

Ville de Théoule-sur-Mer

1 place général Bertrand
BP 40001
06591 Théoule-sur-Mer Cedex

**DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS
PREALABLE A LA REALISATION EVENTUELLE
D'UNE EVALUATION ENVIRONNEMENTALE -
ANNEXES 3, 4, 5, 7, 8 et 9.
Mars 2023– Indice A**



**Mission de maitrise d'œuvre pour la
restructuration des épis de protection de la
plage ouest de la Figueirette**

Assistant à Maitrise d'Ouvrage	
Bureau d'études ICTP 254 Corniche Fahnestock 06700 ST-LAURENT DU VAR	 INGÉNIERIE CONSULTANTS TRAVAUX PUBLICS
N° 21/56 – Cas par cas – Ind. A	

ANNEXE 3 :
Plan de situation

Collectivité de Corse

Maître d'Ouvrage :



Ville de Théoule-Sur-Mer

1 Place Général Bertrand
BP4001
06591 THEOULE-SUR-MER

Maître d'Oeuvre :



Ingénierie Consultants Travaux Publics

254 Corniche Fahnestock
06700 Saint Laurent du Var
Tél.: 04 92 12 97 09 - Fax : 04 92 27 97 78
E-mail : ictp@ictp.fr

Mission : Mission de Maîtrise d'Oeuvre pour la
restrucuration des épis de protection de
la plage Ouest de la Figueirette

Plan de situation de la plage Ouest de la Figueirette

Phase :

AVP

Numéro du PLAN :

PS.001

Echelle :

Sans

Indice :

A

Indice	Modifications apportées
A	Première émission

Date

03 août 2022

Numéro d'Affaire :

2 1 5 6

Référence du PLAN :

A V P P S 0 0 1 A



Google Earth

© 2022 TerraMetrics

Plan de situation de Théoule-Sur-Mer

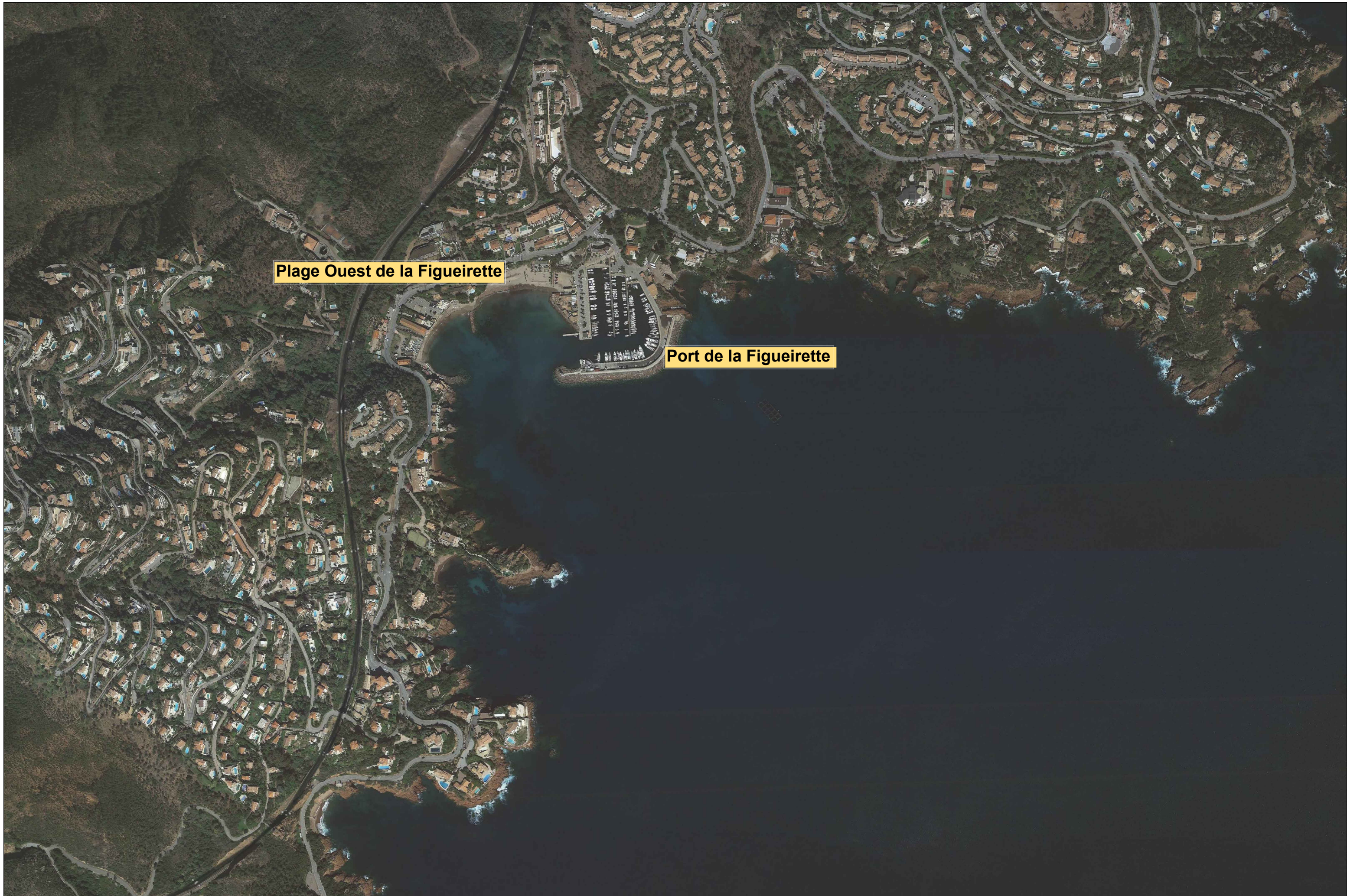
MAÎTRE D'OUVRAGE :
Théoule-sur-mer
1 Place Général Bertrand
BP4001
06591 THEOULE-SUR-MER



MAÎTRE D'OEUVRE :
**Ingénierie Consultants
Travaux Publics**
254 Corniche Fahnestock
06700 Saint Laurent du Var



AVP-PS001-Ind A
Echelle : Sans Page n° 1/3



Plage Ouest de la Figueirette

Port de la Figueirette

Plan de situation de la plage de la Figueirette

MAÎTRE D'OUVRAGE :
Théoule-sur-mer
1 Place Général Bertrand
BP4001
06591 THEOULE-SUR-MER



MAÎTRE D'OEUVRE :
**Ingénierie Consultants
Travaux Publics**
254 Corniche Fahnestock
06700 Saint Laurent du Var



AVP-PS001-Ind A

Echelle : Sans

Page n° 2/3



Plan de situation des épis de la plage de la Figueirette

MAÎTRE D'OUVRAGE :
Théoule-sur-mer
1 Place Général Bertrand
BP4001
06591 THEOULE-SUR-MER



MAÎTRE D'OEUVRE :
**Ingénierie Consultants
Travaux Publics**
254 Corniche Fahnestock
06700 Saint Laurent du Var



AVP-PS001-Ind A
Echelle : Sans Page n° 3/3

ANNEXE 4 :
Photographies de la zone d'intervention



Photo 1 : Vue depuis l'épis Sud vers le large (ICTP novembre 2021)



Photo 2 : Vue depuis l'épis Sud vers le large (ICTP novembre 2021)



Photo 3 : Vue depuis l'épis Sud vers le large (ICTP novembre 2021)



Photo 4 : Vue depuis l'épis Sud vers la plage (ICTP novembre 2021)



Photo 5 : Vue de l'épis Nord depuis la plage (ICTP novembre 2021)

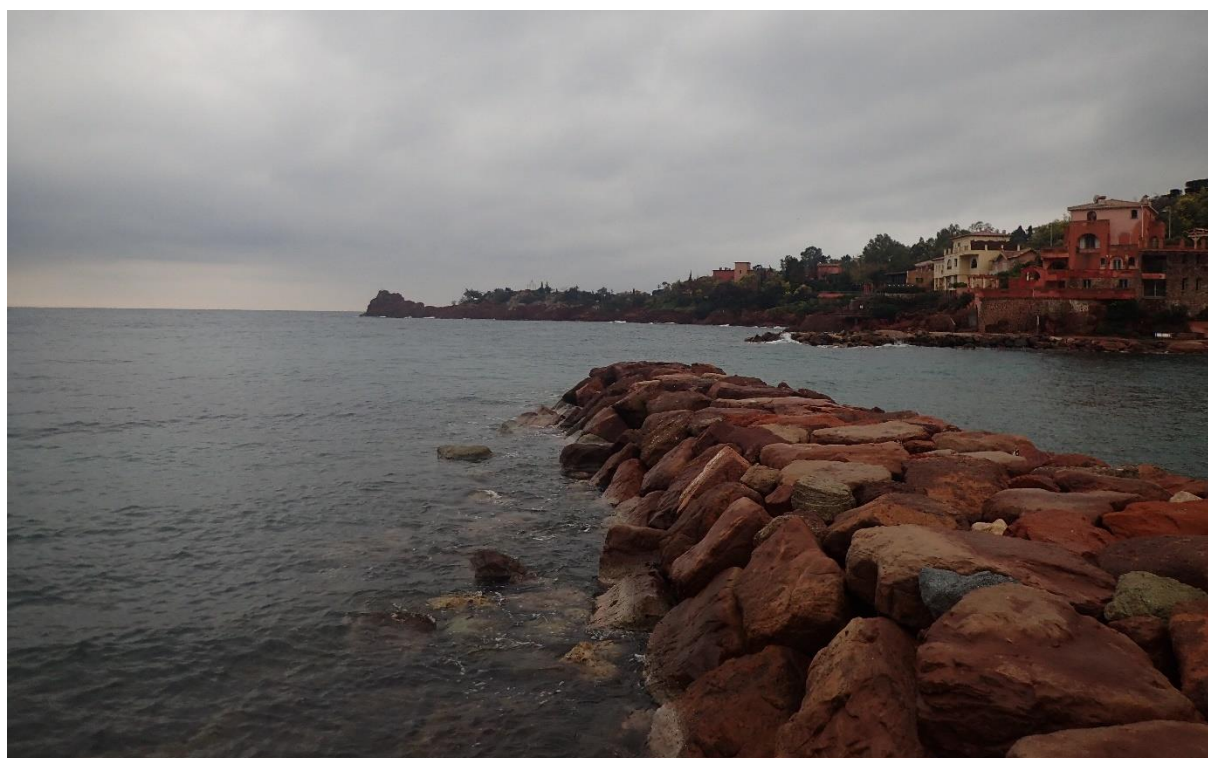


Photo 6 : Vue de l'épis Nord depuis la plage (ICTP novembre 2021)

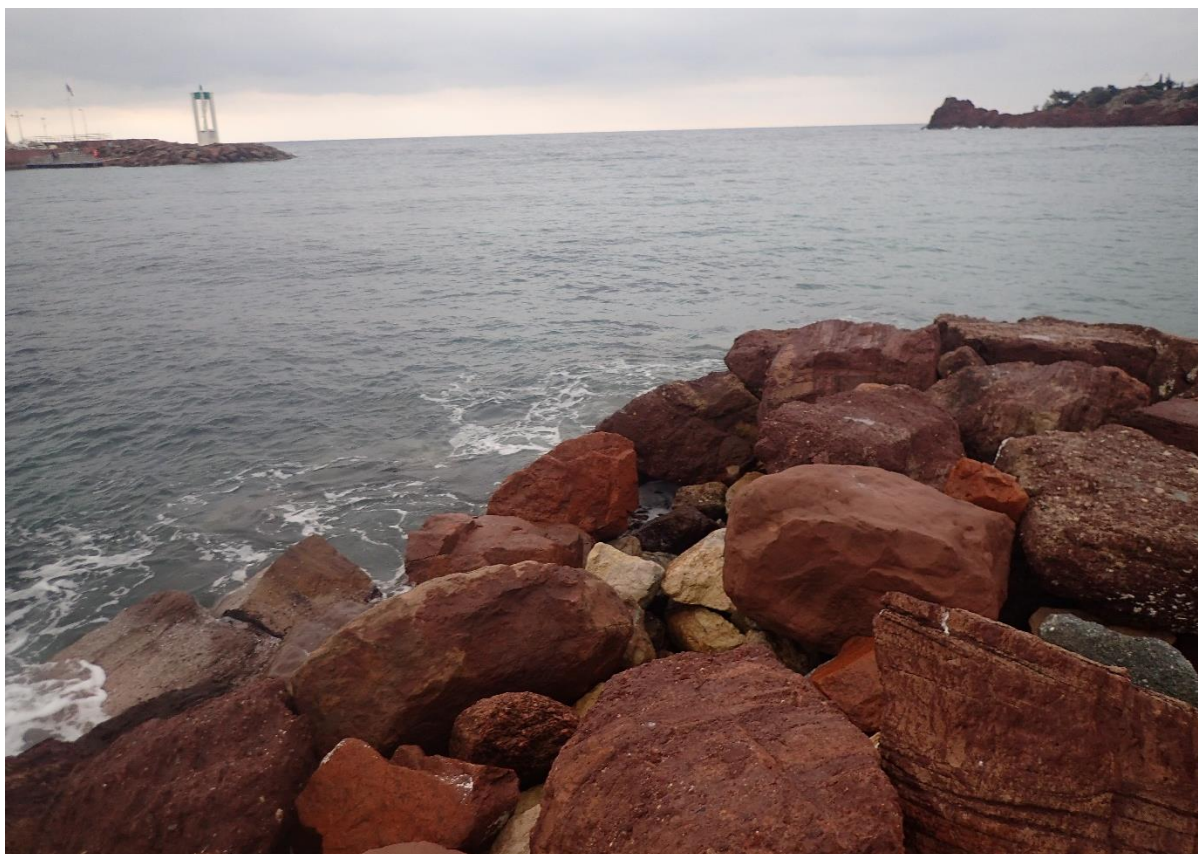


Photo 7 : Vue de l'épis Nord depuis la plage (ICTP novembre 2021)



Photo 8 : Vue de l'épis Nord depuis la plage (ICTP novembre 2021)



Localisation des prises de vue – Google Earth

ANNEXE 5 :
Plans projet

Ville de Théoule-sur-mer

Maître d'Ouvrage :



Ville de Théoule-sur-mer
1 Place du Général Bertrand
BP4001
06590 THEOULE-SUR-MER

Maîtrises 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 :

Mission de maîtrise d'oeuvre pour la restructuration des épis de protection de la plage Ouest de la Figueirette

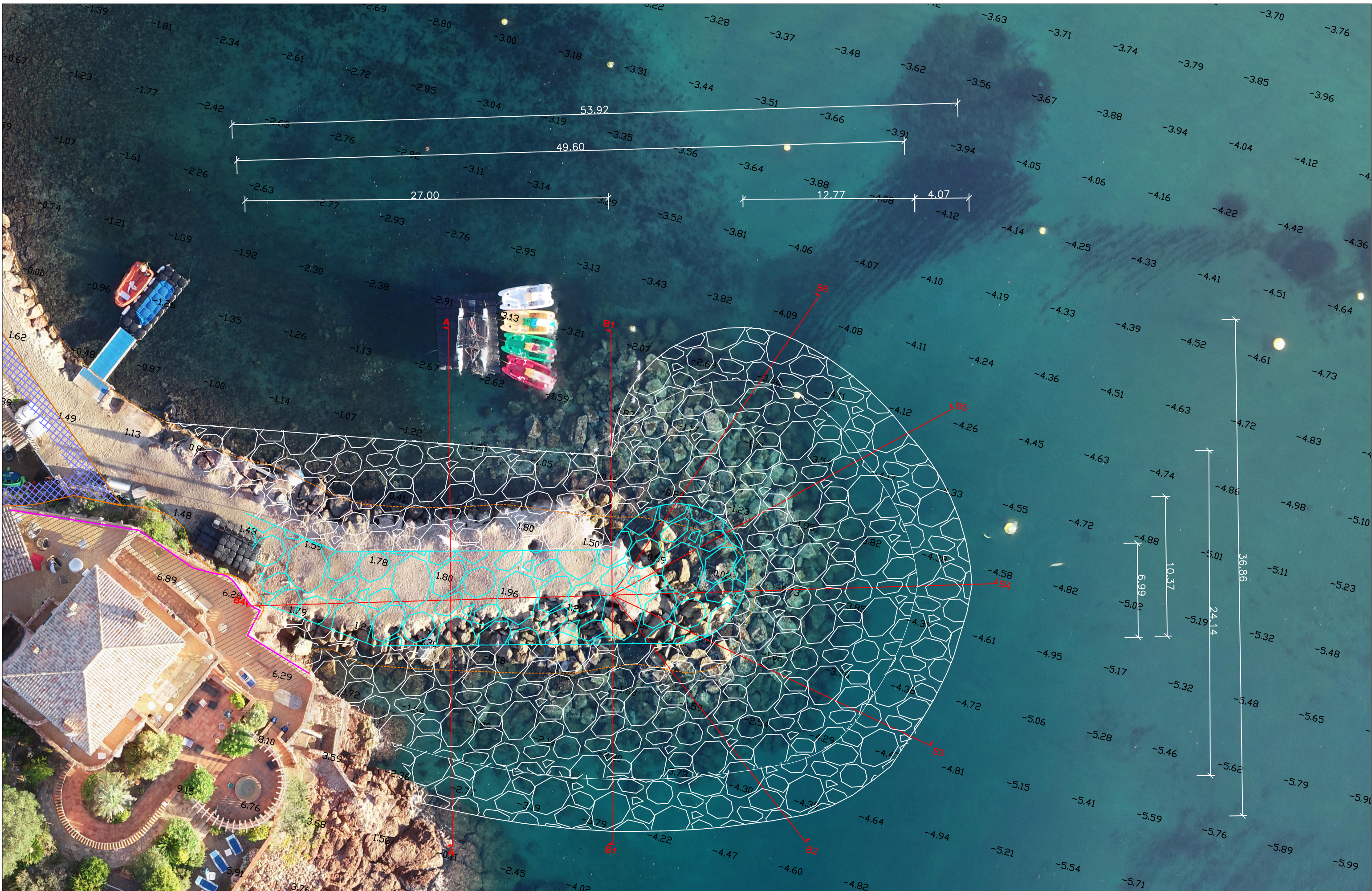
**Carnet de plans des épis de la plage
Ouest de la Figueirette
PROJET**

<u>Phase :</u> AVP
<u>Numéro du PLAN :</u> CP.002
<u>Echelle :</u> divers
<u>Indice :</u> A

<i>Indice</i>	<i>Modifications apportées</i>
A	Première émission

<i>Date</i>
20 décembre 2022

<u>Numéro d'Affaire :</u>	2 1 5 6	<u>Référence du PLAN :</u>	A V P C P 0 0 2 A
---------------------------	---------------	----------------------------	-----------------------------------



Epi Sud vue en plan

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

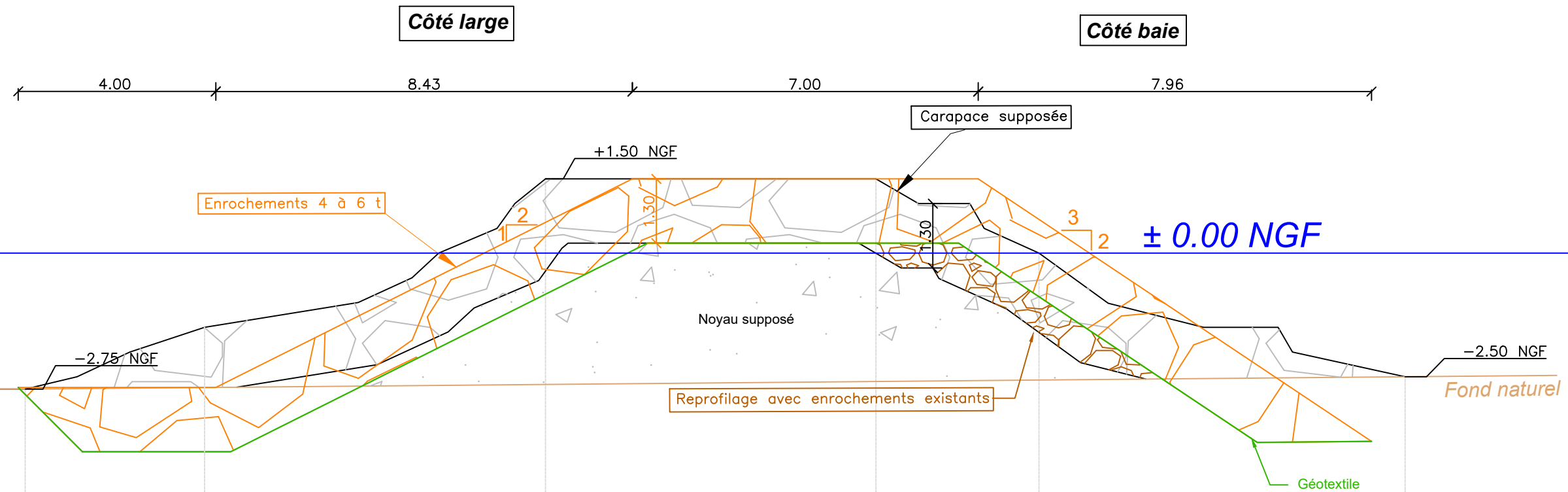
Phase : AVP

Format : A3

Echelle : 1/250°

Page n°1

Epi Sud Coupe A-A



<i>Distance existante</i>	10.29	13.92	20.82	27.51	30.81	38.22
<i>Hauteur existante</i>	-2.75	-1.5	+1.5	+1.5	0	-2.5
<i>Hauteur projet</i>	-2.75	-2.75	+0.6	+1.5	0.7	

Epi Sud coupe A-A

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

Phase : AVP

Format : A3

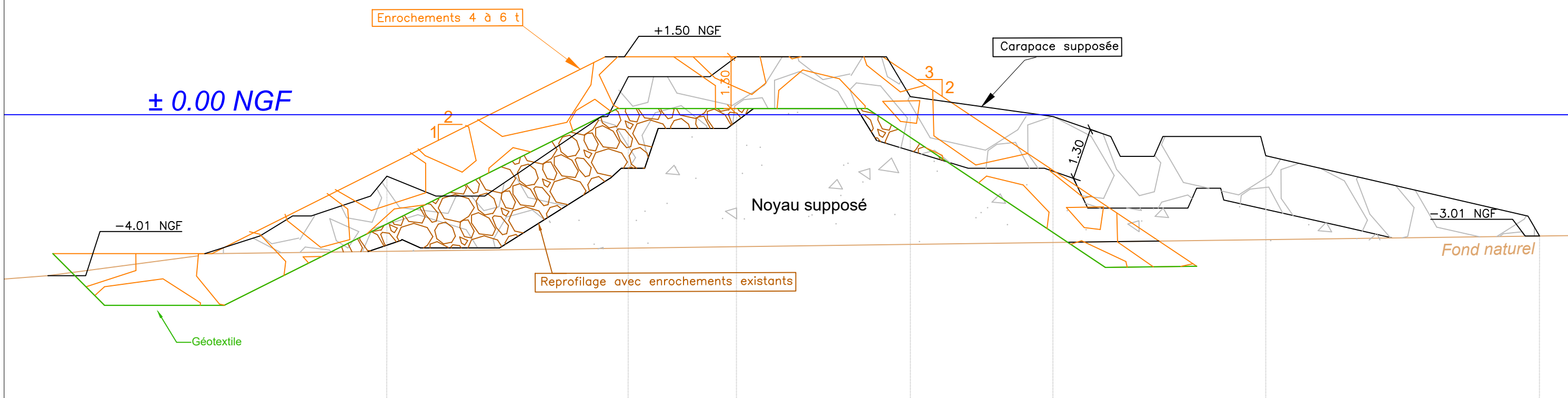
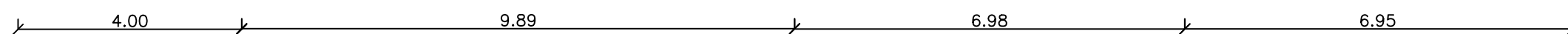
Echelle : 1/100°

Page n°2

Epi Sud Coupe B1-B1

Côté large

Côté baie



<i>Distance existante</i>	14.95	21.02	23.74	28.11	31.70	37.05	43.93
<i>Hauteur existante</i>	-1.5	+1.0	+1.5	+0.5	0	-1.0	-3.0
<i>Hauteur projet</i>	-1.25	+1.5	+1.5	+1.0	-1.35		

Epi Sud coupe B1-B1

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

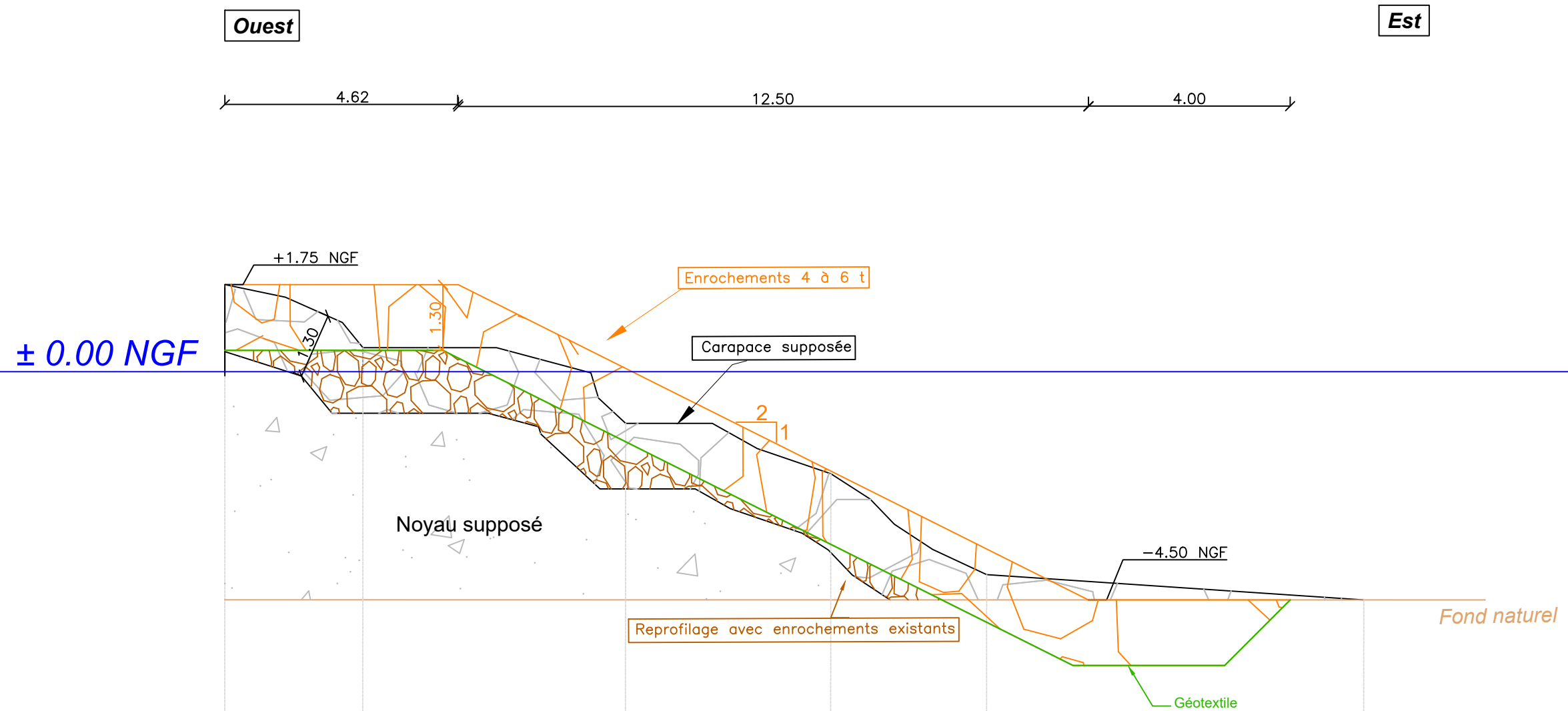
MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

Phase : AVP	Format : A3
Echelle : 1/100°	Page n°3

Epi Sud Coupe B2-B2



<i>Distance existante</i>	0	2.74	7.95	12.02	15.11	22.59
<i>Hauteur existante</i>	+1.75	+0.5	-1.0	-2.0	-4.0	-4.50
<i>Hauteur projet</i>	+1.75	+1.75	+0.1	-1.95	-3.50	

