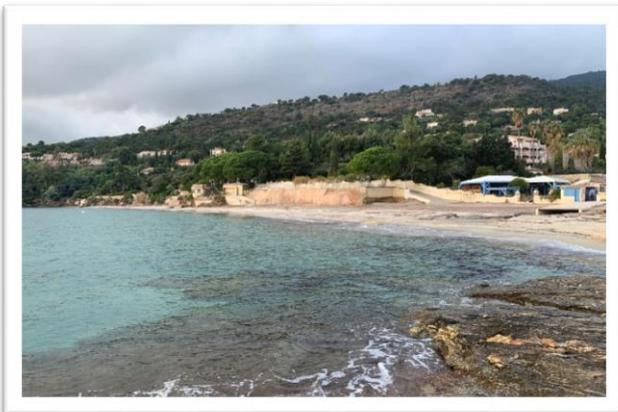


MAIRIE DU RAYOL-CANADEL-SUR-MER

PROTECTION CONTRE L'ÉROSION ET LA SUBMERSION DE LA PLAGE DU CANADEL

NOTE DE PRESENTATION EXAMEN AU CAS PAR CAS



ANNEXE 8

Affaire : CORMRC 39-2020
Référence du document : REG-EXA-01-0

Janvier 2022



Edition du document

	Nom	Date
Rédigé par	Jean-Michel PANNACCI Stephan LENORMAND Sébastien BERNARD	13/12/2021 13/12/2021
Vérifié par	Stéphan LENORMAND	16/01/2022
Validé par	Mairie du Rayol-Canadel-sur-Mer	20/01/2022

Versions et modifications

Version	Date	Description	Modifications
0	20/01/2022	Notice de présentation	Version initiale

Identification du bureau d'études :

CORINTHE INGÉNIERIE



890 Avenue du Peyrat

ZA du Grand Pont

83310 GRIMAUD

 04 94 97 05 25

 contact@corinthe-ing.com



SOMMAIRE

1	Le pétitionnaire	9
2	Contexte, enjeux et objectifs du projet.....	9
2.1	le contexte général	9
2.2	le contexte de la loi N° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets	10
2.3	Le contexte local.....	12
2.3.1	Les plages de la commune du Rayol Canadel.....	12
2.3.2	La politique de sauvegarde et de protection du patrimoine plage de la Commune	13
2.3.2.1	Le mot du Conseil Municipal (Pascale VOITURON Adjointe, 3 ^{ème} adjointe en charge de la communication et des ressources humaines - Rapporteur)	13
2.3.2.2	L'action et la stratégie de la Commune.....	13
2.3.2.3	Le projet : La plage du débarquement Canadel	14
2.4	Les immeubles pris en compte pour la conception du projet.....	15
2.4.1.1	Les enjeux.....	15
2.4.1.2	Les objectifs.....	16
2.4.1.3	La chronologie de l'étude de conception du projet a donc suivi le plan ci-dessous :17	
3	Notions générales : littoral et plages de poche	18
3.1	Le littoral	18
3.2	Les plages de poche	18
4	Synthèse du diagnostic de la plage du Canadel	19
5	solutions étudiées en phase faisabilité	23
5.1	Solution 1, 2 et 3	23
5.2	Solution 3 bis.....	24
5.3	Solution 4.....	25
5.4	Solution 5.....	26
5.5	Solution 5 bis.....	27
6	Efficacité de la solution aux phénomènes de jets de rive et érosion.....	28
6.1	Débits moyens de franchissement au niveau des lots de sous concessions et des ouvrages anthropiques de haut de plage.....	28
6.2	Seuils de submersion et risque statistique	29
7	Analyse multicritères	32
7.1	Critères de jugements et pondérations	32
7.2	Définitions des critères.....	32
7.2.1	Coût des travaux	32
7.2.2	Volume des rechargements de la plage	33
7.2.3	Volume de remplissage et emprise des géotubes.....	33



7.2.4	Durabilité et d'entretien	33
7.2.5	Franchissement / Submersion plage Est et des lots de plage	33
7.2.6	Franchissement / Submersion plage Ouest.....	33
7.2.7	Fonctionnalité de la plage par rapport à ses différentes activités	34
7.2.8	Risque d'érosion / Submersion au cours d'une tempête	34
7.2.9	Risque d'érosion / Submersion à long terme	34
7.2.10	Impact sur la qualité des eaux.....	34
7.2.11	Impact sur la signalisation.....	35
7.2.12	Impact sur l'environnement.....	35
7.3	Notation	36
7.3.1	Notation de chaque solution	36
7.3.2	Notation pondérée	37
8	solution projet 5Bis	41
8.1	Description	41
8.2	Documents graphiques	41
8.3	Matériaux rechargement de plage	42
8.3.1	Sable.....	42
8.3.1.1	Granulométrie et compatibilité.....	42
8.3.1.2	Qualités physiques des sables du site	44
8.3.1.3	Achats du sable.....	44
8.3.2	Geobags butée de pied	45
8.3.2.1	Généralités	45
8.3.2.2	Type de matériau Tissé.....	45
8.3.3	Tapis anti-affouillement.....	46
8.3.3.1	Généralités	46
8.3.3.2	Type de matériau Tissé.....	46
8.4	Tablier ponton.....	46
8.5	Estimation.....	46
9	Méthodes et planning	47
9.1	Planning.....	47
9.2	Phasage des travaux.....	48
10	Analyse coûts – bénéfiques.....	61
10.1	Introduction	61
10.2	Configuration de l'analyse	62
10.3	Analyse simplifiée.....	62
10.3.1	Évènements hydrauliques.....	62



10.3.2	Fréquence de l'évènement	63
10.3.2.1	Situation actuelle.....	64
10.3.2.2	Situation projet 5 Bis	64
10.3.3	Estimation des coûts des dommages annuels	65
10.3.3.1	Catégories de niveaux de dégâts.....	65
10.3.3.2	Coûts des dommages annuels situation actuelle (Moyenne)	65
10.3.3.3	Coûts des dommages annuels solution 5 Bis (moyenne).....	65
10.3.4	Estimation des dommages évités	66
10.3.5	Valorisation des dommages évités suivant statistiques de houles annuelle, décennale et cinquantennale	67
11	Présentation des biocénoses sur le secteur du Canadel	68
11.1	Selon le DOCOB.....	68
11.2	Diagnostic sur les herbiers réalisé par SEMANTIC.....	69
11.2.1	Espèces observées par SEMANTIC	70
11.2.1.1	Végétaux observés	70
11.2.1.2	Espèces de vertébrés observées	78
11.2.1.3	Espèces d'invertébrés observées	79
11.2.2	Incidences de la mise en place des géotubes sur les biocénoses du Canadel	79
12	Document d'incidences	80
12.1	Incidence Natura 2000.....	81
12.2	Incidences en phase travaux milieu terrestre	83
12.2.1.1	Incidences sur le réseau hydrographique	83
12.2.2	Incidences sur la qualité de l'air	83
12.2.3	Nuisances sonores.....	83
12.2.4	Baraquement de chantier.....	84
12.2.5	Protection du domaine terrestre	84
12.2.6	Gestion des engins de chantier.....	84
12.2.7	Collecte des déchets	84
12.3	Incidences en phase travaux sur le milieu marin	85
12.3.1	Incidences sur l'environnement naturel marin	85
12.3.2	Impacts sonores sur les mammifères marins	85
12.3.2.1	Liminaire.....	85
12.3.2.2	Dragage.....	87
12.3.2.3	Le battage de pieux	87
12.3.2.4	Le trafic maritime	87
12.3.3	Incidences sur le paysage.....	88



12.3.4	Incidences sur le milieu humain	89
12.3.4.1	Occupation des sols.....	89
12.3.4.2	Volet sanitaire	90
12.4	Incidences en phase exploitation	95
12.4.1	Milieu terrestre	95
12.4.1.1	Hydrographie.....	95
12.4.1.2	Impacts sonore	95
12.4.1.3	Jets de rives et submersion	95
12.4.2	Milieu marin	95
12.4.2.1	Impacts directs des aménagements sur l'environnement	95
12.4.2.2	Risque de confinement des eaux	97
12.4.2.3	Impact des aménagements sur les mattes de Posidonies	97
12.4.2.4	Impact sur les herbiers de Posidonies et de Cymodocées	97
12.4.2.5	Hydrodynamisme	98
12.4.3	Milieu humain	98
12.4.3.1	Aspects socio-économiques	98
12.4.3.2	Paysage et patrimoine.....	99
13	Mesures d'évitement, de réduction et de compensation.....	103
13.1	Mesures d'évitement	103
13.2	Mesures de réduction.....	103
13.2.1	Mesures de turbidité	103
13.2.2	Filet anti-MES.....	104
13.2.3	Pollution accidentelle.....	104
13.3	Mesures de compensation	105
13.3.1	Mesures en phase de travaux.....	105
13.3.1.1	Mesures d'atténuation en faveur du milieu naturel	105
13.3.2	Mesures en phase d'exploitation.....	105
13.3.3	Comptabilité du projet avec le SDAGE RM 2016-2021	105
13.4	Conclusions et raisons pour lesquelles le projet a été retenu.....	105
14	Annexes	106



TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Repérage plages commune du Rayol-Canadel 12

Figure 2 : Situation de la commune varoise du Rayol-Canadel-sur-Mer et de ses plages 15

Figure 3 : Enveloppe dans laquelle fluctue la position du trait de côte tirée des images aériennes disponibles depuis 1950 20

Figure 4 : Problématique du ruissellement pluvial 21

Figure 5 : Solution 1 23

Figure 6 : Solution 2 23

Figure 7 : Solution 3 24

Figure 8 : Solution 3 bis 24

Figure 9 : Solution 4 25

Figure 10 : Solution 5 26

Figure 11 : Solution 5 bis 27

Figure 12 : Emplacement des segments où sont calculés les débits moyens de franchissement 28

Figure 13 : Début de submersion / cas actuel / Hs = 0,6m 29

Figure 14 : Début de submersion / solution 5bis / Hs = 1,2m 29

Figure 15 : Répartition des secteurs en fonction de la source de données statistique (P4 et P5 MWM) 30

Figure 16 : Nombre moyen d'heures cumulées de dépassement du seuil de submersion des lots 31

Figure 17 : AMC Comparaison pour chaque solution 38

Figure 18 : AMC Comparaison solutions 5 et 5bis 39

Figure 19 : AMC Comparaison solutions situation actuelle et 5bis 40

Figure 20 : Vue en plan projet @CORINTHE Ing 41

Figure 21 : Coupe projet @ CORINTHE Ing 41

Figure 22 : Profils projet @CORINTHE Ing 42

Figure 23 : Vue en plan et coupe ponton butée de pied @ CORINTHE Ing 42

Figure 24 : Points de prélèvement des sédiments et diamètre médian (d₅₀) mesurés 43

Figure 26 : Planches de phasage de réalisation 58

Figure 27 : Schéma d'emportement (h), de transport et resédimentation (2) des sables 63

Figure 28 : Nombre moyen d'heures cumulées de dépassement du seuil de submersion des lots 64

Figure 29 : Estimation des dommages évités (DEMA) 66

Figure 30 : Zone d'étude – Rayol Canadel plage @ SEMANTIC TS 69

Figure 31 : Espèces de végétaux observées lors des plongées de reconnaissance subaquatique 70

Figure 32 : Pré-cartographie des biocénoses du secteur du Rayol-Canadel @ Semantic TS 70

Figure 33 : Plan d'échantillonnage. Positions des transects et stations d'observations de la vitalité de l'herbier de posidonies @Semantic TS 71

Figure 34 : Positions des 575 vues sous-marines réalisées lors des explorations @ TS Semantic 71

Figure 35 : Atlas photographique : un clic sur la photo permet de l'observer @ TS Semantic 72

Figure 36 : Atlas photographique relatif aux stations de mesure des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonies @ TS Semantic 72

Figure 37 : Herbier de Cymodocées sur secteur de Sables Fins Bien Calibrés (SBCF) 74

Figure 38 : Analyse de l'historique des images disponibles sous GOOGLE EARTH Emprise de l'herbier de Cymodocées En haut : Images du 16/10/2003 et du 21/08/2006 En bas : Images du 13/07/2007 et du 03/10/2018 75

Figure 39 : Analyse de l'historique des images disponibles sous GOOGLE EARTH Emprise de l'herbier de Cymodocées En Magenta : 16/10/2003, En Orange : 21/08/2006, En jaune : 13/07/2007, En vert : 03/10/2018 75

Figure 40 : Cartographie des biocénoses - Novembre 2020 76

Figure 41 : Cartographie des biocénoses. Extrait du DOCOB [Sylla 2013 a] 77



Figure 42 : Vertébrés observés lors des plongées de vérité terrain et de mesures des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonies. Densité : + 1 ou 2 individus ++ 3 à 10 individus +++ [10 ,100] individus +++++ >100 individus (J) : Juvéniles	78
Figure 43 : Espèces d'invertébrés observées lors des plongées de reconnaissance subaquatique	79
Figure 44 : Profondeur projet	82
Figure 45 : Échelle d'indication d'ambiances sonores	83
Figure 45 : Exemple de bennes destinées à accueillir les déchets de chantier.....	85
Figure 48 : Carte du périmètre du sanctuaire PELAGOS - www.sanctuaire-pelagos.org	86
Figure 49 : Observation de Grand dauphin (<i>Tursiops Truncatus</i>) dans le périmètre du Sanctuaire Pélagos - Source : www.sanctuaire-pelagos.org	86
Figure 50 : Périodes de reproduction, de mise-bas, de présence des jeunes avec leur mère pour les cétacés du Sanctuaire Pélagos – Source : Guide d'évaluation pour l'autorisation d'une course d'engins nautiques dans le Sanctuaire Pélagos (Méditerranée).....	87
Figure 50 : Éléments préliminaires sur les résultats et la sensibilité aux nuisances sonores des espèces focales. Code des couleurs (résultats) – Bleu : il y a des résultats précis sur l'espèce considérée - Jaune : il n'y pas de résultat sur l'espèce, mais sur une espèce voisine - Rouge : il y a peu d'éléments utilisables. Code des couleurs (sensibilités) – Bleu : faible - Jaune: moyenne - Rouge: forte - Gris : inconnu	88
Figure 54 : Mise en place des Géotubes© au large de Sète (Hérault) – Source : TRASOMAR et Sète agglomération Méditerranée	90
Figure 55 : Colonisation des Géotubes® mis en place au niveau du Lido de Sète par une espèce de céphalopode.....	96
Figure 56 : Colonisation des Géotubes® mis en place au niveau du Lido de Sète par les espèces de faune et de flore.....	96
Figure 53 : Colonisation des Géotubes© à Sète dans l'Hérault – Source : TRASOMAR et Sète agglomération Méditerranée	100
Figure 54 : De gauche à droite : Les massif des Maures sur la commune du Rayol et le littoral du massif des Maures – Source : Rapport de présentation du Plan Local d'Urbanisme, sdp conseils, février 2016	100
Figure 55 : Vue rapprochée de la plage Ouest du Rayol sans ponton	101
Figure 56 : Vue rapprochée de la plage Ouest avec ponton.....	102
Figure 57 : Insertion ponton plage du Rayol	102
Figure 58 : Représentation d'un filet anti-pollution	104
Figure 59 : Barrage et kits anti-pollution.....	104

TABLEAU

Tableau 1 : Tableau de synthèse des incidences du projet sur les différentes zones, sites et périmètres protégés.....	81
Tableau 2 : Valeurs seuils pour chacun des deux paramètres d'exposition – Source : INRS.....	92
Tableau 3 : Actions requises en cas de dépassement des paramètres – Source : INRS.....	93
Tableau 4 : Impacts du projet sur l'hydrodynamisme de la zone d'étude, en phase d'exploitation.....	98



1 LE PETITIONNAIRE



COMMUNE DU RAYOL-CANADEL-SUR-MER

Place Giudicelli

RD 559

83820 - LE RAYOL-CANADEL-SUR-MER

 04 94 15 61 00

Représentée par Monsieur le Maire, Jean PLENAT

Dossier suivi par Messieurs Gaël ENGELBACH Directeur des services techniques et Laurent DEBRITO Directeur des services techniques

 gael.engelbach@rayol-canadel.fr

 laurent.debrito@rayol-canadel.fr

2 CONTEXTE, ENJEUX ET OBJECTIFS DU PROJET

2.1 LE CONTEXTE GENERAL

Actuellement le pourcentage des côtes meubles en voie d'érosion atteint 20 à 40% selon les pays. En France la majeure partie du littoral recule et la plupart des zones meubles perdent environ 0,2 à 0,5 m/an.

Lorsque l'Homme, par des aménagements inconsidérés, n'est pas la cause première de l'érosion, celle-ci s'explique par l'action des facteurs naturels sur le milieu :

- ▶ La remontée progressive du niveau marin (recommandation),
- ▶ L'agitation,
- ▶ Les courants et les vents,
- ▶ Les jets de rive.

Sans intervention, la disparition de nombreux secteurs littoraux est donc inéluctable et l'Homme tente de lutter contre l'érosion, processus naturel qui vient menacer des zones d'habitation ou des secteurs d'intérêt économique, touristique ou écologique.

Très généralement les aménagements du littoral français en matière de lutte contre l'érosion, sont essentiellement des ouvrages statiques (épîs, perrés) s'opposant à la mer.



Le schéma classique entraînant la réalisation de tels travaux est la plupart du temps du aux attaques incessantes de la mer font progressivement reculer le trait de côte et finissent bien souvent lors d'une tempête, par atteindre des zones que l'Homme tient à préserver. Les communes qui constatent les faits, se sentent bien sûr menacées et demandent alors des moyens de protection avant que la situation ne devienne catastrophique.

Les travaux entrepris souvent précipitamment, représentent un palliatif à un phénomène d'érosion locale, qui peut s'avérer, à plus long terme, néfaste pour l'équilibre sédimentaire du secteur.

Le milieu peut donc être fortement perturbé lorsque les aménagements de défense réalisés ne tiennent pas compte, volontairement ou non, de l'ensemble des caractéristiques physiques du littoral.

L'objectif devient, par conséquent, de considérer l'érosion d'un secteur comme le résultat de l'action conjuguée de plusieurs facteurs dynamiques régissant un système plus vaste, et de ne plus se limiter à une vision conduisant à des aménagements ponctuels.

Il est donc nécessaire de s'intéresser uniquement :

- ▶ Aux causes naturelles d'érosion (tempêtes, surcotes marines, migration de bancs sableux, remontée du niveau marin, action régulière des agents hydrodynamiques...) ;
- ▶ Au contexte de la biocénose locale ;
- ▶ Aux objectifs de sauvegarde des patrimoines locaux (plage, activités balnéaires de loisir, et socio-économiques).

L'ensemble des côtes françaises offrant une très grande diversité de nature qui va de plage de très grande ampleur à des « plages de poche ».

Ces dernières sont principalement présentes sur le littoral varois et représentent un patrimoine très fragile par leur faible profondeur et longueur alors qu'elles participent activement à l'attractivité de ce territoire.

2.2 LE CONTEXTE DE LA LOI N° 2021-1104 DU 22 AOÛT 2021 PORTANT LUTTE CONTRE LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE ET RENFORCEMENT DE LA RÉSILIENCE FACE A SES EFFETS

Dans la continuité des réflexions du Grenelle de la mer, la **loi Grenelle 1 du 3 août 2009** consacrait le principe d'une gestion intégrée de la mer et du littoral intégrant dans une approche globale les aspects économiques, sociaux et environnementaux.

En 2012, un groupe de travail constitué des cinq collègues du Grenelle de la mer formalisait la **stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte** de l'État (SNGITC), réaffirmant qu'une gestion véritablement intégrée du trait de côte nécessitait un changement de paradigme.

Il s'agit de ne plus lutter contre l'influence de la mer sur la position du trait de côte, mais de vivre avec elle : accepter la mobilité naturelle du trait de côte, renoncer à lui opposer systématiquement des ouvrages de « défense contre la mer » destinés à le fixer, et au contraire s'appuyer sur les services rendus par les écosystèmes **et chercher des solutions à l'échelle des processus naturels en jeu.**

La mise en œuvre de telles solutions requiert des **stratégies d'aménagement fondées sur des projets de territoire portés par les collectivités territoriales** (régions, départements, communes et intercommunalités).

Les dynamiques d'érosion pouvant avoir des effets sur les risques de submersion marine, le recul du trait de côte est pris en compte dans certains **plans de prévention des risques littoraux** (PPRL) qui rendent inconstructible la zone identifiée comme exposée au recul du trait de côte à horizon 100 ans. En complément de la logique prescriptive de ces outils, l'État accompagne les collectivités dans le développement de projets de territoire intégrant l'adaptation au recul du trait de côte.



Pour cela ont été développés des outils incitatifs dans le cadre de la SNGITC ainsi que des outils de financement d'actions de gestion souple, par le fonds de concours de l'**agence de financement** des infrastructures de transport de France (AFITF) : développement et partage de la connaissance, sensibilisation et partage des retours d'expériences innovantes, etc.

Monsieur le Préfet du Var par lettre aux Maires, du 9 décembre 2021, rappelait l'article 239 de la loi « climat et résilience » qui prévoit, en particulier, l'établissement, par décret, d'une **liste des « communes dont l'action en matière d'urbanisme et la politique d'aménagement doivent être adaptées aux phénomènes hydrosédimentaires entraînant / érosion du littoral »**.

Invitant ainsi les communes à réaliser, **dans leur plan local d'urbanisme ou document en tenant lieu**, une cartographie d'évolution du trait de côte à court (0-30 ans) et long (30-100 ans) termes.

Cartographie qui constituera-le socle des nouvelles mesures visant :

- ▶ Les biens existants dans les zones exposées au recul du trait de côte,
- ▶ Les constructions autorisées dans la zone exposée à long terme.

Rappelant que l'effet majeur de cette cartographie est une réforme du code de l'urbanisme et des modalités de prise en compte du risque érosion dans les documents de planification (articles 239 à 243), **de manière à améliorer la gestion des nouvelles constructions** dans les zones où le recul du trait de côte est connu et doit être anticipé, pour **éviter l'augmentation de la vulnérabilité des personnes et des biens**.

C'est ainsi que, le 10 janvier 2022 le conseil municipal de la commune du Rayol-Canadel transmettra son avis motivé pour l'inscription de la commune sur la liste **des « communes dont l'action en matière d'urbanisme et la politique d'aménagement doivent être adaptées aux phénomènes hydrosédimentaires entraînant l'érosion du littoral »** à Monsieur le Préfet du Var.

Pour le projet, selon la loi N° 2021-1104 du 22 août 2021, les articles 236 à 251 s'opposent. Le projet nous semble obéir à leurs exigences et en particulier répondre à l'article 243 qui stipule à l'alinéa II :

« II. La sous-section 5 de la section 2 du chapitre 1er du titre IV du livre 1er du code de l'urbanisme est ainsi modifiée :

- ▶ 1° À la fin de l'intitulé, le mot : « mer » est remplacé par le mot : « maritimes » ;
- ▶ 2° Le 3° de l'article L. 141-13 est ainsi rédigé :
 - « 3° Les orientations de gestion des milieux aquatiques, de prévention des risques naturels liés à la mer et d'adaptation des territoires au recul du trait de côte. **Il peut identifier des secteurs propices à l'accueil d'ouvrages de défense contre la mer pour protéger des secteurs habités denses ou des équipements d'intérêt général ou publics** ».

La plage, par :

- ▶ **son intérêt public du bien-être et de valorisation de territoire, les activités,**
- ▶ **le bénéfice qu'elle procure en donnant existence aux sous-concessions de lots de plage,**
- ▶ **l'offre d'accès à la mer,**

fait que sa protection et son maintien le plus longtemps possible, revêt de l'intérêt général.



2.3 LE CONTEXTE LOCAL

2.3.1 Les plages de la commune du Rayol Canadel

La commune du **Rayol-Canadel-sur-Mer**, soucieuse de préserver son territoire patrimonial « Plage », l'intérêt public qu'elle représente et l'ensemble de la biocénose qui l'entourne, souhaite poursuivre son engagement pour une gestion intégrée du littoral de ses plages qui, depuis quelques années, subissent de fortes modifications du fait des houles et de leur action hydrodynamique.

