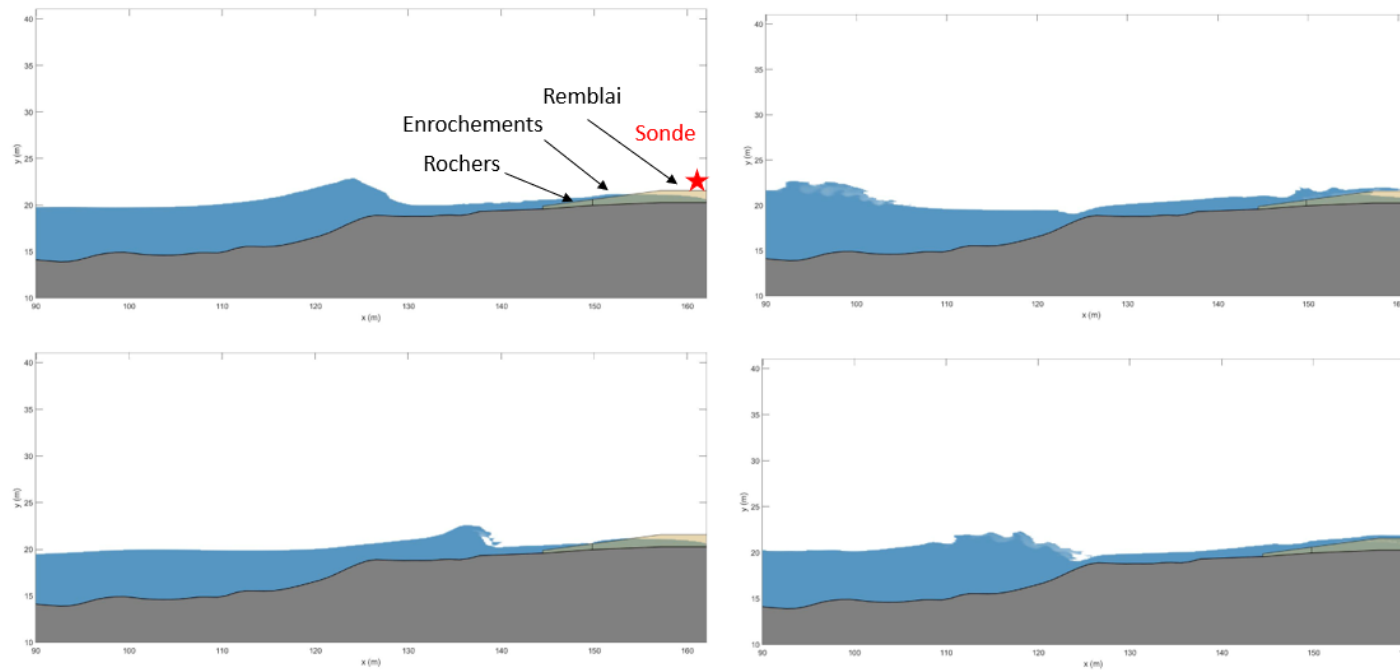


Figure 7-13: *Résultats pour tempête annuelle (hors prise en compte CC) en l'état existant (01/2023) : extraits de propagation d'une vague franchissant – profil P3*

Tableau 7.1: Valeurs de franchissement pour le profil P3 pour l'état existant (01/2023) et à la suite du retrait du remblai et des enrochements

Profil	1an sans CC			1an avec CC			10ans avec CC			50ans avec CC		
	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)	q (l/s/m)	Vmax (l/m)	Epaisseur lame d'eau (m)
P 3 état 01/2023 (existant)	2,2	400	0,3	23,3	1930	0,6	50,0	4050	0,8	66,7	7210	1
P3 avec retrait remblai (projet DDTM)	3,8	580	0,4	40,1	2837	0,7	88,5	6035	0,9	116,0	10670	1,2
Différence en %	42%	31%	25%	41%	32%	14%	43%	32%	11%	42%	32%	16%