Epi Sud coupe B2-B2

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

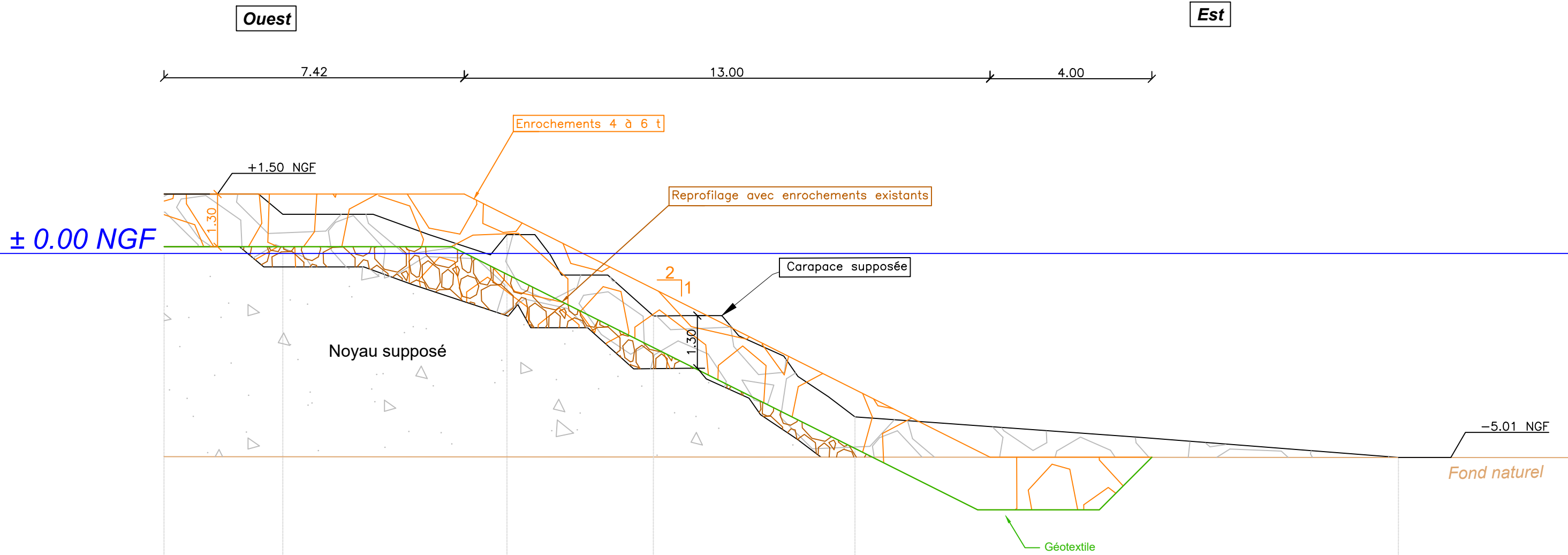
Phase : AVP

Format : A3

Echelle : 1/100°

Page n°4

Epi Sud Coupe B3-B3



<i>Distance existante</i>	0	2.94	8.48	12.10	17.08	30.50
<i>Hauteur existante</i>	+1.5	+1.0	+0.5	-1.5	-4.0	-5.0
<i>Hauteur projet</i>	+1.5	+1.5	+1.0	-0.8	-3.3	

Epi Sud coupe B3-B3

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

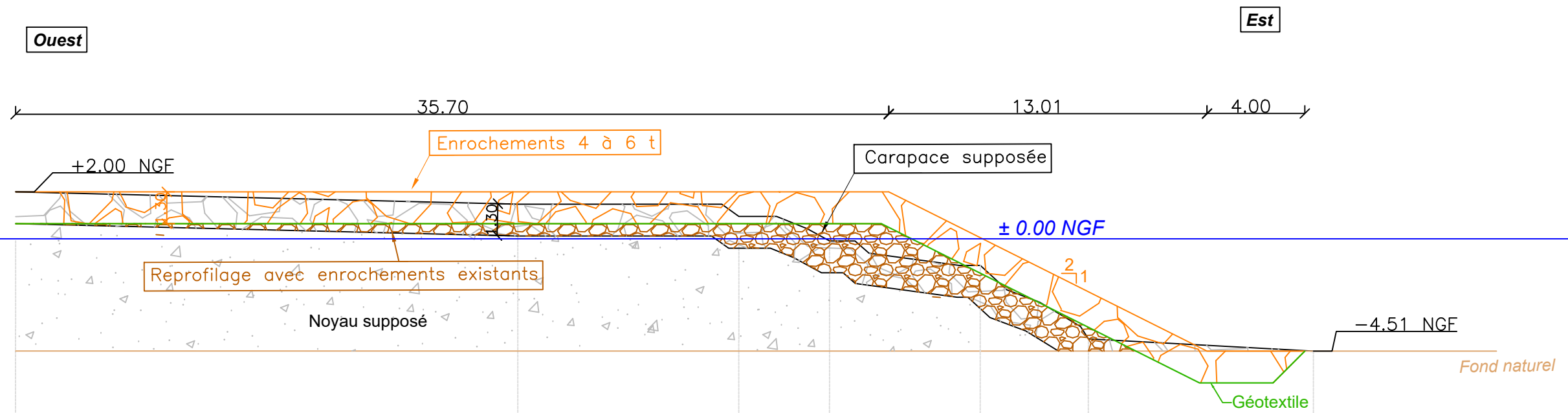
Phase : AVP

Format : A3

Echelle : 1/100°

Page n°5

Epi Sud Coupe B4-B4



<i>Distance existante</i> 0	20.53	29.57	33.28	39.43	43.85	53.06
<i>Hauteur existante</i> +2.0	+1.5	+1.0	0	-1.0	-4.0	-4.5
<i>Hauteur projet</i> +2.0	+2.0	+2.0	+2.0	0	-2.0	

Epi Sud coupe B4-B4

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

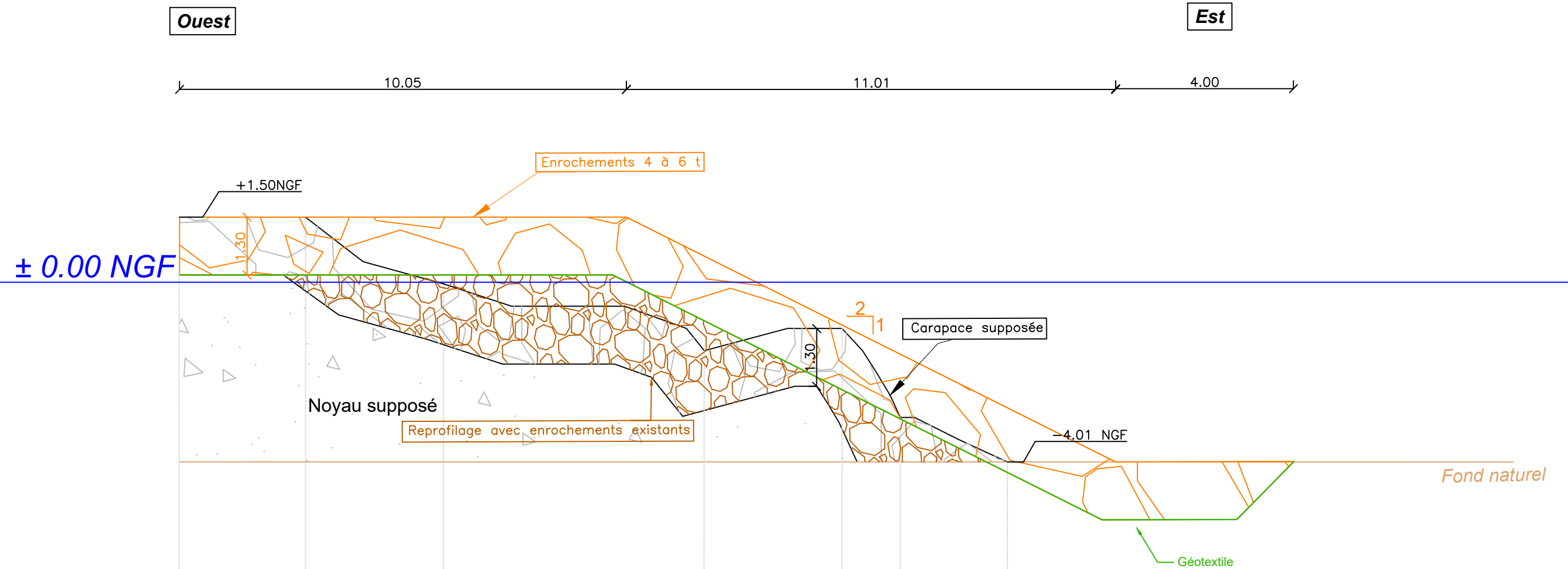
Phase : AVP

Format : A3

Echelle : 1/200°

Page n°6

Epi Sud Coupe B5-B5



<i>Distance existante</i>	0	2.84	5.94	11.80	14.90	16.20	18.62
<i>Hauteur existante</i>	+1.5	+1.5	0	-1.5	-1.0	-3.0	-4.0
<i>Hauteur projet</i>	+1.5	+1.5	+1.5	+0.6	-0.9	-1.6	-2.8

Epi Sud coupe B5-B5

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

Phase : AVP

Format : A3

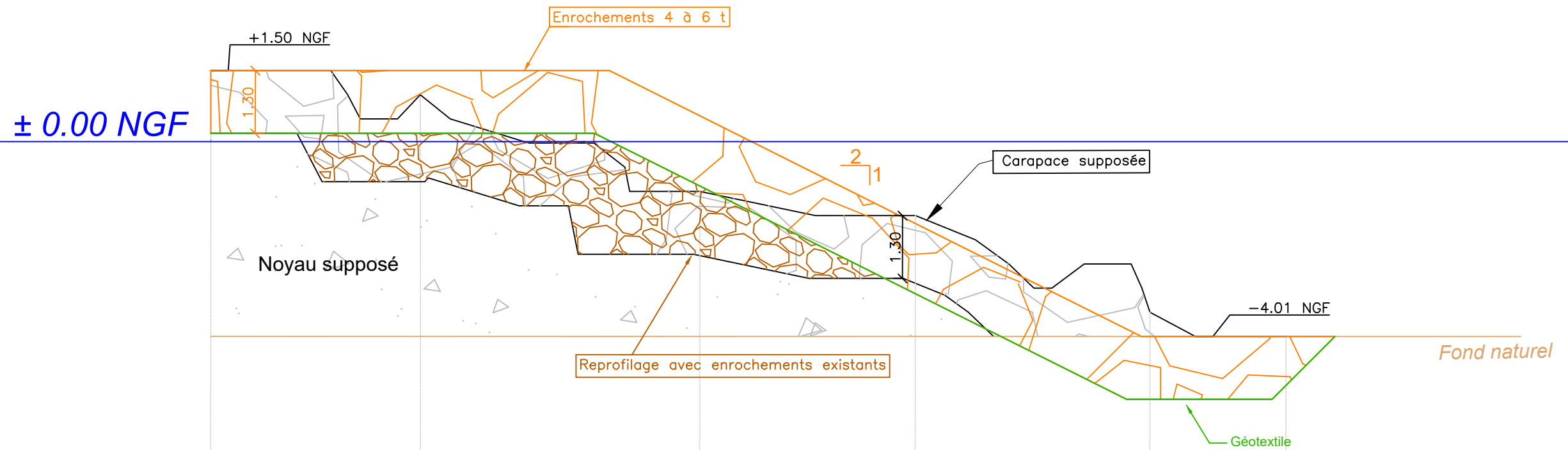
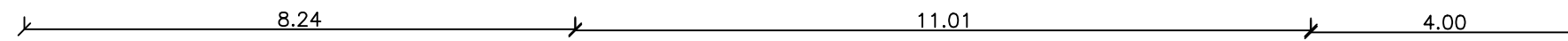
Echelle : 1/100°

Page n°7

Epi Sud Coupe B6-B6

Ouest

Est



Distance existante	0	4.34	10.12	14.57	19.42	22.23
Hauteur existante	+1.5	+1.0	-1.0	-1.5	-3.5	-4.0
Hauteur projet	+1.5	+1.5	+0.6	-1.7	-4.0	-4.0

Epi Sud coupe B6-B6

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



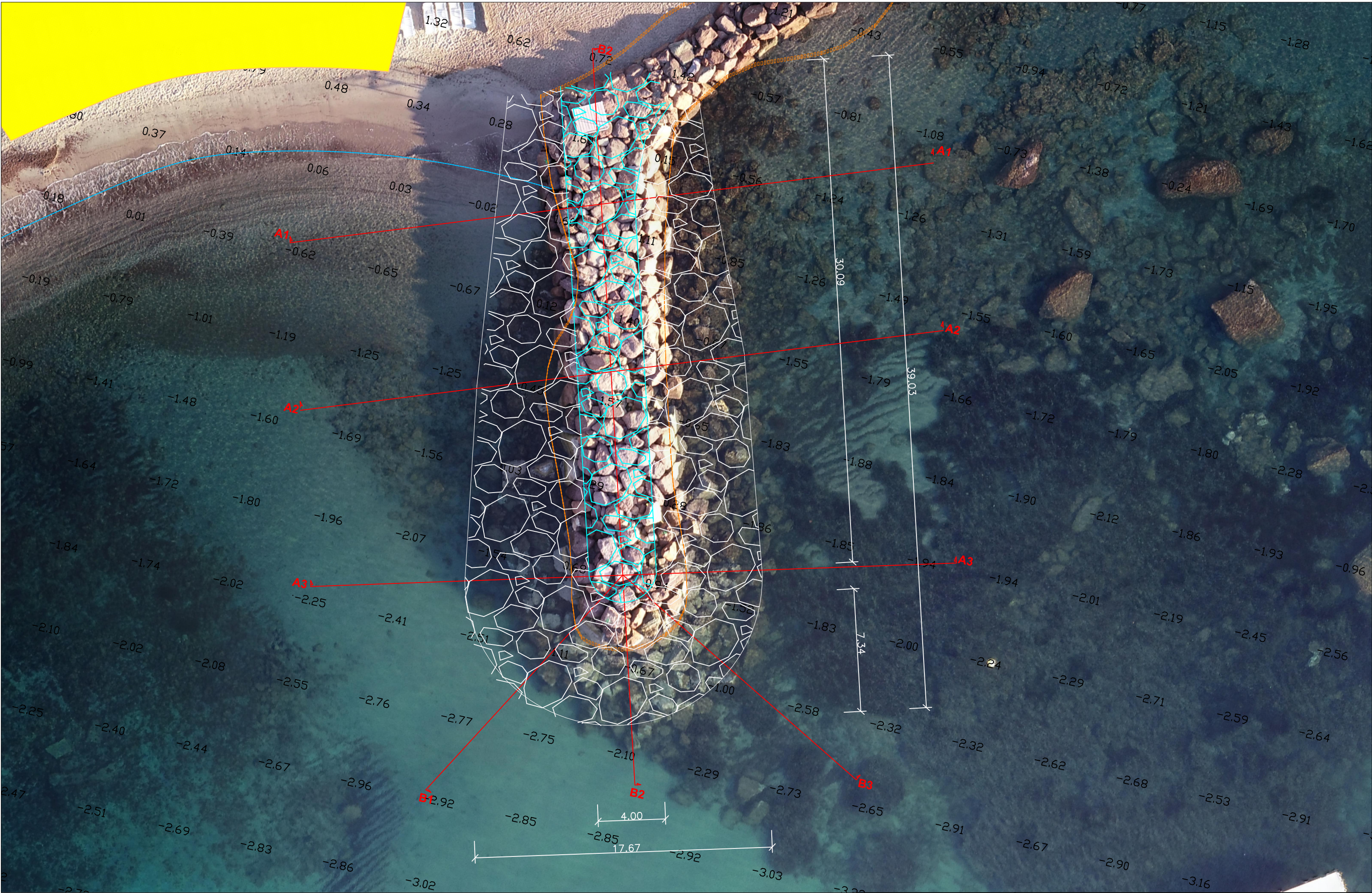
ICTP
254 Corniche Fahnestock
06700 Saint Laurent du Var
Tél.: 04 92 12 97 09
E-mail : ictp@ictp.fr

Phase : AVP

Format : A3

Echelle : 1/100°

Page n°8



Epi Nord vue en plan

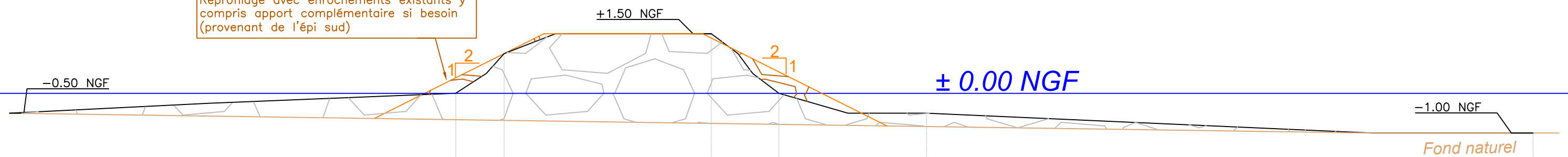
Epi Nord Coupe A1-A1

Ouest

Est

4.27 4.00 4.65

Reprofilage avec enrochements existants y compris apport complémentaire si besoin (provenant de l'épi sud)



<i>Distance existante</i>	11.24	12.46		17.68	19.38	23.10			38.38
<i>Hauteur existante</i>	0	+1.0		+1.5	0	-0.5			-1.0
<i>Hauteur projet</i>	+0.4	+1.0		+1.4	+0.2				

Epi Nord coupe A1-A1

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



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

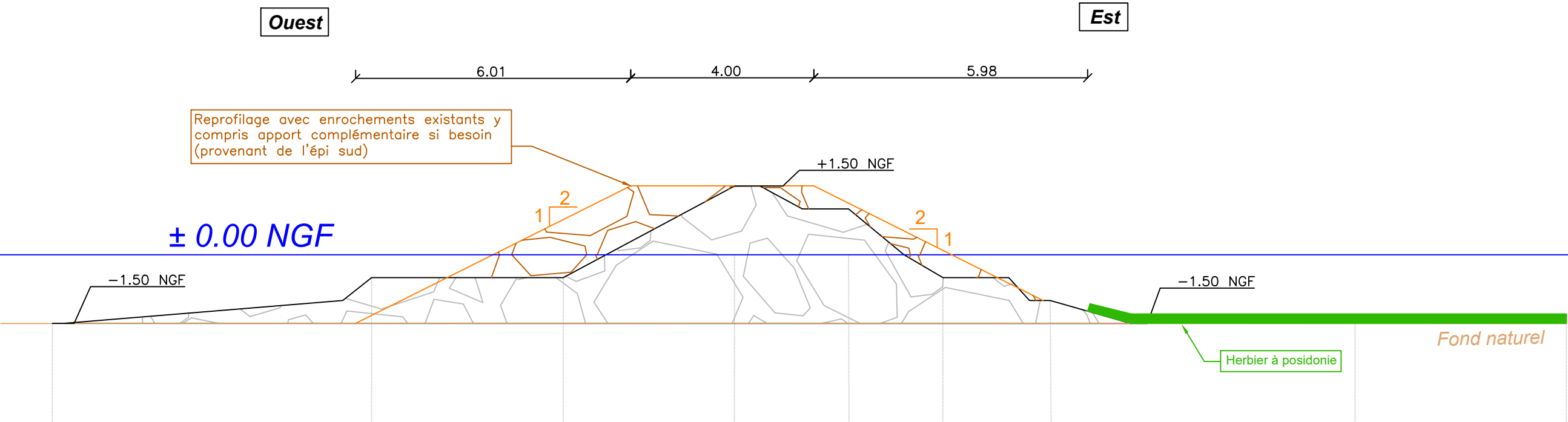
Phase : AVP

Format : A3

Echelle : 1/100°

Page n°10

Epi Nord Coupe A2-A2



<i>Distance existante</i>	4.81	11.80	15.99	19.73	22.22	24.29	26.66	33.28	37.89
<i>Hauteur existante</i>	-1.5	-0.5	-0.5	+1.5	+1.0	-0.5	-1.0	-1.5	-1.5
<i>Hauteur projet</i>	-1.5	-1.3	+0.8	+1.5	+1.0	-0.4			

Epi Nord coupe A2-A2

MAÎTRISE D'OUVRAGE :



Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :



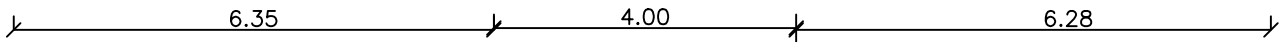
ICTP
254 Corniche Fahnestock
06700 Saint Laurent du Var
Tél.: 04 92 12 97 09
E-mail : ictp@ictp.fr

Phase : AVP	Format : A3
Echelle : 1/100°	Page n°11

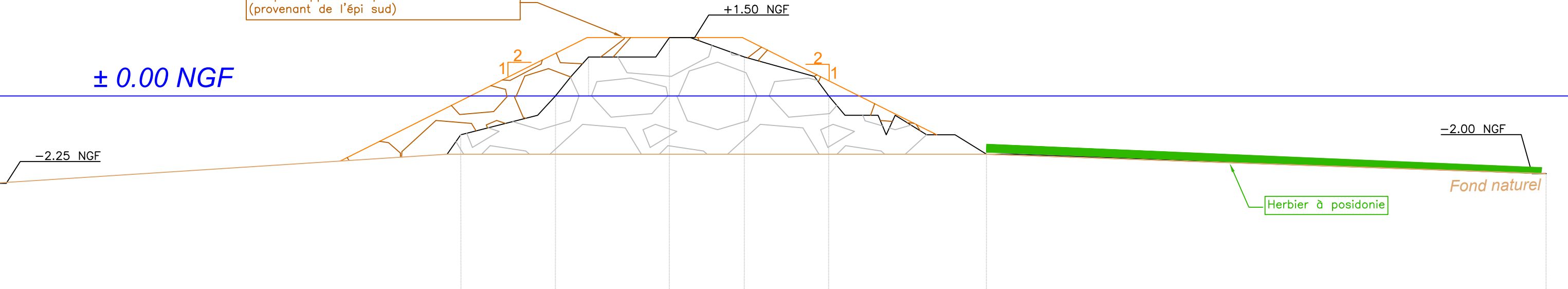
Epi Nord Coupe A3-A3

Ouest

Est



Reprofilage avec enrochements existants y compris apport complémentaire si besoin (provenant de l'épi sud)



<i>Distance existante</i>	12.07	14.51	17.44	19.37	21.54	25.60	40
<i>Hauteur existante</i>	-1.0	0	+1.5	+1.0	0	-1.5	-2.0
<i>Hauteur projet</i>	-0.5	+0.8	+1.5	+1.5	+0.5		

Epi Nord coupe A3-A3

MAÎTRISE D'OUVRAGE :

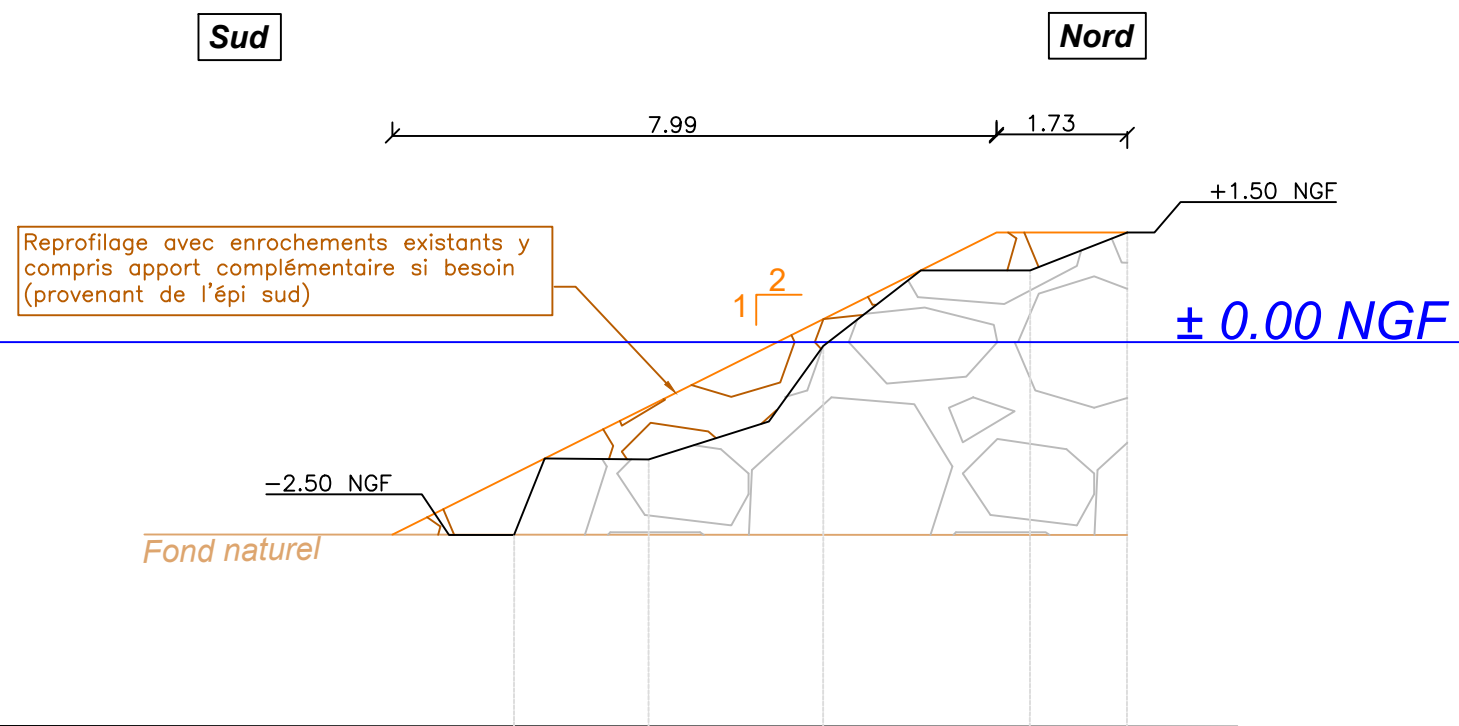
Ville de Théoule-sur-mer
Hôtel de Ville
1 Place du Général Bertrand
06590 THEOULE-SUR-MER

MAÎTRISE D'OEUVRE :

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

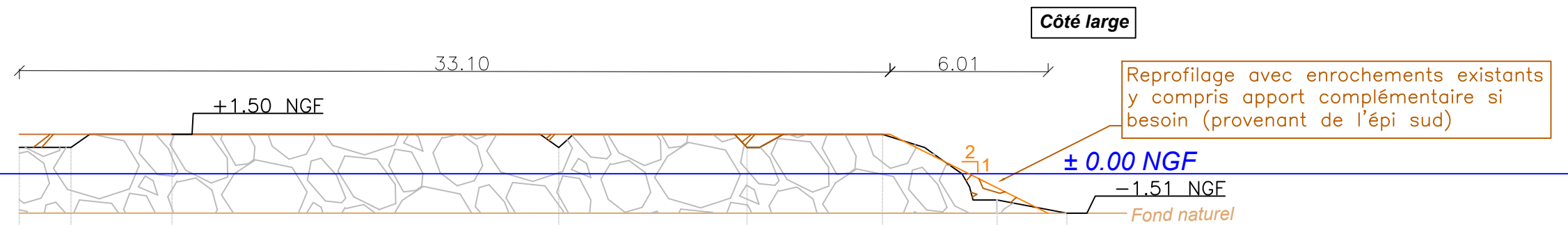
Phase : AVP	Format : A3
Echelle : 1/100°	Page n°12

Epi Nord Coupe B1-B1



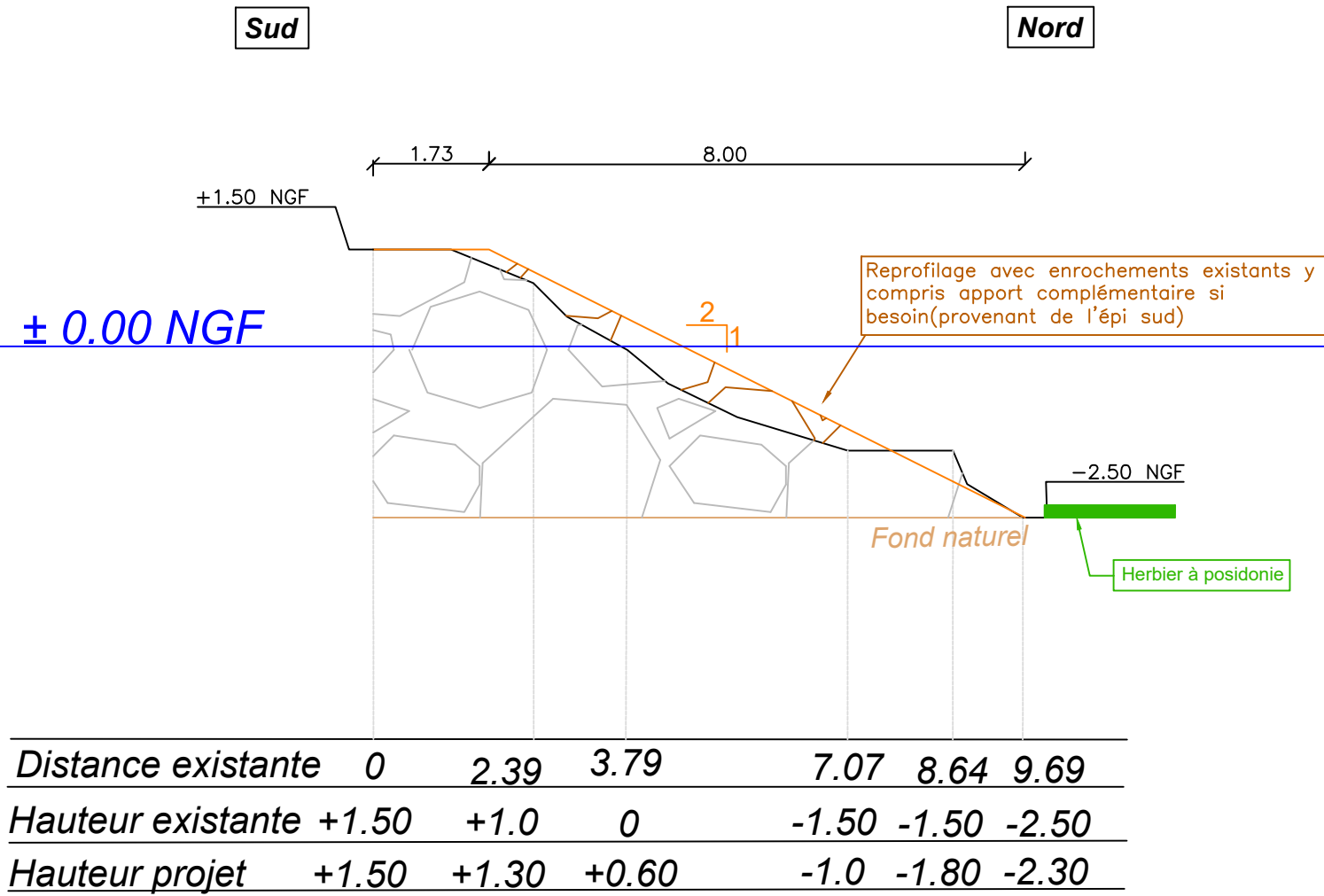
<i>Distance existante</i>	0	1.77	4.09	6.82	8.11
<i>Hauteur existante</i>	-2.5	-1.5	0	+1.0	+1.5
<i>Hauteur projet</i>	-1.5	-0.6	+0.5	+1.5	+1.5