La Commune, bordée par la mer Méditerranée, est une commune littorale au sens de la loi du 3 janvier 1986, dite loi littoral. Son caractère calme et familial en fait une destination de vacances très appréciée tout en restant une des zones du littoral méditerranéen français les plus préservées.

Située dans un cercle naturel de verdure, avec au nord le Massif des Maures et au Sud face aux Iles d'Or, un littoral rocheux très découpé formant des caps, des criques et des baies **abritant 4 plages de sable fin de 866 mètres linéaire pour 4,65 kilomètres de côte** :

- ▶ Plage du Rayol : Surface de 3 822 m² pour un linéaire de 331 m en deux parties,
- ▶ Plage Canadel : Surface de 5 571 m² pour un linéaire de 386 m,
- ▶ Plage de Pramousquier : Surface de 2 282 m² pour un linéaire de 120 m,
- ▶ Plage du domaine Rayol Canadel : Surface de 493 m² pour un linéaire de 29 m.



Figure 1 : Repérage plages commune du Rayol-Canadel

La commune du Rayol-Canadel a décidé de faire valoir le droit de priorité prévu à l'article R.2124-21 du Code Général de la Propriété des Personnes Publiques (CGPPP) et à solliciter le renouvellement des concessions des plages naturelles de Pramousquier-Est, du Débarquement-Canadel et du Rayol. L'emprise totale de la concession est de 11 625 m².



Par suite de l'enquête publique prescrite par arrêté de Monsieur le préfet du Var, N° DDTM/SAGJ n°2020/12 en date du 01 octobre 2020, portant ouverture et organisation d'une enquête publique au titre des articles L 123-1 et suivants du code de l'environnement, les concessions des plages naturelles de Pramouquier-Est, du Débarquement-Canadel et du Rayol sur la commune du Rayol-Canadel ont été concédées à la commune du Rayol-Canadel pour la période comprise entre le 1 janvier 2021 et le 31 décembre 2032 par arrêtés préfectoraux du 18/12/2020.

Ces plages font l'objet de plusieurs concessions (dont 2 sous traités d'exploitation pour la plage du Canadel) qui ont été attribuées en 2020 après mise en concurrence.

2.3.2 La politique de sauvegarde et de protection du patrimoine plage de la Commune

2.3.2.1 Le mot du Conseil Municipal (Pascale VOITURON Adjointe, 3^{ème} adjointe en charge de la communication et des ressources humaines - Rapporteur)

« L'essor touristique des communes de bord de mer a débuté avec l'arrivée de la ligne de Chemin de fer du Sud de la France ligne reliant Toulon à St Raphael, en particulier en 1890 au Rayol-Canadel-sur-Mer.

La station balnéaire et climatique du Rayol-Canadel-sur-Mer a été créée en 1925 par la Compagnie d'Entreprise Immobilière ou Terre de France. Elle a commencé à prendre son envol avec l'apparition des premiers aménagements terrestres en bord de mer.

Aujourd'hui, nos paysages, notre urbanisation maîtrisée et nos plages représentent le véritable patrimoine de notre commune et participent de notre qualité de vie.

Ce patrimoine garantit toute l'activité humaine et économique du village qui repose essentiellement sur le tourisme de résidence secondaire, nos visiteurs directement liés à nos activités balnéaires, nautiques et à la baignade.

Mais, petit à petit, sous l'action de la main de l'homme (Ouvrages anthropiques de hauts de rive) et des évolutions climatiques – le réchauffement, la hausse du niveau de la mer, les pluies diluviennes, les fréquences resserrées des fortes houles, ce bel équilibre s'érode inexorablement.

Les communes de bord de mer, comme le Rayol-Canadel-sur-Mer, n'existent et ne vivent que par leurs plages. Si rien n'est fait, c'est tout le patrimoine de la commune qui disparaît et avec lui, toute la vie et l'économie de la commune, ses commerces, ses services.

C'est donc maintenant qu'il faut intervenir avec une vision de long terme de 20, 30, 50 et 100 ans. Notre inaction condamnerait la plage du Canadel : Toute la population, résidente et estivale attendent notre action pour protéger ce patrimoine essentiel à la vie communale. ».

2.3.2.2 L'action et la stratégie de la Commune

Pour ce faire, la commune du **Rayol-Canadel-sur-Mer** a donc engagé une politique de gestion intégrée de son littoral depuis plusieurs années. En effet cette gestion a débuté dès 2016 avec depuis :

- ▶ La réalisation d'études et d'investissements :
 - De l'aménagement pour la valorisation des arrières-plages du Rayol (réalisé en 2018/19) ;
 - De la création des ZMEL du Rayol et du Canadel en lieu et place de 152 AOT individuelle ;



- L'enlèvement de plus de 250 macrodéchets officiant de corps morts (AOT individuelle) démontrant de tout ce que l'imagination de l'homme est capable de faire faire. Opération réalisée avec l'assistance de la CCGST et l'aide financière de Natura 2000 (Réalisé en 2018/2019) ;
 - La construction de récifs artificiel (©Géotubes) atténuateur de houle couplés avec un rechargement de la plage du Rayol (Réalisé en 2018/19) ; Opération réalisée en partenariat avec la CCGST et réalisée et financée par la CCGST avec l'aide financière de de la région, du département, de l'agence de l'eau (Réalisé en 2018/2019).
- ▶ La réalisation d'études en cours :
- Aménagements des arrières-plage du Canadel (Architecte paysagiste V. GUILLERMIN en cours) ;
 - Aménagements de l'accès par l'escalier à la plage Canadel Ouest Canadel (Architecte paysagiste V. GUILLERMIN en cours) ;
 - Études d'avant-projet et de dossier Cas par Cas pour les ouvrages de lutte contre l'érosion et la submersion de la plage du Débarquement Canadel (BET CORINTHE Ingénierie en cours) ;
 - Action en cours pour l'acquisition de foncier (Domaine de la ferme) pour l'aménagement de l'accès à la plage du Pramousquier (en cours).

La Commune est donc bien dans la continuité des objectifs qu'elle avait fixés en 2016 avec sa stratégie de gestion intégrée de son littoral en adéquation avec les stratégies nationale, régionale, départementale et intercommunale.

2.3.2.3 Le projet : La plage du débarquement Canadel





Figure 2 : Situation de la commune varoise du Rayol-Canadel-sur-Mer et de ses plages

La plage du Canadel, d'un linéaire de 498 mètres, évolue et semble soumise à un recul et à des submersions plus marquées.

Les hauts de plages ou terre-pleins en rivage sont soumis à l'artificialisation (parapets, escaliers, ponton, etc.) mais également de rejets d'exutoires pluviaux ce qui, lors des coups de mer, conduit à des phénomènes d'érosion et/ou de submersions importants qui génèrent des effets néfastes sur ce patrimoine.

Ainsi, la Commune doit faire face à plusieurs urgences :

- ▶ **À court terme** : Assurer la sécurité et la salubrité des usagers de la plage ;
- ▶ **À moyen terme** : Consolider le haut de plage et diminuer l'incidence de la houle sur les ouvrages ;
- ▶ **À long terme** : Dans la mesure du possible, reconstituer une plage sableuse plus large et continue.

La commune du Rayol-Canadel, Maître d'Ouvrage, a lancé une étude de la situation avec pour objectif de rechercher des réponses techniques en termes de protection de la plage contre l'érosion et la submersion.

2.4 LES IMMUABLES PRIS EN COMPTE POUR LA CONCEPTION DU PROJET

2.4.1.1 Les enjeux

S'agissant de définir les horizons temporels pour les projections des positions du trait de côte et la définition de la stratégie de gestion de ce secteur côtier, les horizons temporels de l'étude seront de **10, 30 et 50 ans** et serviront de **base de référence pour l'élaboration du projet**. Une visualisation au terme de 100 ans est également appréciée.



Les enjeux qui ont guidés le projet de protection contre les aléas d'érosion et de submersion marine ont suivi le canevas suivant :

- ▶ Analyse du fonctionnement du littoral ;
- ▶ Identification des contraintes physiques, de biocénose locale, de qualité des eaux et environnementaux ;
- ▶ L'élaboration des scénarii de protections envisageables ;
- ▶ Des analyses multicritère (AMC et ACB) ;
- ▶ La production d'un programme de travaux au stade Avant-Projet Sommaire de la solution retenue et une analyse réglementaire et d'impact du projet.

Ces enjeux principaux ne négligent pas les autres enjeux que sont :

- ▶ **Enjeux économiques :** Entretien et pérennisation du statut balnéaire et des activités nautiques et estivales de la Commune ;
- ▶ **Enjeux sociaux :** Rendre possible un usage plus confortable des plages et des espaces publics de la zone, et ce, tout au long de l'année ;
- ▶ **Enjeux environnementaux :** Réduire les effets de disparition du patrimoine « plage », agir en faveur de la protection des milieux naturels connexes aux espaces balnéaires, préserver les écosystèmes marins.

2.4.1.2 Les objectifs

S'il ne s'agit plus de lutter contre l'influence de la mer sur la position du trait de côte, la zone de projet doit rester une zone d'intérêt général et publics et du coup nécessitant l'accueil d'ouvrages de défense contre la mer pour protéger et sauvegarder ce patrimoine du littoral.

La solution devant être consacrée à chercher des solutions à l'échelle des processus naturels en jeu. C'est pourquoi il a été nécessaire de :

- ▶ Consolider la connaissance du risque d'érosion et submersion marine pour la plage du Canadel ;
- ▶ D'identifier et cartographier les enjeux impactés par l'érosion et la submersion marine à court et long termes ;
- ▶ Mesurer l'importance du risque érosion et submersion sur ce secteur de littoral ;
- ▶ Disposer d'une analyse détaillée des mécanismes hydrosédimentaires, de submersion et d'un diagnostic des dysfonctionnements ;
- ▶ Favoriser le multi-usage des ouvrages (écologique, sécurité et socio-économique) ;
- ▶ Participer à la gestion intégrée des zones côtières et du littoral par l'idée de proactivité écologique des infrastructures humaines (impact positif pour des effets cibles : juvéniles, algues, nurserie, trophique, frayère) ;
- ▶ S'intégrer aux objectifs « éviter réduire compenser » de l'article L110 du code de l'environnement ;
- ▶ Définir les solutions d'aménagement les mieux adaptées au contexte local au regard d'une analyse multicritère ;
- ▶ Se projeter au-delà du terme de 50 ans ;
- ▶ Prévoir des ouvrages réversibles ;
- ▶ Connaître le cadrage réglementaire.



2.4.1.3 La chronologie de l'étude de conception du projet a donc suivi le plan ci-dessous :

- ▶ **Étape 1** : Établir un diagnostic clair de la dynamique hydro sédimentaire de la plage et la description des mécanismes qui mènent à son érosion et submersion ;
- ▶ **Étape 2** : Proposer, décrire et étudier les différentes solutions envisageables pour répondre aux objectifs, compte-tenu des contraintes du site (environnementales...) et des dispositions constructives envisageables ;
- ▶ **Étape 3** : Fournir les éléments techniques (efficacité) et financiers relatifs à chaque solution étudiée (analyse comparative) ;
- ▶ **Étape 4** : Avant-Projet Sommaire et définition des études complémentaires à réaliser en vue de la mission de maîtrise d'œuvre ;
- ▶ **Étape 5 : Dossier Cas par Cas.**



3 NOTIONS GENERALES : LITTORAL ET PLAGES DE POCHE

3.1 LE LITTORAL

Zone de contact entre l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère. Au sens strict, c'est la zone comprise entre les plus hautes et les plus basses mers.

La largeur de ce domaine est variable ; Il englobe l'arrière-côte dans la terre ferme, le rivage proprement dit et la zone de balancement des marées ou estran, ainsi que l'avant-côte submergée en permanence.

Le littoral, et particulièrement les plages, sont des zones fragiles en constante évolution.

La compréhension de la dynamique côtière est importante du fait des enjeux associés.

En effet les côtes sont en proie à une augmentation des activités économiques, notamment liée au tourisme, entraînant urbanisation, aménagements littoraux et concentration de la population. Dans ce contexte, la caractérisation des changements et des risques est nécessaire à la gestion de ces zones sensibles.

La dynamique sédimentaire des plages sableuses n'est pas suffisamment bien décrite du fait de la complexité des processus : L'hydrodynamisme dû au forçage météo-marin est particulièrement complexe en milieu côtier, avec l'influence de la houle principalement en Méditerranée. La dynamique sédimentaire (transport, évolution morphodynamique) résultant de ce forçage est elle aussi complexe en raison des processus physiques en jeu à différentes échelles de temps et d'espace.

3.2 LES PLAGES DE POCHE

Les plages de poche prennent place le long des littoraux rocheux et constituent des petites baies sableuses situées entre deux caps rocheux.

En fonction de la géométrie des caps, et de leur position plus ou moins avancée vers le large, ceux-ci peuvent constituer des zones d'interruption de transfert sédimentaire, et donc des limites de cellules hydrosédimentaires.

A plus grande échelle, une cellule hydrosédimentaire peut également être constituée de plusieurs anses sableuses s'il existe des transferts sédimentaires entre elles.

Ces anses sableuses sont souvent situées au droit de vallées incisées par une rivière dont l'embouchure marine interrompt le cordon littoral sableux.

En arrière de celui-ci se développe généralement une zone humide, siège d'intérêts écologiques importants, mais c'est aussi là, le lieu d'aménagements touristiques, en raison de l'attractivité de ces environnements.

Les plages du Rayol et du Canadel sont des plages de poche.



4 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC DE LA PLAGE DU CANADEL

Cette synthèse est issue du rapport d'état des lieux et de diagnostic (réf. CORMRC 39-2020_DIAG-01-1).

Selon le constat dressé sur le site, l'analyse historique de l'évolution de la plage (images aériennes de 1950 à 2020), et l'analyse des simulations sur modèle hydrodynamique 3D, les épisodes de houle intense conduisent :

- ▶ **à la submersion quasi totale de la plage de l'extrémité Ouest** jusqu'au Lot 1 des concessions de plage où les jets de rive atteignent les ouvrages et talus rocheux de haut de plage (réflexion accentuant le pouvoir érosif des vagues) et raidissent ce haut de plage ;
- ▶ **à la submersion totale de la plage, y compris sur sa zone la plus large à l'Est** (jusqu'au mur des propriétés) avec un niveau d'eau de période de retour 1 an (+0.65 m NGF) ;
- ▶ **à un recul global de la plage** avec des spécificités selon le secteur de provenance, notamment l'accentuation du profil arqué de la plage Est et un recul marqué en régime d'Est/Sud-Est (fréquemment plus intense) tandis qu'un régime de Sud-Ouest atténuera le profil arqué et le recul de cette même zone en faisant nettement reculer les plages Ouest et centre (bascule Est -> Ouest dans le premier cas, bascule Ouest -> Est dans le second) ;
- ▶ **à la déconnexion des plages Est, centre et Ouest au niveau des éperons rocheux** (disparition du cordon de plage au niveau des points durs en pied de vigie et entre les plages centre et Ouest).

En raison d'un régime Est/Sud-Est plus intense que le régime de Sud-Ouest, la bathymétrie montre un stock de matériaux majoritairement situé dans les petits fonds à l'Ouest (faible pente, faible profondeur) alors même que la partie aérienne visible de la plage y est plutôt étroite (plage Ouest réduite, confinée entre des points durs proches).

Les périodes de calme, de clapot et de petite houle (0 m à 0,5 m, voire de 0,5 m à 1,0 m avec de petites périodes pics inférieures à 5 s) sont propices à un retour des matériaux des petits fonds vers la plage et à un lissage de la bathymétrie et de la zone de laisse de mer sur la partie aérienne de la plage.

La plage et les petits fonds retrouvent une pente douce et uniforme et la partie aérienne de la plage regagne de la surface sur la mer :

- ▶ Élargissement général de la plage ;
- ▶ Réapparition du cordon de plage devant les points durs en pied de vigie et entre les plages Ouest et centre, la plage étant ainsi à nouveau connectée et continue ;
- ▶ Atténuation du profil arqué de la plage Est.

Sur la période de diagnostic, la plage a tendance à montrer une assez bonne résilience aux coups de mer en profondeur : Le recul observé par suite d'un épisode de houle intense s'accompagne d'un stockage des matériaux dans les petits fonds suffisamment proches pour limiter les pertes définitives de sédiments et pour que les périodes de calmes soient propices à un retour des matériaux vers la plage. Cette dernière peut ainsi retrouver sa largeur initiale sur tout son linéaire **si la période de calme est assez longue**, ce qui peut notamment être le cas de la fin du printemps à la fin de l'été. Néanmoins le volume de la cellule sédimentaire diminue lentement depuis les changements climatiques observés depuis ces 10 dernières années.

La fréquence d'alternance et la durée des épisodes de coups de mer / périodes calmes ainsi que l'intensité des coups de mer favorisent la plage l'été et une plage étroite l'hiver (prédominance des coups de mer de forte intensité plus fréquents de l'automne au début du printemps).



Ceci reste une description générale du fonctionnement moyen de la plage du Canadel à l'œuvre depuis des décennies et auquel s'accorde notamment la position fluctuante du trait de côte observée sur les images aériennes entre 1950 et 2020, confinée dans une bande de quelques mètres au centre de la plage et jusqu'à une quinzaine de mètres de large aux extrémités est et ouest (Figure 3).



Figure 3 : Enveloppe dans laquelle fluctue la position du trait de côte tirée des images aériennes disponibles depuis 1950

Ce fonctionnement moyen, relativement stable jusqu'à présent, ne doit pas occulter les situations exceptionnelles déjà observées ces 5 dernières années (générant des impacts plus sévères) et **qui ont de fortes probabilités de devenir fréquentes selon l'évolution attendue du climat :**

- ▶ **Certains étés, des coups de mer plus fréquents ou exceptionnels pour la saison peuvent ponctuellement conduire à une plage plus étroite (proche de la situation hivernale)** avec un impact dommageable pour les usagers (surface réduite, discontinuité de la plage au droit des points durs créant des difficultés d'accès) et pour les exploitants des lots sous-concédés (surface d'exploitation réduite, dégâts matériels durant le coup de mer).
- ▶ **Les mises en garde du GIEC vis-à-vis de l'évolution du climat pointe sur une augmentation de l'intensité des tempêtes et de leur fréquence**, y compris donc en période estivale, et à une augmentation globale du niveau moyen des mers :
 - Une augmentation de la fréquence des coups de mer, en réduisant la durée et la fréquence des périodes de calme, réduira la capacité de résilience de la plage ;
 - Une augmentation de l'intensité des coups de mer pourrait conduire la plage à reculer significativement sur une majeure partie de son linéaire et les matériaux à se stocker dans des zones plus profondes et plus éloignées, ce qui conduirait à des difficultés croissantes de retour des matériaux vers la plage par temps calme et réduirait d'avantage la capacité de résilience de la plage ;
 - L'augmentation du niveau moyen de la mer favorisera la submersion de la plage et la capacité érosive des vagues.

Malgré une position fluctuante du trait de côte autour d'un relatif équilibre de la plage constaté sur les 70 dernières années, on pourrait donc voir apparaître à brève échéance un recul plus marqué et un retour plus difficile à une largeur de plage maximale. Cette situation pourrait marquer un tournant irréversible vers un recul progressif de la plage du Canadel. Et plus précisément dans ce cas de plage de poche.

Les observations lors des visites indiquent en effet que la plage est également malmenée quand les conditions de submersion se cumulent à une situation de plage étroite et à des écoulements pluviaux terrestres intenses.



Ces derniers créent de profondes ravines sur la plage au droit des exutoires, d'une largeur parfois conséquente comme au droit du daleau. Les rampes et escaliers d'accès débouchant sur la plage peuvent aussi faire office de chenaux et également provoquer des ravines sur la plage.

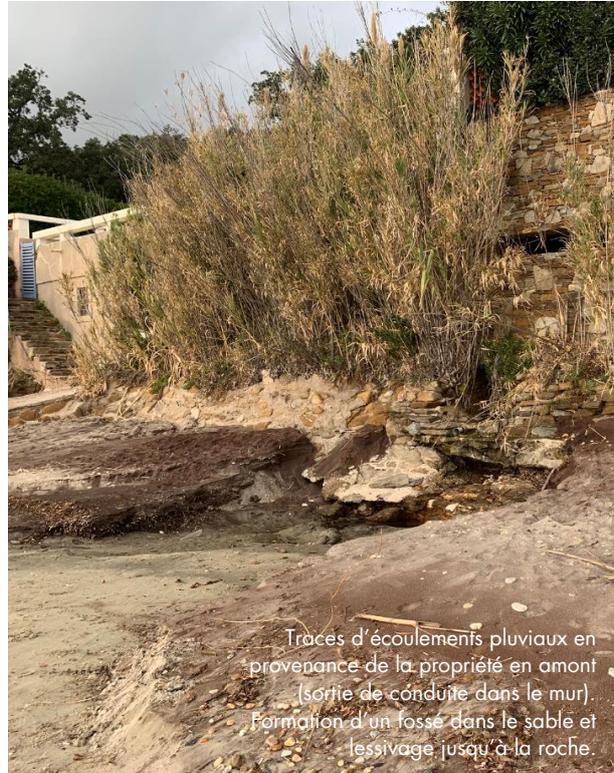


Figure 4 : Problématique du ruissellement pluvial

Ces phénomènes amplifient alors le prélèvement de sable sur la partie aérienne au profit des petits fonds, entraînant ainsi un rétrécissement supplémentaire de la plage, une vulnérabilité accrue aux submersions et, par voie de conséquence, une augmentation du pouvoir érosif des vagues plus fortement réfléchies par les frontières du haut de plage (murs, talus rocheux, etc.), un cercle vicieux pouvant conduire à un recul inédit de la plage.



Le temps de résilience nécessaire au retour du sable sur la plage étant relativement long, des évènements successifs cumulant forte houle et précipitations intenses sur une courte période pourraient faire reculer le trait de côte au-delà de ce qui a pu être observé depuis 1950 et mettre à mal la capacité de la plage à se reconstituer.

Elle entrerait alors dans une phase de recul (érosion) difficile à inverser. Il s'agit donc de réagir au plus tôt pour pallier un tel scénario dont les premiers signes commenceraient malheureusement à se manifester.

Les différentes solutions étudiées en faisabilité et le projet soumis au Cas par Cas proposent des mesures anticipatives en vue de préserver autant que possible le patrimoine de la plage du Canadel.

5 SOLUTIONS ETUDIÉES EN PHASE FAISABILITÉ

5.1 SOLUTION 1, 2 ET 3

La **solution 1** constituait une approche test et avait pour objectif d'orienter la suite de l'étude en identifiant l'impact d'un modeste rechargement de plage ($\approx 8\,000\text{ m}^3$) accompagné d'un simple brise-lame immergé dans les petits fonds ($< -2.50\text{ m NGF}$) et destiné à protéger la zone de plage étroite en pied de vigie, celle-ci étant sujette à une disparition périodique conduisant à une discontinuité entre les plages est et ouest et à la fragilisation des ouvrages anthropiques de haut de plage. Le brise-lame immergé a été implanté dans les petits fonds pour éviter d'empiéter sur l'herbier de Cymodocées.

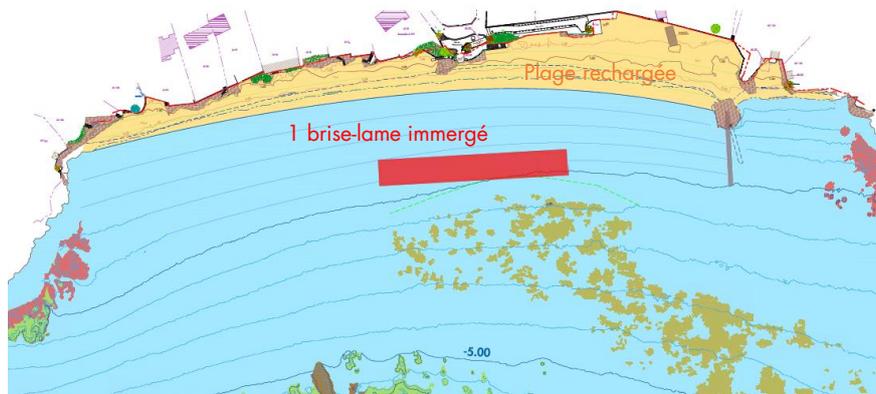


Figure 5 : Solution 1

Les simulations sur modèle hydrodynamique 3D ont conduit à mettre en évidence un **risque d'érosion accrue des petits fonds en raison des forts courants** apparaissant à l'arrière du brise-lame en raison d'une implantation trop proche du bord imposée par l'herbier de Cymodocées.