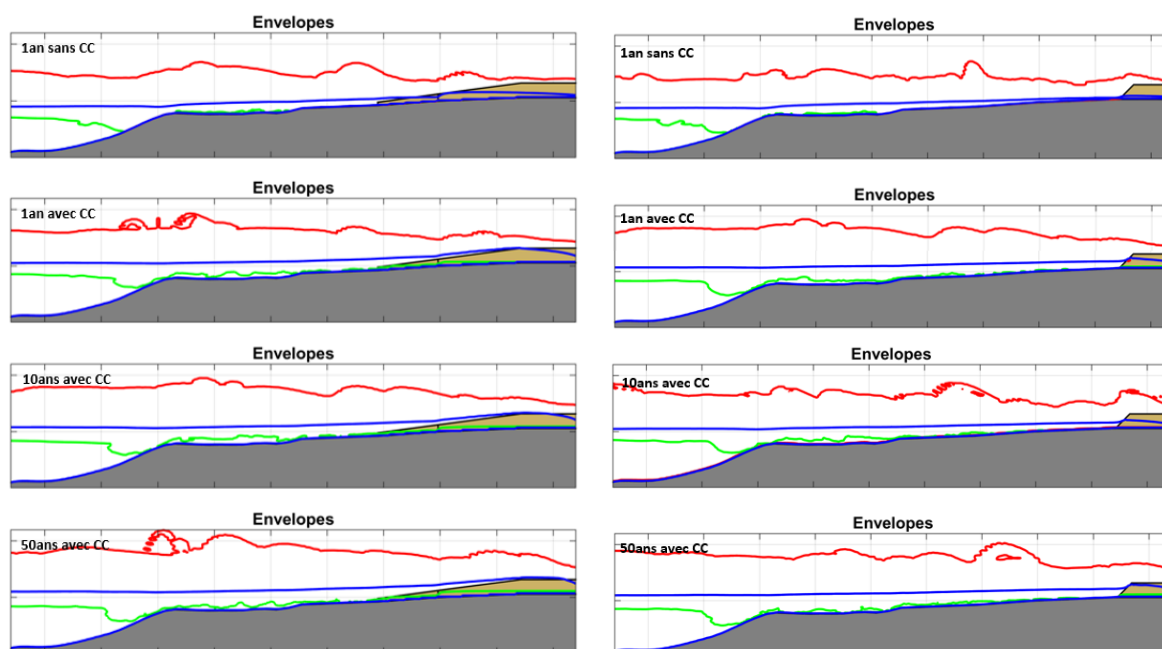


Figure 7-14: Enveloppes du run-up/run-down modélisées sur le profil P3 – configuration 2023 à gauche et après retrait remblai (projet DDTM) à droite pour l'ensemble des conditions hydrodynamiques – trait rouge : run-up maximal ; trait bleu : niveau moyen ; trait vert : run-down maximal – P3

Annexe n°2 : Estimations de travaux
--



SCI AWOHAMA
VILLA AIGUE MARINE - ANTIBES (06)
DEMANDE D'AOT - JUSTIFICATION ROLE PROTECTION SUBMERSION MARINE
Estimation du montant des travaux

date : 03/02/2023

N°	Désignation des prestations	Unité	Quantité	Prix Unitaire HT en euros	Montant HT en euros
1	Installation de chantier et travaux préparatoires				
1.1	Installation de chantier (Consignation des réseaux, amené et repli du matériel de chantier, mise en sécurité, mesure de protection environnement,...) + études d'exécution et récolement	ft	1	4 621,50	4 621,50 €
				Sous total 1	4 621,50 €
2	Création du muret				
2.1	Coulage béton	m3	15	1 000,00	15 000,00 €
2.2	Création du mur poids en pierres naturelles	ml	38	250,00	9 500,00 €
2.3	Remblai (matériaux du site)	m3	70	25,00	1 750,00 €
2.4	Géotextile	ml	38	70,00	2 660,00 €
2.5	Drain (cailloux issus du site)	ml	38	50,00	1 900,00 €
				Sous total 2	30 810,00 €
Nota : La conjoncture actuelle incite certaines entreprises, en recherche d'activité, à répondre à des prix très bas avec des rabais pouvant aller jusqu'à 40 % a priori difficilement justifiables. Ne pouvant préjuger des rabais ou des efforts que les entreprises pourront consentir, il nous parait raisonnable de ne pas intégrer cette variable dans l'établissement de nos estimations. Ces dernières sont établies sur la base de moyennes de prix unitaires, issues de consultations similaires récentes, pour des appels d'offres lancés dans la même région.				TOTAL HT	35 431,50 €
				ALEAS 10%	3 543,15 €
				TOTAL GENERAL HT	38 974,65 €
				TVA 20%	7 794,93 €
				TOTAL TTC avec ALEAS	46 769,58 €