Epi Nord Coupe B2-B2



<i>Distance existante</i>	0	1.97	5.81		20.51	27.67	32.82	37.18	39.83
<i>Hauteur existante</i>	+1.0	+1.0	+1.5		+1.0	+1.0	+1.5	-1.0	-1.5
<i>Hauteur projet</i>	+1.5	+1.5	+1.5		+1.5	+1.5	+1.5	-0.3	-1.5

Epi Nord Coupe B3-B3



ANNEXE 7 :

Cartographie des biocénoses

**Et localisation du projet par rapport aux sites Natura 2000 et aux autres
protections réglementaires**

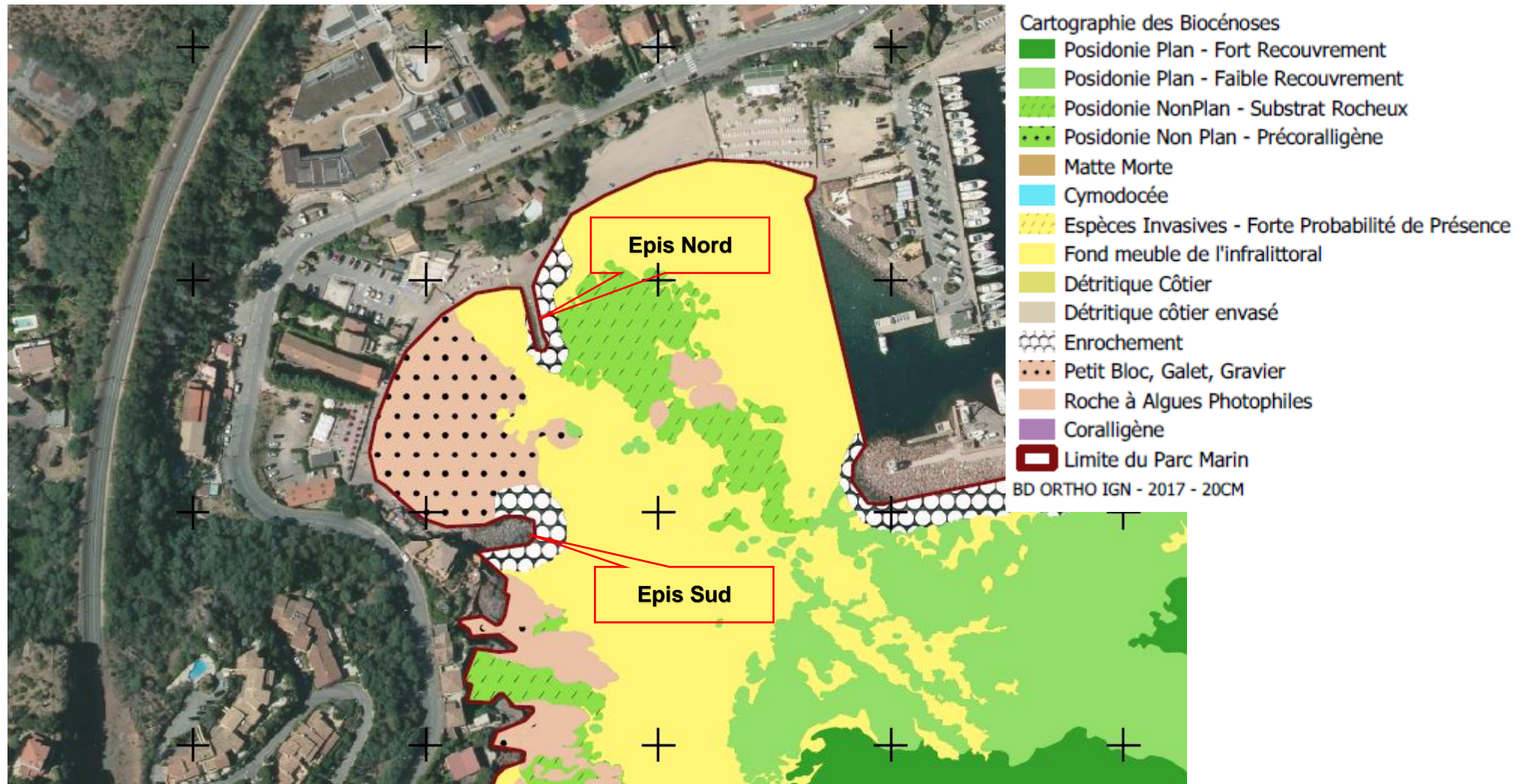


Figure 1 : Biocénoses marines le long du linéaire concerné– Medtrix – Donia Expert



Figure 2 : Localisation du projet vis à vis de la zone Natura 2000 - Géoportail

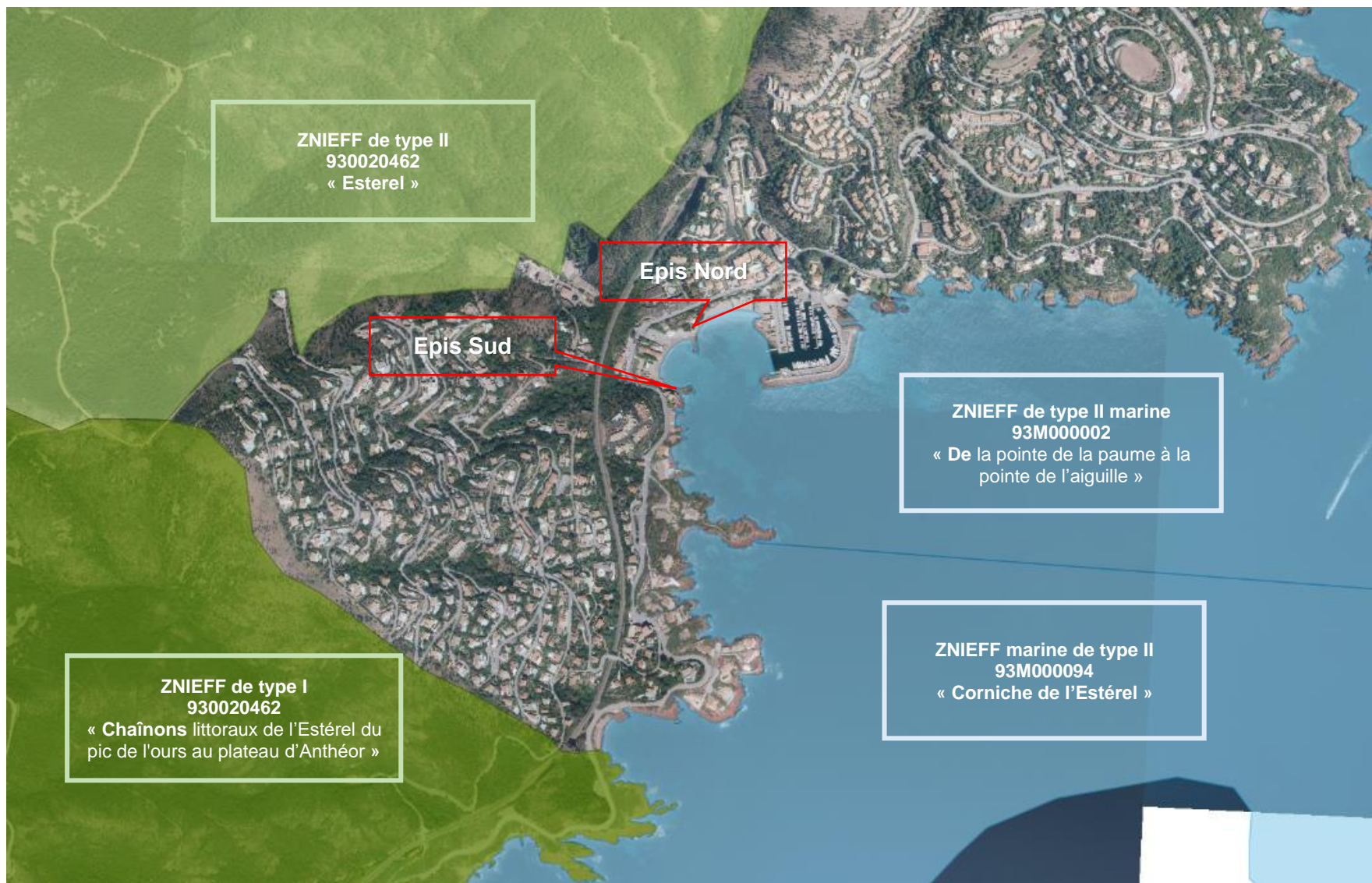


Figure 3 : Localisation du projet vis à vis des ZNIEFF marine - Géoportail

ANNEXE 8 :

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

1. MESURES DE PROTECTION POUR EVITER OU REDUIRE LES EFFETS NEGATIFS NOTABLES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT OU LA SANTE HUMAINE

Afin de réduire les effets des travaux projetés sur l'environnement naturel, économique et social, et à partir des spécificités de la zone d'intervention, les mesures d'évitement et de réduction, présentées aux paragraphes suivants, seront adoptées.

En réduisant les effets négatifs du projet sur le milieu naturel présent, à proximité des zones d'intervention, ces mesures assureront la protection des sites sensibles présents aux alentours.

Les effets décrits aux paragraphes suivants concernent le projet de rénovation des épis Nord et Sud de la plage de la Figueirette sur la commune de Théoule-sur-Mer. Les mesures présentées sont des réponses à ces différents effets, qui ont été intégrées dans la détermination de la méthodologie de réalisation des travaux (mesures d'évitement) ou qui seront à prendre lors des travaux (mesures de réduction).

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 ».

1.1.1. Pour limiter les effets sur l'environnement naturel

1.1.1.1. Garantir une bonne qualité de l'air

Emission de poussières

Les transports notamment de fournitures vont se faire par voies routières.

Les passages sur le revêtement routier n'entraînent pas de mise en suspension de poussière ou de sable, dans l'atmosphère, lors du transfert de matériaux eux-mêmes non productifs de poussières (ces derniers devront être dépourvus de toute inclusion résiduelle).

Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un système pour traiter ces très faibles émissions atmosphériques.

Gaz d'échappement

La circulation et l'utilisation des engins de transport se traduisent par une émission de monoxyde de carbone, dioxyde de carbone et oxydes d'azote, composés organiques volatils, métaux lourds et autres polluants contenus dans les gaz d'échappement.

En ce qui concerne l'émission des polluants dans l'air, aucun engin ne sera utilisé lors de la phase travaux hormis les véhicules pour acheminer le matériel. Les émissions seront compatibles avec les normes actuelles des engins de chantier.

1.1.1.2. Garantir la bonne qualité des eaux

S'assurer de l'absence de nuage turbide ou limiter sa dispersion

La turbidité de l'eau vient de la présence de diverses matières en suspension telles que les argiles, les limons, la division de la matière organique et minérale en fines particules. Le plus

important n'est pas la valeur de la turbidité mais son évolution. En effet, c'est une forte différence de turbidité qui engendrera des problèmes au sein d'un milieu biologique.

L'augmentation de la turbidité peut, par exemple, provoquer soit l'érosion des herbiers de Posidonies, soit leur étouffement parce qu'ils sont recouverts par ces particules en suspension. A cause de la turbidité, la quantité de lumière qui traverse la couche d'eau est plus réduite. Il en résulte une perturbation de la photosynthèse. Ce qui entraîne une régression des herbiers qui sont étouffés, et donc une moins bonne oxygénation du milieu.

Il faudra, ainsi, prendre en compte l'éventuelle production de poussières émanant des matériaux. Mais également le risque de perte de laitance de béton. En effet, ces laitances comportent des éléments nuisibles à l'environnement marin (chaux, métaux lourds...).

Afin de réduire l'impact de la turbidité sur les plans d'eau, des mesures d'évitement et de réduction seront prises lors du chantier.

Différentes étapes des travaux seront plus ou moins susceptibles d'engendrer une augmentation de la turbidité.

Pour éviter que ces nuages turbides de fines, ou de poussières ne se dispersent en dehors de la zone d'intervention, les mesures de réduction, développées ci-après, seront mise en place lors des travaux.

Laver les éléments des éventuelles poussières et fines

Pour limiter les risques de dispersion de fines lors des travaux, tous les éléments et les outils de chantier seront lavés.

Travailler « proprement »

Il sera demandé de s'assurer que les macrodéchets soient enlevés régulièrement afin d'éviter qu'ils ne souillent les eaux de baignades et le milieu naturel. Leur stockage temporaire se fera dans la zone de chantier sur un sol étanche.

Lors de la réalisation des structures par coulage, il sera demandé de mettre en place des coffrages étanches et propres.

Mettre en place un filet anti-MES

Compte tenu des travaux cité supra qui engendreront des pertes de matériaux dans le milieu, la pose d'un filet anti-MES est prévue.

Cette mesure permettra de travailler en zone confinée et évitera ainsi tout risque de dispersion de substance nuisibles dans les eaux de baignades des plages.

Ce filet anti-MES, posé autour des zones de travaux et dont la longueur sera définie par les entreprises, sera déployé lors des opérations en milieu maritime produisant un panache turbide.

Afin de s'assurer de la conservation du confinement, des systèmes d'ancrage adaptés devront être mis en place.

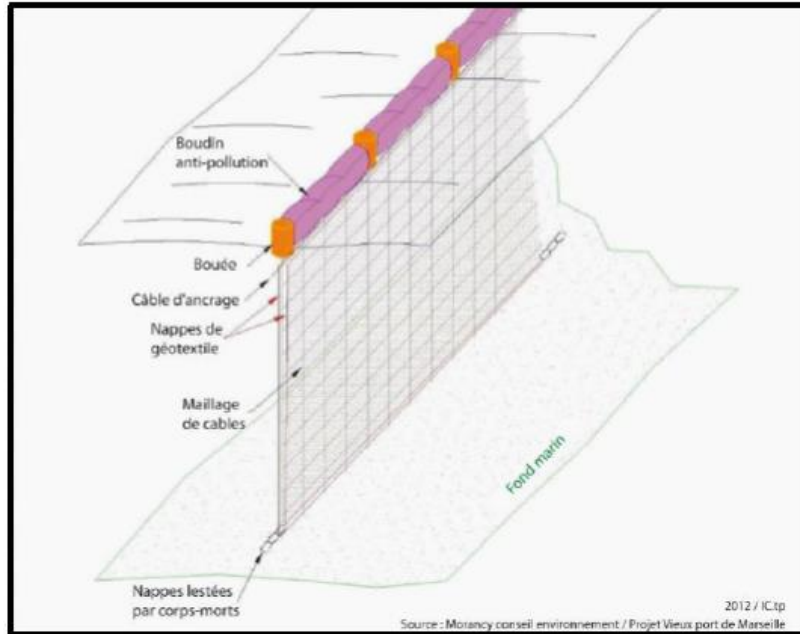


Figure 4. Schéma de principe d'un écran anti-pollution (ICTP 2012)

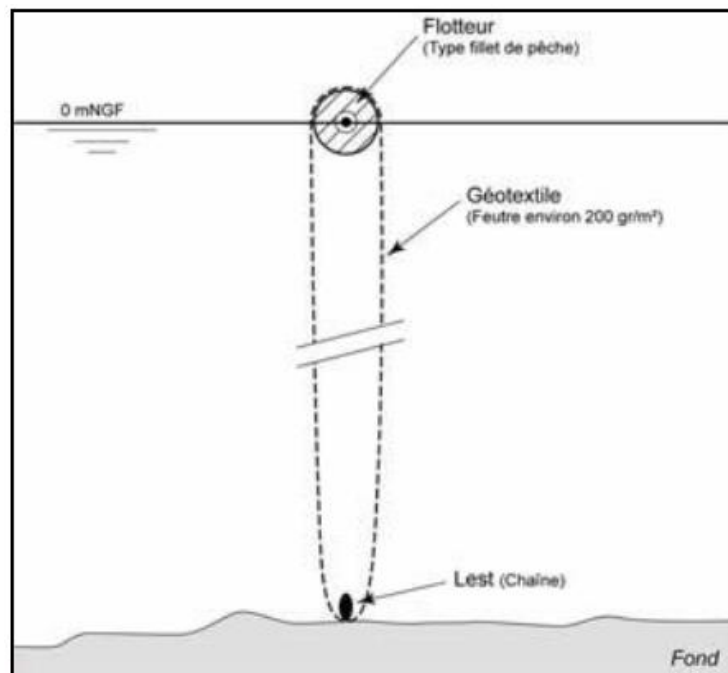


Figure 5. Schéma de principe d'un barrage anti-MES



Figure 6. Utilisation d'un filet anti-MES similaire lors des travaux de réhabilitation des quais du port de St-Tropez ICTP 2011

L'ensemble des mesures citées, et notamment la mise en place de filets MES, permettront d'éviter la dispersion d'un éventuel nuage turbide et ainsi la perturbation de la qualité des eaux et des espèces protégées.

Pour s'assurer du confinement des zones de travaux, le positionnement du filet ainsi que ses ancrages seront contrôlés régulièrement.

De plus, avant tout déplacement et ainsi une rupture de la zone confinée, le filet sera maintenu en place pour une période suffisante pour permettre la dépose des fines sur le sol sans activité dans la zone confinée et en période calme).

Compte tenu de ces précautions, il n'y aura pas, *a priori*, de panache turbide à craindre. Ainsi, il n'y a pas de risque de perturbation du milieu marin.

Cependant en parallèle de la pose de ce filet et pour s'assurer du maintien du confinement un suivi de la turbidité sera assuré suivant le protocole décrit ci-dessous.

Mise en place d'un suivi de la turbidité

- Avant le démarrage des travaux
 - Il sera effectué un constant visuel du plan d'eau, reporté sur registre avec photographie.
 - A chaque mise en place de l'écran (filet), autour d'une zone de travaux, une valeur témoin devra être prise, dans une zone d'un mètre, au-delà de l'écran. Cette valeur servira de référence « au filet » (RF0)
- Pendant les travaux
 - Tous les jours un contrôle visuel du plan d'eau devant l'ouvrage
 - Tous les jours, au moment de la réalisation des travaux susceptibles d'engendrer une augmentation de la turbidité et à une profondeur similaire, une mesure « filet » devra être prise (RLn, RLn+7, ...).

➤ Si dépassement des valeurs de référence

En cas de dépassement de la valeur de référence « filet », de plus de 50% ($RF_n > RF_0 + 0,5 * RF_0$), une mesure « large » devra être réalisée afin de contrôler s'il y a ou non augmentation de la turbidité au large :

- Si seule la mesure de turbidité au filet présente une progression, un arrêt provisoire du chantier aura lieu jusqu'au rétablissement des conditions initiales de travail et de la détermination de l'origine du phénomène.
- Si les deux mesures, « filet » et « large » augmentent en parallèle, on pourra supposer que l'augmentation de la turbidité au filet est due à un phénomène externe aux travaux, n'obligeant pas l'arrêt du chantier.

Les mesures de la turbidité seront effectuées par néphélométrie à l'aide d'un turbidimètre de laboratoire, exprimée en UTN (Unité de Turbidité Néphélométrique). L'étalonnage se fait à l'aide de témoins solides.

La valeur de référence est a priori comprise entre 5 UTN eau claire à 30 UTN eau légèrement trouble.

1.1.1.3. S'assurer de l'absence de dispersion de produits toxiques

Impacts possibles

Le principal risque est la libération accidentelle de produits toxiques (huiles de vidange, gazole, produits d'entretien...). Ces produits peuvent nuire à la vie biologique et sont difficilement biodégradés.

En effet, la perte d'hydrocarbures, susceptibles d'être entraînés par les eaux pluviales ou de ruissèlement, modifie la composition du spectre et l'intensité lumineuse dans la colonne d'eau. Cette modification, due à une plus grande réflexion des rayons lumineux et à des phénomènes de réfraction, peut perturber les organismes photosynthétiques.

Toutefois, il existe un seuil de tolérance à des modifications de l'absorption de la lumière de 0,1 à 0,7mm durant quatre à cinq heures n'avait aucun impact sur l'environnement (*Loya Y., Rinkevich B., Abortion Effect in Corals Induced by Oil Pollution, 1979*). Ce film doit donc être continu sur la surface de l'eau, avoir une épaisseur suffisamment importante et subsister suffisamment longtemps pour avoir un réel impact.

Afin d'éviter tout risque de contamination, des mesures de réduction seront prises lors du chantier.

Mesures de réduction

Pour la zone de chantier, afin d'éviter toute contamination du plan d'eau par les hydrocarbures ou autres produits d'entretien polluants, il conviendra de prendre plusieurs mesures :

- Maintenir en bon état de fonctionnement et entretenir régulièrement les engins, ils devront concorder avec les normes en vigueur. Les engins de travail seront contrôlés régulièrement pour éviter toute fuite d'huile ou d'hydrocarbure.
- L'entretien des engins et des véhicules sera réalisé en dehors de la zone de travaux dans un garage spécialisé ou sur une zone étanche aménagée à cet effet.
- L'entreprise devra fournir les contrôles effectués par les organismes agréés avant le commencement des travaux du chantier.

- Tout rejet d'hydrocarbure ou de produit synthétique, de matériau ou de liquide dans le milieu est interdit.
- Manipuler les produits polluants sur des bacs de récupération étanches
- Disposer de produits absorbants terrestres et maritimes sur le chantier afin de pallier une éventuelle fuite de polluants, ainsi que d'un barrage de confinement.

En cas de pollution accidentelle, les produits absorbants et autres matériels de récupération et de traitement des eaux, appartenant à l'entreprise de travaux, devront être tenus à la disposition du personnel. Les eaux de ruissellement recueillies seront récupérées et évacuées du chantier vers un centre de traitement agréé.

Ces mesures devront permettre d'éviter tout impact préjudiciable sur l'environnement par les produits toxiques des engins utilisés sur le chantier.

1.1.1.4. *Agir rapidement lors d'une pollution accidentelle*

En cas de pollution accidentelle par hydrocarbures, gazole et produit toxique, l'intervention comporte plusieurs actions :

1° Prévenir

- Le CROSS-MED (196)
- Les pompiers (18 ou 112)

2° Agir

- **Confinement d'un polluant**

Avant d'effectuer la récupération du polluant, il faut le confiner afin d'éviter son étalement et de faciliter la phase d'élimination.

Pour cela, un barrage léger anti-pollution est utilisé. Il sera couplé à un système d'ancrage, afin d'éviter toutes fuites au niveau de l'espace situé entre l'extrémité du barrage et la zone de fixation.

- **Récupération : trace ou faible quantité (moins d'un m²) d'un polluant fluide à moyennement visqueux**

Utilisation d'absorbants qui sont par la suite collectés puis éliminés par une filière spécialisée.

Les objectifs des produits dits « absorbants » sont de :

- Faciliter et permettre la récupération des hydrocarbures
- Limiter l'extension, diminuer et enfin supprimer l'impact environnemental sur le milieu.

Il est possible d'utiliser soit des feuilles, soit des barrages absorbants. Il faut compter entre deux à quatre volumes d'absorbants pour un volume estimé d'hydrocarbure, en tenant compte également de sa viscosité.



Figure 7. Installation d'un barrage flottant / Barrage absorbant (cedre.fr)

L'ensemble de ces systèmes sera présent sur les zones de travaux pour s'assurer d'une réaction rapide et efficace.

1.1.1.5. S'assurer de la gestion des déchets

Lors de la phase de démolition, les déchets générés seront envoyés dans les filières agréées. De plus, ces travaux ne vont pas produire de déchets particuliers autres que ceux inhérents à tout chantier (principalement des déchets d'emballage, bois, plastique). Le choix du site sera à la charge des entreprises.

1.1.1.6. Mesures concernant les biocénoses marines

Mesures d'évitement

Compte tenu de la distance entre les épis et la limite supérieure des herbiers (pied de digue pour l'épis Nord et 35 m), il n'y a pas de risque d'impact direct. Les risques d'impact indirect ont été pris en compte et des mesures spécifiques seront mises en place pour éviter toute dégradation du milieu marin.

Mesures de réduction

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

- Préserver la qualité du milieu aquatique en évitant la dégradation de la qualité de l'eau et des sédiments (mise en place d'écran anti-MES autour des zones de chantier).
- Surveillance visuelle du plan d'eau 30 min avant le démarrage des travaux, et surveillance visuelle lors des travaux. En cas de présence de mammifère marin ou de tortue marine à proximité des épis, le chantier sera suspendu jusqu'au départ du ou des individus.
- Nettoyer les fonds des éventuels macrodéchets et remettre en état l'emprise du chantier à l'issue des travaux.

1.1.1.7. *Mesure 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.

1.1.2. **Pour limiter les effets sur l'environnement social**

1.1.2.1. *Assurer la sécurité des piétons et usager de plage*

Sécuriser l'accès au chantier

Les zones de chantier, clairement identifiées (grillage, barrières ou plots), seront closes et interdites au public. Elles seront signalées par des panneaux à proximité des zones d'intervention.

De même ses accès aux piétons ou aux véhicules seront bien définis à l'aide d'une signalétique adaptée.

Assurer une bonne gestion du trafic routier

Afin de limiter la gêne des riverains et des usagers mais aussi de s'assurer de leur sécurité, le trafic routier devra être limité, notamment en organisant le chantier pour :

- Limiter le nombre d'allers-retours des camions,
- Réaliser les travaux les plus demandeurs de transports hors période de forte fréquentation.

1.1.2.2. *Assurer la sécurité du chantier*

De même que pour les travaux en milieu terrestre, des mesures seront prises afin de sécuriser au maximum les zones de travaux maritimes.

Ainsi, afin de sécuriser les zones de chantiers, des mesures de réduction relatives à la sécurité des personnes seront prises en concertation entre le Maître d'Ouvrage, le Maître d'œuvre, les entreprises et le coordinateur de sécurité.

Ces mesures sont décrites ci-après.

Mesures d'ordre général

Lors de la phase de préparation et d'exécution des travaux, la mairie de Théoule sur mer, sera entourée :

- D'un Maître d'œuvre jusqu'à la réception des travaux,
- D'un coordinateur SPS désigné par elle-même,
- D'un contrôleur technique qui vérifiera l'évolution en cours et après les travaux.

Période de préparation des travaux

La rédaction des pièces écrites du D.C.E devra prendre en compte l'existence d'une période de préparation de travaux, d'une durée d'un mois, au cours de laquelle les entreprises devront présenter les documents suivants :

- Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (P.P.S.P.S),
- Plan Assurance Environnement (P.A.E),
- Itinéraires et horaires de transport,
- Phasage des travaux, ...

qui devront prendre en compte les prescriptions du présent dossier.

Emplacement pour installation de chantier

Les installations de chantier seront soumises à l'agrément du Maître d'œuvre.

L'entrepreneur devra déterminer les surfaces nécessaires dont il aura besoin pour ses installations de chantier et faire son affaire de la maîtrise de toutes les emprises nécessaires. Il en négociera la mise à disposition directement avec les propriétaires ou organismes gestionnaires.

Les surfaces mises à la disposition de l'entrepreneur, ainsi que toute surface utilisée pour les installations de chantier dont l'entrepreneur aura fait l'acquisition, devront être maintenues fermées par une clôture de type « Vite-Clos » ou similaire, dont les caractéristiques sont précisées ci-après :

- Hauteur totale grillagée de 2,00 mètres,
- Grillage en acier galvanisé,
- Potelets e tube rond d'acier galvanisé ou similaire, espacés tous les 2,00 mètres environ,
- Plots de pose des grillages en béton lesté ou système similaire,
- Système de verrouillage anti-intrusion.

Le plan détaillé de la clôture sera soumis à l'agrément du Maître d'œuvre avant mise en place sur le terrain.

Mesures à prendre en cas d'avis de tempête

L'entrepreneur devra prendre ses dispositions pour connaître à chaque instant les prévisions météorologiques et en particulier les avis de coups de vent et de mer.

Il passera avec Météo France ou un opérateur privé (Météo-Consult, Météo-Mer, ...) un contrat qui devra permettre au chef de chantier de l'entreprise d'avoir quotidiennement les informations sur les éventuels coups de vent, coups de mer et les surcotes. Une copie de l'annonce devra être transmise simultanément au Maître d'œuvre. Les indications données par le service météorologique seront consignées dans la feuille de chantier journalière.

L'entrepreneur assurera sous sa responsabilité et aura à sa charge les protections auxquelles il devra procéder pour prévenir à l'effet des tempêtes, après avoir soumis à l'approbation du Maître d'œuvre les mesures qu'il envisage de prendre.

Des risques sont inhérents aux transports et aux opérations des engins de chantier qui devront travailler sur le ponton.

Des barrières de sécurité devront entourer le chantier afin d'empêcher tout accident.