Deux autres solutions ont alors été envisagées :

- ▶ **Solution 2** : Constituée de 2 brise-lames en quinconce, dont un est renvoyé plus au large pour éviter les conséquences de la solution 1 mais qui empiète alors sur les Cymodocées, et un second qui vient se refermer sur un ponton réorienté, rallongé et partiellement plein sur son tirant d'eau pour confiner les matériaux de rechargement dans les petits fonds.
- ▶ **Solution 3** : Variante plus lourde à la solution 2 avec 3 brise-lames plus longs implantés plus au large afin de proposer un scénario de protection de l'ensemble de la plage.

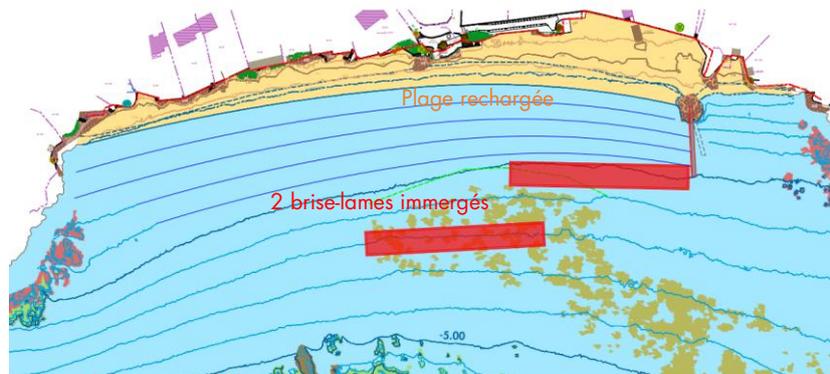


Figure 6 : Solution 2

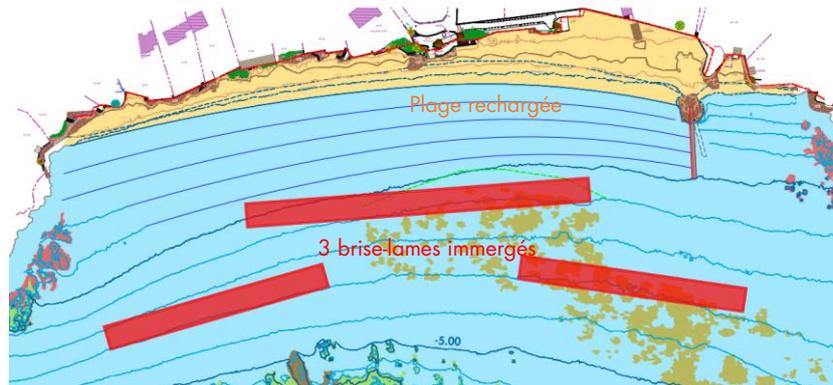


Figure 7 : Solution 3

Les solutions 2 et 3 comportent également un rechargement de plage de l'ordre de 8 000 m³.

La solution 2 a été écartée au profit d'une optimisation de l'implantation des brise-lames de la solution 3 conduisant à la modélisation d'une solution 3 bis.

On notera que l'implantation des récifs sur les herbiers est importante et du coup très peu envisageable.

5.2 SOLUTION 3 BIS

La solution 3 bis s'appuie sur le principe de la solution 3, elle-même inspirée des brise-lames en quinconce installés au Rayol. Par rapport à la solution 3 initialement envisagée, l'axe d'implantation des brise-lames épouse de manière plus réaliste les lignes isobathes des fonds d'assise.

La plage est rechargée plus massivement pour constituer une zone tampon **plus efficace dans l'amortissement des jets de rive** en complément des brise-lames.

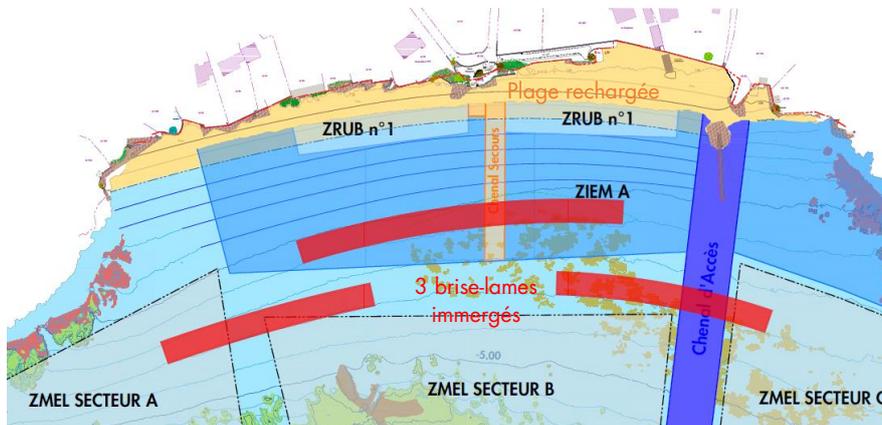


Figure 8 : Solution 3 bis

Bien que la submersion de la plage et des lots de concession soit significativement diminuée par ce scénario comparé à la situation actuelle, les simulations hydrodynamiques **montrent des courants importants dans les passes aux extrémités des récifs et laissent craindre une fuite accrue des matériaux des petits fonds vers des fonds plus importants depuis lesquels un retour par temps calme deviendra plus difficile.**



En outre, cette solution se heurte à plusieurs autres points négatifs :

- ▶ Emprise sur les Cymodocées,
- ▶ Emprise sur le découpage domanial de la zone (chenaux d'accès, ZMEL, etc.),
- ▶ Coût des travaux au regard de l'envergure des brise-lames immergés (en plus du rechargement).

Une tentative d'optimisation pour diminuer les aspects négatifs de la solution 3 bis a alors conduit à la solution 4.

5.3 SOLUTION 4

Le nombre de brise-lames est ramené à deux. La plage est rechargée comme pour la solution 3 bis.

Dans ce scénario, les brise-lames sont implantés dans le seul espace vacant de la domanialité de la zone, entre la ZMEL secteur B et les deux ZIEM). Ils empiètent néanmoins toujours sur l'herbier de Cymodocées. Entre les deux brise-lames, une passe permet la navigation depuis ou vers le chenal des secours.

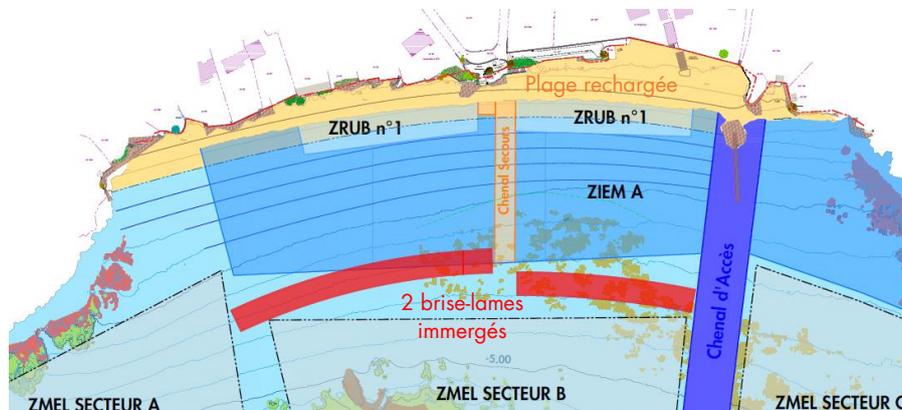


Figure 9 : Solution 4

Ce scénario a fait l'objet de simulations sur modèle hydrodynamique 3D et également sur modèle morphodynamique afin d'observer l'évolution des fonds au cours d'un épisode de tempête type (04 mai 2010).

En termes de submersion de plage, d'agression des ouvrages anthropiques de haut de plage et des lots de sous traités d'exploitation, cette solution montre une efficacité proche de la solution 3 bis. **Néanmoins, le modèle morphodynamique montre que la position des brise-lames n'est toujours pas optimale : leur implantation conduit à générer d'intenses courants de retour qui entraînent les sédiments plus au large, ce qui maintient la problématique d'un retour non-garanti vers la plage et les petits fonds par temps calme et un risque accru d'érosion de la plage à terme.**

Il a semblé donc difficile de pouvoir mettre au point une solution semblable à celle du Rayol où, contrairement à la configuration du Canadel, les brise-lames ont pu être implantés de manière optimale.

Une solution 5 a donc été étudiée. Il s'agit d'un scénario sans brise-lames basé sur un rechargement plus important de la plage (avec butée de pied) pour constituer une zone tampon suffisamment large pour amortir au mieux les jets de rive et diminuer autant que possible la submersion du haut de plage et des lots de concession.



5.4 SOLUTION 5

La solution 5 est constituée d'un rechargement massif de la plage et des petits fonds (25 000 m³) et d'une butée de pied arasée à -1.5 m NGF et implantée sur l'isobathe - 2.50 m NGF sur laquelle s'appuie la pente du rechargement au large.

Sur son flanc Est, le rechargement des petits fonds est appuyé contre le ponton réorienté et partiellement plein pour confiner les matériaux (l'extrémité est de la butée de pied rejoint l'extrémité du ponton).

Cette solution n'empiète plus sur l'herbier de Cymodocées.

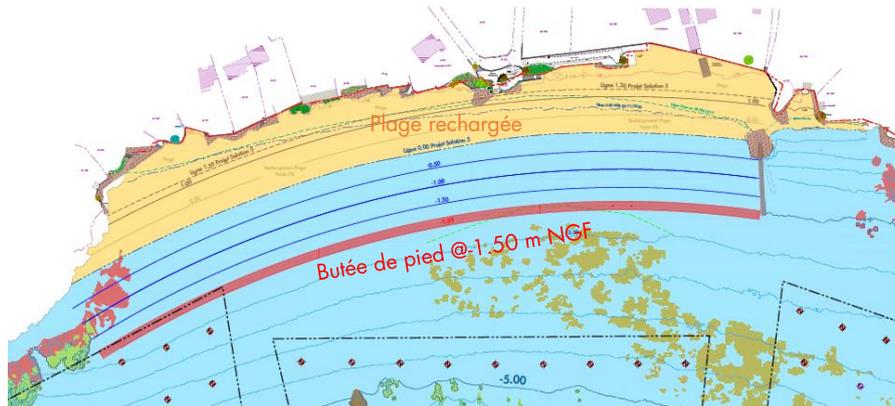


Figure 10 : Solution 5

En l'absence de brise-lame, seule la largeur de plage apportée par le rechargement massif constitue une zone tampon amortissant les jets de rive. En termes de submersion, ce scénario diminue de manière significative les franchissements (Jets de rive) du haut de plage et des lots de sous-concessions, quoique moins efficacement que les solutions combinant rechargement et brise-lames.

En termes de morphodynamique, la simulation d'un épisode de tempête type montre une évolution marquée du profil de rechargement entre la plage émergée et la butée de pied et un risque de perte potentielle de matériaux par-dessus et au-delà de la butée de pied.

En réponse, une ultime solution 5 bis reprenant le scénario de la solution 5 en optimisant le profil de rechargement entre la plage émergée et la butée de pied a été étudiée.



5.5 SOLUTION 5 BIS

Quasi-identique à la solution 5, la solution 5 bis comporte un rechargement légèrement plus faible (20 000 m³) en raison d'un profil plus doux des petits fonds entre plage émergée et butée de pied.

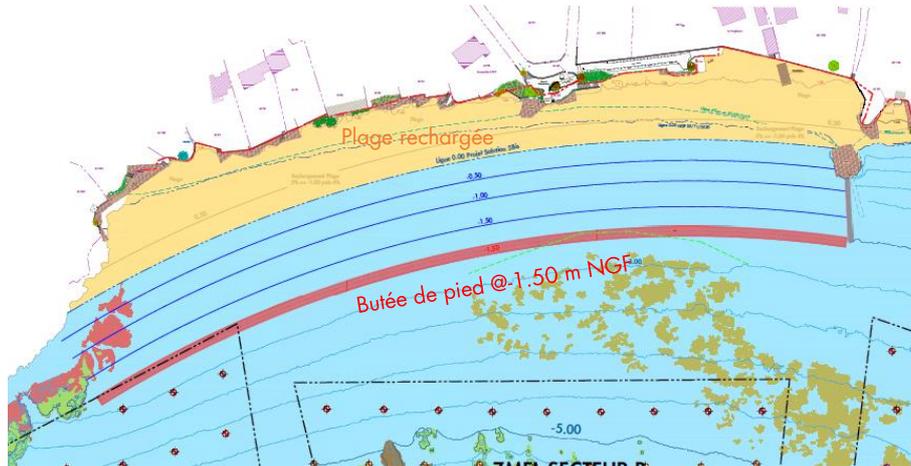


Figure 11 : Solution 5 bis

En termes de submersion, cette solution est légèrement moins efficace que la solution 5 tout en restant proche.

En outre, la simulation morphodynamique lors d'un épisode de tempête type montre des mouvements de matériaux essentiellement concentrés dans les petits fonds. Du coup on n'observe que peu de mouvement, voire aucun, à l'arrière immédiat de la butée de pied. Ce constat indique donc qu'une perte minimale de matériaux serait permise par cette solution qui constitue ainsi un compromis optimal.

L'analyse des différentes solutions étudiées a donc orienté le choix d'un scénario en faveur de la solution 5 bis.

Cette demande d'instruction au Cas par Cas concerne donc cette solution

6 EFFICACITE DE LA SOLUTION AUX PHENOMENES DE JETS DE RIVE ET EROSION

6.1 DEBITS MOYENS DE FRANCHISSEMENT AU NIVEAU DES LOTS DE SOUS CONCESSIONS ET DES OUVRAGES ANTHROPIQUES DE HAUT DE PLAGE

Le modèle hydrodynamique 3D a permis de calculer les flux (débit franchissant moyen) à travers 2 segments fixés au niveau des lots de concession et représentés en bleu sur le schéma ci-dessous.

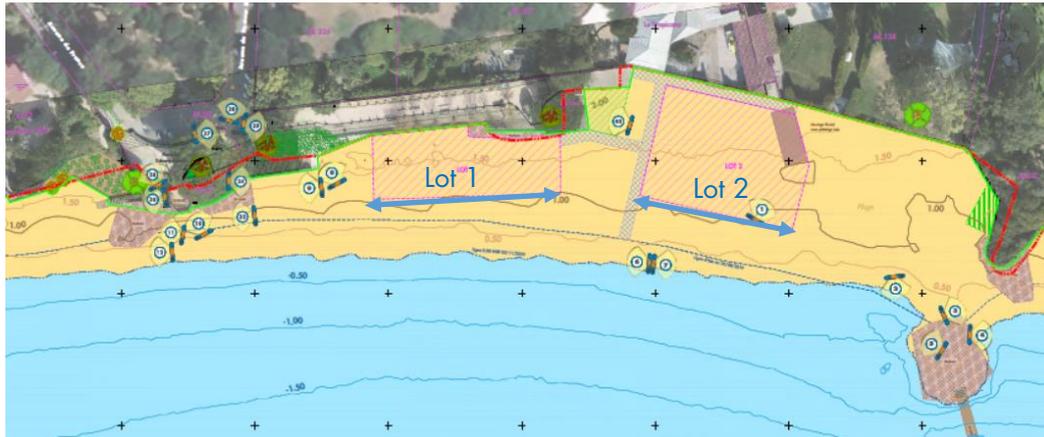


Figure 12 : Emplacement des segments où sont calculés les débits moyens de franchissement

Les débits moyens de franchissement en pied de chaque lot, estimés sur la durée totale de la simulation en conditions annuelles de secteur Sud-Est (N120°) et de secteur Sud-Ouest (N210°), sont les suivants :

		Franchissements (m ³ /s/ml)		Franchissements (l/s/ml)	
		Lot 1	Lot 2	Lot 1	Lot 2
Actuel	N120°	6.43E-02	7.71E-02	64.3	77.1
	N210°	3.40E-02	6.19E-02	34.0	61.9
Projet 1	N120°	1.32E-02	1.16E-02	13.2	11.6
	N210°	1.15E-03	3.02E-03	1.2	3.0
Projet 3bis	N120°	2.53E-03	3.55E-03	2.5	3.6
	N210°	1.89E-04	5.27E-04	0.2	0.5
Projet 4	N120°	5.15E-03	6.70E-03	5.1	6.7
	N210°	4.74E-04	8.09E-04	0.5	0.8
Projet 5	N120°	8.48E-03	1.62E-02	8.5	16.2
	N210°	5.08E-04	5.98E-03	0.5	6.0
Projet 5 bis	N120°	1.32E-02	2.28E-02	13.2	22.8
	N210°	2.44E-03	1.27E-02	2.4	12.7

- ▶ Les débits pour les conditions de mer de secteur Sud-Est sont les plus importants ;
- ▶ Pour tous les secteurs de provenance, les différents projets diminuent significativement les franchissements au niveau des 2 lots de concession ;
- ▶ Le projet 3 bis est le plus efficace en termes de franchissement, notamment en raison de la présence de 3 brise-lames de grande envergure ;
- ▶ **Pour la solution 5 bis, les franchissements sont fortement réduits par rapport à la situation actuelle. Ils sont divisés par 4 au minimum.**



6.2 SEUILS DE SUBMERSION ET RISQUE STATISTIQUE

La hauteur de houle pour laquelle on observe sur le modèle hydrodynamique que les jets de rive commencent à atteindre et franchir la limite d'emprise a été déterminée pour des conditions de houle frontale à l'aide de plusieurs simulations itératives sur M3WFM.

Le niveau d'eau retenu pour les simulations est +0,4 m NGF. Il comprend :

- ▶ le niveau de plus haute mer astronomique (PHMA) = +0,2 m NGF ;
- ▶ une surcote de tempête de 0,2 m ajoutée au niveau PHMA.

La période pic retenue est $T_p = 8$ s.

Valeur seuil de hauteur de houle obtenue devant la plage :

- ▶ Situation actuelle : $H_s = 0,6$ m,
- ▶ Solution 5 bis : $H_s = 1,2$ m.

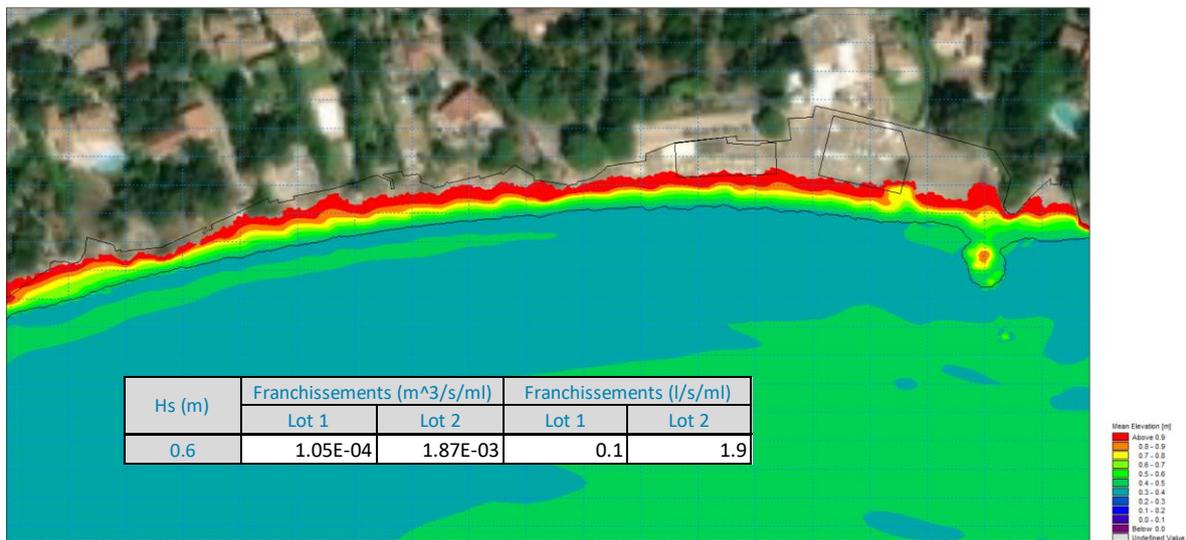


Figure 13 : Début de submersion / cas actuel / $H_s = 0,6m$

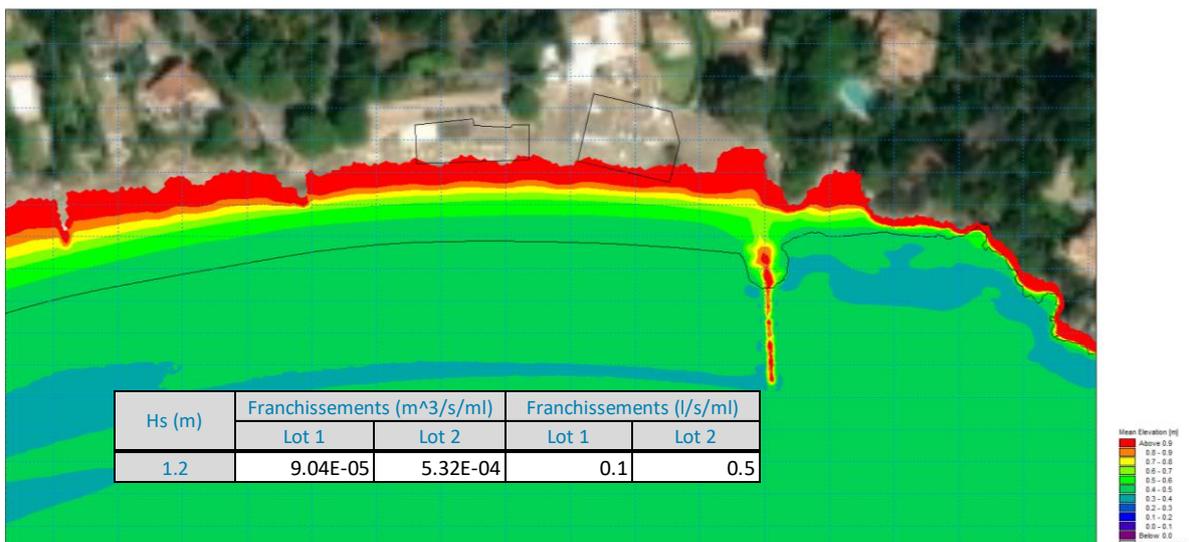


Figure 14 : Début de submersion / solution 5bis / $H_s = 1,2m$



Pour les différentes directions de provenance de la houle au large, une fonction de transfert a été calculée à l'aide du modèle MIKE 21 SW pour connaître le rapport entre la hauteur de houle au large et la hauteur de houle devant la plage (entrée du modèle hydrodynamique local MIKE 3 WAVE). Les seuils équivalents de hauteur de houle au large ont ainsi pu être déterminés, en fonction du secteur de provenance de la houle :

Direction houle au large	Points MWM	Hs au large pour Hs=0.6 m devant la plage	Hs au large pour Hs=1.2 m devant la plage
N90°	P4	1.20	2.40
N120°		0.75	1.50
N150°		0.75	1.50
N180°		1.20	2.40
N210°	P5	1.20	2.40
N240°		1.50	3.00

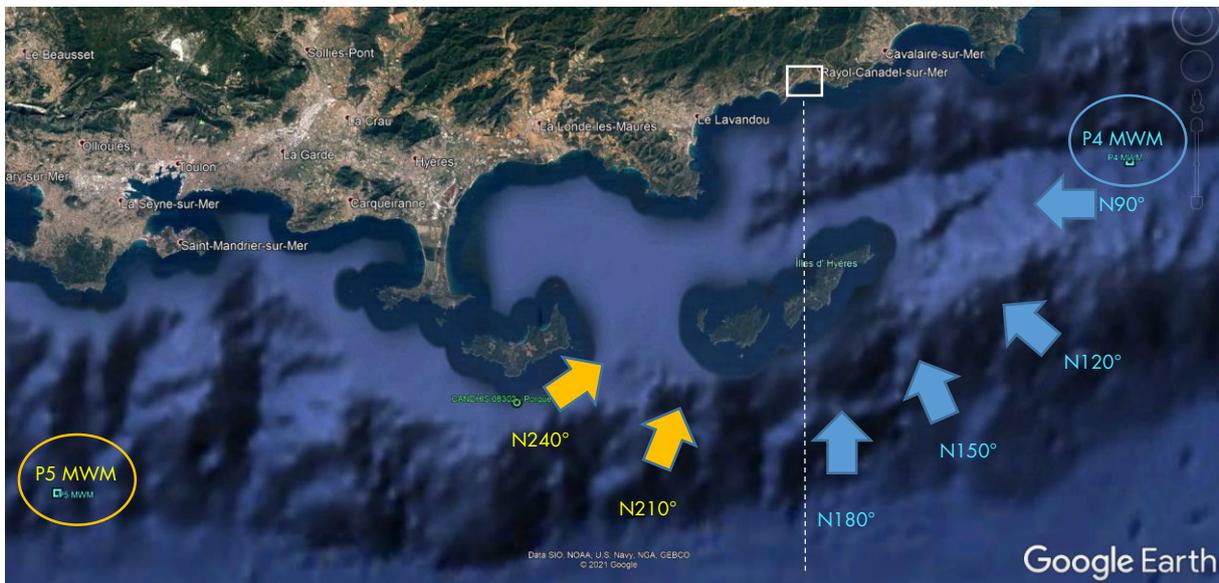


Figure 15 : Répartition des secteurs en fonction de la source de données statistique (P4 et P5 MWM)

Les historiques de données de houle au large (point P4 MWM pour les secteurs Est à Sud et point P5 MWM pour les secteurs Sud à Sud-Ouest) ont permis d'établir les durées de dépassement de ces seuils de hauteur de houle :

- ▶ Au cours de l'année entière,
- ▶ De mai à septembre,
- ▶ En juillet et en août.