1.1.2.3. Assurer l'hygiène, la santé des riverains

Limiter les risques sur la santé humaine

Les risques sanitaires liés à la baignade sur les plages à proximité ne seront pas augmentés par les travaux entrepris sur les épis pour les raisons suivantes :

- Les travaux seront réalisés dans des conditions météorologiques propices à la non-dispersion de MES
- Des mesures spécifiques seront mises en place pour garantir la bonne qualité des eaux et ainsi les eaux de baignade (notamment le confinement des zones d'intervention).

Limiter les nuisances sonores et les vibrations pour les riverains et les plaisanciers

Le contexte sonore du chantier sera lié en grande partie au travail des engins (circulation des camions, fonctionnement des engins de chantier : grue mobile, pompe à béton, ...) et à la manipulation des matériaux.

Il est indéniable que l'ensemble des travaux effectués par les engins habituels utilisés dans ce type de travaux créera des nuisances sonores qui seront perceptibles sur un rayon d'environ 200 mètres, où sont localisées des habitations.

Aucun des engins prévus n'est susceptible d'induire des bruits importants et non habituels pour un chantier en milieu urbain.

A noter que la période de chantier est temporaire et en dehors de la saison estivale. Pour éviter que cette gêne ne soit trop importante, les mesures réductrices suivantes seront mises en place.

En tout état de cause, les travaux devront respecter les normes en vigueur et ainsi les niveaux sonores définis par :

- Le Code de l'Environnement
- Le Code du travail (articles R.232-8-1 et 232-8-5),
- Le décret n°2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage, venu modifier le code de la santé publique (articles R.1336-6 à 10),
- Le décret n°95-408 du 18 avril 1995 modifiant le code de la santé publique et qui fixe l'émergence maximale en limite de propriété des riverains à :
 - + 5 dB(A) en période diurne (7-22h)
 - + 3 dB(A) en période nocturne (22h-7h)

Et être en accord avec le Plan de Prévention du Bruit de la commune de Théoule-sur-Mer, relatif à la lutte contre les nuisances sonores.

Sur la commune de Théoule-sur-Mer, des horaires et une intensité sont définis pour les chantiers (7h à 20h sauf dérogation en cas de chantiers exceptionnels).

Les valeurs admises de l'émergence sont calculées à partir des valeurs de cinq décibels dB(A) en période diurne (7h00 à 22h00) et de trois dB(A) en période nocturne (de 22h00 à 7h00).

A ces valeurs s'ajoute un terme correctif, fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier, selon le tableau ci-après :

Durée cumulée d'apparition du bruit particulier : t	Terme correctif en dB(A)
t ≤ 1 minute (la durée de mesure du niveau de bruit ambiant est étendue à 10 secondes lorsque t < 10 secondes)	6
1 minute < t ≤ 5 minutes	5
5 minutes < t ≤ 20 minutes	4
20 minutes < t ≤ 2 heures	3
2 heures < t ≤ 4 heures	2
4 heures < t ≤ 8 heures	1
t > 8 heures	0

Par exemple, pour une durée cumulée supérieure à huit heures, le terme correctif est zéro, l'émergence reste fixée à trois dB(A) la nuit ou à cinq dB(A) le jour. En revanche, pour une nuisance sonore ayant, entre 22h00 et 7h00, une durée cumulée de 20 à 45 minutes, la correction est de trois, et l'émergence admissible est de six dB(A) (3+3).

Plus la durée du bruit se prolonge, moins le terme correctif est important. Il apparaît normal d'être clément lorsque le bruit apparaît sur un laps de temps court, alors qu'un bruit se prolongeant de façon excessive ne doit pas être excusable.

De plus, les mesures suivantes seront prises :

- Informer les riverains sur les phases les plus bruyantes du chantier : horaires, durée, ainsi que sur les dispositions prises pour diminuer les nuisances.
- Sensibiliser les intervenants du chantier à la nécessité d'adopter des comportements ou pratiques moins bruyants, en évitant notamment les chutes de matériels, les alarmes de recul des engins, les cris.
- Organiser le chantier de manière à limiter l'impact des engins bruyants et à ne pas positionner les accès ou voies de circulation du chantier au droit de zone occupées par des riverains.
- Etablir, s'il y a lieu, un plan de circulation des engins réduisant leurs manœuvres en marche arrière.
- Préférer des engins électriques ou hydrauliques aux matériels pneumatiques et assurer un entretien régulier du matériel.
- Utiliser des matériels de puissance suffisante pour limiter le régime moteur et veiller à ne pas laisser fonctionner des engins inutilement.
- Adapter la dimension et la puissance de l'engin à la tâche à accomplir.
- Utiliser des moteurs aux normes.

Limiter les émissions lumineuses

Les lumières nécessaires à la réalisation des travaux devront être adaptées à la localisation du chantier, soit en zone urbaine et littorale. Ainsi, même si ces sources lumineuses seront présentes parmi d'autres, elles ne devront pas gêner les riverains.

Réduire les perturbations visuelles

Lors des travaux, les nuisances visuelles seront uniquement liées à la présence des engins sur la zone de chantier et sur la zone de travaux. Ces désagréments seront limités ainsi que temporaires.

Afin de limiter les gênes des riverains, par la présence du chantier, des aménagements devront être mis en place :

- La zone de travaux sera masquée, sur 2m, par une clôture brise-vue
- Seuls seront visibles les engins et appareils dépassant une hauteur de 2m, en particulier les grues
- Les nuisances visuelles seront limitées à la période de travaux soit 6mois maximum sur site.

2. MOYEN DE SURVEILLANCE PREVUS

2.1. Mesures en phase travaux

L'entreprise réalisant les travaux devra mettre en place un Plan Qualité Environnement (P.Q.E) qui contiendra notamment :

- **Les dispositions relatives à la prise en compte de l'environnement**
 - La gestion des déchets du chantier,
 - Le stockage d'hydrocarbures, huiles et autres polluants,
 - Le déversement des autres produits sur le chantier,
 - Les nuisances pouvant être générées par le chantier.
- **Le plan d'action environnemental du chantier :**
 - Définition des priorités,
 - Actions à mettre en œuvre,

Avec des fiches descriptives particulières pour les phases sensibles du chantier faisant mention des procédures à suivre en cas de pollution accidentelle et sensibilisant les ouvriers sur les problèmes environnementaux, etc.

Ce P.Q.E servira de document de référence à l'entreprise afin de prévenir les problèmes environnementaux, de les éviter ou d'y trouver une solution.

Plusieurs mesures compensatoires sont à mettre en œuvre en tenant compte des prescriptions décrites dans les modalités de travaux.

2.2. Préservation de l'environnement naturel

Le Maître d'œuvre établira un plan d'exploitation de chantier conformément à l'article 6 de l'arrêté du 23 février 2001. Il prendra toutes les mesures nécessaires pour, d'une part, éviter les pollutions accidentelles de toute nature, d'autre part les traiter le cas échéant.

Le personnel recevra les consignes de sécurité du chantier avant son démarrage.

2.3. Récapitulation des mesures de surveillance

Les matériels et mesures de surveillance proposées lors de la phase « travaux » sont synthétisés ci-dessous :

Mesures de réduction lors de la phase « travaux »	Coût € HT (prévisionnel)
Filet anti MES, mesures de turbidité, kit anti-pollution, récupération des produits de démolition éventuellement tombés à l'eau	20 000

ANNEXE 9 :

Mise à jour des conditions hydrodynamiques et évaluation du risque de submersion (ICTP 2021)



Ville de Théoule-Sur-Mer

1 Place Général Bertrand
BP40001
06591 THEOULE-SUR-MER

Rapport technique

4 août 2021



Mise à jour des conditions hydrodynamiques et évaluation du risque de submersion

Conseil	
Bureau d'études ICTP 254, Corniche Fahnestock 06700 Saint Laurent du Var	
N° 21/26 – RT – Indice B	

SOMMAIRE

1. DISPOSITIONS GENERALES	7
1.1. Opération	7
1.2. Contexte de l'opération.....	8
1.3. Objectif de la mission	9
2. Le milieu physique maritime	11
2.1. La bathymétrie	11
2.2. Le niveau marin.....	12
2.2.1. La marée astronomique	12
2.2.2. Surcotes, décotes et storm surge	12
2.3. La houle du large.....	12
3. Analyse statistiques des conditions du large	14
3.1. Analyse de la houle du large	14
3.1.1. Analyse qualitative	15
3.1.2. Analyse statistique – aperçu global	15
3.1.3. Analyse statistiques – détermination des conditions extrêmes	17
3.2. Analyse statistique des niveaux d'eau	22
3.2.1. Analyse des observations de niveau marin	22
4. Modele de propagation.....	24
4.1. Topo-Bathymétrie.....	24
4.2. Modèle SWAN.....	24
4.3. Définition des scénarios	26
4.4. Résultats	27
5. Etude de l'ascension des houles et risque de submersion.....	29
5.1. Méthodologie.....	29
5.1.1. Agitation et niveau marin	29
5.1.2. Topo-Bathymétrie.....	29
5.1.3. Modèles XBEACH.....	29
5.1.4. Configurations de modélisation	29
5.2. Résultats	30
5.2.1. Site de la base Nautique	31
5.2.2. Site Le Magellan	34
5.2.3. Site Les Frères de la Baie	37
5.2.4. Site le Marco Polo	40
5.2.5. Site La Plage de L'Aiguille.....	43
5.2.6. Site Le Bondi Beach.....	46

5.2.7. Site Le Panama.....	49
6. Conclusion	52

FIGURES

Figure 1 : Plan de Situation de Théoule-Sur-Mer.....	8
Figure 2 : Plan de repérage des établissements balnéaires de Théoule-Sur-Mer.....	9
Figure 3 : Bathymétrie Emodnet.....	11
Figure 4 : Topo-Bathymétrie Litto3D (source : SHOM).....	11
Figure 5 : Localisation des points de connaissance de la houle du large.....	13
Figure 6 : Série temporelle des paramètres hauteur significative, période pic, direction de l'état de mer au point PT3.....	13
Figure 7 : Emprise du modèle de propagation et localisation du point de données du large AM3.....	14
Figure 8 : Tendances annuelles des paramètres de houle - Point AM3.....	15
Figure 9: Rose des Hs et Tp au point AM3 (analyse statistique sur 1993-2021).....	16
Figure 10 : Histogrammes des Hs et des Tp au point AM3 (analyse statistique sur 1993-2021).....	16
Figure 11 : Diagrammes de corrélations entre paramètres intégraux des vagues au point AM3 (analyse statistique 1993-2021).....	17
Figure 12 : Visualisation de l'amplitude des deux secteurs est et sud définis pour réaliser les statistiques des conditions d'agitation extrêmes.....	18
Figure 13 : Table des 10 évènements Hs extrêmes par an au point AM3 (secteur est (045°-135°N) à gauche, secteur sud (135°-225°N) à droite).....	18
Figure 14 : Tendances à moyen terme de l'évolution des Hs des évènements annuels majeurs – secteur est.....	19
Figure 15 : Tendances à moyen terme de l'évolution des Hs des évènements annuels majeurs – secteur sud.....	19
Figure 16 : Tableau par classe et ajustement de la relation Hs/Tp – secteur est.....	20
Figure 17 : Tableau par classe et ajustement de la relation Hs/Tp – secteur sud.....	20
Figure 18 : Tableau synthétique des caractéristiques Hs/Tp/Dir des houles projet au point AM3.....	21
Figure 19 : Comparaison des hauteurs significatives « de projet » déterminées à partir de deux secteurs (est et sud) d'une part et par secteurs d'amplitude 20° d'autre part.....	22
Figure 20 : Lois d'estimation des niveaux extrêmes à Nice – source CEREMA.....	23
Figure 21 : Bathymétrie Emodnet.....	24
Figure 22 : Topo-Bathymétrie Litto3D (source : SHOM).....	24
Figure 23 : Modèle SWAN – maillage.....	25
Figure 24 : Modèle SWAN – bathymétrie.....	25
Figure 25 : Modèle Swan - maillage et bathymétrie – zoom sur Théoule-sur-Mer.....	26
Figure 26 : Exemples de résultats du modèle de propagation SWAN, houles annuelles, de provenance de secteur sud (en haut) et d'est (en bas).....	28

Figure 27 : Vue aérienne du site « La Base Nautique » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite).....	31
Figure 28 : Profil moyen de la plage "La Base Nautique"	31
Figure 29 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "La Base Nautique", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST	33
Figure 30 : Vue aérienne du site « Le Magellan » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite).....	34
Figure 31 : Profil moyen de la plage "Le Magellan".....	34
Figure 32 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Magellan", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST	36
Figure 33 : Vue aérienne du site « Les Frères de la Baie » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite)	37
Figure 34 : Profil moyen de la plage "Les Frères de la Baie"	37
Figure 35 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Les Frères de la Baie", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST	39
Figure 36 : Vue aérienne du site « Le Marco Polo » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite).....	40
Figure 37 : Profil moyen de la plage "Le Marco Polo"	40
Figure 38 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Marco Polo", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST	42
Figure 39 : Vue aérienne du site « La Plage de L'Aiguille » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite)	43
Figure 40 : Profil moyen de la plage "La Plage de L'Aiguille"	43
Figure 41 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "La Plage de L'Aiguille", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST	45
Figure 42 : Vue aérienne du site « Le Bondi Beach » (image : Géoportail)	46
Figure 43 : Profil moyen de la plage "Le Bondi Beach"	46
Figure 44 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Bondi Beach", à gauche pour les houles provenant du secteur SUD, à droite pour les houles provenant du secteur EST	48
Figure 45 : Vue aérienne du site « Le Panama » (image : Géoportail).....	49
Figure 46 : Profil moyen de la plage "Le Panama "	49
Figure 47 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Panama", à gauche pour les houles provenant du secteur SUD, à droite pour les houles provenant du secteur EST	51

TABLEAUX

Tableau 1 : Minima, moyennes et maxima des mesures des marégraphes de Nice et La Figueirette	22
Tableau 2 : Bilan des surcotes de projet.....	23
Tableau 3 : Couples Hs/Tp retenus pour les calculs de propagation	26
Tableau 4 : Niveaux marins retenus pour les calculs de propagation (en gras)	27
Tableau 5 : Conditions de réalisation des modélisations XBeach-1D	30
Tableau 6 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – La Base Nautique	32
Tableau 7 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – Le Magellan	35
Tableau 8 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – Les Frères de la Baie.....	38
Tableau 9 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – Le Marco Polo.....	41
Tableau 10 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – La Plage de L’Aiguille	44
Tableau 11 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – Le Bondi Beach	47
Tableau 12 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – Le Panama	50
Tableau 13 : Synthèse des résultats – Caractéristiques de la houle avant déferlement (hauteur significative, période pic) et estimation du risque de submersion, pour des évènements de périodes de retour 1, 10, 20, 50, 100 ans et extrêmes, pour chacun des sites d'étude	53

1. DISPOSITIONS GENERALES

1.1. Opération

Désignation de l'opération :

Appellation : Mise à jour des conditions hydrodynamiques et évaluation du risque de submersion

Ville : Théoule-Sur-Mer

Département : 06 Alpes Maritimes

Site : Plages de Théoule-Sur-Mer

Maître d'Ouvrage :



Ville de Théoule-Sur-Mer
1 Place Général Bertrand
BP40001
06591 THEOULE-SUR-MER

Conseil :



Bureau d'études ICTP
254 Corniche Fahnestock
06700 Saint-Laurent-du-Var
Tél. : 04 92 12 97 09
Email : ictp@ictp.fr

1.2. Contexte de l'opération

Les plages de Théoule-sur-Mer accueillent plusieurs bâtiments légers au titre d'occupation temporaire durant la saison estivale. Les structures légères sont en principe démontées en hiver, face aux risques de submersion et de destruction en cas de tempête. L'hiver sur la côte d'azur étant relativement clément, la commune de Théoule fait face à une demande des exploitants pour continuer à ouvrir les établissements pendant l'hiver, du moins en dehors des périodes de forts coups de mer. Cela signifie que les structures, installées sur le haut de plage, seraient exposées à des risques de submersion et à des impacts de vagues significatifs en cas de mauvais temps.

La commune de Théoule a missionné le bureau d'études ICTP pour réaliser une étude d'évaluation des risques de submersion à partir des houles de projet mises à jour. Sept sites ont été sélectionnés pour être étudiés séparément :

- La base nautique ;
- Le restaurant « le Magellan » ;
- La zone des restaurants « Les frères de la baie » ;
- La zone du « Marco Polo » en prenant en compte les évolutions ;
- La pointe de l'Aiguille ;
- Le « Bondi Beach » sur la plage de la Figueirette en prenant en compte les évolutions ;
- Le restaurant « Le Panama » situé à l'ouest de la plage de la Figueirette,

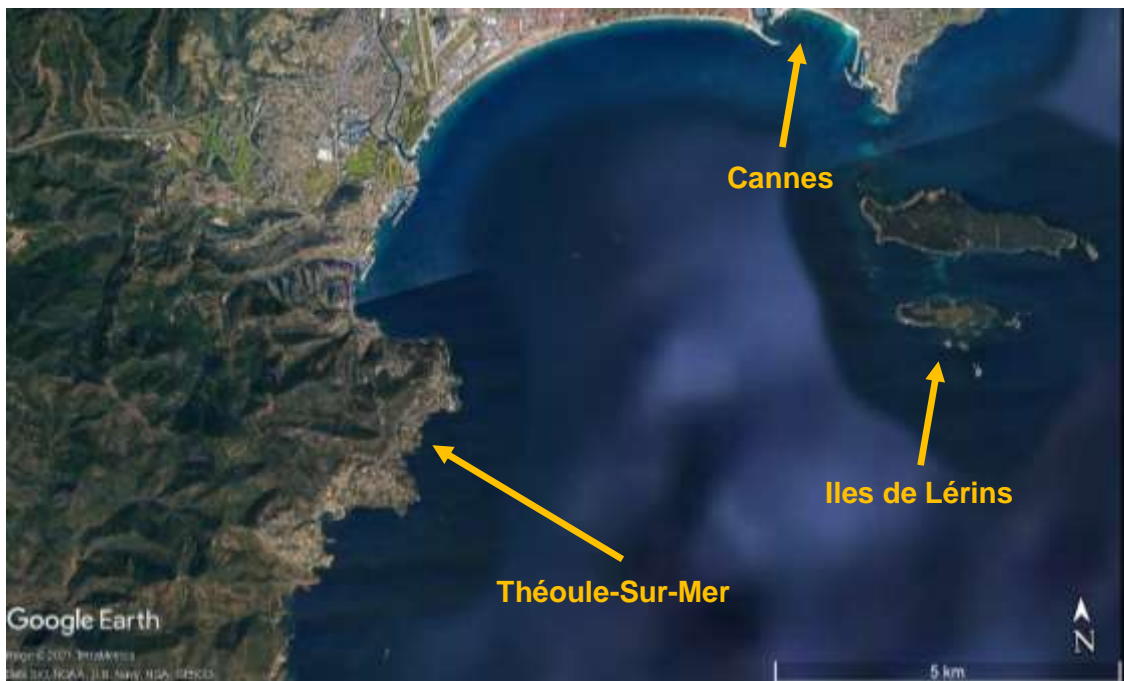


Figure 1 : Plan de Situation de Théoule-Sur-Mer



Figure 2 : Plan de repérage des établissements balnéaires de Théoule-Sur-Mer

1.3. Objectif de la mission

Le présent rapport propose des éléments de réponse à cette demande. Il s'appuie sur l'analyse des statistiques de houles au large de Théoule-sur-Mer. L'emprise de la zone d'étude permet de s'affranchir de l'effet du vent, déjà pris en compte dans la houle du large.

Un modèle de propagation a été construit et mis en œuvre pour connaître l'évolution des caractéristiques de la houle lors de sa propagation du large jusqu'au droit des établissements de plage de chacun des sites d'étude.

Pour chaque site d'étude, nous avons mené une étude individualisée visant à évaluer le risque de submersion de la plage par les vagues lors d'événements climatiques de probabilité de survenance 1 an, 10 ans, 20 ans, 50 ans et deux évènements extrêmes.

2. LE MILIEU PHYSIQUE MARITIME

2.1. La bathymétrie

Le littoral de Théoule-sur-Mer fait partie du système hydrodynamique du Golfe de la Napoule, délimité par la Pointe de l'Aiguille à l'Ouest, la Pointe de la Croisette, à l'Est, et les Iles de Lérins. Les fonds au large de la zone sont caractéristiques de la région méditerranéenne : avec une pente moyenne de l'ordre de 6% de 10m à 1400m, et la présence d'un canyon, un des plus abrupts de la Méditerranée¹, vestige de l'ère glaciaire précédente où le niveau de la mer était beaucoup plus bas qu'aujourd'hui et où les fleuves actuels du bassin versant se rejoignaient.

Cette configuration des fonds et donc l'absence de plateau continental engendre des plages très étroites ainsi qu'un déferlement des vagues relativement proche de la côte. L'image ci-dessous présente une compilation de toutes les données bathymétriques ayant été récoltées, du large à la côte :

- La bathymétrie au large des côtes de la Baie de Cannes, extraite de la carte marine SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine),
- La topo-bathymétrie littorale Litto3D distribuée par le SHOM.

On voit sur la figure 3 ci-après la présence du canyon, prenant naissance entre Théoule-sur-Mer et les îles de Lérins. Le départ du canyon se situe à des profondeurs relativement importantes, et bien au-delà de la profondeur de fermeture ce qui laisse penser que celui-ci n'intervient pas dans les processus morphodynamiques d'une façon ou d'une autre. En revanche, il peut intervenir dans le transfert de la houle du large à la côte par modification de la trajectoire de la houle, surtout pour les houles les plus longues.

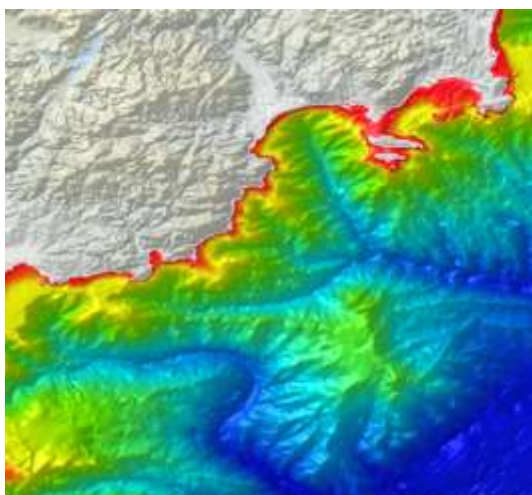


Figure 3 : Bathymétrie Emodnet



Figure 4 : Topo-Bathymétrie Litto3D (source : SHOM)

¹ Histoire Sédimentaire de la Région au large de la Côte d'Azur, Guy Pautot, Centre Océanologique de Bretagne, Brest, 1972, <https://archimer.ifremer.fr/doc/1972/publication-5112.pdf>

2.2. Le niveau marin

Le niveau de la mer varie selon l'interaction de phénomènes tels que la marée astronomique, la marée barométrique, les surcotes de tempête (storm surge), et devrait également évoluer au regard des travaux du GIEC prévoyant une élévation du niveau de la mer due au réchauffement climatique.

Les cotes altimétriques évoquées dans cette étude se rapportent au zéro du nivellement général de la France 0 NGF (ou 0 IGN69). Le zéro des cartes marines (ou 0 CM) étant situé à 0.329m sous le zéro NGF ² à La Figueirette.

2.2.1. La marée astronomique

La marée en Méditerranée est de type semi-diurne, avec une très faible amplitude. Malgré la présence de ce phénomène le long des côtes françaises de la Méditerranée, le marnage qui lui est associé est relativement faible (de l'ordre de 40cm).

Il y a plusieurs explications à ce faible marnage :

- D'une part, la Méditerranée est une mer fermée, et les longueurs d'onde de marée sont quasiment égales à la largeur du bassin méditerranéen ;
- D'autre part, le plateau continental étant très étroit en Méditerranée, l'amplitude de la marée n'est pas accentuée.

2.2.2. Surcotes, décotes et storm surge

Le niveau de la mer subit des variations en raison des phénomènes atmosphériques tels que la pression barométrique (passage d'une dépression ou d'un anticyclone), le vent qui souffle depuis le large vers la cote (storm surge, surcote) ou l'inverse (décote), et les conditions océanographiques comme le courant (upwelling, downwelling) ou les vagues (wave set-up), dont les influences peuvent être bien supérieures à la marée astronomique.

2.3. La houle du large

La houle du large est connue en deux points au large de Théoule (voir figure 5). En chacun des points, les séries temporelles de 28 années (1993-2021 or 2011) ont été fournies par GLOBOCEAN ³ et IFREMER (projets IOWAGA⁴ et MARC⁵). La figure 6 présente les séries temporelles des caractéristiques de l'état de mer au point AM3.

² Références Altimétriques Maritimes, Ports de France métropolitaine et d'outre-mer, SHOM, 2019

³ Le modèle mis en œuvre par GLOBOCEAN fournit des états de mers reconstitués numériquement depuis 1993 jusqu'à 2010 grâce à l'outil WaveWatchIII.

⁴ Le modèle Méditerranée Nord du projet IOWAGA fournit des états de mers reconstitués numériquement depuis le 01/06/2004 jusqu'à aujourd'hui. La résolution spatiale est de 1/30° en latitude et 1/20° en longitude. Le forçage du vent émane de l'ECMWF.

⁵ Le modèle Méditerranée Nord UG du projet MARC fournit des états de mer reconstitués numériquement depuis l'année 2012 jusqu'à aujourd'hui. Le forçage du vent émane de l'ECMWF et correspond à la donnée « best estimate ».



Figure 5 : Localisation des points de connaissance de la houle du large

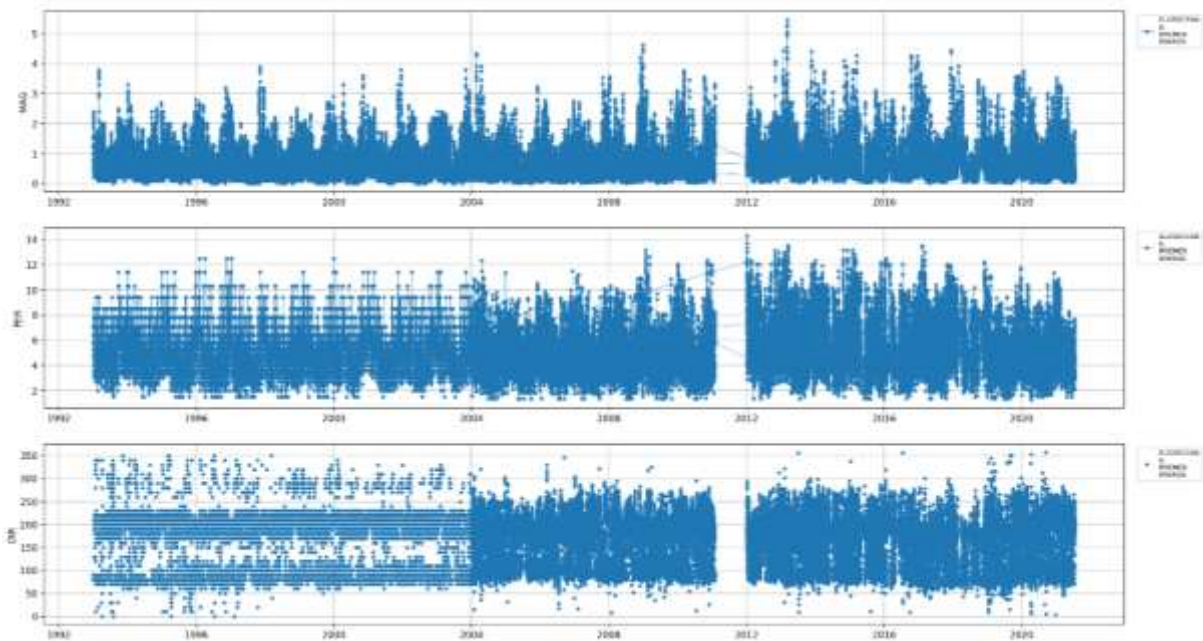


Figure 6 : Série temporelle des paramètres hauteur significative, période pic, direction de l'état de mer au point PT3

3. ANALYSE STATISTIQUES DES CONDITIONS DU LARGE

Lors de sa propagation du large vers la zone d'étude, la houle est modifiée par la bathymétrie et le trait de côte. Nous avons mené une étude numérique de propagation qui permet de connaître la transformation de la houle et ses caractéristiques lorsqu'elle approche le littoral de Théoule. Cette étude est basée sur l'exploitation du logiciel Swan (Simulating WAVes Nearshore, de Delft University of Technology) qui est un modèle de troisième génération permettant d'obtenir une estimation réaliste des paramètres des vagues en zone côtière, pour un vent, une bathymétrie, et des conditions de courants donnés. Ce logiciel, basé sur l'équation de conservation de la densité spectro-angulaire d'action des vagues, modélise la propagation des vagues courtes sur un fond irrégulier en considérant l'action du vent, de la dissipation d'énergie par friction sur le fond, le déferlement, la réfraction (due à la bathymétrie, au niveau d'eau et aux courants), le shoaling ainsi que l'étalement directionnel de la houle.

Les analyses statistiques des conditions de houle au large (§3.1) et de niveau d'eau (§3.2) permettent de définir les scénarios des conditions océanographiques d'évènements climatiques de périodes de retour de 1 an et 2 ans. La topo-bathymétrie (§4.1) permet de modéliser les conditions de propagation de la houle sur la zone. Ces paramètres constituent les données d'entrée au modèle SWAN (§4.2) ainsi mis en œuvre. Les résultats (§4.4) montrent les conditions d'agitation au droit des établissements pour des évènements climatiques aux périodes de retour étudiées.

3.1. Analyse de la houle du large

L'analyse statistique de la houle du large est réalisée sur des séries temporelles de 27 années (1993-2018 or 2011 et 2012) fournie par GLOBOCEAN et IFREMER au point AM3 à proximité de la frontière maritime du modèle SWAN (voir figure 7).



*Figure 7 : Emprise du modèle de propagation et localisation du point de données du large
AM3*

3.1.1. Analyse qualitative

L'observation des séries temporelles des hauteurs significatives, périodes de pic et directions des données de houle extraites au point proche de la frontière maritime du modèle de propagation, nommé point 3 (figure 8) montrent une saisonnalité :

- L'hiver

Le P90 journalier des Hs (soit la hauteur significative journalière telle que 90% des hauteurs significatives par jour lui soit inférieure) est le plus élevé entre octobre et mai. Il est supérieur à 1.5m et peut dépasser régulièrement les deux mètres. Sur cette période hivernale, le P50 journalier des Hs, soit la médiane des hauteurs significatives, est plus important en novembre et avril. Les houles longues (période de pic élevée soit > 8s) sont fréquentes de novembre à avril. De mi-septembre à début avril, la houle provient fréquemment d'Est.

- L'été

Les mois d'avril et mai montrent un changement de régime pour atteindre en juin, juillet et août une agitation plus constante : de direction Sud-Sud-Ouest, les périodes de pic des houles sont plus courtes (P90 < 10s) qu'en hivers. Les P10, P50 et P90 des hauteurs significatives sont réduites par rapport à l'hiver et les houles extrêmes (> P90) sont moins élevées.

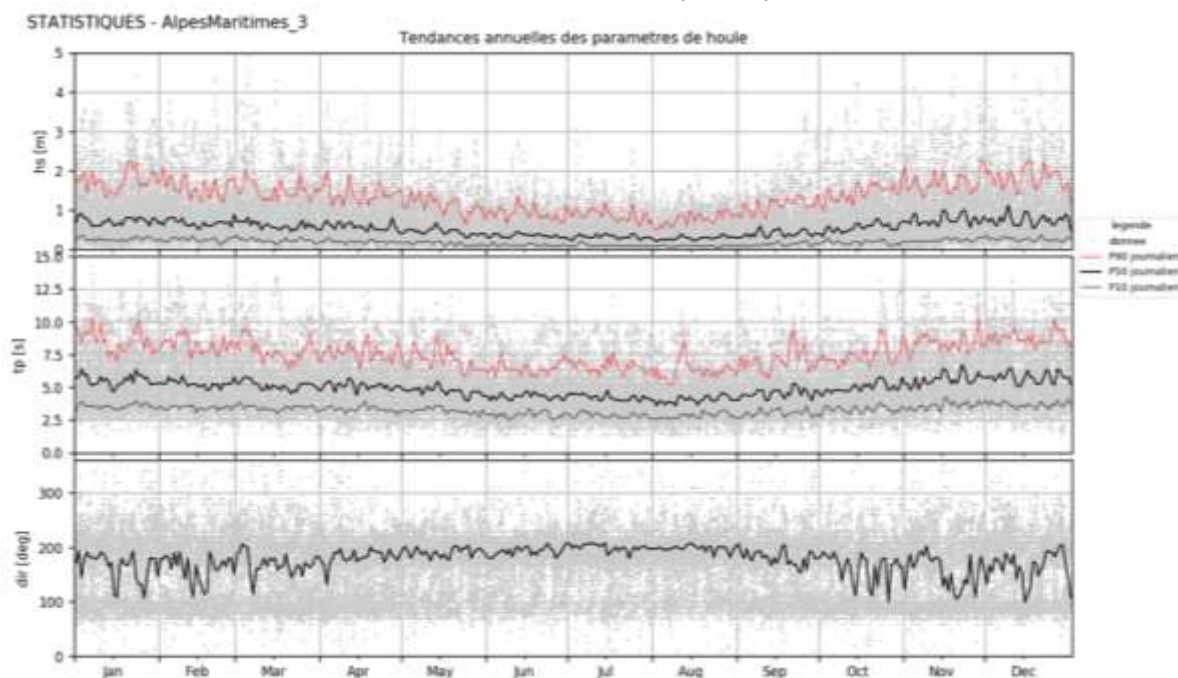


Figure 8 : Tendances annuelles des paramètres de houle - Point AM3

3.1.2. Analyse statistique – aperçu global

La figure en Annexe illustre l'analyse statistique des séries temporelles d'agitation au point AM3 :

- Les deux roses montrent la répartition des Hs d'une part, et des Tp d'autre part, dans chaque plage de directions (10°) :
 - Les houles les plus fréquentes proviennent du Sud-Sud-Ouest (65%). Elles sont principalement inférieures à 1.5m (Hs) et 10s (Tp).
 - L'existence de houles d'Est n'est pas négligeable (25%). Leurs périodes de pics sont inférieures à 10s. Les hauteurs sont plus souvent supérieures à 1m.

STATISTIQUES - AlpesMaritimes 3
lat 43.33330
lon 6.90000

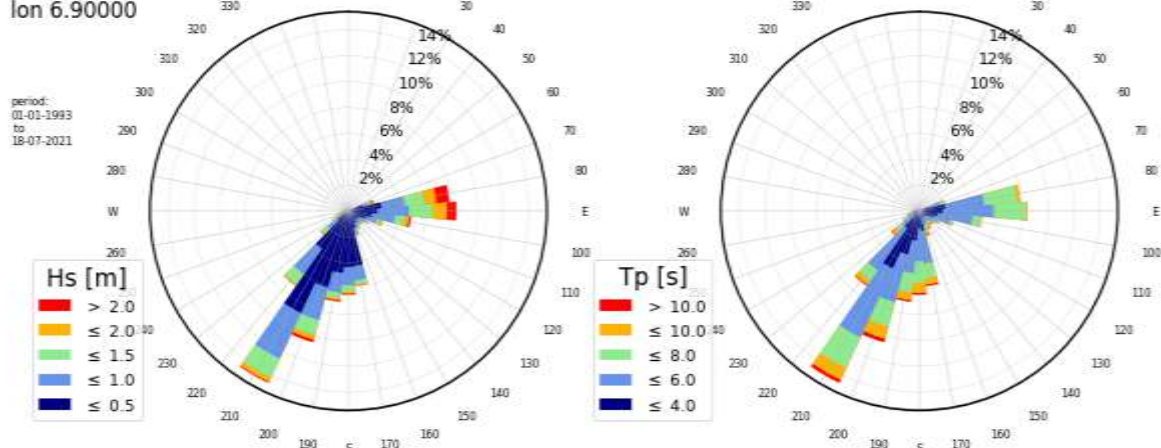


Figure 9: Rose des Hs et Tp au point AM3 (analyse statistique sur 1993-2021)

- Les histogrammes (figure 10) présentent les occurrences par classe des Hs d'une part, et Tp d'autre part, toutes directions confondues :
 - Les vagues ayant une hauteur significative inférieures à 2m représentent plus de 95% de l'agitation.
 - Les houles de périodes de pics comprises entre 3 et 7 secondes sont les plus fréquentes.

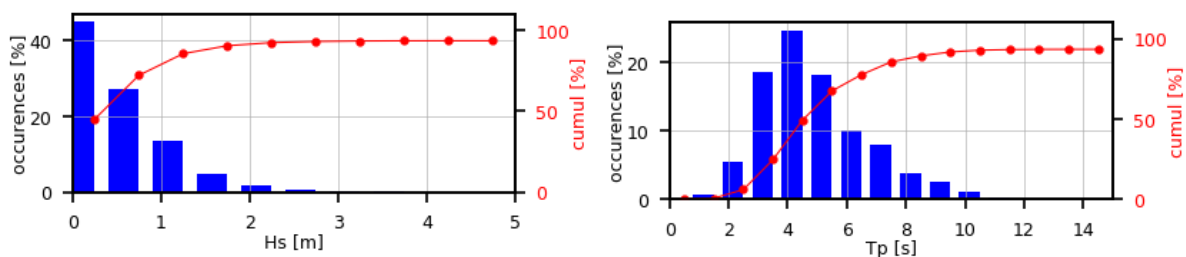


Figure 10 : Histogrammes des Hs et des Tp au point AM3 (analyse statistique sur 1993-2021)

- Les diagrammes de corrélations entre paramètres intégraux des vagues (figure 11) montrent les occurrences de couples. Un code couleur est choisi pour quantifier les probabilités d'occurrence : du bleu foncé (très faible occurrence), au rouge (très forte occurrence). Ces diagrammes montrent l'existence d'une population d'agitation assez large :
 - Le diagramme Hs/Tp montre une linéarité jusqu'à environ 1m de hauteur significative, puis deux directions divergentes (Hs fort/période courte et période longue/Hs faible)
 - Le diagramme Hs/Dir met en évidence deux plages de directions prédominantes : autour de 90°Nord (soit Est) et autour de 200° (soit Sud-Sud-Ouest), directions mises en évidence par la rose de vagues.
 - Le diagramme Tp/Dir confirme que les houles de période longue (>10s) proviennent de Sud-Sud- Ouest. Les houles d'Est sont de période inférieure à 10s.

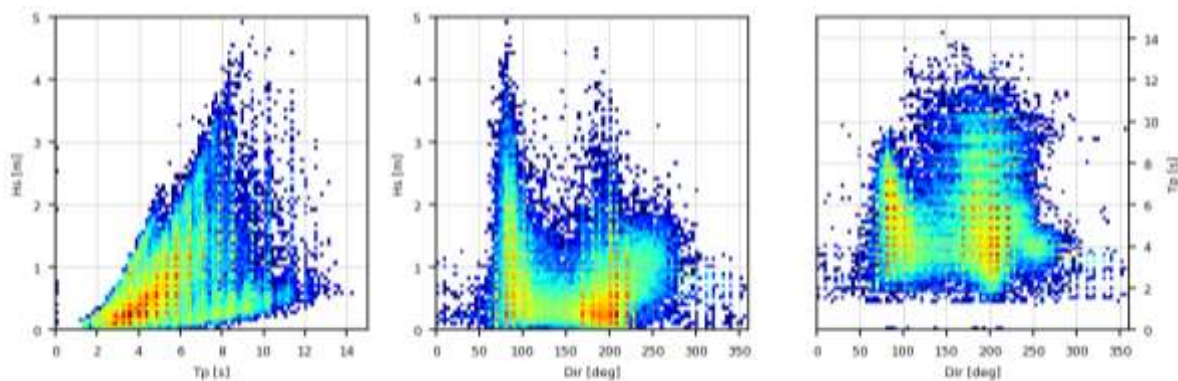


Figure 11 : Diagrammes de corrélations entre paramètres intégraux des vagues au point AM3 (analyse statistique 1993-2021)

3.1.3. Analyse statistiques – détermination des conditions extrêmes

L'analyse des conditions d'agitation extrêmes est réalisée par classes de directions :

- D'une part en distinguant les deux grands secteurs est et sud ;
- D'autre part en considérant des secteurs plus restreints de d'amplitude 20°.

L'analyse est réalisée sur la période 1993 à 2021 en extrayant les 10 événements (r1...r10) les plus extrêmes pour chaque « année hydraulique » c'est-à-dire de septembre à août. Un événement est dit extrême lorsque son Hs dépasse le seuil du P90 de la série annuelle considérée et se distingue du suivant avec un délai minimal de 24h. A partir de cet échantillon, le calcul de valeurs extrêmes est effectué en ajustant une loi de distribution GEV (Generalized Extreme Value) par méthode de maximum de vraisemblance (Coles, 2001).⁶

Par ailleurs, les tables d'occurrences conjointes Hs/Tp par plage de directions permettent d'estimer les lois de relations Hs/Tp. Pour chaque classe de Hs, une période Tp est calculée grâce à une moyenne pondérée des occurrences de couple Hs/Tp. La loi résultante est de la forme $=\alpha \times Hs^\beta$. Les paramètres de la loi de distribution sont ajustés par régression linéaire.

3.1.3.1. Secteurs Est et Sud

Dans un premier temps, deux grands secteurs de provenance de la houle sont déterminés : de sud et d'est. La figure 12 présente l'amplitude de chacun des secteurs au regard de la carte de l'emprise du modèle et également de la rose des Hs précédemment présentée. Ces deux secteurs couvrent les deux populations de houle identifiées dans deux directions principales de provenance.

⁶ Coles, 2001, An Introduction to statistical modelling of extreme values, Springer, 208p.

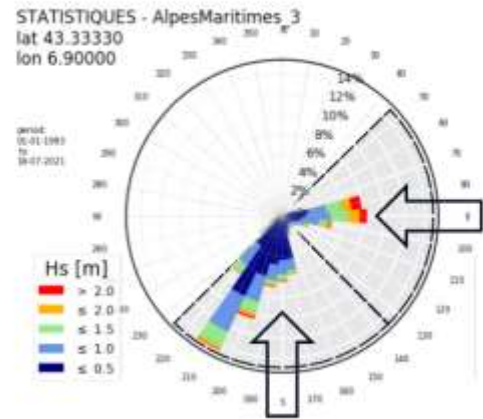
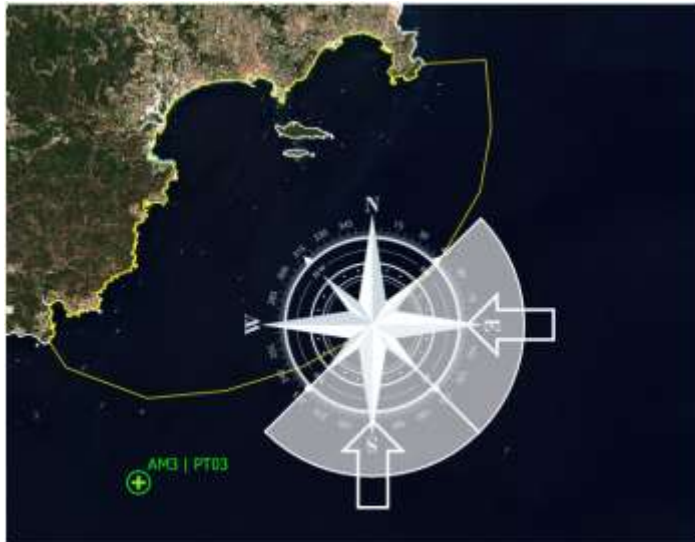


Figure 12 : Visualisation de l'amplitude des deux secteurs est et sud définis pour réaliser les statistiques des conditions d'agitation extrêmes

La figure 13 présente le résultat d'extraction d'évènements extrêmes pour chaque secteur.

TABLE DES 10 EVENEMENTS EXTREMES PAR ANNEE HYDRAULIQUE (Hs en m)											TABLE DES 10 EVENEMENTS EXTREMES PAR ANNEE HYDRAULIQUE (Hs en m)										
	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10		r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10
1993-1994	2,6	2,1	2,1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,6	1	1993-1994	3,3	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1
1994-1995	2,7	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,6	1,6	1	1994-1995	2,5	2,4	2,4	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1
1995-1996	2,7	2,6	2,4	2,2	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8	1	1995-1996	2,8	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	2,1	2,0	2,0	1
1996-1997	2,8	2,3	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1	1996-1997	3,2	3,0	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	1,9	1,9	1
1997-1998	3,2	3,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1	1997-1998	3,9	2,3	2,2	2,2	2,0	1,9	1,7	1,7	1,6	1
1998-1999	2,5	2,3	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,6	1,6	1	1998-1999	2,2	2,1	2,0	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1
1999-2000	3,3	2,7	2,7	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1	1999-2000	2,9	2,6	2,5	2,2	1,9	1,6	1,6	1,5	1,5	1
2000-2001	2,7	2,3	2,2	2,1	2,1	1,8	1,7	1,7	1,7	1	2000-2001	3,6	2,6	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1
2001-2002	3,8	3,1	3,1	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0	2,0	2	2001-2002	3,3	2,1	1,9	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1
2002-2003	2,4	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,8	1	2002-2003	2,2	2,2	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1
2003-2004	4,4	3,9	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,4	2,3	2	2003-2004	3,8	3,1	2,5	2,4	2,4	1,9	1,8	1,7	1,7	1
2004-2005	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,0	2,0	1,9	1	2004-2005	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1
2005-2006	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0	2,0	1,8	1,6	1,5	1	2005-2006	3,2	2,8	2,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1
2006-2007	2,8	2,7	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,6	1	2006-2007	2,1	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1
2007-2008	3,6	3,5	3,1	3,0	3,0	2,8	2,7	2,2	2,1	2	2007-2008	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1
2008-2009	4,6	4,2	3,3	3,1	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2	2008-2009	3,9	3,6	2,6	2,4	2,4	2,1	2,0	1,8	1,8	1
2009-2010	3,8	3,7	2,8	2,8	2,8	2,6	2,6	2,6	2,5	2	2009-2010	3,5	3,1	3,0	2,6	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1
2010-2011	3,6	3,3	2,7	2,5	2,5	2,3	2,2	1,9	1,9	1	2010-2011	3,2	2,3	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1
2011-2012	3,2	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8	1	2011-2012	2,3	2,0	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	1
2012-2013	5,5	4,1	3,6	3,4	3,3	3,3	2,7	2,7	2,6	2	2012-2013	4,4	2,8	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1
2013-2014	4,4	3,7	3,3	3,2	3,1	3,1	2,9	2,9	2,8	2	2013-2014	3,8	2,6	2,6	2,5	2,4	2,0	1,9	1,7	1,6	1
2014-2015	4,3	3,9	3,8	2,9	2,9	2,7	2,7	2,6	2,5	2	2014-2015	4,1	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1
2015-2016	3,1	2,8	2,8	2,7	2,5	2,3	2,2	2,2	1,9	1	2015-2016	2,8	2,3	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1
2016-2017	4,3	4,3	4,0	3,7	3,5	3,1	3,1	3,0	3,0	2	2016-2017	2,9	2,4	2,2	2,1	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1
2017-2018	3,9	3,8	3,5	3,2	2,7	2,6	2,5	2,0	1,8	1	2017-2018	4,5	2,9	2,5	2,3	2,2	1,9	1,9	1,8	1,6	1
2018-2019	3,5	3,2	3,0	2,9	2,8	2,6	2,5	2,1	2,1	2	2018-2019	2,8	2,2	1,9	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5	1,4	1
2019-2020	3,8	3,6	3,6	3,2	3,1	2,9	2,8	2,7	2,7	2	2019-2020	3,6	3,5	3,4	3,0	2,6	2,4	2,0	1,9	1,9	1
2020-2021	3,5	3,3	3,2	2,9	2,9	2,8	2,5	2,5	2,3	2	2020-2021	3,2	3,0	2,8	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1

Secteur est

Secteur sud

Figure 13 : Table des 10 évènements Hs extrêmes par an au point AM3 (secteur est (045°-135°N) à gauche, secteur sud (135°-225°N) à droite)

Ces tables sont la base du calcul de statistique pour déterminer les houles projet. Elles permettent également de montrer la tendance moyen terme à l'augmentation des Hs. Les figures 14 et 15 présentent l'évolution de la moyenne sur 5 années des Hs des évènements extrêmes relevés chaque année « hydraulique » sur la période de données i.e., la valeur « évènement majeur annuel » de 2021 correspond à la moyenne des valeurs r1 des années hydrauliques 2016-2017 à 2020-2021 indiquées dans les tables ci-dessus.

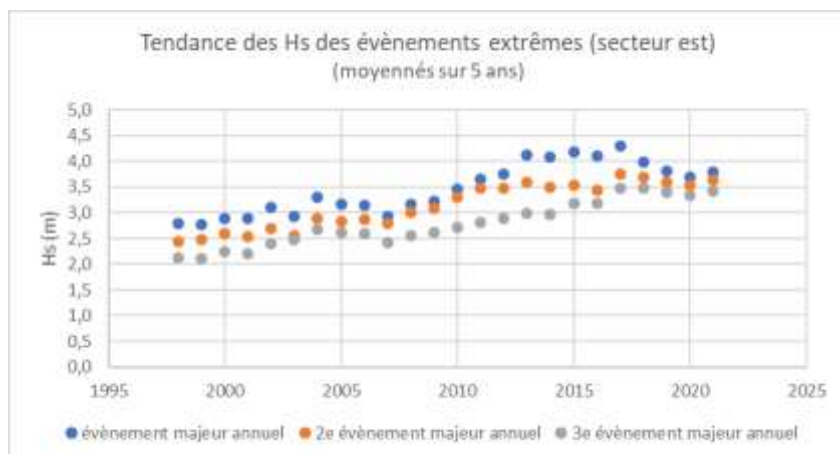


Figure 14 : Tendence à moyen terme de l'évolution des Hs des événements annuels majeurs – secteur est

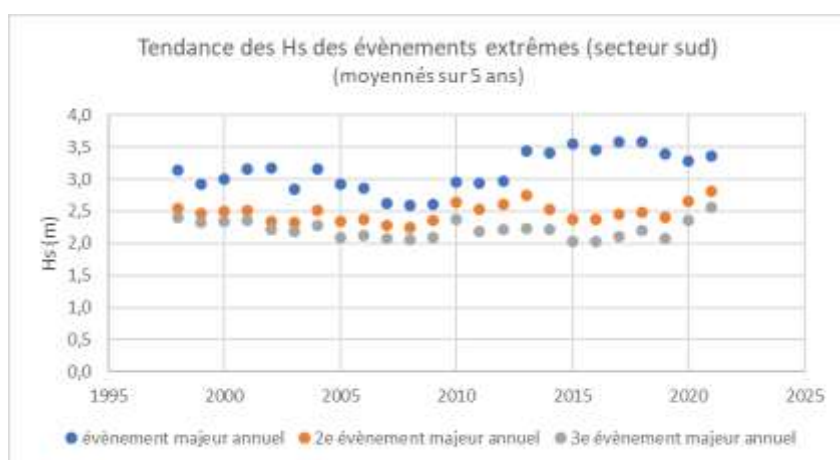


Figure 15 : Tendence à moyen terme de l'évolution des Hs des événements annuels majeurs – secteur sud

Les données sont exploitées pour établir les tables d'occurrences conjointes Hs/Tp par secteur et permettent ainsi d'estimer les lois de relations Hs/Tp : voir figure 16 et figure 17.

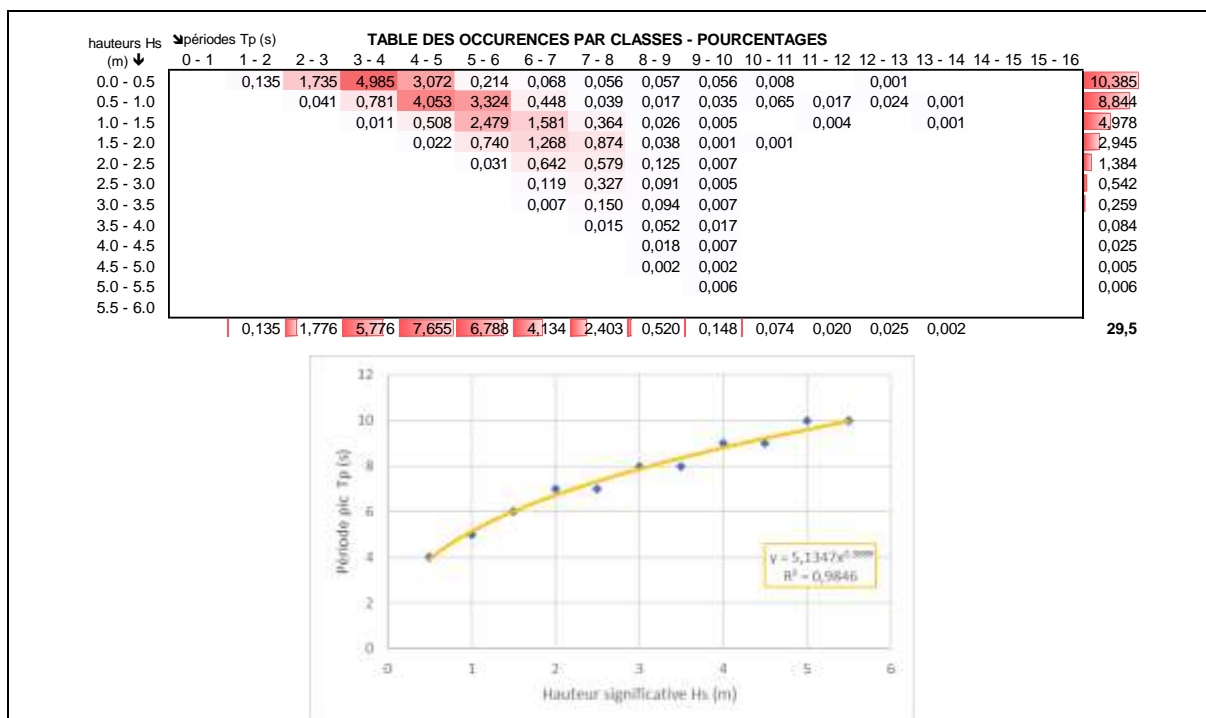


Figure 16 : Tableau par classe et ajustement de la relation Hs/Tp – secteur est

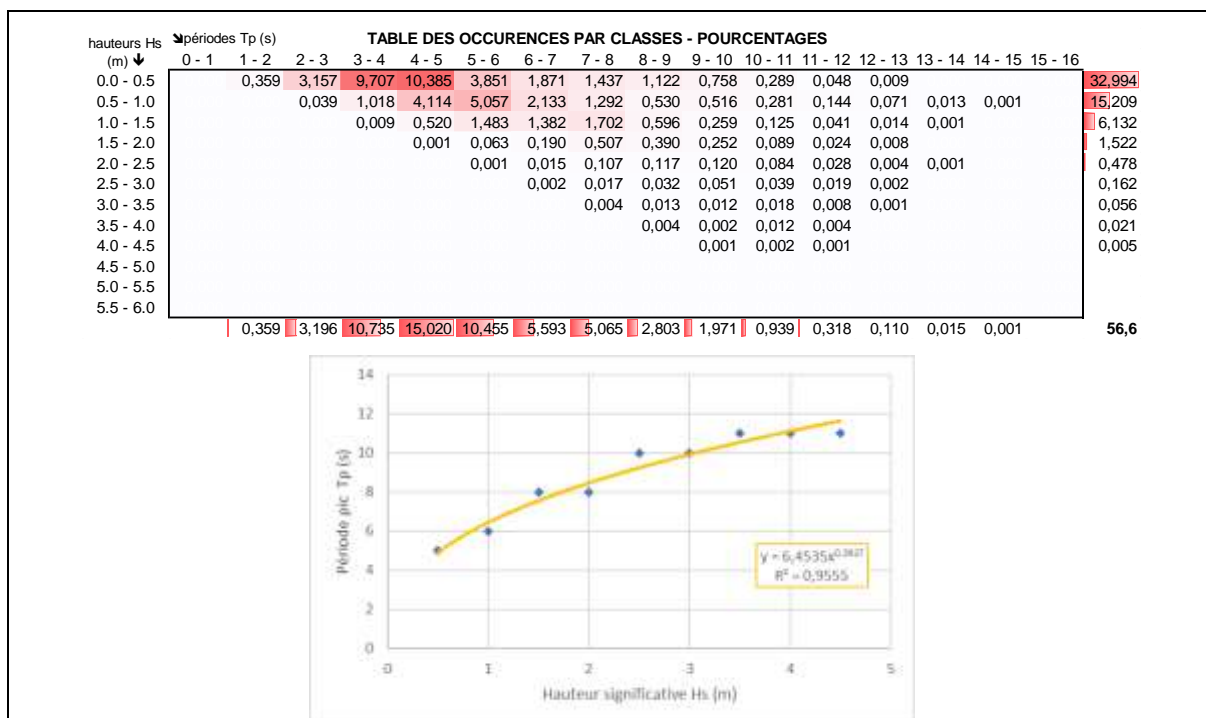


Figure 17 : Tableau par classe et ajustement de la relation Hs/Tp – secteur sud

L'analyse statistique des houles permet donc d'aboutir au tableau suivant qui présente les estimations des hauteurs des houles projets h_s (m) associées aux valeurs minimales et maximales déterminant la plage d'incertitude de la méthode. Des valeurs de période pic tp (s) sont également associées à chacune des h_s de ces houles aux périodes de retour 1, 5, 10, 20, 50 et 100 ans.

classe de directions	période de retour	h_s (m)	h_{s_min}	h_{s_max}	tp (s)	tp_min	tp_max
045-135°N	1	3,6	3,5	3,7	8,4	8,3	8,5
	5	4,3	4,1	4,5	9,1	8,9	9,2
	10	4,6	4,4	4,8	9,3	9,1	9,5
	20	4,8	4,6	5,1	9,5	9,3	9,7
	50	5,2	4,8	5,5	9,7	9,5	10,0
	29,5%	100	5,4	5,0	5,8	9,9	9,6
135-225°N	1	2,9	2,8	3,0	9,8	9,7	10,0
	5	3,7	3,5	4,0	10,8	10,6	11,1
	10	4,1	3,8	4,4	11,2	10,9	11,6
	20	4,5	4,1	4,9	11,6	11,2	12,1
	50	5,0	4,5	5,6	12,1	11,6	12,7
	56,6%	100	5,4	4,8	6,1	12,5	11,9

Figure 18 : Tableau synthétique des caractéristiques $H_s/Tp/Dir$ des houles projet au point AM3

3.1.3.2. Secteurs plus fins d'amplitude 20°

La quantité de données disponibles permet aussi de pouvoir réaliser les statistiques de détermination des houles dites « de projet » sur des secteurs de plus petite amplitude.