Les durées moyennes en heures cumulées de dépassement du seuil de submersion des lots (les durées cumulées sur près de 39 années de données ont été ramenées à une durée moyenne d'observation sur une année ou sur une période donnée) **sont présentées dans le tableau ci-après.**



Direction houle au large	Situation actuelle			Solution 5 bis		
	Année complète	Mai à septembre	Juillet et aout	Année complète	Mai à septembre	Juillet et aout
N90°	1241	193	39	421	27	2
N120°	157	46	13	38	5	0
N150°	108	30	9	23	2	0
N180°	57	7	0	6	0	0
N210°	185	22	2	27	1	0
N240°	99	8	1	10	0	0
Total	1846	306	64	526	34	2

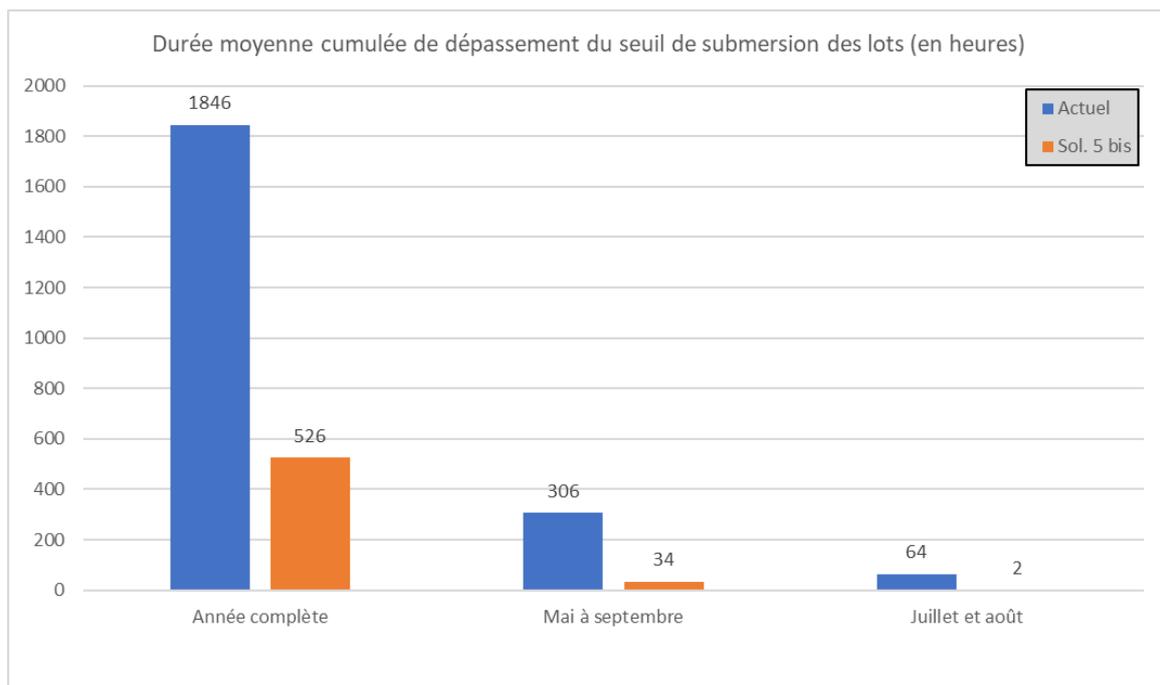


Figure 16 : Nombre moyen d'heures cumulées de dépassement du seuil de submersion des lots

La solution 5 bis diminue donc fortement le nombre d'heures où l'on observe des submersions.

Pour la solution 5 bis :

- ▶ Sur la période de mai à septembre, **il n'y aurait statistiquement plus que 34 h en moyenne** (soit 1,5 jours environ) de durée totale cumulée de dépassement du seuil de submersion des lots, **au lieu de 306 heures pour la situation actuelle** (soit près de 13 jours) ;
- ▶ Sur les seuls mois de juillet et août, **il n'y aurait plus statistiquement que 2 h en moyenne** de durée totale cumulée de dépassement du seuil de submersion des lots, **au lieu de 64 heures pour la situation actuelle** (soit environ 2,5 jours).

Ce constat suppose néanmoins que le profil de plage rechargée soit suffisamment stable (profil projet modélisé) car moins la plage est large, plus souvent le seuil de franchissement est atteint ou dépassé, comme la situation actuelle le montre.



7 ANALYSE MULTICRITERES

Afin d'assister le Maître d'Ouvrage dans sa décision sur l'option technique, il lui a été proposé une analyse multicritère de l'ensemble des solutions étudiées.

7.1 CRITERES DE JUGEMENTS ET PONDERATIONS

Les critères et pondérations suivants ont été retenus pour permettre de choisir une solution parmi celles proposées :

1. Coût des travaux : **Coefficient 2**
2. Volume des rechargements de la plage : **Coefficient 1**
3. Volume de remplissage et emprise des géotubes : **Coefficient 1**
4. Coût d'entretien : **Coefficient 1**
5. Franchissement / submersion plage Est et des lots de plage : **Coefficient 3**
6. Franchissement / submersion plage Ouest : **Coefficient 3**
7. Fonctionnalité de la plage par rapport à ses différentes activités : **Coefficient 2**
8. Risque d'érosion/submersion au cours d'une tempête : **Coefficient 3**
9. Risque d'érosion/submersion à long terme : **Coefficient 3**
10. Impact sur la qualité des eaux : **Coefficient 1**
11. Impact sur la signalisation : **Coefficient 2**
12. Impact sur l'environnement : **Coefficient 3**

Chaque solution a reçu pour chaque critère une note entre 0 et 4. 4 étant la note maximale à laquelle a été appliquée une pondération en fonction de l'importance du critère.

7.2 DEFINITIONS DES CRITERES

7.2.1 Coût des travaux

Il s'agit de l'investissement à engager par le Maître d'Ouvrage pour la réalisation des travaux.

Les points significatifs de calcul des coûts sont :

- ▶ Les moyens matériels utilisés (maritimes et terrestres),
- ▶ La difficulté de réalisation des travaux,
- ▶ La réutilisation possible des matériaux existants et la quantité de matériau à approvisionner,
- ▶ La quantité de matériaux à mettre en œuvre,
- ▶ Les moyens mis en place pour les installations de chantier.

Il est proposé d'appliquer une pondération de 2 à ce critère car il s'agit d'un critère important.



7.2.2 Volume des rechargements de la plage

Le volume de rechargement de la plage correspond au volume de sable à mettre en œuvre pour obtenir le profil recherché d'après les modélisations.

Ce critère est important car outre l'influence sur le coût de l'opération, il engendre également un impact quant aux procédures réglementaires à réaliser

Le volume de rechargement est obtenu par comparaison entre le niveau initial de la plage et le niveau à obtenir.

Il est proposé d'appliquer une pondération de 1 à ce critère car il est peu différenciant entre les diverses solutions.

7.2.3 Volume de remplissage et emprise des géotubes

Ce critère prend en compte la mise en place du récif artificielle et son emprise. L'objectif de ce critère est de prendre en compte l'impact du récif sur l'espace de baignade et sur l'environnement marin en général.

Il a été retenu d'appliquer une pondération de 1 à ce critère car il s'agit d'un critère important mais secondaire.

7.2.4 Durabilité et d'entretien

Le coût d'entretien comprend les opérations nécessaires au cours de la vie des ouvrages pour assurer leur pérennité et leur longévité.

On peut citer notamment :

- ▶ Les inspections nécessaires y compris subaquatiques,
- ▶ Les travaux d'entretien,
- ▶ Les travaux éventuels de rechargement complémentaires,
- ▶ Les travaux de réparations de géotubes,

Il a été retenu d'appliquer une pondération de 1 à ce critère car il est peu différenciant entre les diverses solutions.

7.2.5 Franchissement / Submersion plage Est et des lots de plage

Sur la base des résultats des simulations hydrodynamiques, le score attribué aux différents scénarios reflète leur efficacité à atténuer l'emprise des submersions et les débits moyens de franchissement en comparaison avec la situation actuelle.

Au regard des objectifs de l'étude, l'importance fondamentale de ce critère d'efficacité a conduit **à retenir une pondération de facteur 3.**

7.2.6 Franchissement / Submersion plage Ouest

Sur la base des résultats des simulations hydrodynamiques, le score attribué aux différents scénarios reflète leur efficacité à atténuer l'emprise des submersions jusqu'en haut de plage en comparaison avec la situation actuelle.



Au regard des objectifs de l'étude, l'importance fondamentale de ce critère d'efficacité a conduit **à retenir une pondération de facteur 3.**

7.2.7 Fonctionnalité de la plage par rapport à ses différentes activités

En lien avec les deux critères précédents, celui-ci reflète le gain apporté aux usagers de la plage et aux exploitants des lots de jouir des surfaces de plage émergée et d'y circuler.

Au regard des objectifs de l'étude, l'importance de ce critère de fonctionnalité a conduit **à retenir une pondération de facteur 2.**

7.2.8 Risque d'érosion / Submersion au cours d'une tempête

Sur la base des résultats des simulations hydrodynamiques et morphodynamique, le score attribué aux différents scénarios reflète leur efficacité à diminuer le risque d'érosion (risque de retour à l'emprise actuelle de la plage par perte de matériaux de rechargement) et le risque de submersion marine, le tout en situation de tempête (conditions de PR 1 an).

Au regard des objectifs de l'étude, l'importance fondamentale de ce critère d'efficacité a conduit **à retenir une pondération de facteur 3.**

7.2.9 Risque d'érosion / Submersion à long terme

Sur la base du critère précédent et vis-à-vis d'une perspective à long terme d'augmentation du niveau d'eau moyen et de la fréquence des événements de tempête, le score attribué aux différents scénarios reflète leur potentielle résistance au risque d'érosion (risque de retour à l'emprise actuelle de la plage par perte de matériaux de rechargement) et leur capacité à rester efficaces face au risque de submersion marine (l'érosion de la plage augmentant mécaniquement le risque de submersion en permettant aux jets de rive de pénétrer plus loin et d'atteindre plus facilement le haut de plage et les ouvrages qui y sont fondés).

Au regard des objectifs de l'étude, l'importance de ce critère d'efficacité a conduit **à retenir une pondération de facteur 3.**

7.2.10 Impact sur la qualité des eaux

Toute protection côtière va induire de facto une modification de l'hydrodynamisme et c'est l'essence même des récifs artificiels que de limiter l'énergie de la houle ou de modifier la courantologie de la zone.

Cependant, le corollaire est que le renouvellement des eaux se trouve profondément modifié par les changements de la dynamique sédimentaire.

Ainsi, il convient de regarder l'impact des solutions sur la qualité des eaux et leur renouvellement.

Il a été retenu d'appliquer une pondération de 1 à ce critère car il s'agit d'un critère important, mais comme indiqué, corollaire à la protection du littoral.



7.2.11 Impact sur la signalisation

La zone maritime concernée par le projet comporte plusieurs domaines règlementés aujourd'hui en place qu'il sera difficile de modifier : ZIEM, ZMEL, chenaux de navigation (accès secours et ponton Est). L'implantation d'ouvrages immergés (brise-lames) conduira inexorablement à la nécessité d'adapter et modifier cette domanialité et sa signalisation, compliquant de fait la faisabilité du projet.

Les différents scénarios étudiés ont donc été notés vis-à-vis de leur impact sur la domanialité et sur la signalisation existante qui lui est rattachée et les difficultés qui en découleront.

Il a été retenu d'appliquer une pondération de 1 à ce critère secondaire non-essentiel.

7.2.12 Impact sur l'environnement

Il s'agit là de l'impact de l'opération dans son ensemble sur le milieu environnant. Ainsi, plus le projet va être étendu, plus le risque d'impacter les Posidonies, Cymodocées ou les autres espèces protégées, sera important.

Par ailleurs, suivant la position et la géométrie du projet, il se peut que des solutions soient moins impactantes pour le milieu et les espèces protégées.

Il a été retenu d'appliquer une pondération de 3 à ce critère car il s'agit d'un critère fondamental dans l'acceptation et la justification d'un tel projet.



7.3 NOTATION

7.3.1 Notation de chaque solution

Critères	Solution 1		Solution 2		Solution 3		Solution 3bis		Solution 4		Solution 5		Solution 5bis	
	Commentaire	Note	Commentaire	Note	Commentaire	Note	Commentaire	Note	Commentaire	Note	Commentaire	Note	Commentaire	Note
Coût	1 brise-lame + rechargement asymétrique	4	2 brise-lames + rechargement asymétrique	3	3 grands brise-lames + rechargement asymétrique	1	3 grands brise-lames + rechargement uniforme d'est en ouest	1	2 brise-lames + rechargement uniforme d'est en ouest	2	Butée de pied + rechargement massif d'est en ouest	2	Butée de pied + rechargement massif d'est en ouest	2
Volume des rechargements de la plage	Rechargement asymétrique concentré sur la moitié est de la plage (8 000 m ³)	4	Rechargement asymétrique concentré sur la moitié est de la plage (8 000 m ³)	4	Rechargement asymétrique concentré sur la moitié est de la plage (8 000 m ³)	4	Rechargement uniforme sur toute la plage	3	Rechargement uniforme sur toute la plage	3	Rechargement massif (25 000 m ³) sur toute la plage avec forte augmentation de largeur à l'ouest	2	Rechargement sensiblement diminué par la pente optimisée de la plage (20 000 m ³)	3
Volume de remplissage et emprise des géotubes	1 brise-lame par faible profondeur	3	2 brise-lames	2	3 brise-lames de grande envergure	1	3 brise-lames de grande envergure	1	2 brise-lames	2	1 butée de pieds en faible profondeur	3	1 butée de pieds en faible profondeur	3
Durabilité et entretien	Faible linéaire de plage protégé	1	Faible linéaire de plage protégé	2	Risque de fuite de matériaux aux extrémités des brise-lames	3	Risque de fuite de matériaux aux extrémités des brise-lames	3	Risque de fuite de matériaux aux extrémités des brise-lames	3	Risque de fuite de matériaux par dessus la butée de pieds	3	Risque réduit de fuite des matériaux	4
Franchissement / submersion plage est et lots de concessions	Franchissements réduits	3	Franchissements réduits	3	Franchissements très réduits	4	Franchissements très réduits	4	Franchissements très réduits	4	Franchissements réduits	3	Franchissements réduits	3
Franchissement / submersion plage ouest	Aucun changement	1	Aucun changement	1	Légère amélioration à attendre (envergure des brise-lames)	2	Franchissements très réduits	4	Franchissements très réduits	4	Franchissements réduits	3	Franchissements réduits	3
Fonctionnalité de la plage par rapport à ses différentes activités	(+) Réduction de la submersion des lots de plage (-) risque d'érosion devant la vigie (-) submersion de la partie ouest de la plage	1	(+) Réduction de la submersion des lots de plage (-) risque d'érosion devant la vigie (-) submersion de la partie ouest de la plage	1	(+) Réduction de la submersion des lots de plage (+) risque d'érosion limité devant la vigie (-) submersion de la partie ouest de la plage	2	(+) Réduction de la submersion des lots de plage (+) risque d'érosion limité devant la vigie	3	(+) Réduction de la submersion des lots de plage (+) risque d'érosion limité devant la vigie	3	(+) Réduction de la submersion des lots de plage (+) risque d'érosion limité devant la vigie (+) Absence de gêne à la baignade et à la navigation	4	(+) Réduction de la submersion des lots de plage (+) risque d'érosion limité devant la vigie (+) Absence de gêne à la baignade et à la navigation	4
Risque d'érosion/submersion au cours d'une tempête	*Situation améliorée sur la moitié est de la plage uniquement (submersion) *Risque érosion repoussé mais toujours présent	2	*Situation améliorée sur la moitié est de la plage uniquement (submersion) *Risque érosion repoussé mais toujours présent	2	*Situation améliorée sur une grande partie de la plage *Augmentation de la largeur de plage (zone tampon) essentiellement sur la partie est	3	Situation significativement améliorée sur tout le linéaire de plage	4	Situation significativement améliorée sur tout le linéaire de plage	4	Situation significativement améliorée sur tout le linéaire de plage	4	Situation significativement améliorée sur tout le linéaire de plage	4
Risque d'érosion/submersion à long terme	Retour au niveau de risque actuel sur une majeure partie du linéaire à long terme	1	Retour au niveau de risque actuel sur une majeure partie du linéaire à long terme	1	*Stabilité non assurée à long terme (risque de fuite de matériaux aux extrémités des brise-lames) *Situation améliorée en termes de risque submersion mais dégradation progressive (conséquence érosion)	2	*Stabilité non assurée à long terme (risque de fuite de matériaux aux extrémités des brise-lames) *Situation améliorée en termes de risque submersion mais dégradation progressive (conséquence érosion)	2	*Stabilité non assurée à long terme (risque de fuite de matériaux aux extrémités des brise-lames) *Situation améliorée en termes de risque submersion mais dégradation progressive (conséquence érosion)	2	*Risque submersion diminué par la largeur de plage (zone tampon) *Risque de perte de sédiments au dessus de la butée de pieds	3	*Risque submersion diminué par la largeur de plage (zone tampon) *Diminution du risque de perte de sédiments au dessus de la butée de pieds	4
Impact sur la qualité des eaux	Peu significatif voire nul (confinement très limité à l'arrière du brise-lame)	3	Peu significatif voire nul (confinement très limité à l'arrière du brise-lame)	3	Potentiellement significatif (zone de potentiel confinement importante à l'arrière des brise-lames)	1	Potentiellement significatif (zone de potentiel confinement importante à l'arrière des brise-lames)	1	Peu significatif (confinement limité)	3	Nul (absence de confinement)	4	Nul (absence de confinement)	4
Impact sur la domanialité et la signalisation	Emprise du brise-lame dans la ZIEM	2	Emprise des brise-lames dans la ZIEM	2	Emprise des brise-lames dans la ZIEM et les ZMEL + signalisation brise-lames	1	Emprise des brise-lames dans la ZIEM et les ZMEL + signalisation brise-lames	1	Signalisation des brise-lames	3	Aucun	4	Aucun	4
Impact sur l'environnement (herbiers protégés)	Emprise du brise-lame en dehors des herbiers protégés	4	Emprise des brise-lames empiétant sur les herbiers protégés	1	Emprise des brise-lames empiétant sur les herbiers protégés	1	Emprise des brise-lames empiétant sur les herbiers protégés	1	Emprise des brise-lames empiétant sur les herbiers protégés	1	Emprise de la butée de pied et du rechargement en dehors des herbiers protégés	4	Emprise de la butée de pied et du rechargement en dehors des herbiers protégés	4
		29		25		25		28		34		39		42



7.3.2 Notation pondérée

Critères	Pondération	Note maximale		Actuelle		Solution 1		Solution 2		Solution 3		Solution 3bis		Solution 4		Solution 5		Solution 5bis	
		Evaluation /4	Evaluation pondérée	Evaluation	Evaluation pondérée	Evaluation / 4	Evaluation pondérée												
Coût	2	4	8	4	8	4	8	3	6	1	2	1	2	2	4	2	4	2	4
Volume des rechargements de la plage	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3
Volume de remplissage et emprise des géotubes	1	4	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3
Durabilité et entretien	1	4	4	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Franchissement / submersion plage est et lots de concessions	3	4	12	1	3	3	9	3	9	4	12	4	12	4	12	3	9	3	9
Franchissement / submersion plage ouest	3	4	12	1	3	1	3	1	3	2	6	4	12	4	12	3	9	3	9
Fonctionnalité de la plage par rapport à ses différentes activités	2	4	8	1	2	1	2	1	2	2	4	3	6	3	6	4	8	4	8
Risque d'érosion/submersion au cours d'une tempête	3	4	12	1	3	2	6	2	6	3	9	4	12	4	12	4	12	4	12
Risque d'érosion/submersion à long terme	3	4	12	1	3	1	3	1	3	2	6	2	6	2	6	3	9	4	12
Impact sur la qualité des eaux	1	4	4	4	4	3	3	3	3	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4
Impact sur la domanialité et la signalisation	1	4	4	4	4	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4
Impact sur l'environnement (herbiers protégés)	3	4	12	4	12	4	12	1	3	1	3	1	3	1	3	4	12	4	12
		48	96	30	51	29	56	25	45	25	52	28	62	34	69	39	79	42	84