La figure 19 présente les valeurs de H_s déterminées pour chaque secteur de provenance de la houle pour chaque période de retour 1, 10, 20, 50 et 100 ans, au regard des valeurs déterminées dans l'analyse sur deux secteurs (est et sud).

Les houles déterminées sur l'analyse par deux secteurs majorent les valeurs déterminées sur des secteurs de 20°. Elles seront donc utilisées pour la suite de l'étude et appliquées à plusieurs directions décrivant les deux secteurs.

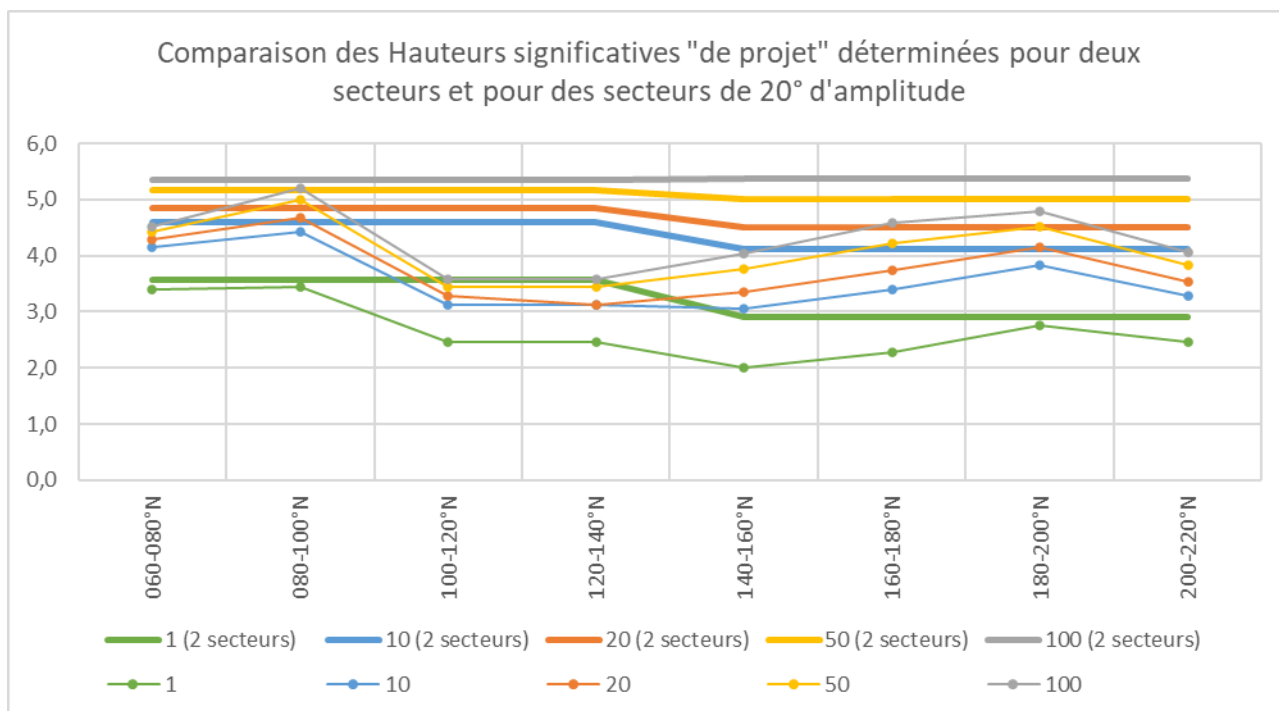


Figure 19 : Comparaison des hauteurs significatives « de projet » déterminées à partir de deux secteurs (est et sud) d'une part et par secteurs d'amplitude 20° d'autre part

3.2. Analyse statistique des niveaux d'eau

3.2.1. Analyse des observations de niveau marin

Le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) a mis en place deux marégraphes à proximité de Théoule-sur-Mer : Nice et La Figueirette (voir le tableau ci-dessous).

Marégraphe	Période de mesures	Niveau le plus bas	Niveau moyen	Niveau le plus haut
Nice	1981 à 1985 puis	0.01 mZH	0.49 mZH	1.05 mZH
	1998 à aujourd'hui	-0.33mNGF	0.15m NGF	0.71 mNGF
La Figueirette	Mai 2011 à aujourd'hui	0.09 mZH	0.53 mZH	1.11 mZH
		-0.24 mNGF	0.20 mNGF	0.78 mNGF

Tableau 1 : Minima, moyennes et maxima des mesures des marégraphes de Nice et La Figueirette

La série temporelle de la surcote de Nice représentant plus de 20 années d'enregistrement continu est analysée en extrayant les 10 événements extrêmes par année. Un événement est défini par un seuil de dépassement et une durée dans le temps. Le seuil choisi est le P70 des hauteurs mesurées. La durée entre deux événements est fixée à 24h. A partir de cet échantillon, le calcul des valeurs extrêmes est effectué en ajustant une loi de distribution GEV par méthode de maximum de vraisemblance.

L'édition 2020 du document de référence *Références Altimétriques Maritimes* du SHOM, estime, à Nice, le niveau de la Plus Haute Mer Astronomique à 0,75mZH soit 0,41mNGF. Le tableau ci-dessous présente le bilan des surcotes de projet auxquelles le niveau maximal induit par la marée astronomique sur la période 1992-2020, soit 0.39 mNGF.

L'impact du réchauffement climatique est estimé en ajoutant 20 cm sur un événement de référence pour l'horizon proche (soit 10 / 20 ans donc 2030 / 2040) et 60cm pour l'horizon 2100. Cette estimation est celle employée dans les études PPRL (Plans de Prévention des Risques Littoraux).

Analyse au marégraphe de Nice					
Période de retour	Surcote (m)	Niveau de marée associé (mNGF)	Niveau d'eau (mNGF)	Niveau d'eau haut de projet horizon proche (+0.20m)	Niveau d'eau haut de projet horizon 2100 (+0.60m)
1 an	0.29	0.39	0.68	0.88	1.28
10 ans	0.42	0.39	0.81	1.01	1.41
20 ans	0.46	0.39	0.85	1.05	1.45
50 ans	0.51	0.39	0.90	1.10	1.50
100 ans	0.54	0.39	0.93	1.13	1.53
100 ans (incertitude haute)	0.63	0.39	1.02	1.22	1.62

Tableau 2 : Bilan des surcotes de projet

L'estimation du niveau marin moyen présentée dans le rapport « Les niveaux marins extrêmes – Ports de métropole » publié par le CEREMA⁷ propose des valeurs quelque peu inférieures. Cette étude est réalisée avec une autre méthode statistique, sur la série temporelle du niveau marin et non celle de la surcote, ce qui explique l'écart. Les résultats indiqués ci-avant apparaissent donc comme conservatifs pour l'estimation du risque de submersion.

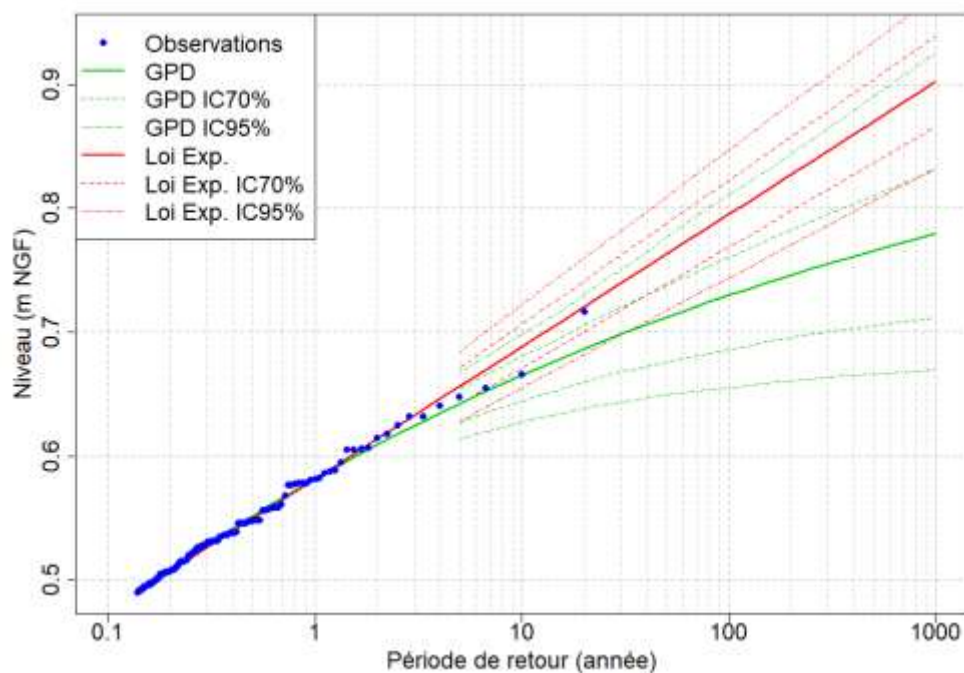


Figure 20 : Lois d'estimation des niveaux extrêmes à Nice – source CEREMA

⁷ Les niveaux marins extrêmes – Ports de métropole – Décembre 2018, CEREMA Eau, mer et fleuves

4. MODELE DE PROPAGATION

4.1. Topo-Bathymétrie

Les données topographique et bathymétriques utilisées sont :

- La donnée bathymétrique fournie par Emodnet⁸ qui résulte d'un assemblage de plusieurs bathymétries ;
- La donnée Litto3D qui consiste en un regroupement de plusieurs levés lidar dont la résolution est de 1m. Ces données sont diffusées par le SHOM.

La donnée Litto3D permet de gagner en précision sur les faibles profondeurs (<15m).

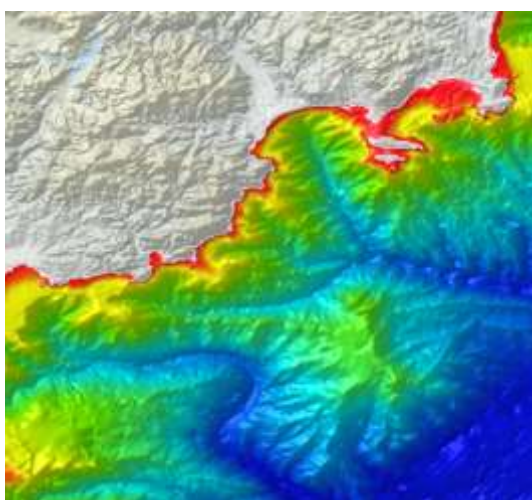


Figure 21 : Bathymétrie Emodnet



*Figure 22 : Topo-Bathymétrie Litto3D
(source : SHOM)*

4.2. Modèle SWAN

Le modèle SWAN permet de propager les houles du large au droit des établissements. Pour ce faire, une zone qui relie les points du large au site d'intérêt à la côte est définie et maillée par un maillage non structuré. Celui-ci est de large résolution au large (900m) et plus fine sur le littoral de Théoule-sur-Mer et Cannes (20m) (voir figure 23 et figure 24).

Cet outil modélise la propagation non-stationnaire des vagues courtes sur un fond irrégulier en considérant la dissipation d'énergie par friction sur le fond, le déferlement, la réfraction (due à la bathymétrie, au niveau d'eau et aux courants), le shoaling ainsi que l'étalement directionnel de la houle. Il ne modélise pas la réflexion, la diffraction et la radiation de la houle sur les ouvrages. Le spectre modélisé par ce modèle est un spectre Jonswap (coefficient de forme $\gamma = 3.3$). Le critère de dissipation d'énergie par friction sur le fond est fixé à $0.067\text{m}^2\text{s}^{-3}$.

⁸ <http://www.emodnet-bathymetry.eu/>

Modèle Cannes-Théoule 2021

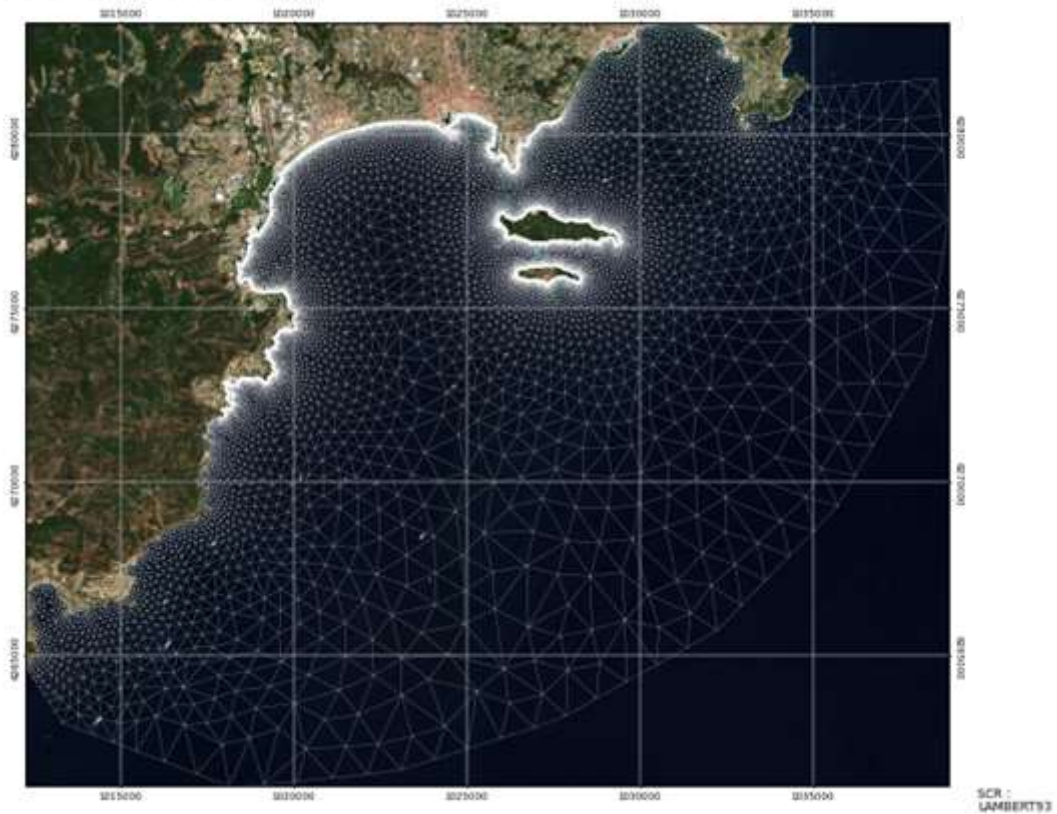


Figure 23 : Modèle SWAN – maillage

Modèle Cannes-Théoule 2021

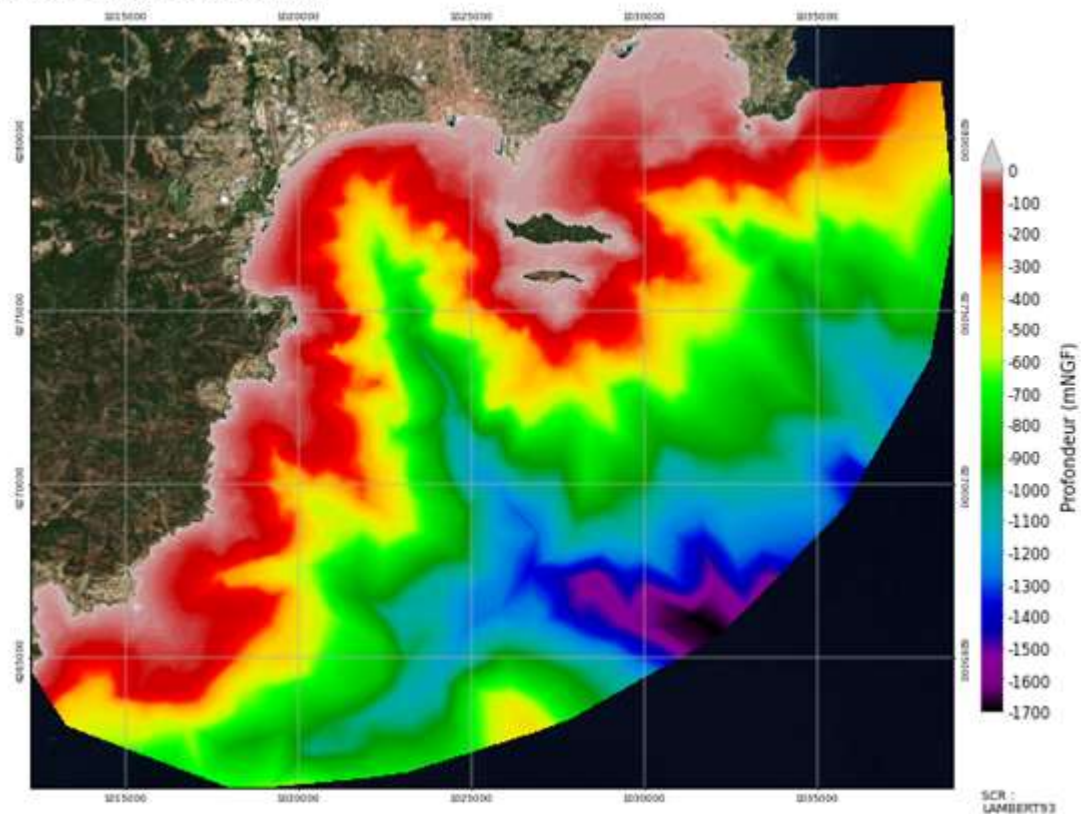


Figure 24 : Modèle SWAN – bathymétrie

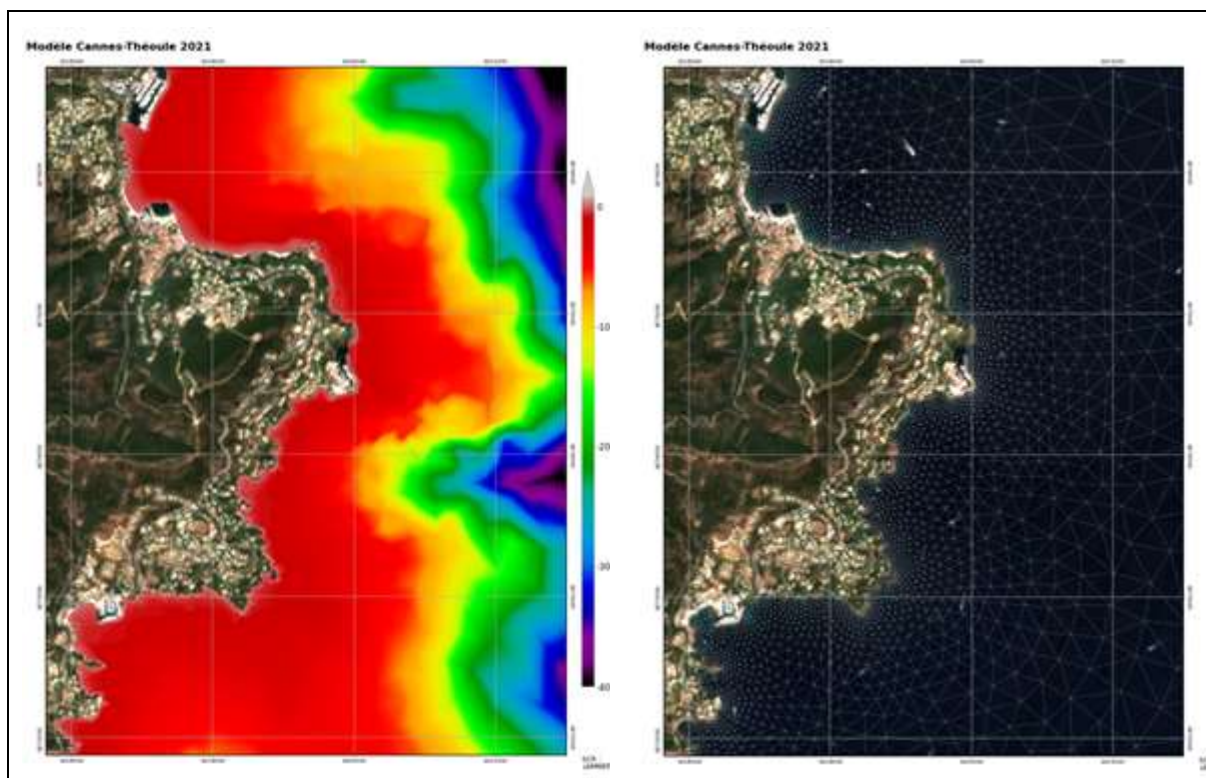


Figure 25 : Modèle Swan - maillage et bathymétrie – zoom sur Théoule-sur-Mer

4.3. Définition des scénarios

Le tableau 3 synthétise les couples Hs/Tp retenus pour les périodes de retour 1, 10, 20, 50 et 100 ans, en accord avec les statistiques pour deux secteurs présentés précédemment. Elles correspondent aux conditions Hs / Tp définies par la loi GEV ainsi que les conditions Hs_max / Tp_max de l'incertitude associée.

Ces conditions de houles sont associées aux niveaux marins retenus, présentés par le tableau 4.

classe de directions	période de retour	hs (m)	tp (s)	hs_max	tp_max
SECTEUR EST 045-135°N 29,5%	1	3,6	8,4	3,7	8,5
	10	4,6	9,3	4,8	9,5
	20	4,8	9,5	5,1	9,7
	50	5,2	9,7	5,5	10,0
	100	5,4	9,9	5,8	10,2
SECTEUR SUD 135-225°N 56,6%	1	2,9	9,8	3,0	10,0
	10	4,1	11,2	4,4	11,6
	20	4,5	11,6	4,9	12,1
	50	5,0	12,1	5,6	12,7
	100	5,4	12,5	6,1	13,2

Tableau 3 : Couples Hs/Tp retenus pour les calculs de propagation

Période de retour	Niveau d'eau (mNGF)	Niveau d'eau haut de projet horizon proche (+0.20m)	Niveau d'eau haut de projet horizon 2100 (+0.60m)
1 an	0.68	0.88	1.28
10 ans	0.81	1.01	1.41
20 ans	0.85	1.05	1.45
50 ans	0.90	1.10	1.50
100 ans	0.93	1.13	1.53
100 ans (incertitude haute)	1.02	1.22	1.62

Tableau 4 : Niveaux marins retenus pour les calculs de propagation (en gras)

Les houles du secteur Est sont calculées pour des directions de provenance de 45°N à 135°N par pas de 15 degrés soient : 45°N, 60°N, 75°N, 90°N, 105°N, 120°N, 135°N.

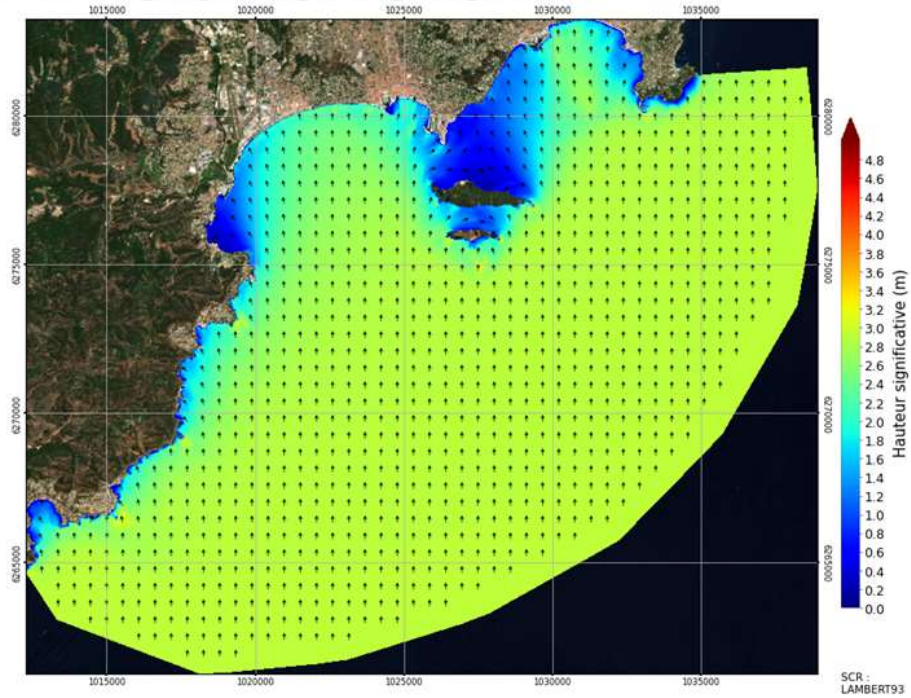
Les houles du secteur sud sont calculées pour des directions de provenance de 135°N à 225°N par pas de 15 degrés soient : 135°N, 150°N, 165°N, 180°N, 195°N, 210°N, 225°N.

Cette définition des scénarios conduit au calcul de 700 configurations.

4.4. Résultats

Pour chacune des configurations du large simulées, la modélisation SWAN permet de calculer la propagation de l'état de mer au droit des sites d'étude. La figure 24 propose deux illustrations du résultat cartographié d'un état de mer propagé.

cannes-theoule_2021_WL0.68m_HS2.90m_TP9.8s_DIR180N



cannes-theoule_2021_WL0.68m_HS3.60m_TP8.4s_DIR90N

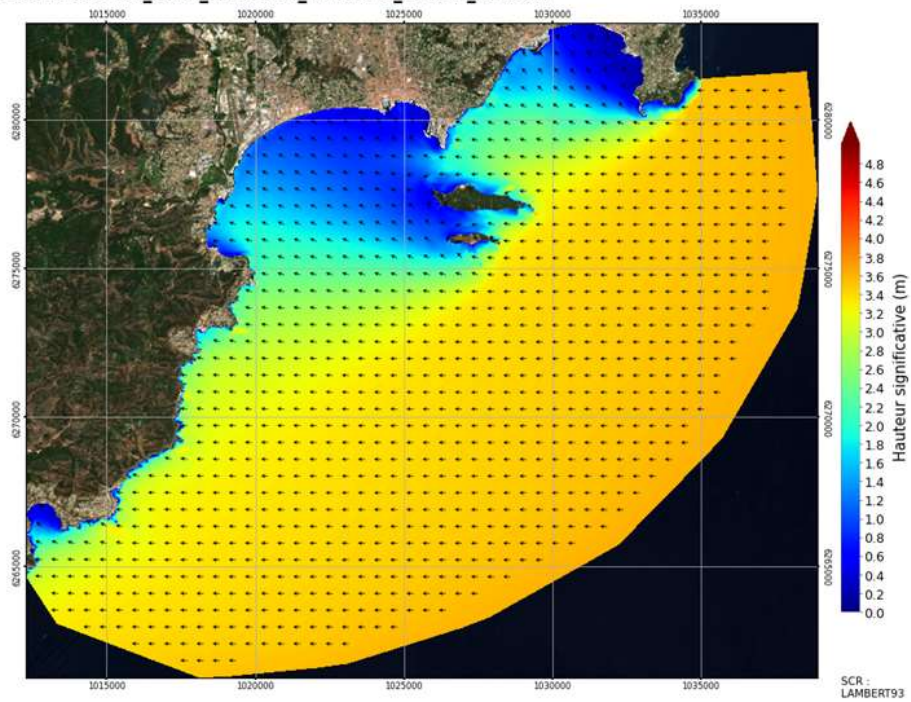


Figure 26 : Exemples de résultats du modèle de propagation SWAN, houles annuelles, de provenance de secteur sud (en haut) et d'est (en bas)

5. ETUDE DE L'ASCENSION DES HOULES ET RISQUE DE SUBMERSION

5.1. Méthodologie

Afin d'étudier plus précisément l'ascension des houles sur les profils de plage, des modèles locaux 1D sont réalisés pour un profil moyen pour chacun des sites. Ils utilisent l'outil de modélisation XBeach⁹. Il s'agit d'un logiciel modélisant la propagation de houles, les ondes infra-gravitaires et les courants, le transport sédimentaire et la morpho-dynamique des zones littorales, plages et dunes lors des tempêtes. Il s'agit d'un logiciel libre développé avec le financement du Corps des Armées Américaines, Rijkswaterstaat et l'Union Européenne, et porté par le groupement UNESCO-IHE, Deltares (auparavant WL | Delft Hydraulics), l'Université de technologie Delft et l'Université de Miami.

Pour chaque scénario de conditions climatiques étudié, le modèle de propagation SWAN fournit les conditions aux limites de ce modèle local.

La modélisation locale consiste à simuler une tempête de 3h représentée par une houle irrégulière respectant les conditions statistiques imposées aux frontières.

Ce modèle local permet ainsi d'observer l'action des vagues sur le niveau marin (wave set-up) et la zone « mouillée » qui ressort de chaque évènement.

5.1.1. Agitation et niveau marin

Les conditions d'agitation aux limites du modèle XBEACH sont directement imposées par le résultat du modèle de propagation SWAN.

Le niveau marin à l'entrée de la zone modélisée est le même que celui du large. Sa variation dans la zone de déferlement des vagues est modélisée par le modèle XBEACH.

5.1.2. Topo-Bathymétrie

Les données topo-bathymétriques utilisées sont les profils fournis en données d'entrée de cette étude par le client.

Ils sont complétés pour la partie maritime par la donnée Litto3D qui consiste en un regroupement de plusieurs levés lidar dont la résolution est de 1m. Ces données sont diffusées par le SHOM.