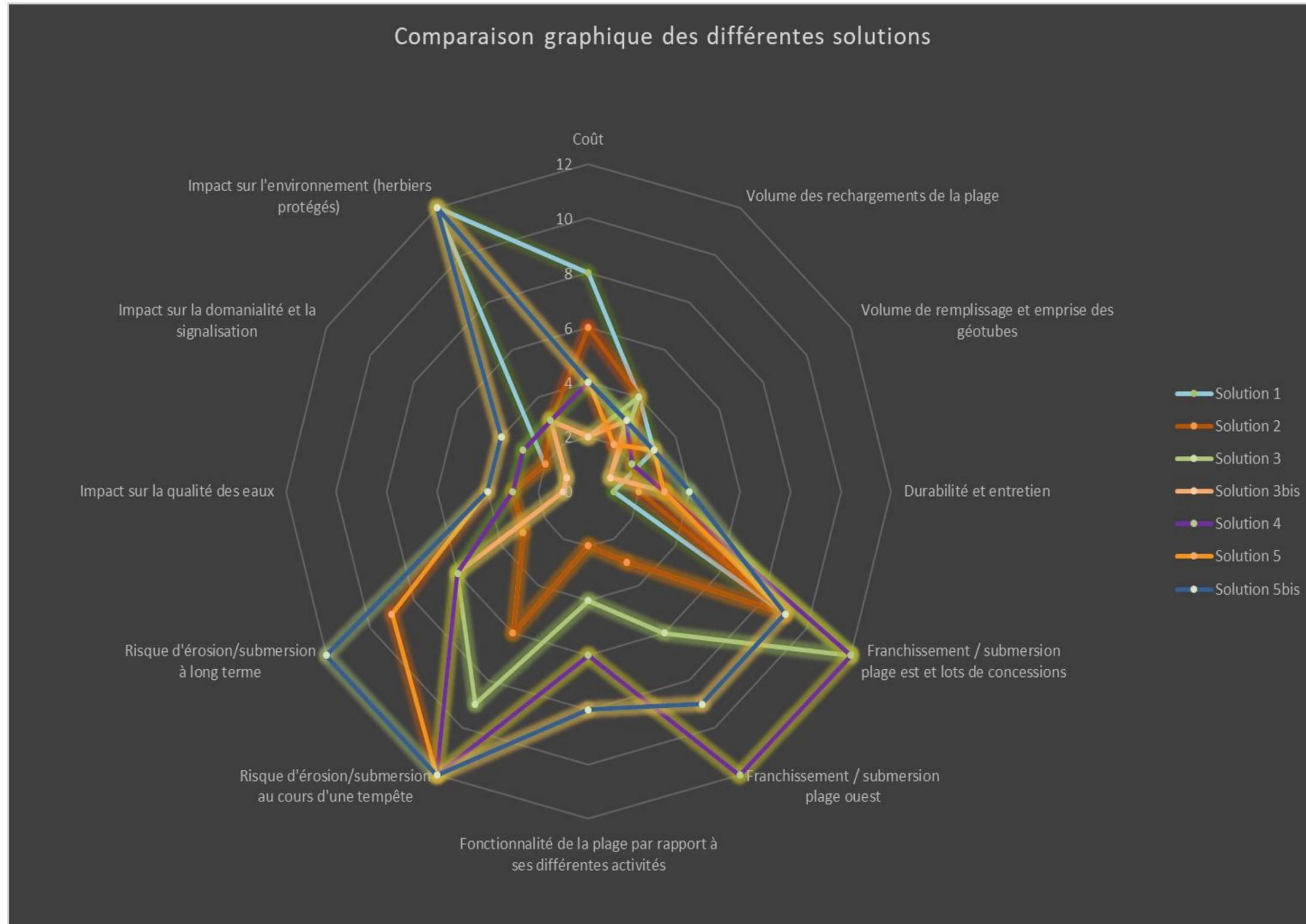


Figure 17 : AMC Comparaison pour chaque solution

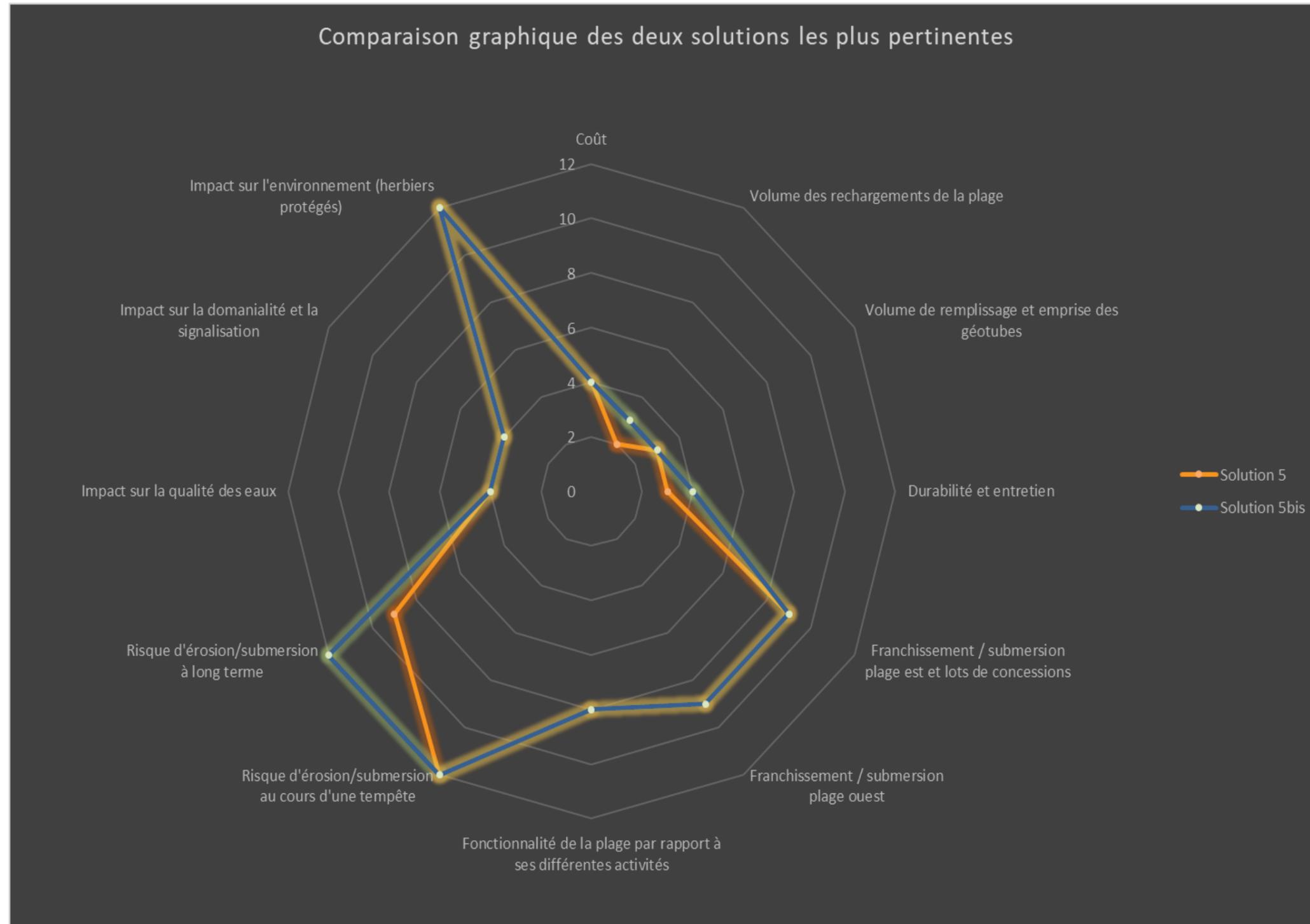


Figure 18 : AMC Comparaison solutions 5 et 5bis

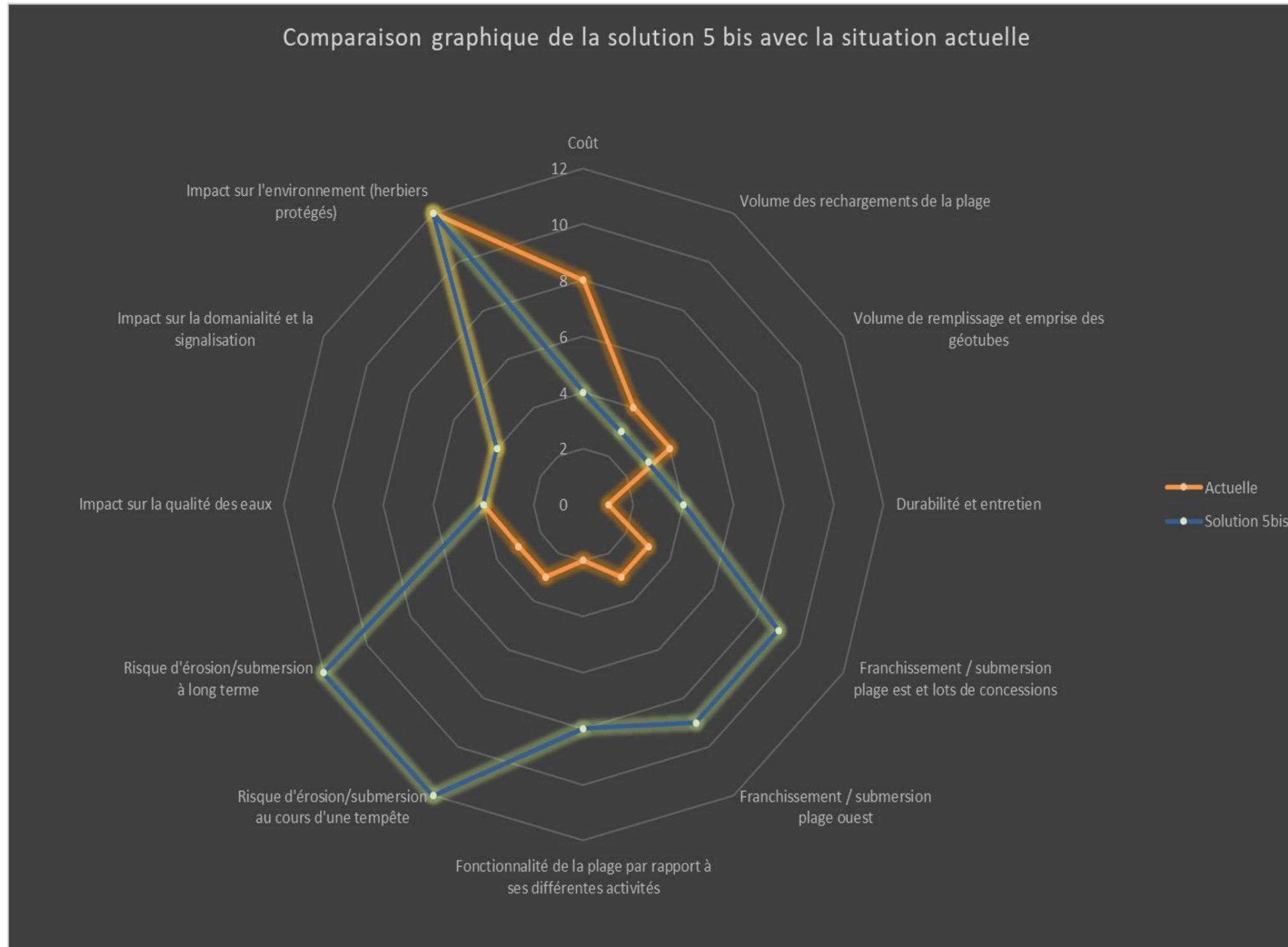


Figure 19 : AMC Comparaison solutions situation actuelle et 5bis

8 SOLUTION PROJET 5BIS

8.1 DESCRIPTION

La solution 5 est constituée d'un rechargement massif de la plage et des petits fonds (20 000 m³) et d'une butée de pied arasée à -1.5 m NGF (376 ml) et implantée sur l'isobathe -2.50 m NGF sur laquelle s'appuie la pente (4%) du rechargement au large.

Sur son flanc Est, le rechargement des petits fonds est appuyé contre le ponton réorienté et partiellement plein pour confiner les matériaux (l'extrémité est de la butée de pied rejoint l'extrémité du ponton).

En l'absence de brise-lame, seule la largeur de plage apportée par le rechargement massif constitue une zone tampon amortissant les jets de rive. En termes de submersion, ce scénario diminue de manière significative les franchissements du haut de plage et des lots de concession, quoique moins efficacement que les solutions combinant rechargement et brise-lames.

En outre, la simulation morphodynamique lors d'un épisode de tempête type montre des mouvements de matériaux essentiellement concentrés dans les petits fonds. On n'observe que peu de mouvement, voire aucun, à l'arrière immédiat de la butée de pied. Ce constat indique donc qu'une perte minimale de matériaux serait permise par cette solution qui constitue ainsi un compromis optimal.

8.2 DOCUMENTS GRAPHIQUES

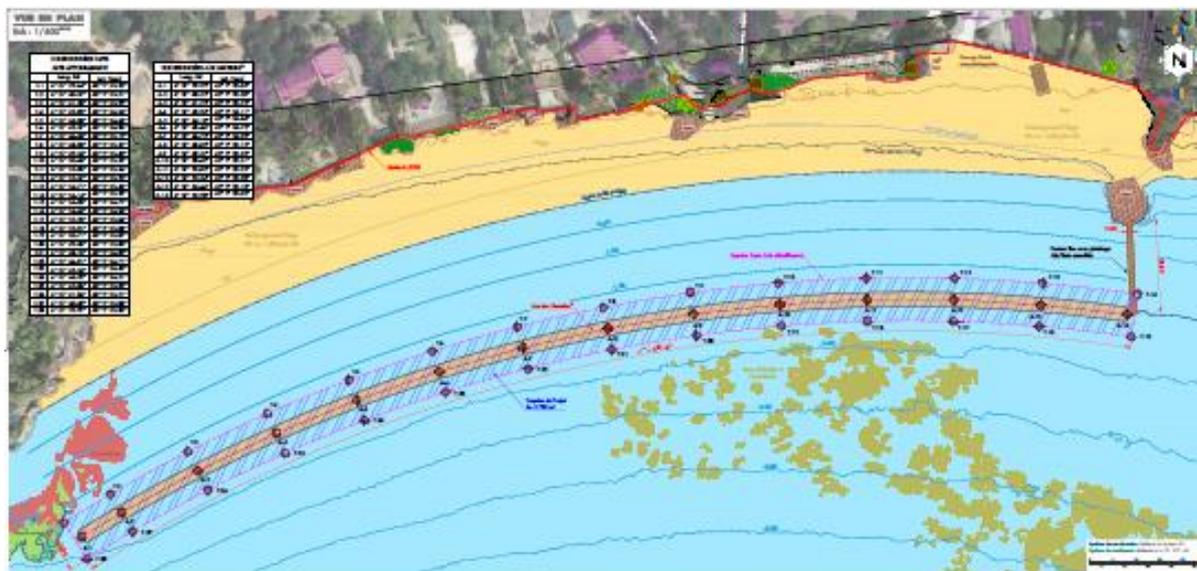


Figure 20 : Vue en plan projet @CORINTHE Ing

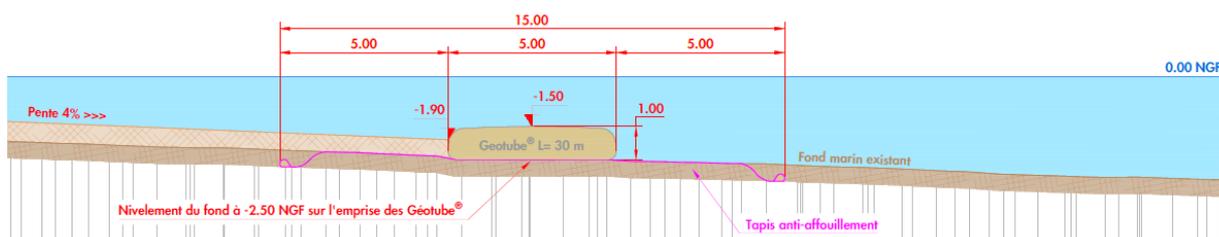


Figure 21 : Coupe projet @ CORINTHE Ing

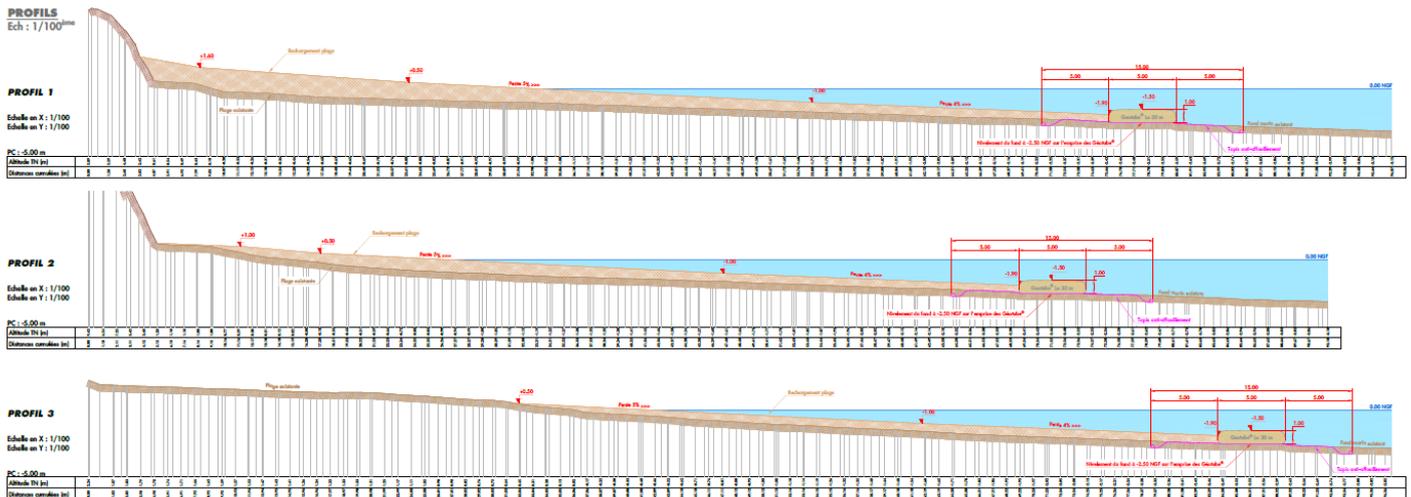


Figure 22 : Profils projet @CORINTHE Ing

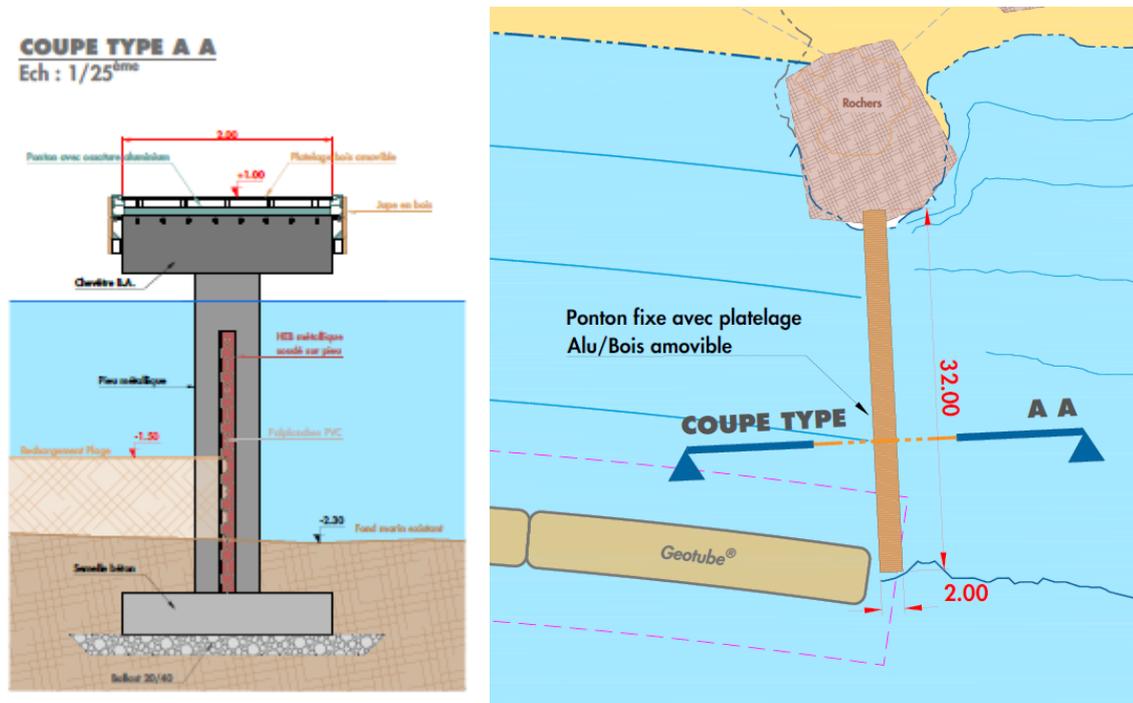


Figure 23 : Vue en plan et coupe ponton butée de pied @ CORINTHE Ing

8.3 MATERIAUX RECHARGEMENT DE PLAGE

8.3.1 Sable

8.3.1.1 Granulométrie et compatibilité

En phase d'étude diagnostique (voir rapport CORMRC 39-2020_Canadel_Etat_des_lieux_DIAG-01-1), des prélèvements d'échantillons ont été effectués en différents points de la zone de projet pour déterminer la taille des sédiments et leur homogénéité entre plage émergée, petits fonds et fonds plus importants. Les résultats détaillés font l'objet d'un rapport d'analyse annexe (mesures granulométriques).

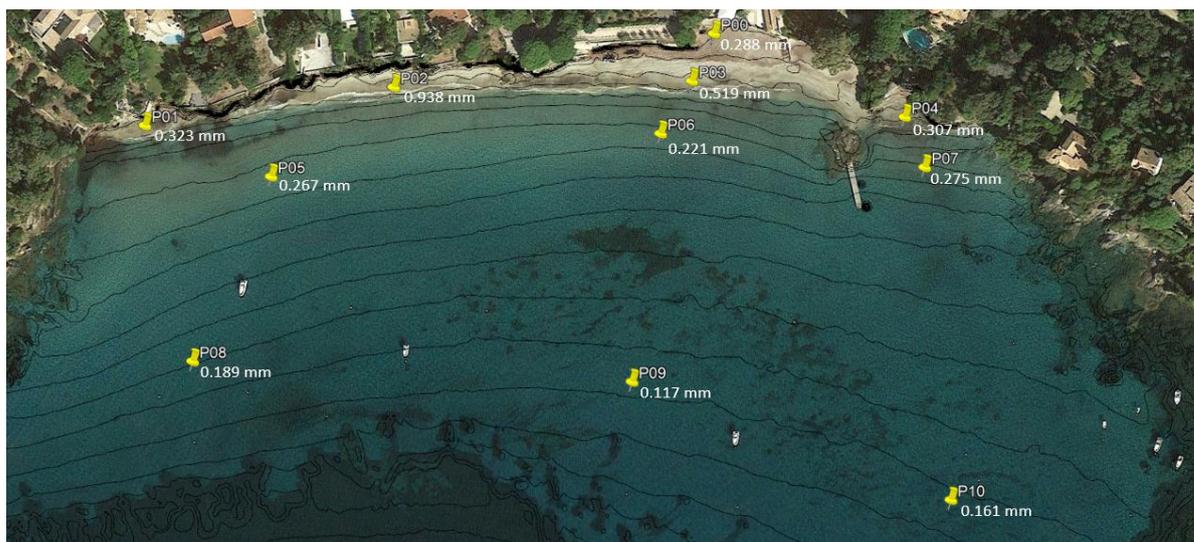
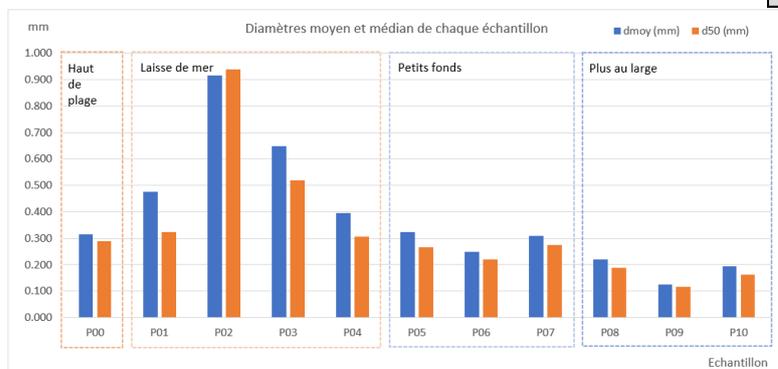


Figure 24 : Points de prélèvement des sédiments et diamètre médian (d_{50}) mesurés

Echantillon	d_{moy} (mm)	d_{50} (mm)
P00	0.316	0.288
P01	0.476	0.323
P02	0.917	0.938
P03	0.648	0.519
P04	0.394	0.307
P05	0.324	0.267
P06	0.250	0.221
P07	0.310	0.275
P08	0.220	0.189
P09	0.124	0.117
P10	0.195	0.161



- ▶ Le long de la laisse de mer (entre 0,0 et +0,5 m NGF), le sable présente un d_{50} compris entre 0,3 et 1,0 mm, mélangé à quelques nappes de galets fins de diamètre 10 à 20 mm par endroits ;
- ▶ Dans les petits fonds ($\approx -1,0$ à $-1,5$ m NGF), le d_{50} est compris entre 0,2 et 0,3 mm ;
- ▶ Plus au large ($\approx -4,0$ à $-5,0$ m NGF), le d_{50} est compris entre 0,1 et 0,2 mm.

Pour la compatibilité des substrats de préférence, **le rechargement de la plage et de ses petits fonds favorisera l'emploi de matériaux de diamètre médian similaire ou plus grossier (plus stable), soit de l'ordre de 0.2 à 0.3 mm au minimum.**



8.3.1.2 Qualités physiques des sables du site

Selon le diagnostic réalisé par SEMANTIC TS les Sables Fins de Haut Niveau (SFHN) sont des bancs de sable immergés jusqu'à environ 2,5 à 3 m de profondeur, succédant aux plages émergées et qui constituent la "basse plage". Cela correspond à la zone d'hydrodynamisme maximum des plages. Le sédiment est dominé par du sable fin mélangé à une fraction plus grossière de sable, coquilles et graviers. Ces sables ont été trouvés devant les plages.

L'habitat a été observé lors des transects T4, T5 et T6. Compte tenu des observations en plongée, l'isobathe 2,5 m a été retenue comme délimitation de cet habitat.

Peu de vie a été observée lors des transects. Ce secteur est dépourvu de végétation et de substrats rocheux, et nous avons observé peu de faune vagile hormis quelques bancs d'athérines et de bogues à proximité de la plage et des secteurs rocheux.

Les Sables Grossiers et fins graviers sous influence des Courants de Fonds (SGCF) sont constitués de sables grossiers et de petits graviers dépourvus de fraction fine, triés sous l'effet de courants de fonds fréquents, voire persistants, et assez forts. Les SGCF peuvent s'étendre en Méditerranée de 4 à 70 m de profondeur et donc se mêler en profondeur avec l'habitat du Détritique Côtier. Les SGCF sont riches en méiofaune mais la macrofaune y est rare et peu abondante. Cet habitat est fréquent dans les passes entre les îles, où les courants violents sont fréquents, mais également dans les intermattes des herbiers de posidonies.

Cet habitat, présent dans la partie sud-est du secteur, est très faiblement représenté.

En dessous des SFHN, on trouve les Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) c'est à dire du sable fin de granulométrie homogène. Les SFBC sont dépourvus de végétation mais abritent une faune diversifiée, notamment de mollusques, de polychètes, de crustacés décapodes, d'échinodermes, de poissons et qui occupe l'essentiel des surfaces de fonds meubles de l'étage infralittoral notamment les fonds de calanques en limite supérieure d'herbier

8.3.1.3 Achats du sable

Une analyse des sables du territoire de la CCGST démontre la compatibilité des sables en fonction des différents lieux du territoire

Une étude des ressources et de compatibilité des sables est donc en cours au sein de la CCGST (Communauté de commune du Golfe de Saint-Tropez) suivant les zones d'accrétion.

Dans le cadre de la présente estimation des travaux, il a été retenu un prix moyen de fourniture **de 30 euros la tonne** qui correspond à l'achat de matériaux compatibles et ou d'emprunt locaux.

Ainsi, le plan de « gestion des sables » de la Communauté des Communes du Golfe de Saint-Tropez (CCGST), validera cette optimisation en fonction des gisements de matériaux issus des dragages et ou de gisement de sable intercommunal.



8.3.2 Geobags butée de pied

8.3.2.1 Généralités

L'ouvrage est constitué d'une ligne de geobags continus ($L=30.00 \times l=5,00 \times h=1.00$).

La longueur totale à réaliser est de 376 m sur la totalité du projet.

L'implantation des ouvrages se situe à environ 50 m du trait de côte (variable suivant la migration des barres sédimentaires, l'érosion du trait de côte et l'un ou l'autre des récifs), sur le tombant côté large de impérativement sur l'isobathe - 2,50 NGF.

Les tubes en géotextile, constituant la butée de pied seront pré-confectionnés en usine et ils auront un diamètre théorique de 1 mètre minimum.

La continuité des tubes sera assurée par recouvrement d'environ 2,5m, l'élément rempli reposant toujours sur l'élément à remplir, ou par utilisation de finition de type « flat end ».

Le tube aura une double peau non tissée à haut pouvoir de coupure.

Les tubes seront munis de points de fixation provisoire de part et d'autre, tous les 5 m, permettant d'assurer et de garantir la bonne implantation de l'ouvrage.

Des cheminées de remplissage, disposées tous les 15 m, permettront d'effectuer l'injection et le remplissage de chaque tube. Ces cheminées seront refermées après remplissage.

Le tube sera fabriqué avec un géotextile de renforcement et de filtration, de type tissé polypropylène, disposant une DdP (déclaration de Performance), ils répondront aux la Norme ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001.

Les géotextiles seront des produits certifiés dans le cadre de la certification ASQVAL des géotextiles et seront conformes à la norme pour les ouvrages de lutte contre l'érosion EN 13253 2016.

8.3.2.2 Type de matériau Tissé

Type de polymère polypropylène - Durabilité à 100 ans justifiée par DdP

- ▶ Résistance à la rupture selon ISO 10 319 :
 - En sens production ≥ 200 kN/m
 - En sens travers ≥ 200 kN/m
- ▶ Allongement à la rupture selon ISO 10 319 :
 - En sens production ≤ 15 %
 - En sens travers ≤ 12 %
- ▶ Résistance au poinçonnement selon ISO 12236 ≥ 18 kN
- ▶ Perforation dynamique selon EN ISO 13433 ≤ 10 mm
- ▶ Résistance aux UV selon ENV 12224 – UTS après 1400 MJ/m² d'exposition ≥ 100 kN/m
- ▶ Résistance à la rupture des coutures selon ISO 10321 ≥ 160 kN/m
- ▶ Perméabilité normale au plan ISO 11058 sous h 50 mm ≥ 1000 l/m²/min
- ▶ Ouverture de filtration selon ISO 12956 200 ≤ 24 microns



8.3.3 Tapis anti-affouillement

8.3.3.1 Généralités

Du fait de la nature du sol support et la conception de l'ouvrage, il sera nécessaire de protéger le sol support de l'érosion avant la pose du tube pour éviter tout risque d'affouillement ultérieur à l'aide d'un géotextile anti-affouillement, confectionné en panneau de grande dimension, posé dans le même sens que les tubes et préalablement aux tubes, et disposant d'un système de lest de part et d'autre, permettant d'éviter les risques d'affouillement.

Ils disposeront sur les bords, de chaque côté, d'un boudin de lestage de diamètre 0,50 m, à remplir également de sable par injection pompée, comme les tubes.

La largeur de recouvrement entre 2 panneaux successifs sera d'au moins 2m. La largeur utile sera de 15 mètres

Les géotextiles seront en outre munis de points de fixation tous les 0,50m dans les 2 directions, en vue d'assurer facilement le lestage lors de l'immersion.

Le géotextile disposera d'une déclaration de Performance (DdP), sera de type tissé polypropylène pour une durabilité à 100 ans justifiée par le DdP.

8.3.3.2 Type de matériau Tissé

Le géotextile sera de type GT 600 M ou similaire et aura, à minima, les caractéristiques suivantes :

- ▶ Résistance à la traction, selon ISO 10319 SP et ST ≥ 76 kN/m
- ▶ Allongement à la rupture selon ISO 10319 SP et ST ≤ 14 %
- ▶ Résistance à la rupture des coutures selon ISO 10321 ≥ 50 % de la résistance à la rupture du géotextile
- ▶ Résistance au poinçonnement statique selon ISO 12236 ≥ 5 kN
- ▶ Perforation dynamique selon EN ISO 13433 ≤ 11 mm
- ▶ Résistance aux UV selon ENV 12224 UTS ≥ 80 %

Les géotextiles seront des produits certifiés dans le cadre de la certification ASQVAL des géotextiles et seront conformes à la norme pour les ouvrages de lutte contre l'érosion EN 13253 2016.

8.4 TABLIER PONTON

Ce ponton au platelage bois amovible aura les caractéristiques suivantes :

- ▶ Longueur de 32 ml en mer,
- ▶ Largeur de 2,00m,
- ▶ Ponton amovible en platelage bois,
- ▶ Appuis pile béton,
- ▶ Butée de pied : Palplanche PVC.

Historiquement, la plage du Débarquement Canadel dispose d'un ponton sur son versant Est. Celui-ci sera repositionné avec un angle légèrement différents pour cumuler les fonctions de ponton et de butée latérale de la plage

Cet appontement sera installé en période d'exploitation de la ZMEL du Canadel (d'avril à septembre) et retiré en période hivernale

8.5 ESTIMATION

Le coût du projet est estimé à **2 724 000,00 euros HT, soit 3 268 000,00 euros TTC.**



9.2 PHASAGE DES TRAVAUX

 **MAIRIE DU RAYOL CANADEL SUR MER**
Place Giudicelli - RD 559
83 820 Le Rayol Canadel sur Mer

AVP

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

MÉTHODOLOGIE DES TRAVAUX

	Modifications	Phase	Date
0	Première diffusion		02/09/2021

Dessin: FVI Contr: SBE Appr: SLE Echelle : Cf. A3 Numéro Affaire : CORMRC 39-2020

C O R 0 3 9 2 0 A V P M E T H 0 1 0

Référence DWG : C:\CORINTHE\Projets\Rayol\CORMRC 39-2020 Erosion Plage Canadel\2_Mission\5_AVP\Plans\COR03920AVPMETH01-0.dwg



890 chemin du Peyrat ZA du Grand Pont 83310 Grimaud, France
Tél: +33(0)4.94.97.05.25 - Fax: +33(0)4.94.81.53.89
E-mail: contact@corinthe-ing.com - Web: www.corinthe-ing.com

Tous droits réservés. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la société CORINTHE INGÉNIERIE est formellement interdite. Toute violation de ces droits est punie de poursuites judiciaires. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de la société CORINTHE INGÉNIERIE est formellement interdite. Toute violation de ces droits est punie de poursuites judiciaires.

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE :

CORINTHE Ingénierie :
COR-039-20-AVP-PLAN-01 "VUE EN PLAN & PROFILS SCÉNARIO 58is"

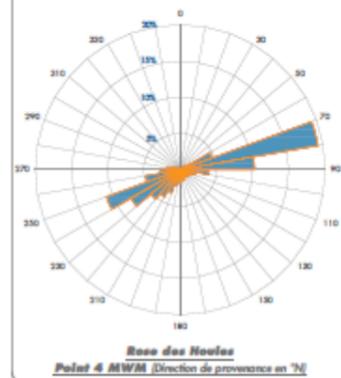
Bathymétrie & Topographie :
Réalisée par la société **SEMANTIC-TS** le 05/11/2020 et transmis le 11/12/2020 "NGF_L93_TopoBathy25cm.xyz"

Fond de Plan :
Issu d'un plan projet d'aménagement et d'exploitation de la plage datant du 30/04/2020, réalisé par le **Cabinet DUJARDIN** et transmis le 25/11/2020 "Plage du Canadel V13.dwg"

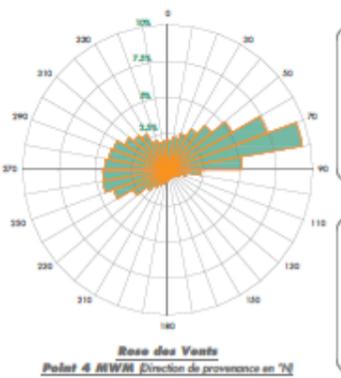
Biocénose :
Réalisée par la société **SEMANTIC-TS** en Novembre 2020 et transmis le 02/12/2020 "L93_Canadel_Plage_Mairie_BIO_A0_1000e"

Limites du DPM, Concession et AOT :
Limite du Domaine Public Maritime retranscrit depuis un plan (papier) de délimitation transmis par la DDTM le 04/12/2020 "Application de la Loi du 28 Novembre 1963"

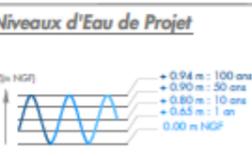
Images Aériennes :
Ortho Photo Mosaïque réalisée par la société **SEMANTIC-TS** le 05/11/2020 et transmis le 11/12/2020 "L93_Canadel_Plage_Mairie_Orthomosaïque_0.05m.png"
Ortho-Images fournis par Geoservices IGN.
"83-2017-0980-6235-LA93-0M20-E080.jp2"



Rose des Vagues
Point 4 MWN Direction de provenance en "N"



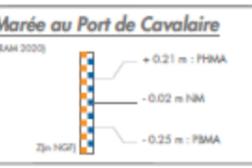
Rose des Vents
Point 4 MWN Direction de provenance en "N"



Niveaux d'Eau de Projet

z(m) NGF

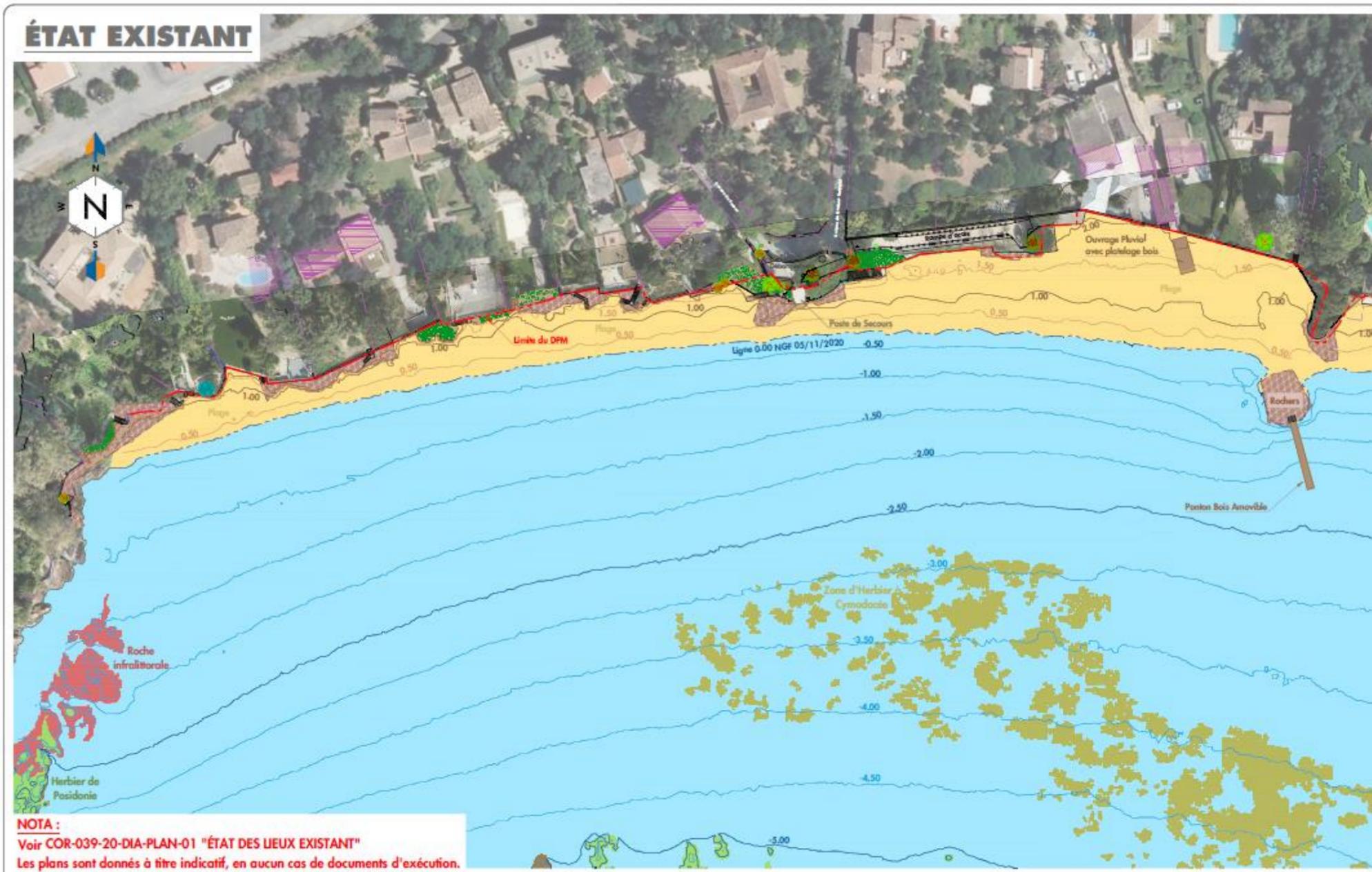
- +0.94 m : 100 ans
- +0.90 m : 50 ans
- +0.80 m : 10 ans
- +0.65 m : 1 an
- 0.00 m NGF



Marée au Port de Cavalaire
(BAH 2020)

- +0.21 m : FHMA
- 0.02 m NM
- 0.25 m : PSMA

z(m) NGF



NOTA :
Voir COR-039-20-DIA-PLAN-01 "ÉTAT DES LIEUX EXISTANT"
Les plans sont donnés à titre indicatif, en aucun cas de documents d'exécution.

Système de coordonnées : Rattaché au Lambert 93
Système de nivellement : Rattaché au NGF - IGN 69

MAIRIE DU RAYOL CANADEL SUR MER
Place Giudicelli - RD 559
83 820 La Rayol Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

COR-039-20-AVP-METH-01-0

Dessin : FVI	Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE	Echelle : 1/1000
Appro : SLE	Page : 02/12
	Ind : 0

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques du présent document ont été conçus par les soins de l'entreprise intellectuelle qui détient les droits de propriété intellectuelle. Toute reproduction, utilisation, diffusion quelconque sans le consentement écrit de l'auteur est formellement interdite. Seul le bénéficiaire peut, sous réserve de respect des clauses du CCAG et/ou CCAP pour en avoir la propriété intellectuelle.

PHASE 1

- Installation de chantier
- Amené du matériel terrestre
- Mise en place du filet Anti-MES
- Création de la zone de pompage
- Approvisionnement de sable par camion 8x4 (carrière)



NOTA :
Les plans sont donnés à titre indicatif, en aucun cas de documents d'exécution.

Système de coordonnées : Rattaché au Lambert 93
Système de nivellement : Rattaché au NGF - IGN 69



MAIRIE DU RAYOL CANADEL SUR MER
Place Giudicelli - RD 559
83 820 La Rayol Canadel sur Mer

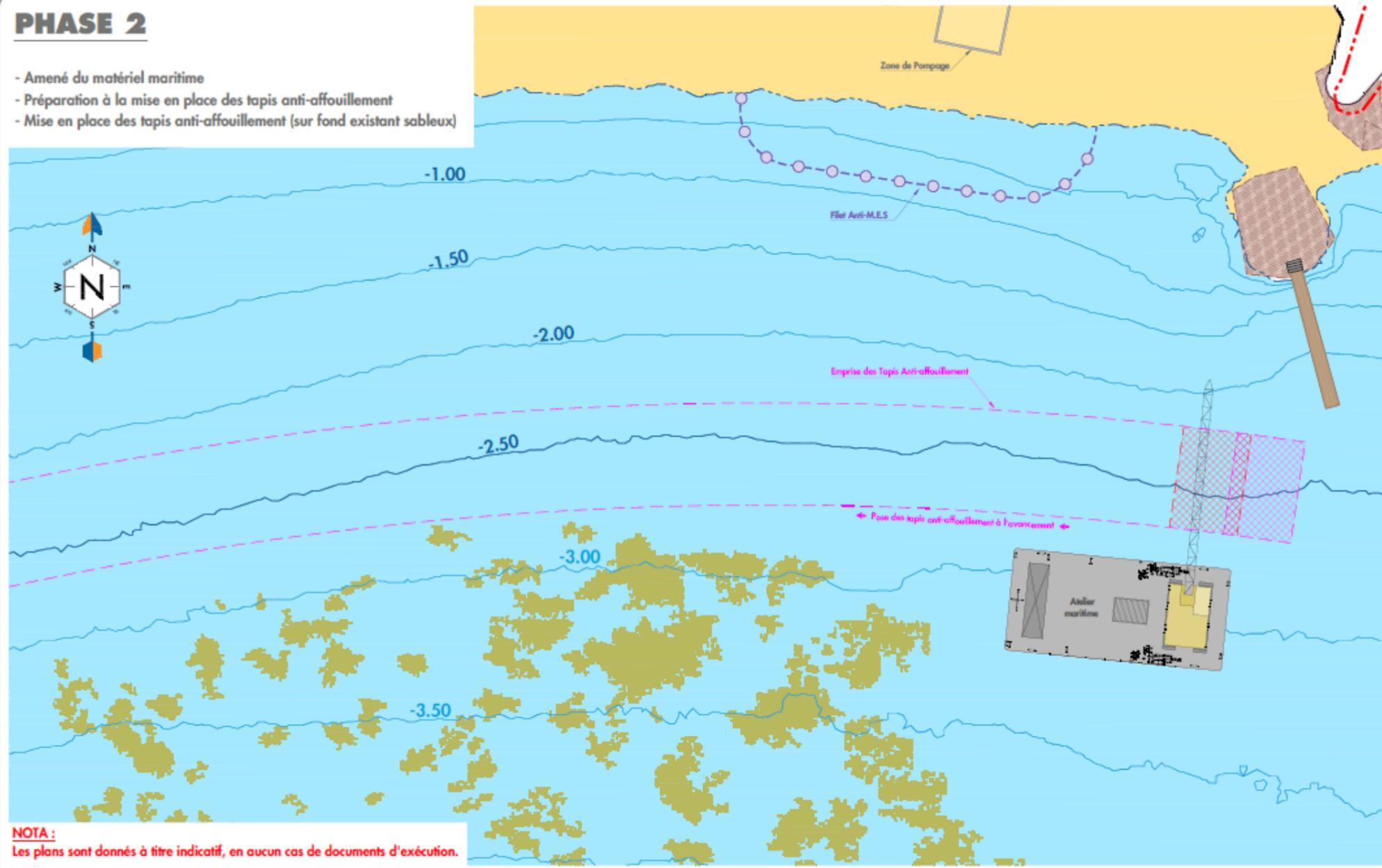
ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion
**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

COR-039-20-AVP-METH-01-0
Dessin : FVI Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE Echelle : 1/500
Appro : SLE Page : 03/12 Ind : 0

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques du présent document est couvert par les droits de propriété intellectuelle qui incombent à CORINTHE Ingénierie. Toute reproduction, utilisation, référence quelconque, entière ou partielle, et/ou totale, est interdite et sera l'objet de poursuites pénales. Seul le bénéficiaire (client), sous réserve du respect des clauses du CCAG et/ou CCAP peut en avoir la propriété intellectuelle.

PHASE 2

- Amené du matériel maritime
- Préparation à la mise en place des tapis anti-affouillement
- Mise en place des tapis anti-affouillement (sur fond existant sableux)



NOTA :
Les plans sont donnés à titre indicatif, en aucun cas de documents d'exécution.