5.1.3. Modèles XBEACH

Pour chaque profil de plage, un modèle XBEACH 1D est créé. Le profil est échantillonné avec une résolution de 10cm.

5.1.4. Configurations de modélisation

Les modélisations XBeach-1D sont menées pour 14 configurations dont les caractéristiques sont précisées dans le tableau fourni ci-après (conditions au large).

⁹ <https://oss.deltares.nl/web/xbeach/>

Période de retour	Niveau marin	Secteur de provenance	Durée de la tempête
1 an	0.68 mNGF	SUD et EST	3 heures
10 ans	0.81 mNGF	SUD et EST	3 heures
20 ans	0.81 mNGF	SUD et EST	3 heures
50 ans	0.90 mNGF	SUD et EST	3 heures
50 ans	1.10 mNGF	SUD et EST	3 heures
100 ans	1.10 mNGF	SUD et EST	3 heures
100 ans	1.53 mNGF	SUD et EST	3 heures

Tableau 5 : Conditions de réalisation des modélisations XBeach-1D

Des simulations SWAN de propagation de ces conditions du large, les caractéristiques des houles sont extraites en chaque point de départ des profils XBEACH. Les scénarios SWAN étant calculés pour des directions de provenance multiples, pour chaque secteur (SUD et EST), la houle ayant la hauteur significative la plus élevée est retenue pour forcer le modèle XBEACH.

5.2. Résultats

L'estimation des risques de submersion est réalisée sur les 7 sites du littoral de Théoule-sur-Mer :

1. La Base Nautique
2. Le Magellan
3. Les Frères de la Baie
4. Le Marco Polo
5. La Plage de L'Aiguille
6. Le Bondi Beach
7. Le Panama

Les paragraphes suivants précisent la localisation de chaque établissement et l'extrait du plan d'implantation puis, les résultats des modélisations XBEACH.

Le risque de submersion marine est estimé par l'analyse du niveau d'eau le plus haut atteint au cours d'une tempête de 3 heures aux abords de la plage. La valeur la plus élevée entre les résultats des houles de provenance EST et des houles de provenance SUD est retenue et indiquée dans le tableau de synthèse.

Sur les graphiques, le profil du fond bathymétrique est représenté par une ligne de couleur jaune. Les autres courbes de couleur représentent l'élévation maximale de l'état de surface de la mer pour chaque configuration modélisée.

5.2.1. Site de la base Nautique

La Base Nautique est située au Nord de la plage du Suveret et est protégée par un mince cordon d'enrochements.



Figure 27 : Vue aérienne du site « La Base Nautique » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite)

Le profil moyen (voir figure 28) de la plage est construit en considérant les données topographiques fournies par le client, complétées pour la partie maritime des données Litto3D PACA fournies par le SHOM.

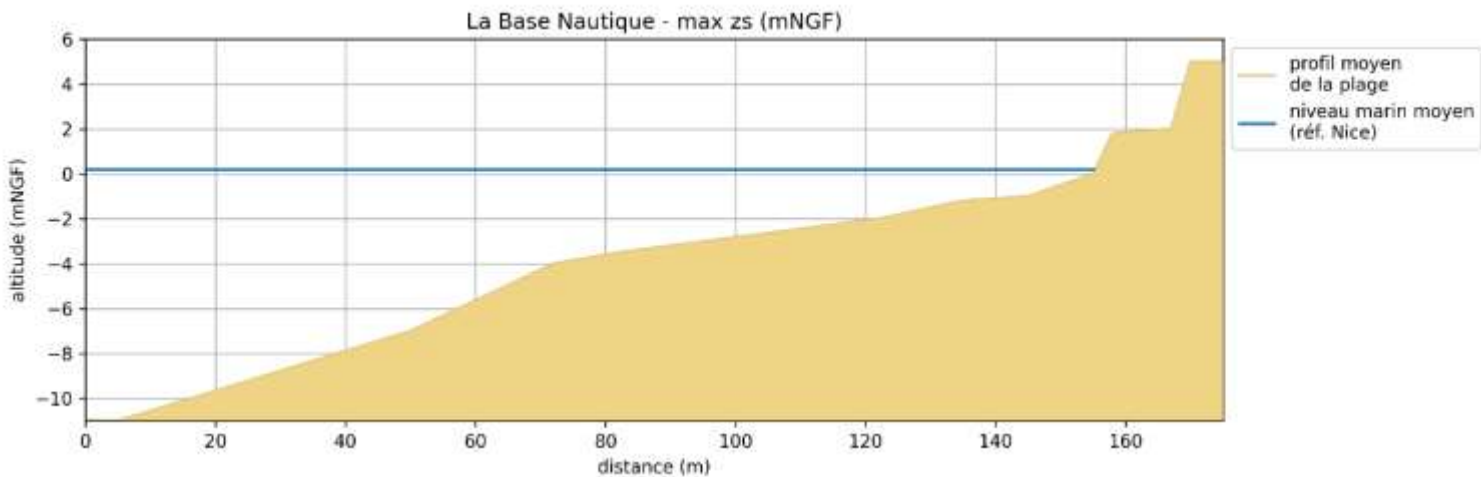


Figure 28 : Profil moyen de la plage "La Base Nautique"

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans Horizon proche	100 ans Horizon proche	100 ans Horizon 2010
H _{m0} avant déferlement	0.7 m	1.2 m	1.2 m	1.4 m	1.4 m	1.5 m	1.53 m
Période de pic T _p	9.9 s	9.4 s	12.1 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.10 mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.26 mNGF	2.3 mNGF	2.56 mNGF	2.59 mNGF	2.86 mNGF	3.07 mNGF	3.43 mNGF

Tableau 6 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – La Base Nautique

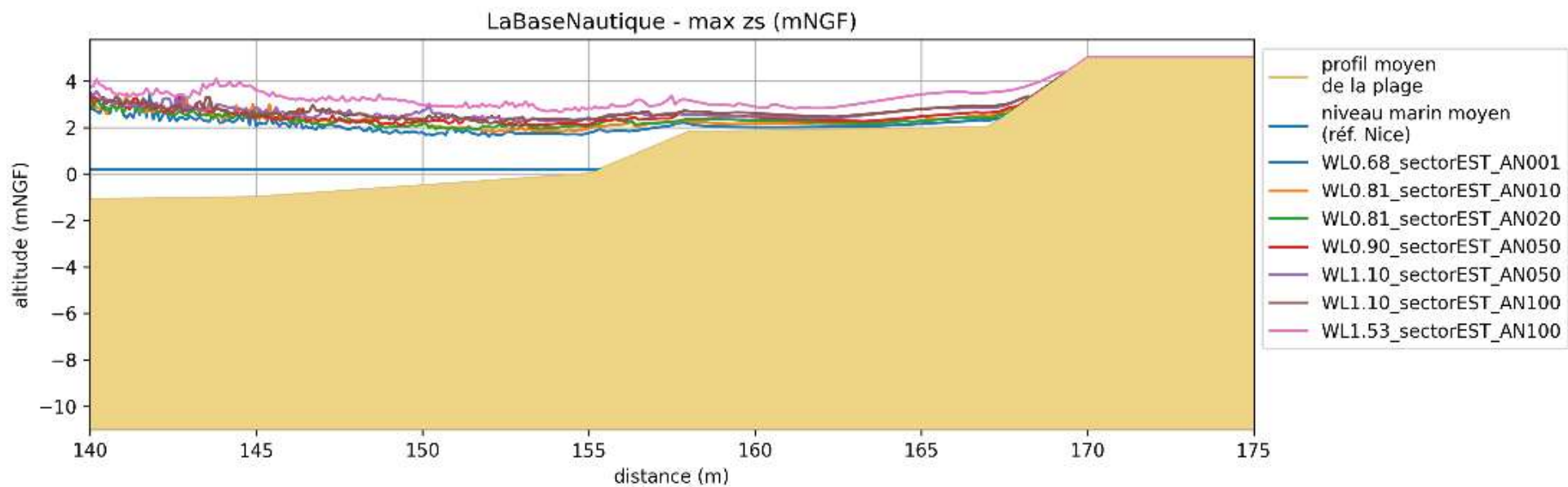
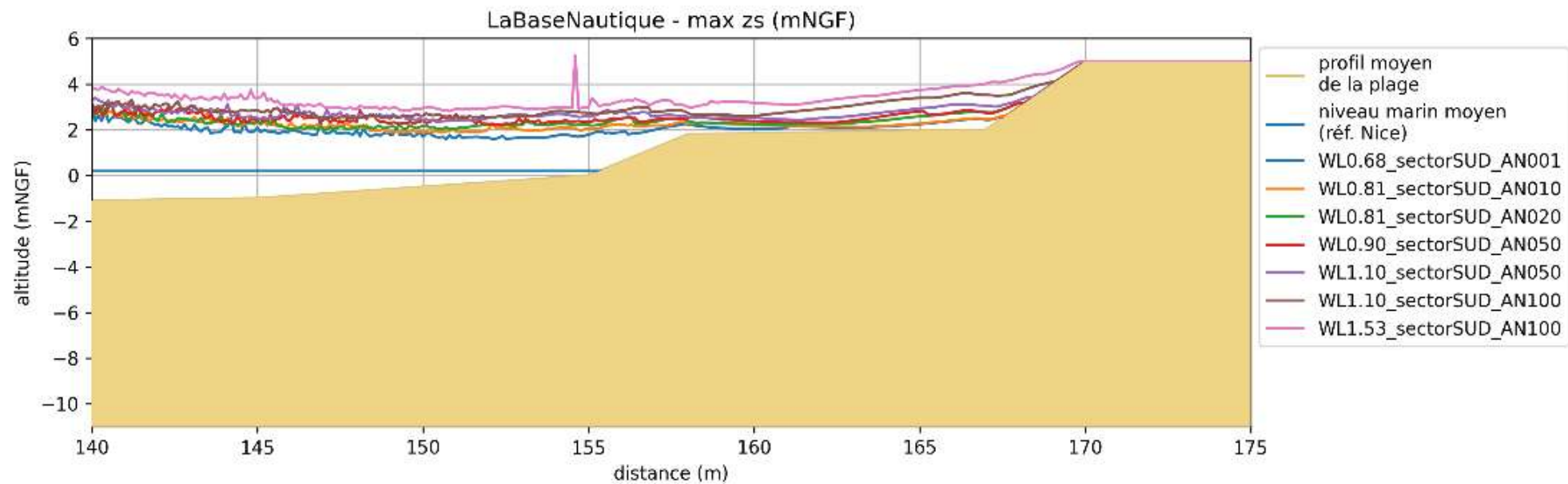


Figure 29 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "La Base Nautique", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST

5.2.2. Site Le Magellan

Le Magellan est un établissement situé en haut de plage, au fond d'une anse protégée par deux digues en enrochements.



Figure 30 : Vue aérienne du site « Le Magellan » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite)

Le profil moyen (voir figure 31) de la plage est construit en considérant les données topographiques fournies par le client, complétées pour la partie maritime des données Litto3D PACA fournies par le SHOM.

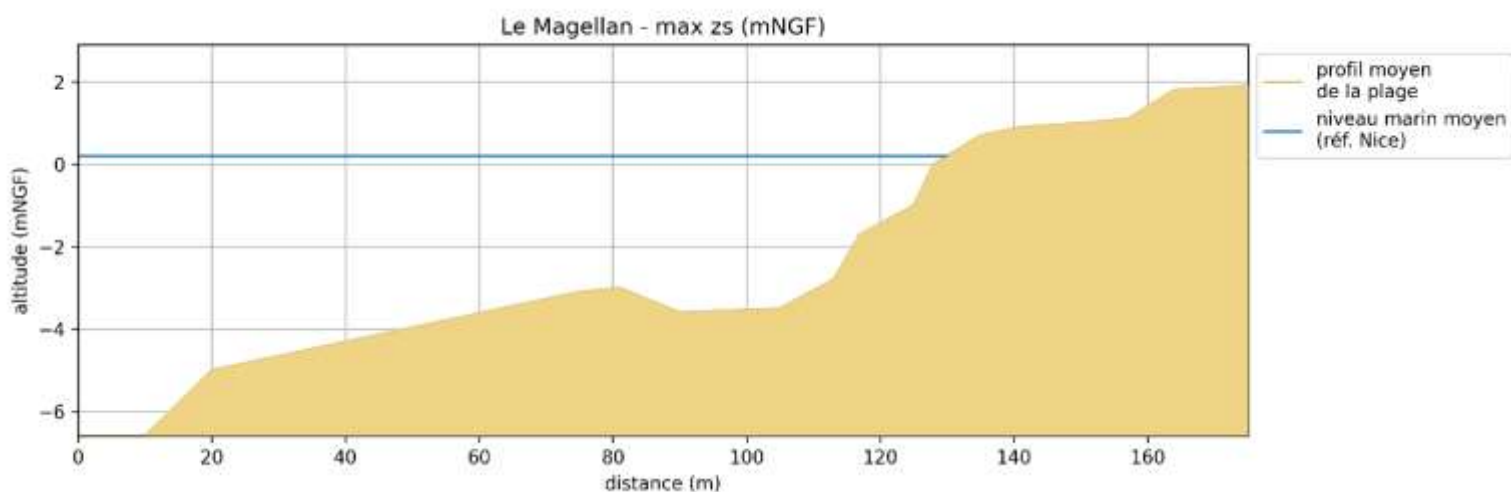


Figure 31 : Profil moyen de la plage "Le Magellan"

NB : Les calculs XBEACH ont été réalisés sans modèle d'agitation intermédiaire. Ils majorent donc l'impact des houles sur le profil de plage du Magellan.

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans Horizon proche	100 ans Horizon proche	100 ans Horizon 2010
H _{m0} avant déferlement	0.9 m	1.1 m	1.2 m	1.3 m	1.4 m	1.6 m	1.5 m
Période de pic T _p	8.5 s	9.4 s	12.1 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.10 mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.15 mNGF	2.80 mNGF	2.82 mNGF	3.74 mNGF	3.62 mNGF	3.77 mNGF	4.48 mNGF

Tableau 7 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – Le Magellan

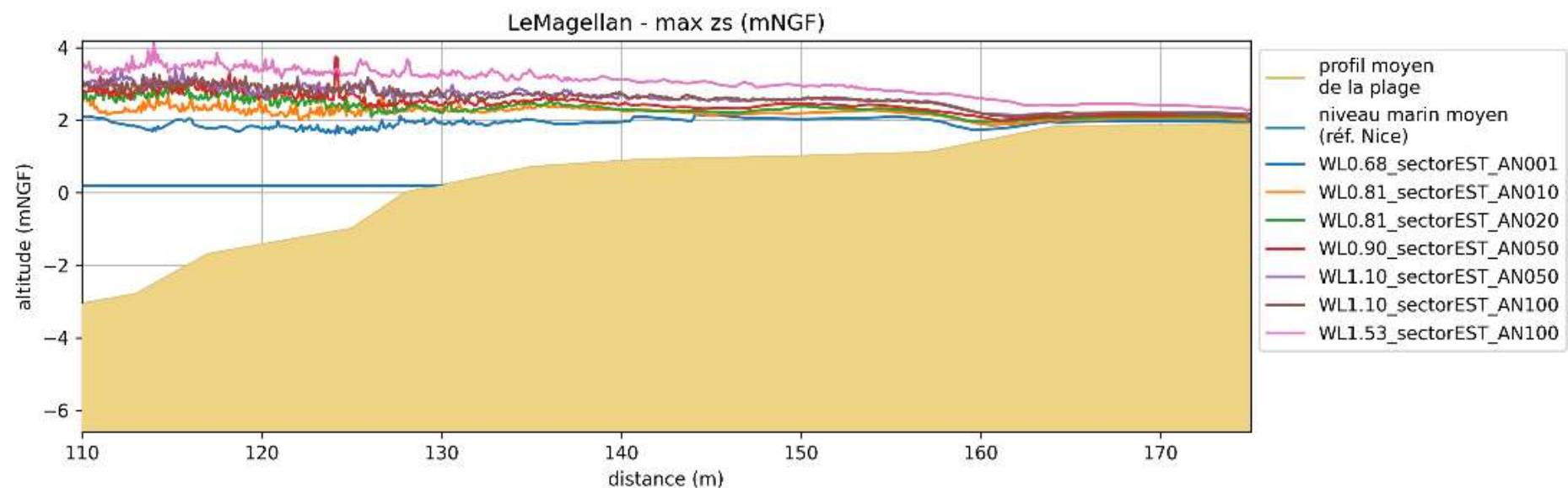
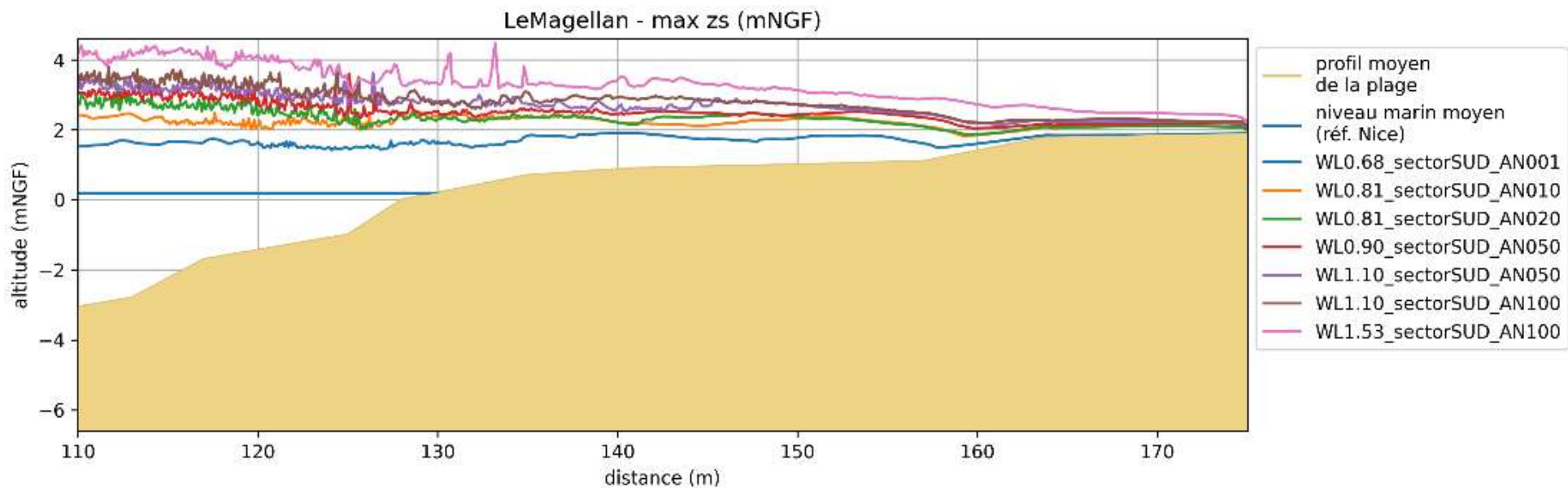


Figure 32 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Magellan", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST

5.2.3. Site Les Frères de la Baie

L'établissement « Les Frères de la Baie » est implanté sur le haut de plage (voir Figure 33).



Figure 33 : Vue aérienne du site « Les Frères de la Baie » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite)

Le profil moyen (voir Figure 34) de la plage est construit en considérant les données topographiques fournies par le client, complétées pour la partie maritime des données Litto3D PACA fournies par le SHOM.



Figure 34 : Profil moyen de la plage "Les Frères de la Baie"

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans Horizon proche	100 ans Horizon proche	100 ans Horizon 2010
H _{m0} avant déferlement	1 m	1.2 m	1.3 m	1.6 m	1.6 m	1.8 m	1.8 m
Période de pic T _p	8.5 s	11.5 s	12.1 s	12.7 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.10 mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	1.71 mNGF	1.99 mNGF	2.05 mNGF	2.26 mNGF	2.55 mNGF	2.65 mNGF	3.17 mNGF

Tableau 8 : Estimations des niveaux de submersion pour les événements à différentes périodes de retour – Les Frères de la Baie

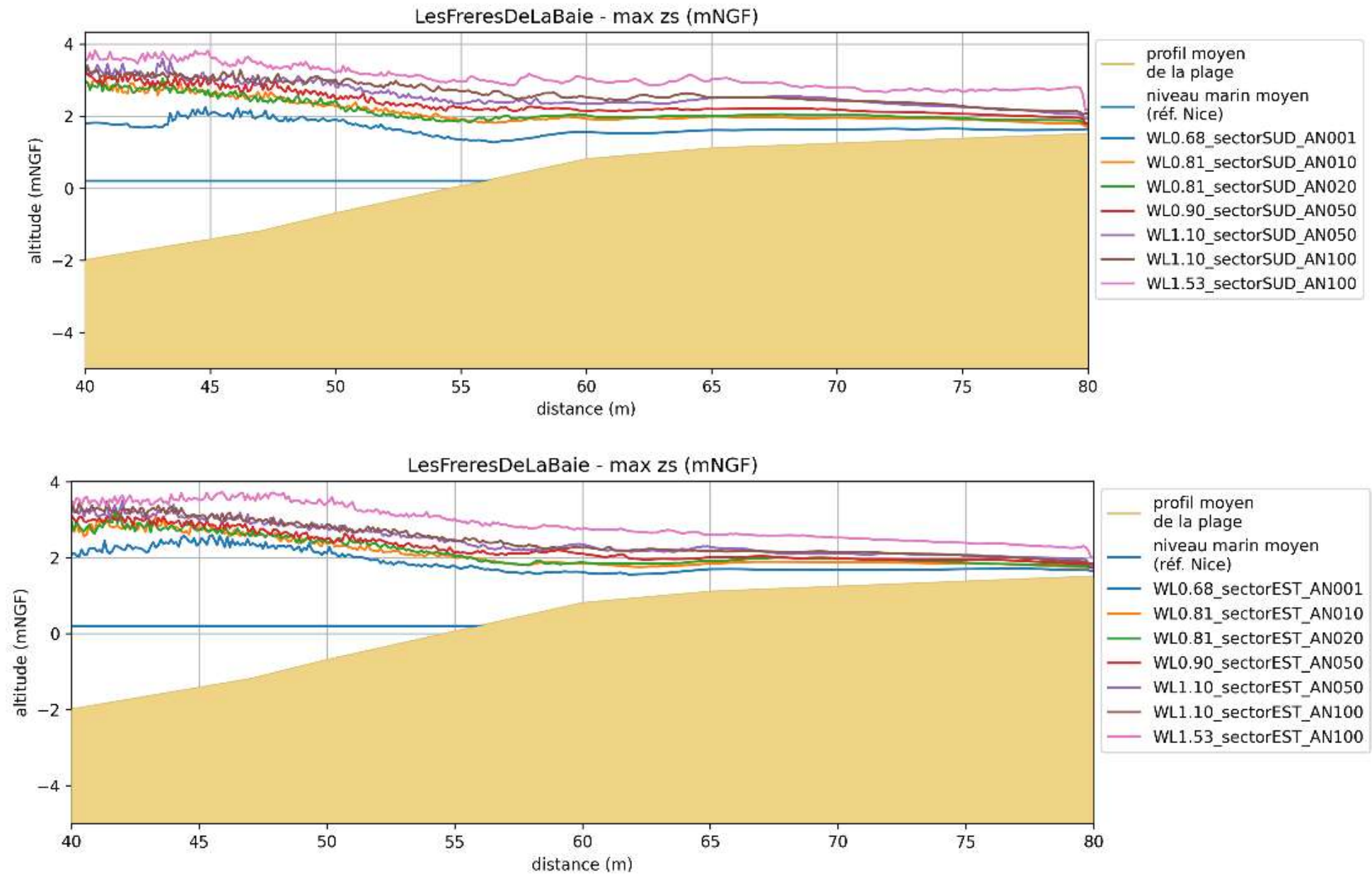


Figure 35 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Les Frères de la Baie", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST

5.2.4. Site le Marco Polo



Figure 36 : Vue aérienne du site « Le Marco Polo » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite)

Le profil moyen (voir Figure 37) de la plage est construit en considérant les données topographiques fournies par le client, complétées pour la partie maritime des données Litto3D PACA fournies par le SHOM.

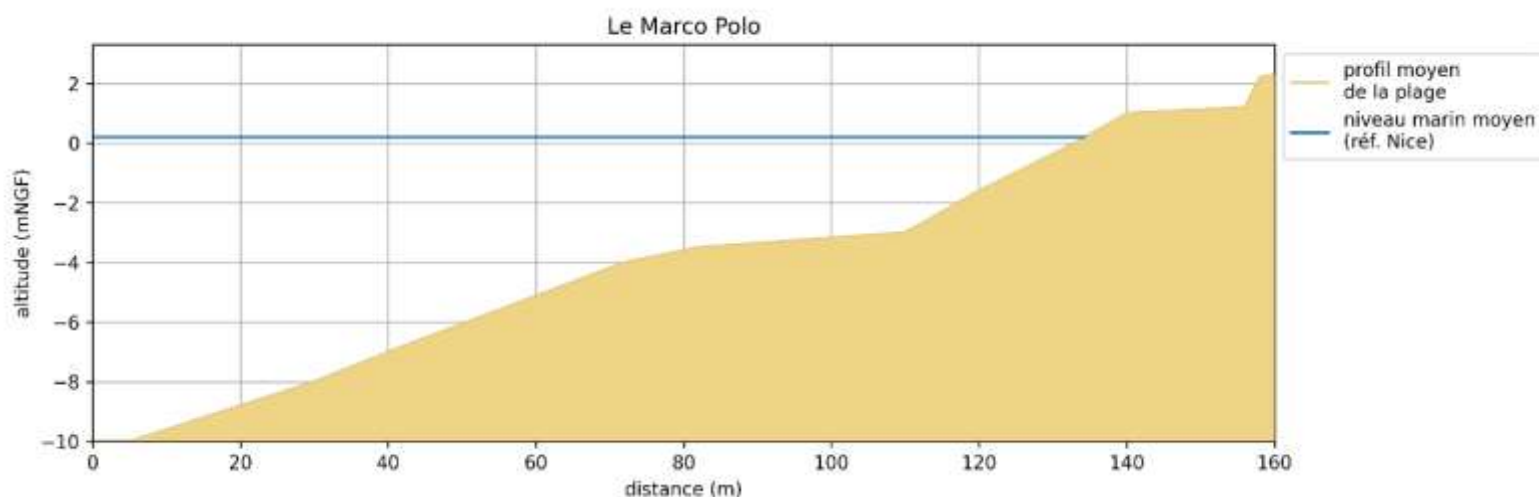


Figure 37 : Profil moyen de la plage "Le Marco Polo"

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans Horizon proche	100 ans Horizon proche	100 ans Horizon 2010
H _{m0} avant déferlement	0.7 m	1.2 m	1.3 m	1.4 m	1.5 m	1.7 m	1.7 m
Période de pic T _p	9.9 s	11.5 s	9.9 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.10 mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.57 mNGF	2.81 mNGF	2.86 mNGF	2.95 mNGF	3.48 mNGF	3.42 mNGF	4.11 mNGF

Tableau 9 : Estimations des niveaux de submersion pour les événements à différentes périodes de retour – Le Marco Polo

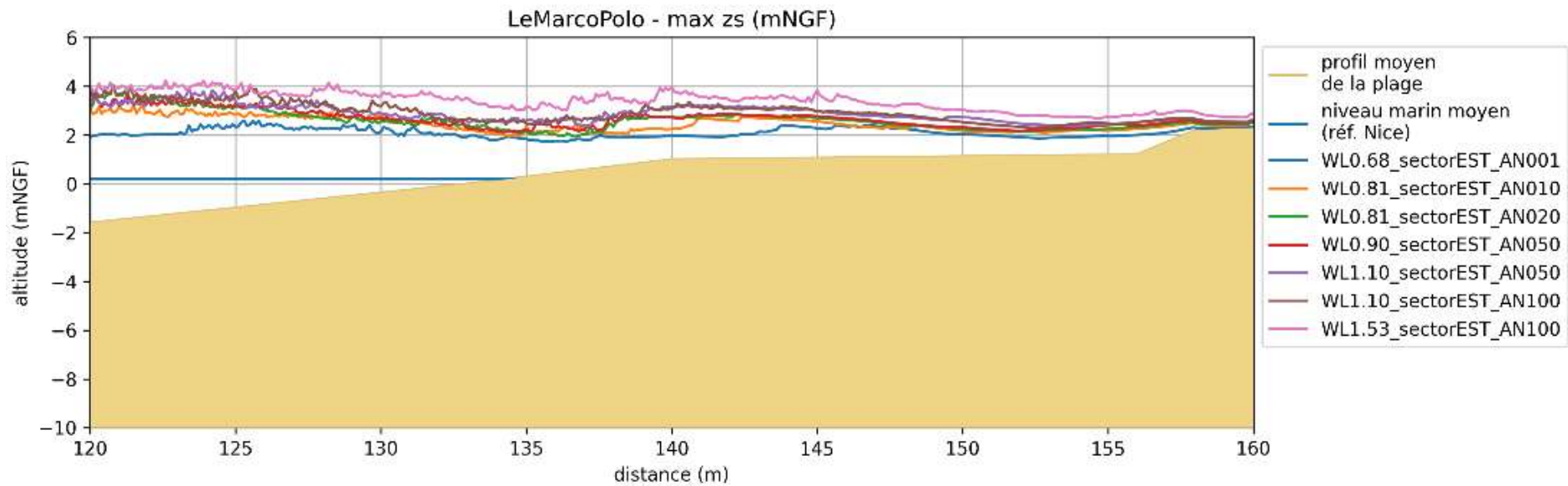
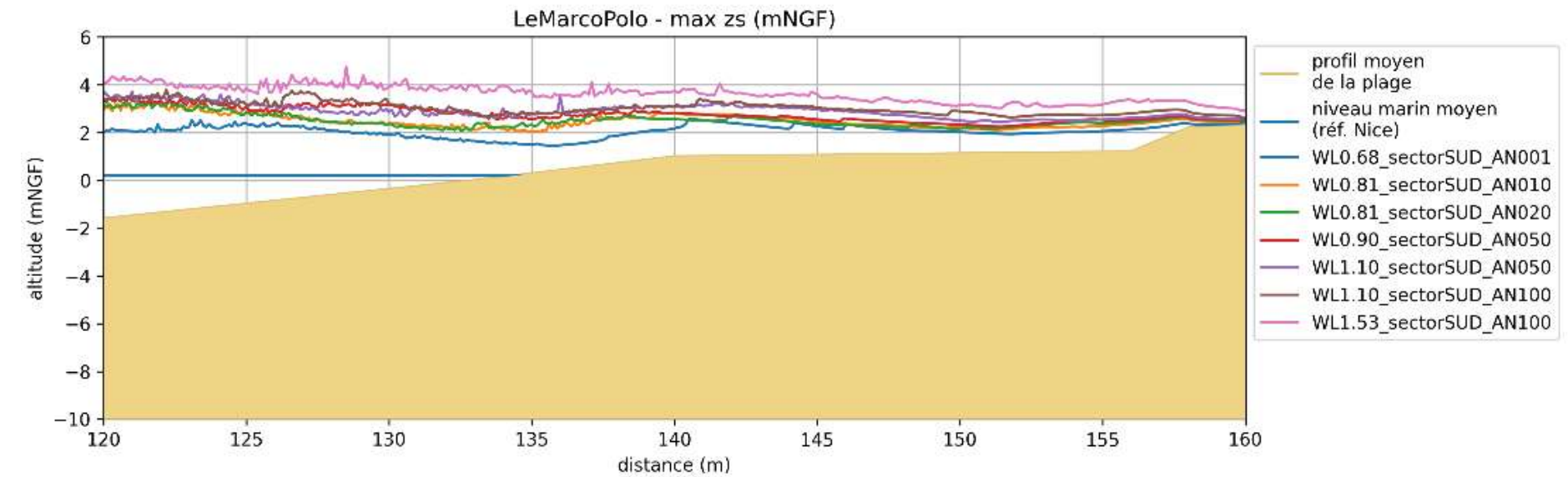


Figure 38 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Marco Polo", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST

5.2.5. Site La Plage de L'Aiguille



Figure 39 : Vue aérienne du site « La Plage de L'Aiguille » (image : Géoportail) à gauche, extrait du plan des concessions des plages daté du 17/02/2014 (à droite)

Le profil moyen (voir figure 40) de la plage est construit en considérant les données topographiques fournies par le client, complétées pour la partie maritime des données Litto3D PACA fournies par le SHOM.