Système de coordonnées : Rattaché au Lambert 93
Système de nivellement : Rattaché au NGF - IGN 69

Mairie du Rayol-Canadel sur Mer
Place Giudicelli - RD 559
83 820 La Rayol-Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

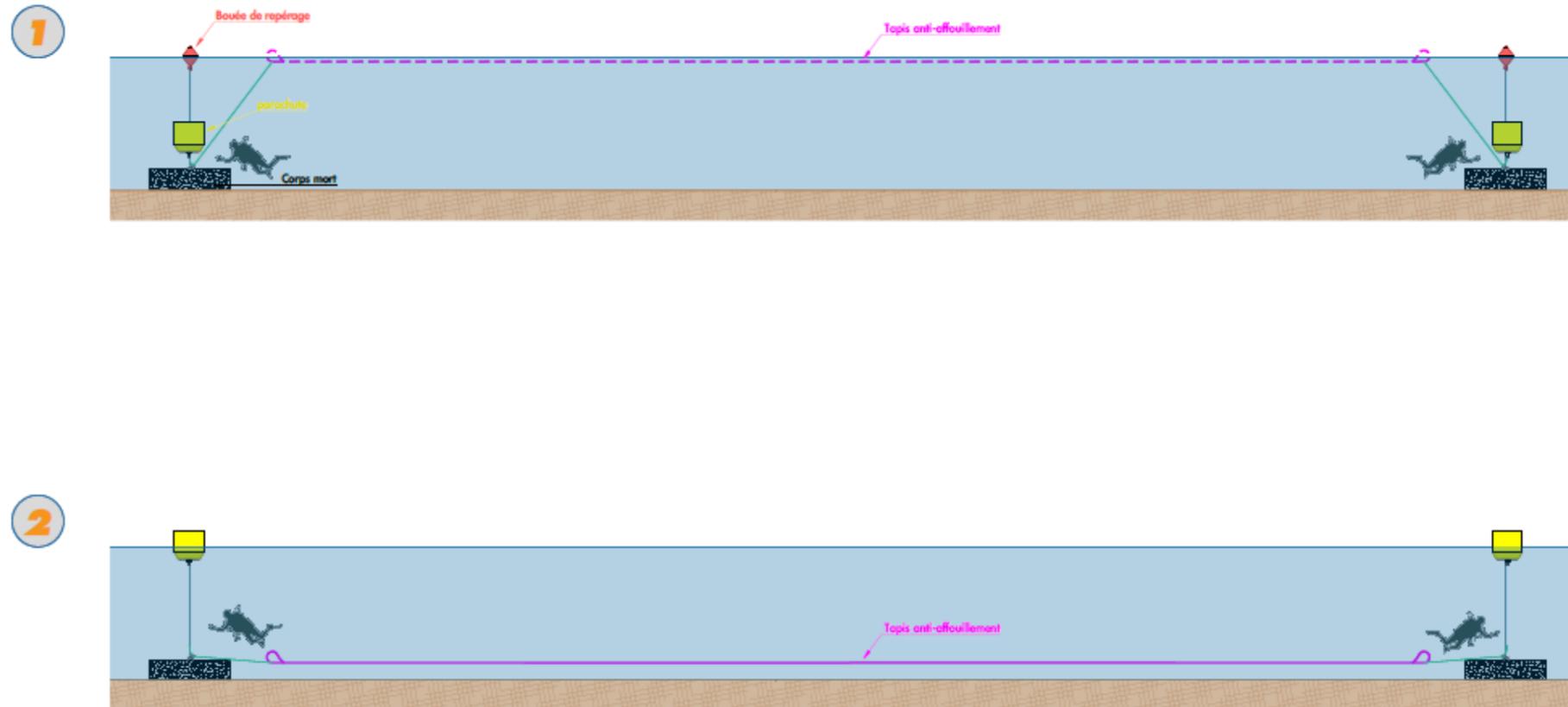
COR-039-20-AVP-METH-01-0

Dessin : FVI	Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE	Echelle : 1/500
Approuvé : SLE	Page : 04/12 Ind : 0

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques du présent document est couvert par les droits de propriété intellectuelle qui s'attachent à CORINTHE Ingénierie. Toute reproduction, utilisation, réimpression quelconque (même partielle) et/ou totale) est interdite et sera l'objet de poursuites pénales. Seul le bénéficiaire (client), sous réserve de respect des clauses du CCAG et/ou CCAP peut en avoir la propriété intellectuelle.

PHASE 2 Bis

- Mise en place des tapis anti-affouillement (sur fond existant sableux)



NOTA :

Les plans sont donnés à titre indicatif, en aucun cas de documents d'exécution.

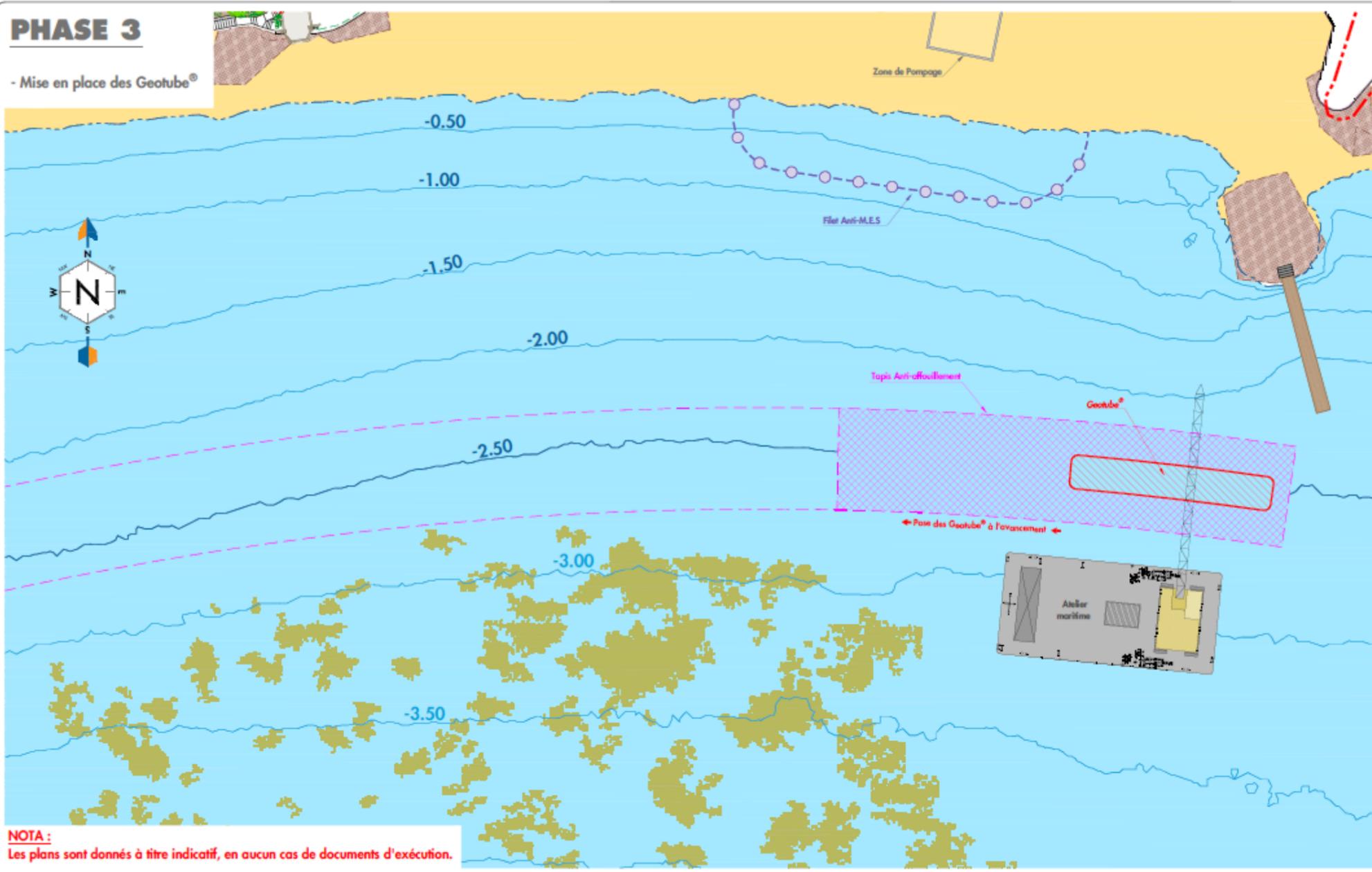
MAIRIE DU RAYOL CANADEL SUR MER
Place Giudicelli - RD 559
83 820 Le Rayol Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

COR-039-20-AVP-METH-01-0

Dessin : FVI	Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE	Echelle : -
Appr. : SLE	Page : 05/12 Ind: 0



Système de coordonnées : Rattaché au Lambert 93
Système de nivellement : Rattaché au NGF - IGN 69

MAIRIE DU RAYOL CANADEL SUR MER
Place Giudicelli - RD 559
83 820 Le Rayol Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

COR-039-20-AVP-METH-01-0

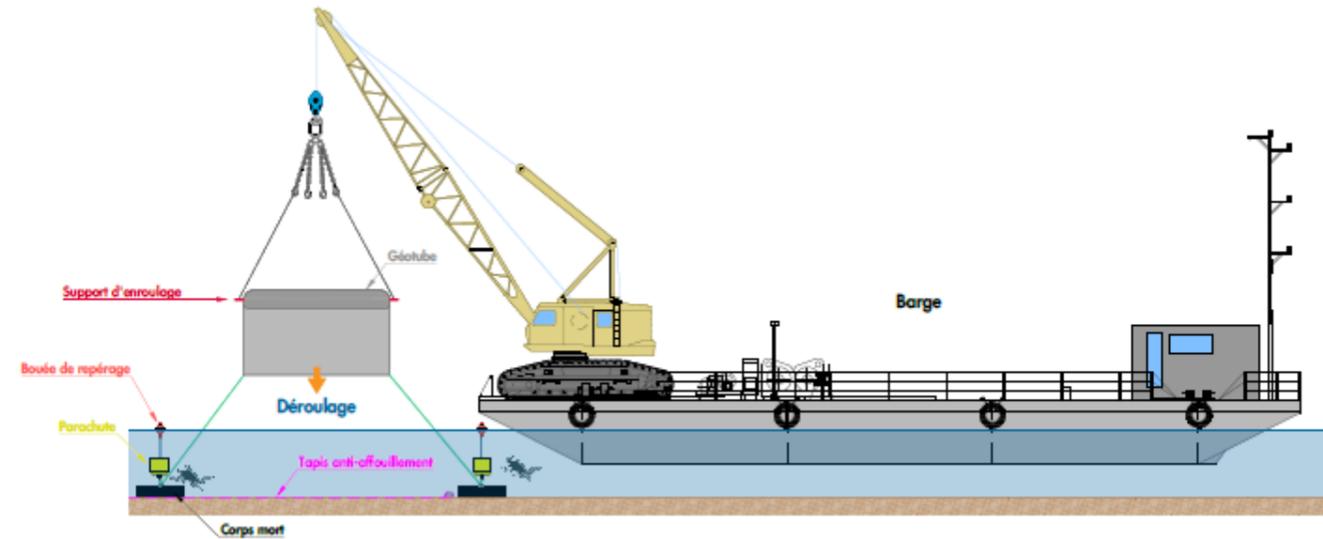
Dessin : FVI	Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE	Echelle : 1/500
Approuvé : SLE	Page : 06/12 Ind : 0

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques du présent document est couvert par les droits de propriété intellectuelle qui s'appliquent à CORINTHE Ingénierie. Toute reproduction, utilisation, diffusion qu'elle(s) soient partielle(s) et/ou totale(s) est interdite et sera l'objet de poursuites judiciaires. Seul le titulaire(e) présent(e) assure de respecter des clauses du CCAG et/ou CCAP pour en avoir la propriété intellectuelle.

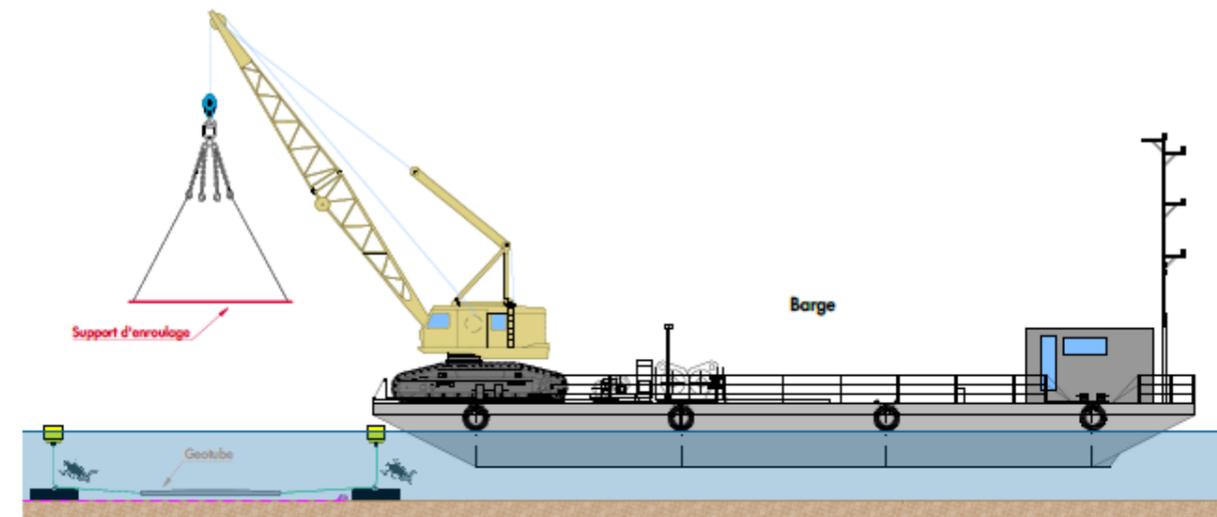
PHASE 3 Bis

- Mise en place des Geotube®

1



2



NOTA :

Les plans sont donnés à titre indicatif, en aucun cas de documents d'exécution.

Mairie du Rayol Canadel sur Mer
Place Giudicelli - RD 559
83 820 Le Rayol Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

COR-039-20-AVP-METH-01-0

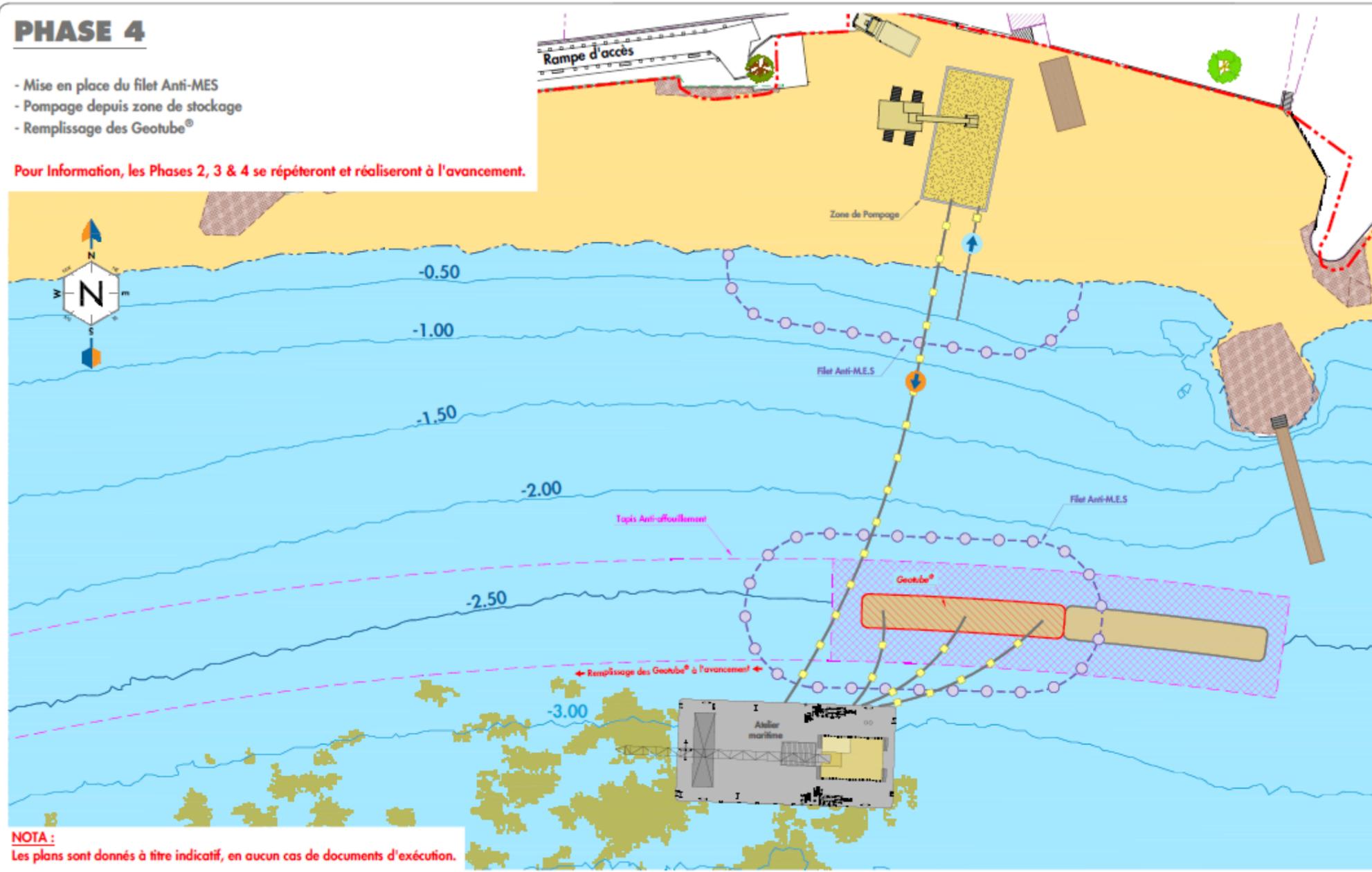
Dessin : FVI	Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE	Echelle : -
Appro : SLE	Page : 07/12 Ind : 0

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques du présent document est couvert par les droits de propriété intellectuelle qui bénéficient à CORINTHE Ingénierie. Toute reproduction, utilisation, référence qu'elle(s) soient partielle(s) et/ou totale(s) est interdite et sera l'objet de poursuites pénales. Seul le bénéficiaire (client) peut obtenir de respect des clauses du CCAG et/ou CCAP pour en avoir la propriété intellectuelle.

PHASE 4

- Mise en place du filet Anti-MES
- Pompage depuis zone de stockage
- Remplissage des Geotube®

Pour information, les Phases 2, 3 & 4 se répèteront et réaliseront à l'avancement.



NOTA :
Les plans sont donnés à titre indicatif, en aucun cas de documents d'exécution.

Système de coordonnées : Rattaché au Lambert 93
Système de nivellement : Rattaché au NGF - IGN 69

MAIRIE DU RAYOL CANADEL SUR MER
Place Giudicelli - RD 559
83 820 Le Rayol Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

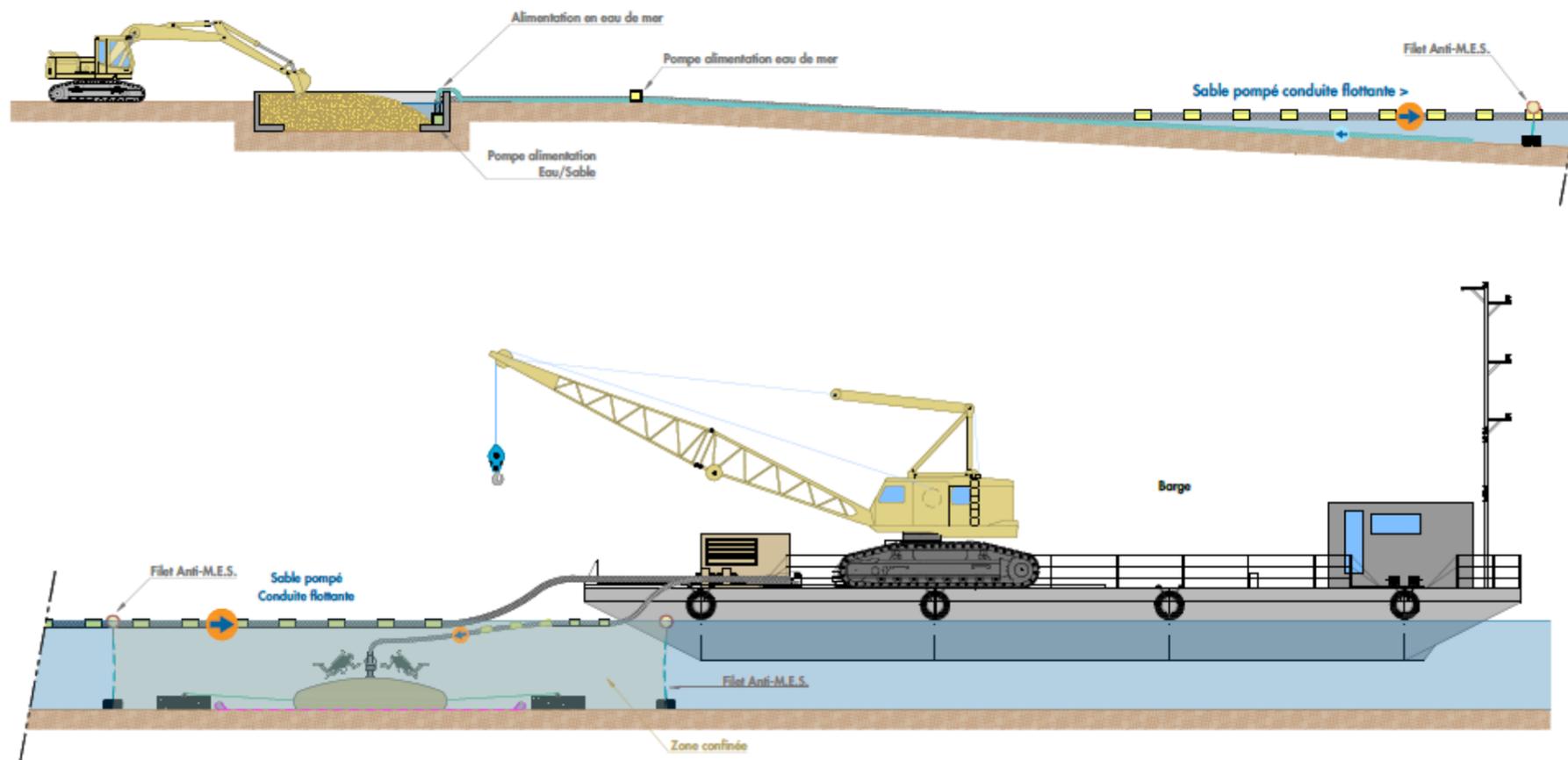
COR-039-20-AVP-METH-01-0

Dessin : FVI	Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE	Echelle : 1/500
Appro : SLE	Page : 08/12 Ind: 0

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques de présent document est couvert par les droits de propriété intellectuelle qui bénéficient à CORINTHE Ingénierie. Toute reproduction, utilisation, diffusion ou mise en œuvre partielle ou totale est interdite et sera l'objet de poursuites pénales. Seul le bénéficiaire (client), sous réserve du respect des clauses du CCAG et/ou CCAP peut en avoir la propriété intellectuelle.

PHASE 4 Bis

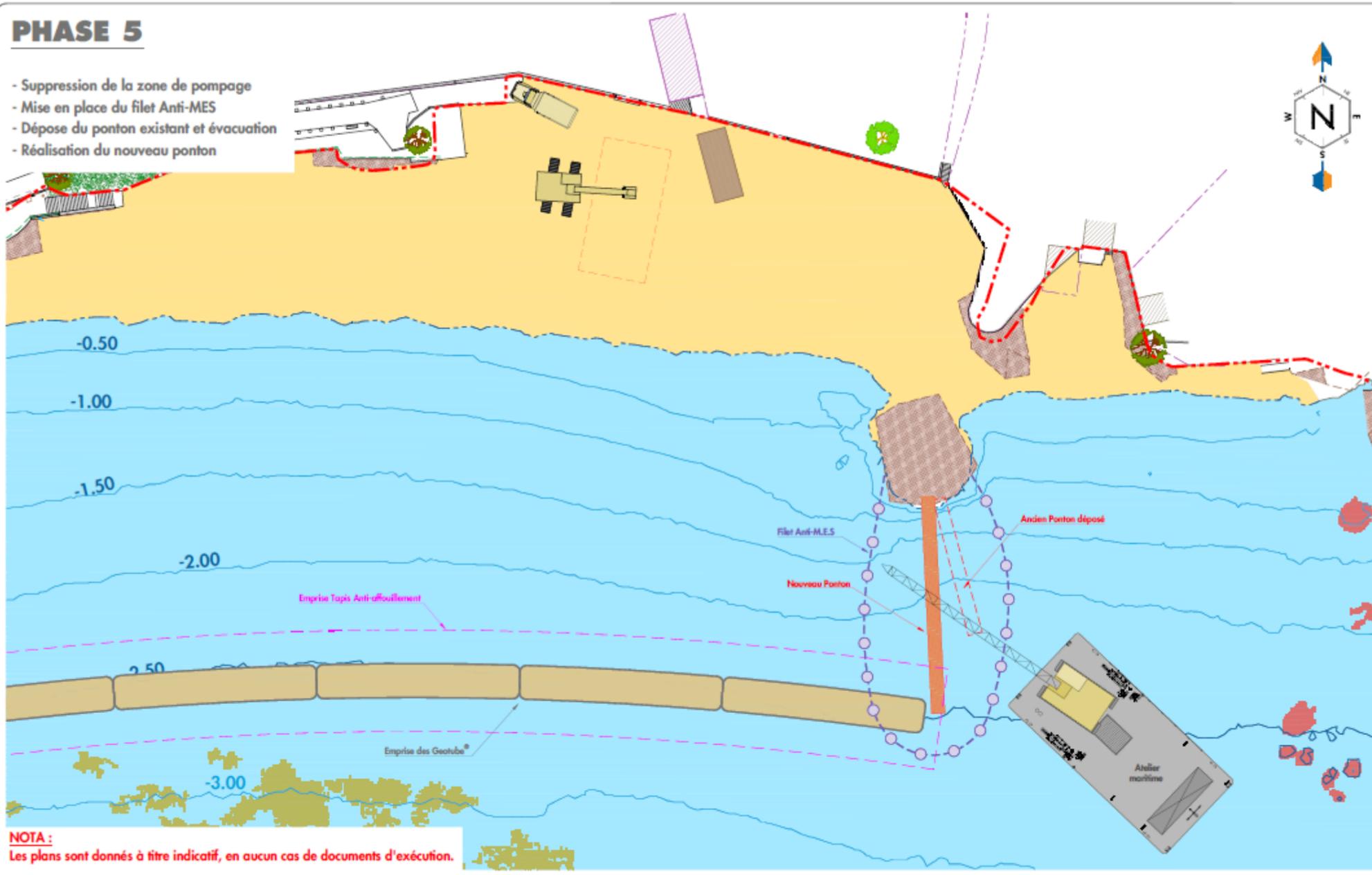
- Mise en place du filet Anti-MES
- Pompage depuis zone de stockage
- Remplissage des Geotube®



NOTA :
Les plans sont donnés à titre indicatif, en aucun cas de documents d'exécution.