Figure 40 : Profil moyen de la plage "La Plage de L'Aiguille"

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans Horizon proche	100 ans Horizon proche	100 ans Horizon 2010
H _{m0} avant déferlement	0.7 m	1.3 m	1.6 m	2.0 m	2.0 m	2.3 m	2.3 m
Période de pic T _p	10.4 s	11.5 s	12.1 s	12.7 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.10 mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.09 mNGF	2.75 mNGF	3.14 mNGF	3.42 mNGF	3.67 mNGF	3.92 mNGF	4.37 mNGF

Tableau 10 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – La Plage de L'Aiguille

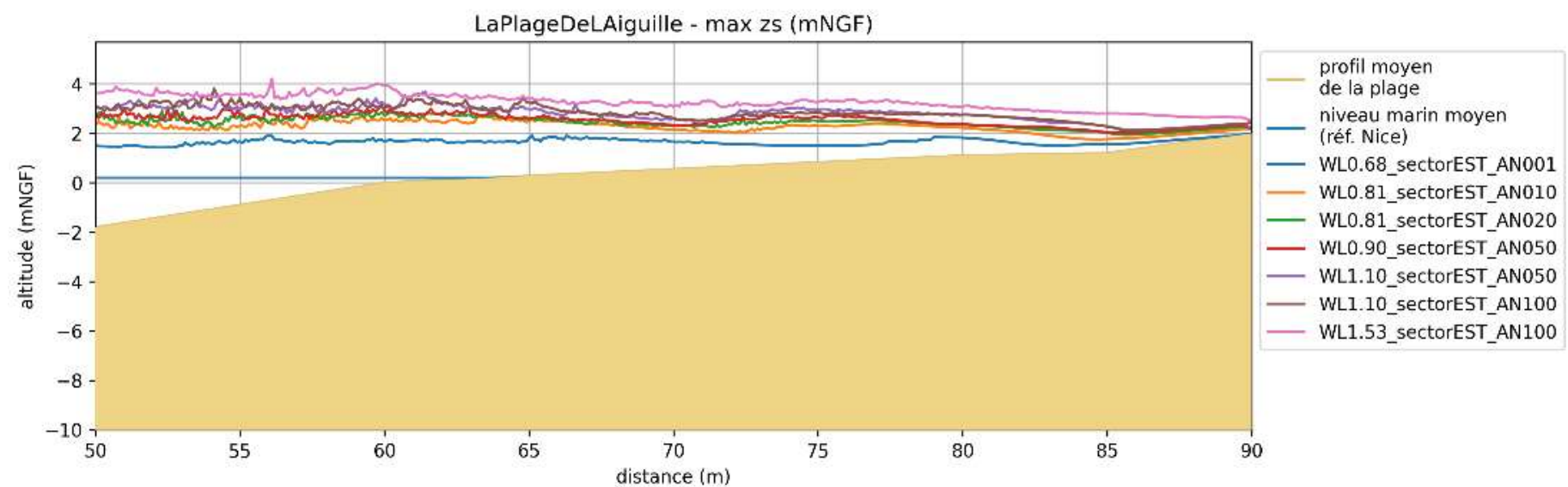
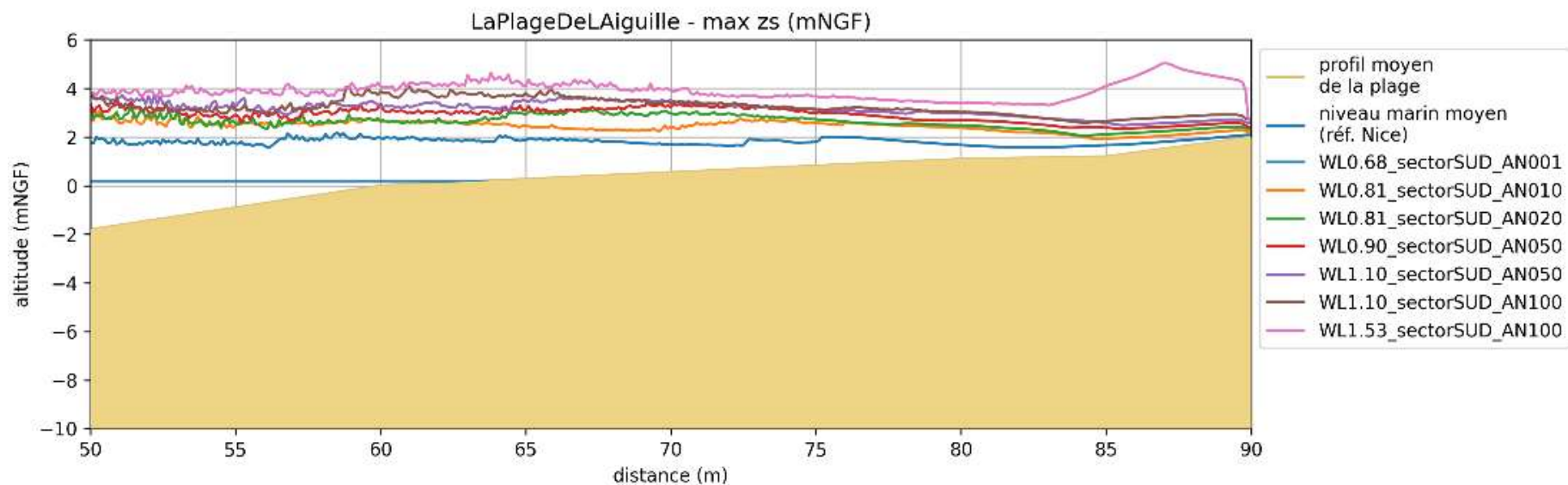


Figure 41 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "La Plage de L'Aiguille", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST

5.2.6. Site Le Bondi Beach



Figure 42 : Vue aérienne du site « Le Bondi Beach » (image : Géoportail)

Le profil moyen (voir figure 43) de la plage est construit en considérant les données topographiques fournies par le client, complétées pour la partie maritime des données Litto3D PACA fournies par le SHOM.

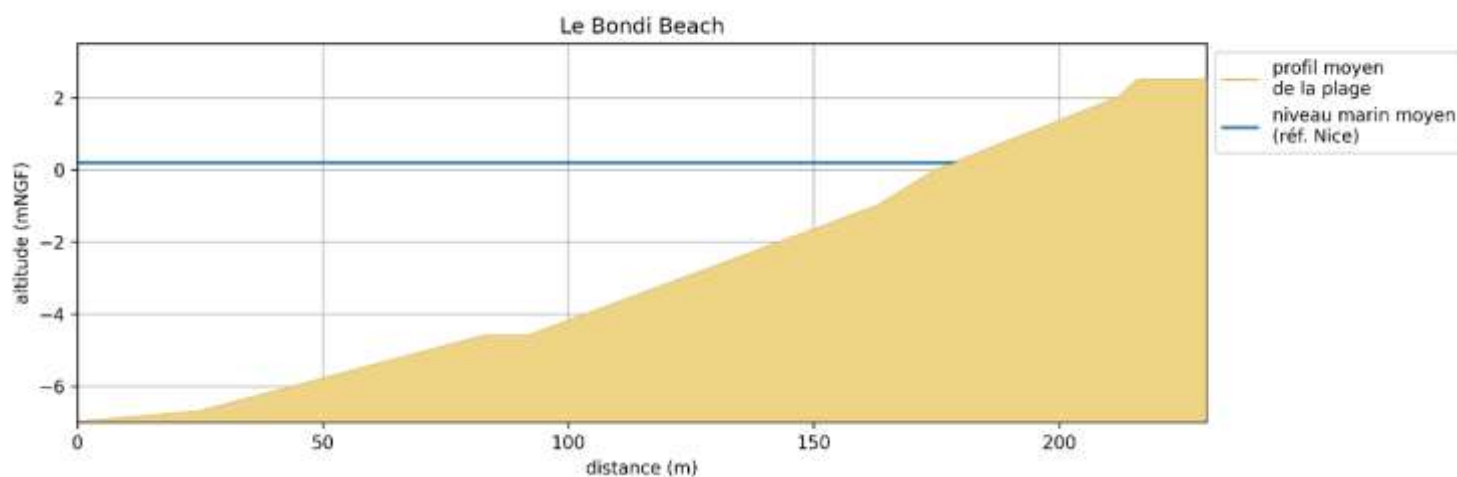


Figure 43 : Profil moyen de la plage "Le Bondi Beach"

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans Horizon proche	100 ans Horizon proche	100 ans Horizon 2010
H _{m0} avant déferlement	2.5 m	3.0 m	3.3 m	3.4 m	3.6 m	3.8 m	3.9 m
Période de pic T _p	8.5 s	11.5 s	12.1 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.10 mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.63 mNGF	3.51 mNGF	3.50 mNGF	3.78 mNGF	4.04 mNGF	4.29 mNGF	5.14 mNGF

Tableau 11 : Estimations des niveaux de submersion pour les événements à différentes périodes de retour – Le Bondi Beach

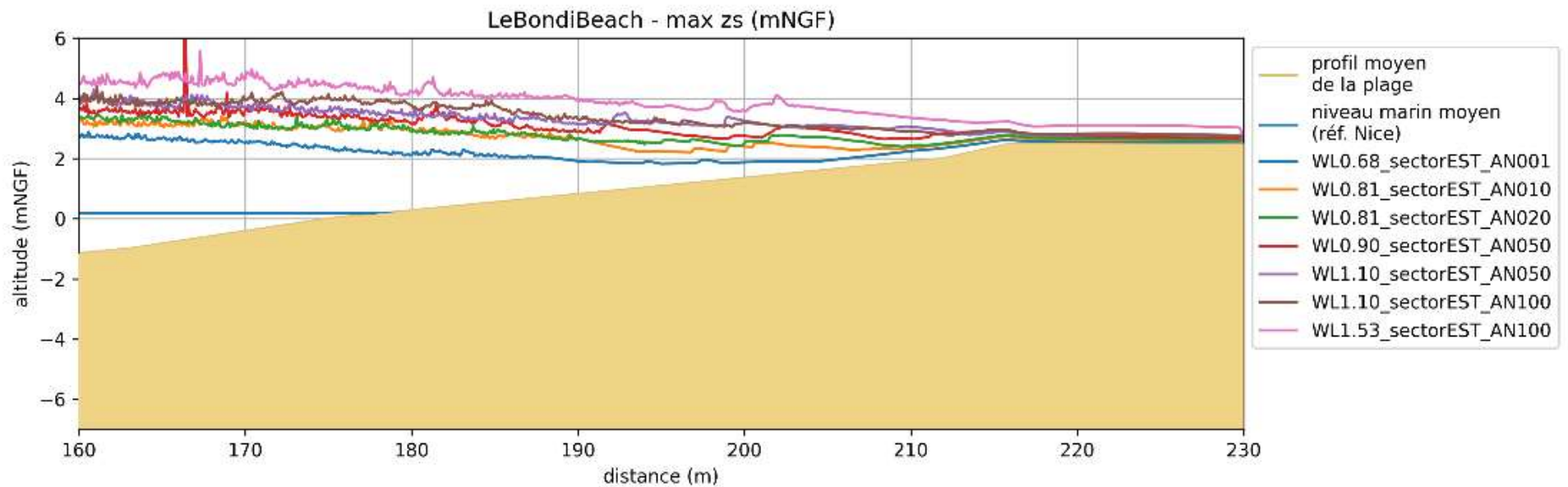
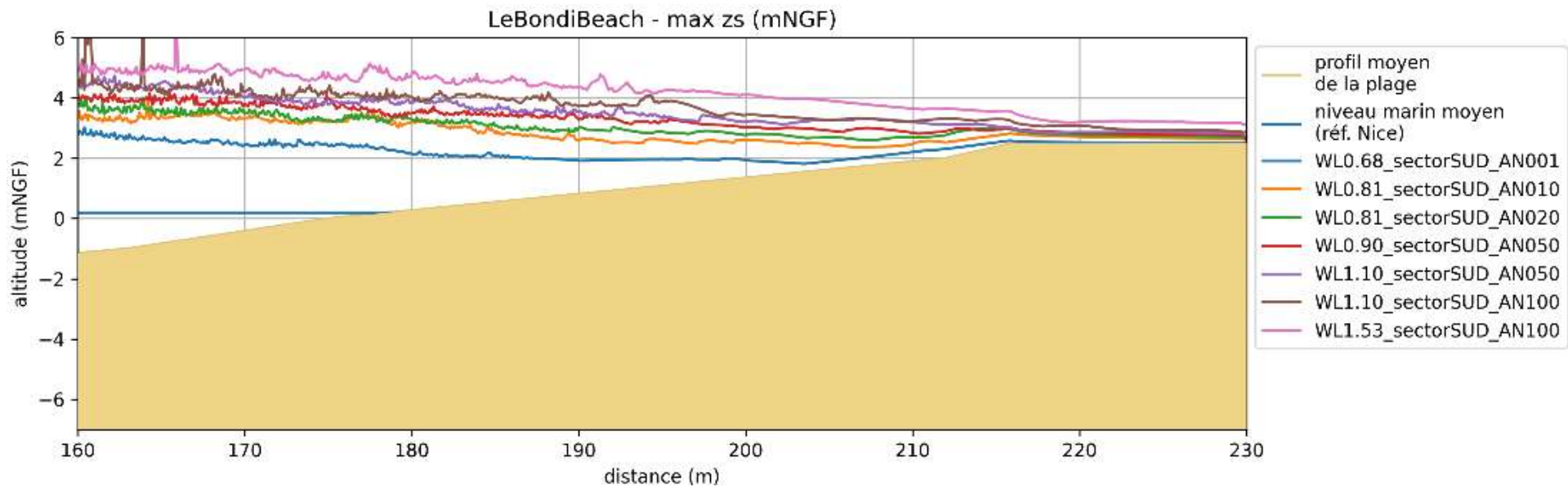


Figure 44 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Bondi Beach", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST

5.2.7. Site Le Panama



Figure 45 : Vue aérienne du site « Le Panama » (image : Géoportail)

Le profil moyen (voir figure 46) de la plage est construit en considérant les données topographiques fournies par le client, complétées pour la partie maritime des données Litto3D PACA fournies par le SHOM.

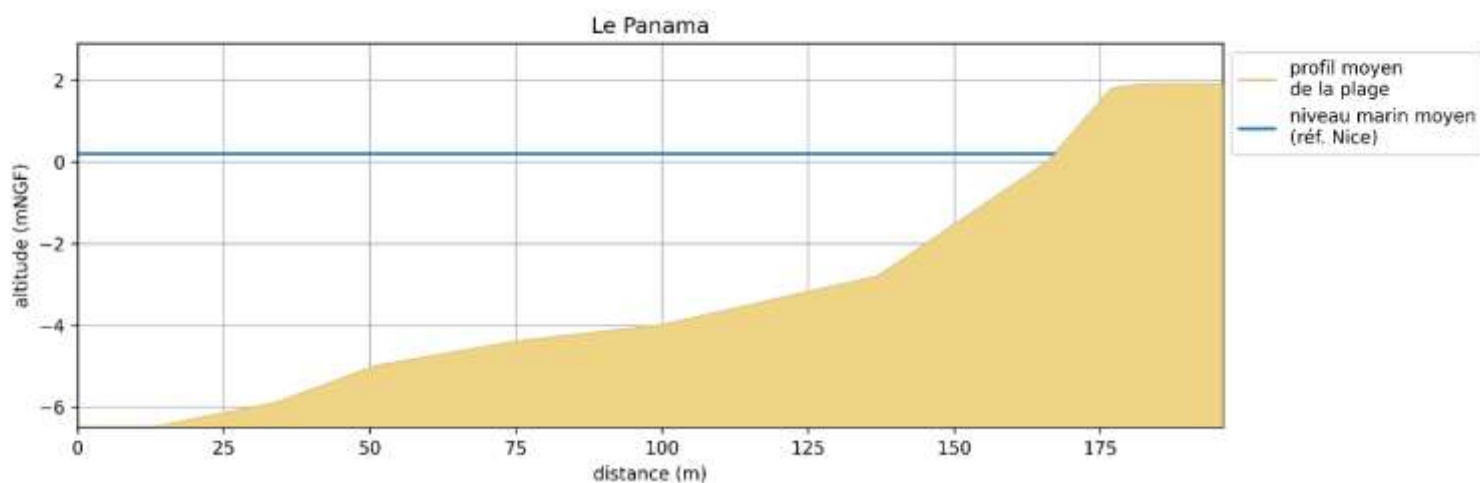


Figure 46 : Profil moyen de la plage "Le Panama "

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans Horizon proche	100 ans Horizon proche	100 ans Horizon 2010
H _{m0} avant déferlement	1.9 m	2.7 m	2.9 m	3.2 m	3.2 m	3.4 m	3.5 m
Période de pic T _p	9.9 s	11.5 s	12.1 s	12.7 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.53mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.44 mNGF	2.96 mNGF	3.03 mNGF	3.2 mNGF	3.48 mNGF	3.68 mNGF	4.71 mNGF

Tableau 12 : Estimations des niveaux de submersion pour les évènements à différentes périodes de retour – Le Panama

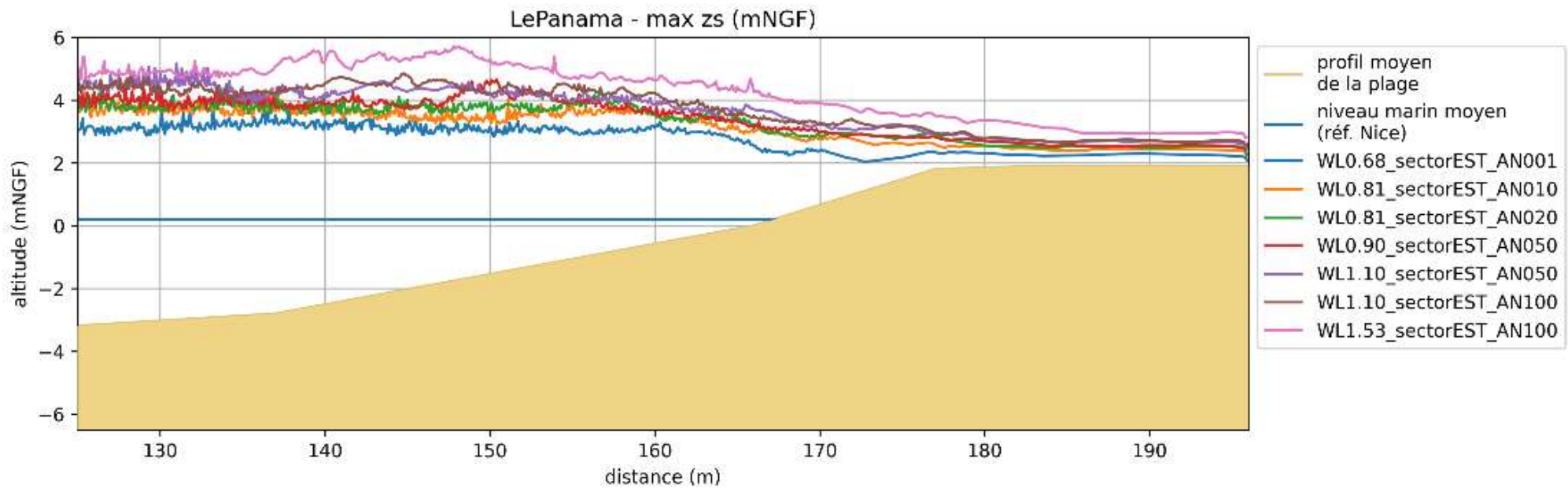
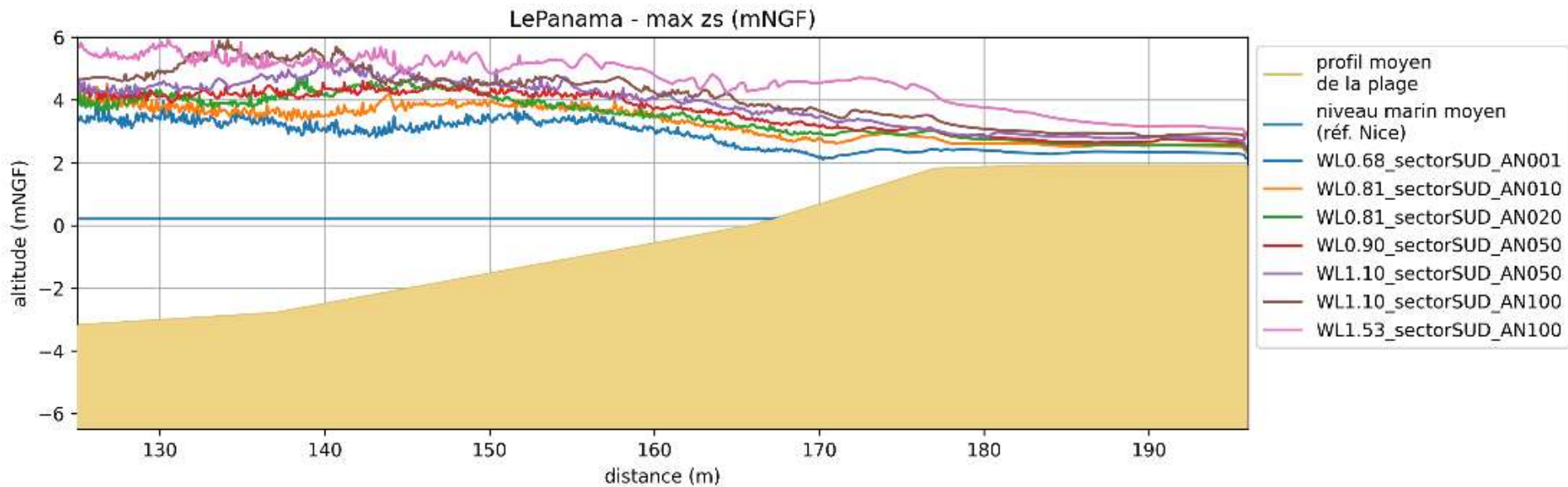


Figure 47 : Visualisation des résultats Xbeach - élévation maximale de la mer le long du profil de "Le Panama", en haut pour les houles provenant du secteur SUD, en bas pour les houles provenant du secteur EST

6. CONCLUSION

L'analyse statistique des états de mer ont permis de définir des conditions du large qui caractérisent des houles provenant de sud d'une part et d'est d'autre part et ayant des périodes de retour de 1 à 100 ans.

L'analyse statistique des niveaux marins a quant à elle permis de définir des niveaux marins aux mêmes périodes de retour ainsi qu'une estimation de ceux-ci aux horizons proches et moyens termes. Le niveau marin annuel est de 0.68mNGF et l'estimation extrême à moyen terme s'élève à 1.53mNGF.

La construction et la mise en œuvre d'un modèle de propagation SWAN a permis de propager ces conditions du large au droit des 7 sites d'étude. Puis, pour chacun des sites, un profil moyen de plage a été défini pour mettre en œuvre le logiciel XBEACH et ainsi estimer le risque de submersion induit par les houles des évènements définis.

Le tableau 13 ci-après présente une synthèse des résultats de cette étude : les hauteurs significatives et périodes pic des houles avant déferlement induisant le risque de submersion maximal pour chaque évènement considéré.

Période de retour	1 an	10 ans	20 ans	50 ans	50 ans	100 ans	100 ans
					Horizon proche	Horizon proche	Horizon 2010
Niveau d'eau	0.68 mNGF	0.81 mNGF	0.81 mNGF	0.90 mNGF	1.53 mNGF	1.10 mNGF	1.53 mNGF
LA BASE NAUTIQUE							
H _{m0} avant déferlement	0.7 m	1.2 m	1.2 m	1.4 m	1.4 m	1.5 m	1.5 m
Période de pic Tp	9.9 s	9.4 s	12.1 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.26 mNGF	2.30 mNGF	2.56 mNGF	2.59 mNGF	2.86 mNGF	3.07 mNGF	3.43 mNGF
LE MAGELLAN							
H _{m0} avant déferlement	0.9 m	1.1 m	1.2 m	1.3 m	1.4 m	1.6 m	1.5 m
Période de pic Tp	8.5 s	9.4 s	12.1 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.15 mNGF	2.80 mNGF	2.82 mNGF	3.74 mNGF	3.62 mNGF	3.77 mNGF	4.48 mNGF
LES FRERES DE LA BAIE							
H _{m0} avant déferlement	1 m	1.2 m	1.3 m	1.6 m	1.6 m	1.8 m	1.8 m
Période de pic Tp	8.5 s	11.5 s	12.1 s	12.7 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	1.71 mNGF	1.99 mNGF	2.05 mNGF	2.26 mNGF	2.55 mNGF	2.65 mNGF	3.17 mNGF
LE MARCO POLO							
H _{m0} avant déferlement	0.7 m	1.2 m	1.3 m	1.4 m	1.5 m	1.7 m	1.7 m
Période de pic Tp	9.9 s	11.5 s	9.9 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.57 mNGF	2.81 mNGF	2.86 mNGF	2.95 mNGF	3.48 mNGF	3.42 mNGF	4.11 mNGF
LA PLAGE DE L'AIGUILLE							
H _{m0} avant déferlement	0.7 m	1.3 m	1.6 m	2.0 m	2.0 m	2.3 m	2.3 m
Période de pic Tp	10.4 s	11.5 s	12.1 s	12.7 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.09 mNGF	2.75 mNGF	3.14 mNGF	3.42 mNGF	3.67 mNGF	3.92 mNGF	4.37 mNGF
LE BONDI BEACH							
H _{m0} avant déferlement	2.5 m	3.0 m	3.3 m	3.4 m	3.6 m	3.8 m	3.9 m
Période de pic Tp	8.5 s	11.5 s	12.1 s	9.9 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.63 mNGF	3.51 mNGF	3.50 mNGF	3.78 mNGF	4.04 mNGF	4.29 mNGF	5.14 mNGF
LE PANAMA							
H _{m0} avant déferlement	1.9 m	2.7 m	2.9 m	3.2 m	3.2 m	3.4 m	3.5 m
Période de pic Tp	9.9 s	11.5 s	12.1 s	12.7 s	12.7 s	13.4 s	13.4 s
Niveau potentiel atteint sur une plage théorique très longue (Xbeach)	2.44 mNGF	2.96 mNGF	3.03 mNGF	3.20 mNGF	3.48 mNGF	3.68 mNGF	4.71 mNGF

Tableau 13 : Synthèse des résultats – Caractéristiques de la houle avant déferlement (hauteur significative, période pic) et estimation du risque de submersion, pour des événements de périodes de retour 1, 10, 20, 50, 100 ans et extrêmes, pour chacun des sites d'étude