 Mairie du Rayol Canadel sur Mer Place Giudicelli - RD 559 83 820 La Rayol Canadel sur Mer	ÉTUDE SUR L'ÉROSION DES PLAGES DU CANADEL Protection contre l'Érosion et la Submersion MÉTHODOLOGIE DES TRAVAUX	COR-039-20-AVP-METH-01-0 Dessin : FVI Contrôle : SBE Apprô : SLE Affaire : CORMRC 39-2020 Echelle : - Page : 09/12 Ind : 0	
--	---	--	--

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques du présent document est couvert par les droits de propriété intellectuelle qui bénéficient à CORINTHE Ingénierie. Toute reproduction, utilisation, diffusion ou/et/à) sans autorisation écrite de CORINTHE Ingénierie est interdite et sera l'objet de poursuites pénales. Seul le bénéficiaire (client) sous réserve du respect des clauses du CCAG et/ou CCAP peut en avoir la propriété intellectuelle.



Système de coordonnées : Rattaché au Lambert 93
Système de nivellement : Rattaché au NGF - IGN 69

MAIRIE DU RAYOL CANADEL SUR MER
Place Giudicelli - RD 539
83 820 Le Rayol Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**MÉTHODOLOGIE
DES TRAVAUX**

COR-039-20-AVP-METH-01-0

Dessin : FVI	Affaire : CORMRC 39-2020
Contrôle : SBE	Echelle : 1/500
Apprô : SLE	Page : 10/12 Ind: 0

*L'ensemble des données, graphiques et/ou techniques du présent document est couvert par les droits de propriété intellectuelle qui lui sont inhérents à CORINTHE Ingénierie. Toute reproduction, utilisation, diffusion quelconque est formellement interdite sans l'autorisation écrite de CORINTHE Ingénierie. Seul le bénéficiaire (client), sous réserve de respect des clauses du CCAG et/ou CCAP peut en avoir la propriété intellectuelle.

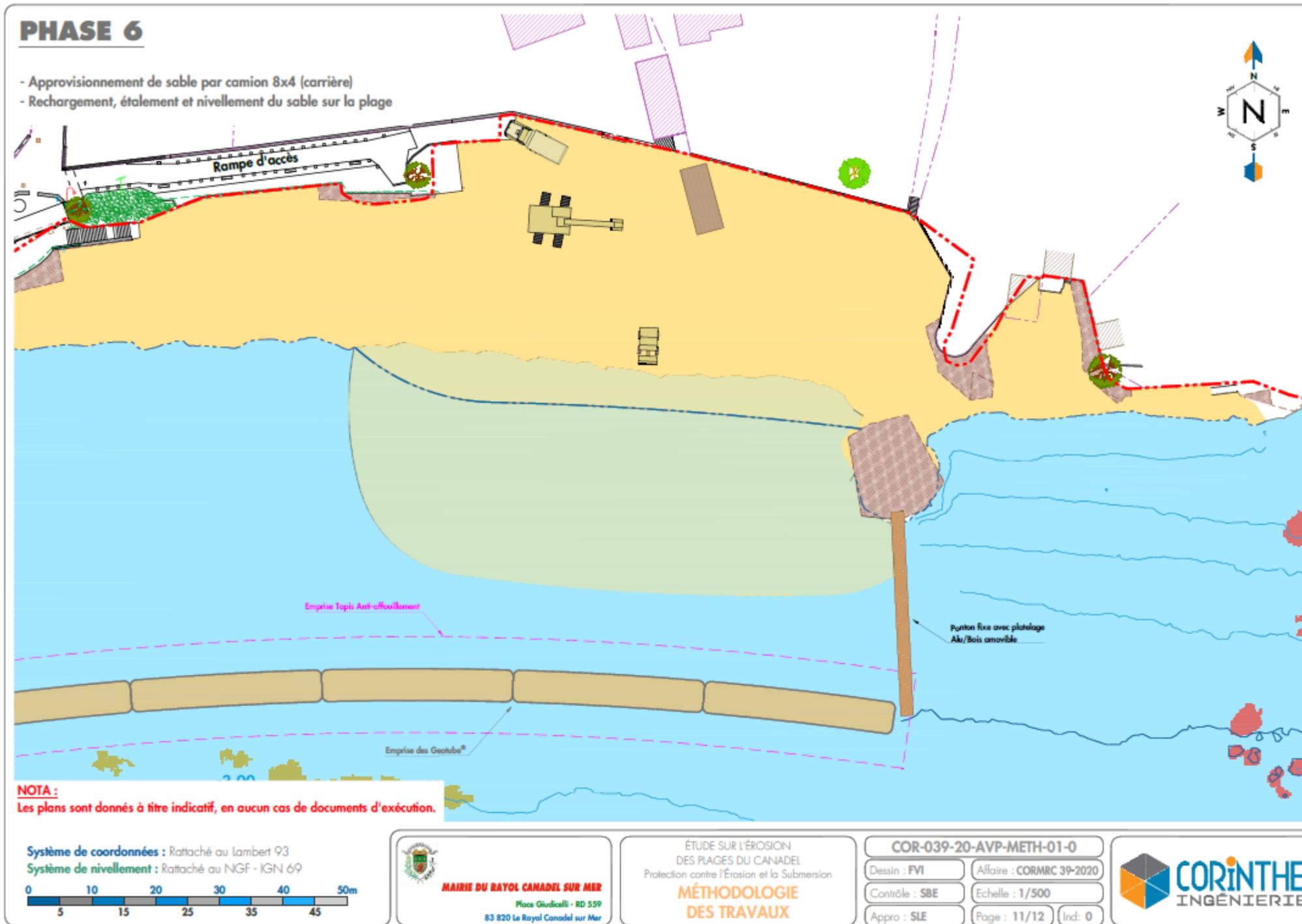
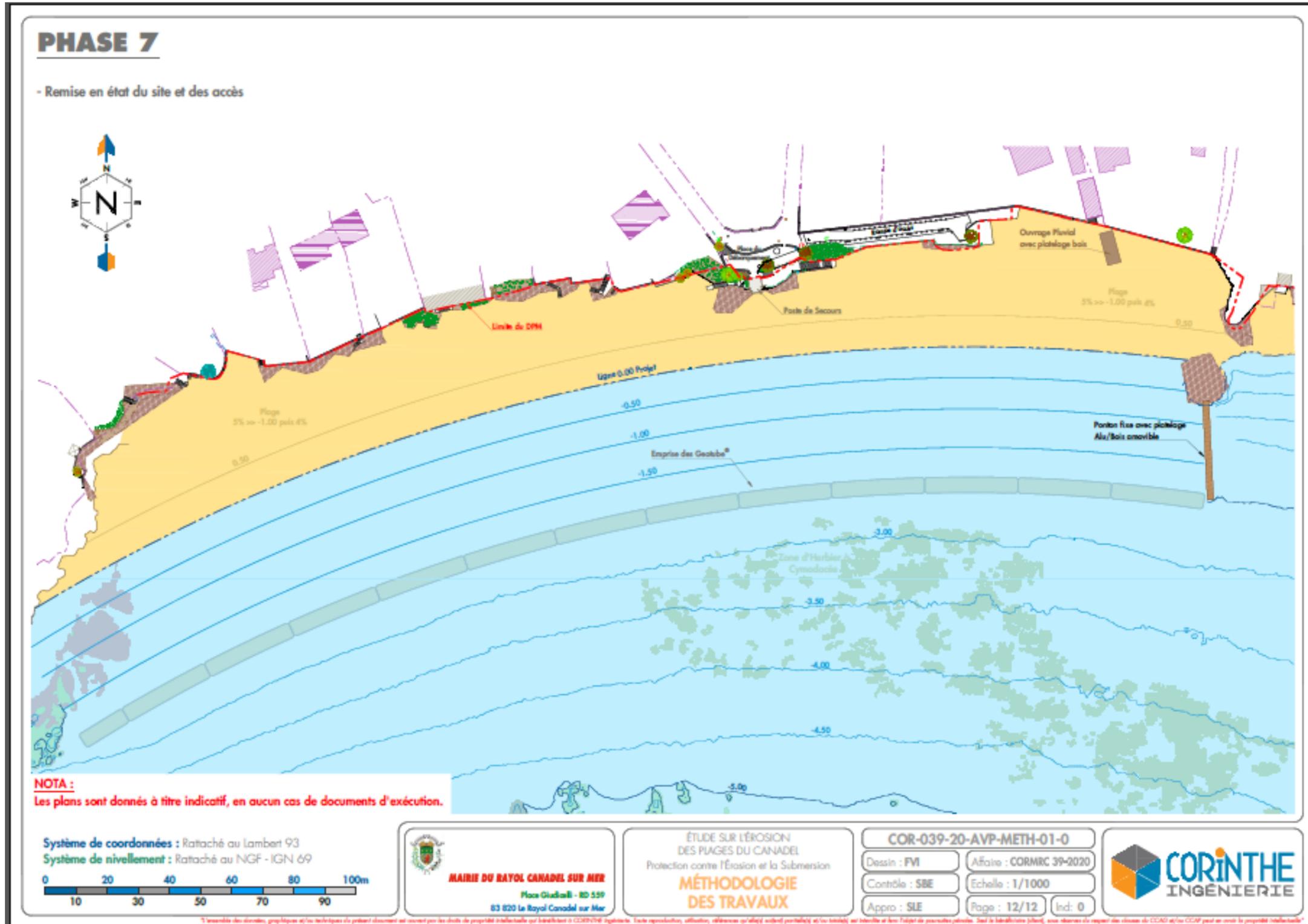


Figure 25 : Planches de phasage de réalisation



Mairie du Rayol Canadel sur Mer
Place Guiccoli - RD 559
83 820 Le Rayol Canadel sur Mer

ÉTUDE SUR L'ÉROSION
DES PLAGES DU CANADEL
Protection contre l'Érosion et la Submersion

**PLAN D'IMPLANTATION
SCÉNARIO 5Bis**

Modifications	Phase	Date
0	Première diffusion	26/01/2022

Design: FW / Coord: SBE / Approu: SBE / Echelle: 1/400 / Numéro Affaire: CORIMC 20-2020

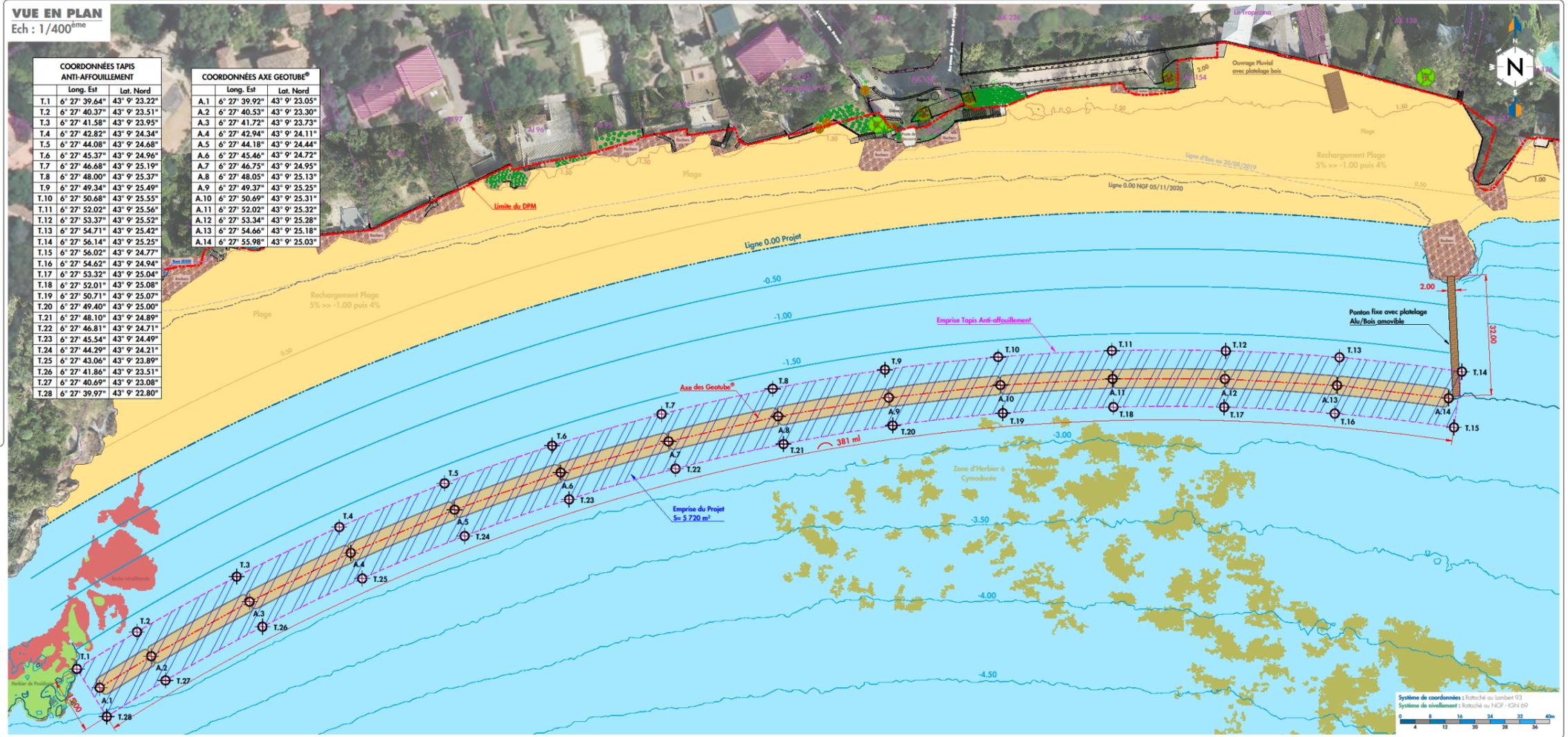
COB O 3 9 2 0 A V P P L A N 0 2 0

Référence DWG: C:\CORIMC\Projets\Mapa\CORIMC 20-2020 Travaux Plage Canadel\2_Axe\5Bis\Plan\020-PLAN020.dwg

CORINTHE INGENIERIE
890 chemin du Payrol ZA du Grand Port 83310 Grimaud, France
Tel: +33(0)4 94 07 05 25 - Fax: +33(0)4 94 81 53 89
E-mail: corinthe@corintheing.com - Web: www.corintheing.com

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE:
CORINTHE Ingénierie
CORIMC 20-2020-01 "VUE EN PLAN & PROFIL SCÉNARIO 5Bis"

Niveaux d'Eau de Projet
Marnée au Port de Canadel





10 ANALYSE COÛTS – BÉNÉFICES

10.1 INTRODUCTION

Les analyses coûts-bénéfices (ACB) constituent des outils d'aide à la décision pour définir les stratégies d'aménagement les plus adaptés au territoire concerné et aux objectifs d'un projet d'aménagement. Elles ont pour objectif d'apprécier la pertinence économique des projets d'aménagement et de ses variantes. Dans le cas de mesures de protection face aux aléas naturels littoraux, elles évaluent notamment, avec un niveau de précision suffisant, les dommages potentiellement évités grâce à un projet, en estimant les dommages pour la situation de référence (état initial) et les dommages en situations aménagées.

Elles se caractérisent complètement dans le contexte de l'étude qui traite la prévention des risques littoraux, du fait des risques de submersion marine, d'érosion, de la gestion intégrée et sauvegarde du trait de côte dans un contexte de plage de poche qui pourrait être vulgarisé au regard d'espaces voisins plus vastes mais dont l'existence participe au développement durable de la commune du Rayol Canadel.

Plus difficilement que les zones rurales vouées aux inondations, l'analyse portant sur le littoral est plus difficile pour démontrer d'une part la détermination de l'aléa et d'autre part l'évaluation des dommages potentiels ;

En effet les projets relatifs aux aléas littoraux présentent ainsi des particularités sur les points suivants :

- ▶ **Phénomènes initiateurs des aléas littoraux :** L'espace littoral est mobile d'un point de vue hydrosédimentaire. Les phénomènes météo-marins sont à l'origine à la fois des aléas de submersion marine et de recul du trait de côte, qui peuvent fortement interagir. **Ces deux aléas doivent ainsi être étudiés conjointement si nécessaire. L'impact du changement climatique sur les aléas littoraux est important, du fait notamment de l'élévation du niveau marin moyen de la mer.**
- ▶ **Sollicitations sur les aménagements, modes de fonctionnement hydraulique et de rupture associés :** Les modes de fonctionnement hydraulique et les modes de rupture des ouvrages de protection contre les aléas sont liés à des sollicitations hydrauliques spécifiques au milieu littoral associées notamment à la prédominance des effets des vagues.
- ▶ **Spécificités des enjeux et des dommages :** L'aléa littoral implique la survenue de dommages tels que la dégradation des ouvrages anthropique en haut de plage, la corrosion de certaines structures métalliques, d'objets ou matériels représentant les enjeux d'un territoire littoral présentant des particularités du fait d'une activité tournée vers la mer et d'une économie généralement basée sur le tourisme.

Le choc mécanique produit par les vagues sont autant de paramètres qui peuvent moduler le coût d'un événement calculé sur la base des coûts d'investissement d'ouvrage de protection et de sauvegarde et de courbes de dommages indirect sur les aménagements touristiques et ou de sauvegarde du patrimoine plage .

L'objectif de cette analyse coût bénéfice (ACB) est d'identifier les mesures rentables d'un point de vue économique. Pour cela, elle compare, dans un cadre précis :

- ▶ les coûts de mise en œuvre d'une mesure,
- ▶ les bénéfices escomptés par cette mesure (dommages évités).

Si ces bénéfices sont supérieurs aux coûts, la mesure est dite rentable et le projet est pertinent économiquement.



10.2 CONFIGURATION DE L'ANALYSE

Au regard du paragraphe 5 « solutions étudiées en phase faisabilité » la présente ACB comparera deux situations d'aménagement :

- ▶ Situation initiale,
- ▶ Solution 5 Bis.

En respect du principe d'élaboration d'une ACB et selon les directives du Guide méthodologique de l'analyse multicritères (CGDD, 2014- Ministère en charge du développement durable), cette analyse est réalisée sur la base d'une méthode d'ACP « simplifiée ».

En effet au vu des études de diagnostics et de faisabilité réalisées on peut estimer que les éléments de connaissance en matière :

- ▶ de qualité des substrats,
- ▶ d'évolution de la position du trait de côte et de la morphologie de la frange littorale,
- ▶ de conditions climatiques, météorologiques et hydrodynamiques associées,
- ▶ d'événements historiques de submersions marines,
- ▶ de fonctionnement et d'impact hydrosédimentaire,
- ▶ d'analyse du fonctionnement hydraulique de la partie terrestre,
- ▶ de caractéristiques géologiques et morpho-sédimentaires,
- ▶ d'analyse des transits sédimentaires et des cycles saisonniers et pluriannuels,
- ▶ de cartographie des aléas et leurs caractéristiques,
- ▶ d'études avec un horizon temporel dans la limite de 50 ans,
- ▶ d'études de scénarii d'ouvrages de protection,
- ▶ appréciation du rôle des scénarii d'aménagements sur la durée,
- ▶ d'études économiques (Investissement et entretiens).

permettent une analyse dite « robuste et affinée » du contexte de la zone d'études.

10.3 ANALYSE SIMPLIFIEE

10.3.1 Évènements hydrauliques

L'événement naturel hydraulique maritime « fréquence submersion marine et érosion (recul trait de côte) » est considéré par les paramètres suivant : Le niveau marin, la surcote liée aux vagues, la période de retour les effets dynamique sur la plage.

L'ouvrage est réputé impacté par l'effet des franchissements par paquets de mer dès le dépassement du niveau de protection garanti.

La configuration du site de type plage de poche et la présence très proche de la laisse de plage, d'ouvrages anthropiques et ou de falaise, amplifient les actions dynamiques.

Le vent pousse l'eau en direction du rivage la masse d'eau (submersion marine) revient formant des courants qui produisent l'arrachement des sables (immergés et émergés) et leur transport en fonction de la vitesse instantanée de l'eau et la taille de la particule. Ces particules se resédimentent lorsque la vitesse du courant diminue.

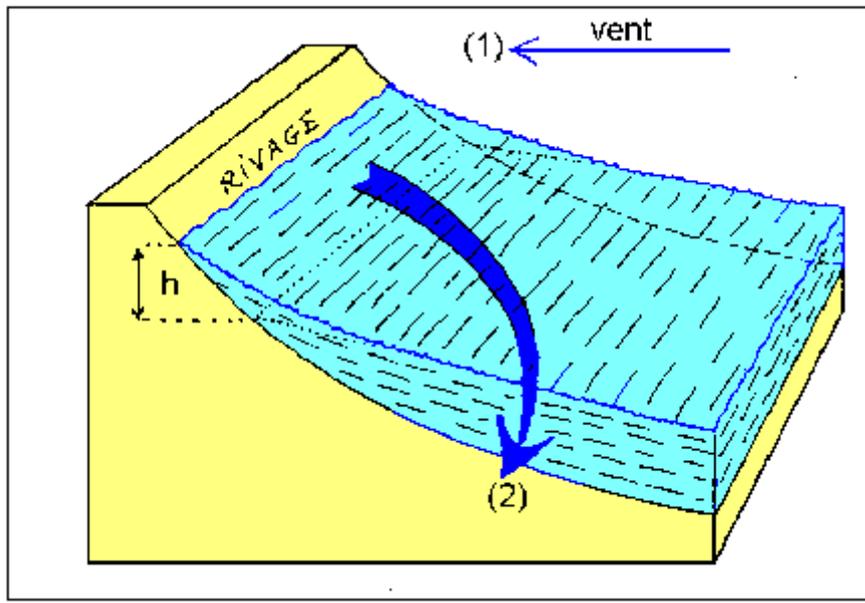


Figure 26 : Schéma d'emportement (h), de transport et resédimentation (2) des sables

En synthèse, lors de coups de mer et tempêtes, la surcote globale du niveau d'eau entraîne la surélévation du niveau d'impact des vagues déferlantes. Leurs actions érosives et de submersion sont alors à l'origine d'emportement des grains de sable, appauvrissement lente de la cellule sédimentaire de la plage, de dégâts sur les infrastructures de plage et haut de plage (érosion falaise, brèches sur des secteurs déjà fragilisés, sappe des fondations d'ouvrages côtiers (murs, escalier, vigie) et installations commerciales ou balnéaire.

Evènements qui, avec les prévisions d'évolution du niveau de la mer au terme des 50 prochaines années (GIEC 2021), pourra être amplifié d'un facteur de 2.

10.3.2 Fréquence de l'évènement

Confère le dossier CORMRC 39-2020_Canadel_Etat_des_lieux_FAI-01-00 et le paragraphe 29 « Seuils de submersion et risque statistique » du présent rapport **les durées moyennes en heures cumulées de dépassement du seuil de submersion** (les durées cumulées sur près de 39 années de données ont été ramenées à une durée moyenne d'observation sur une année ou sur une période donnée) **sont présentées dans le tableau ci-dessous.**

Direction houle au large	Situation actuelle			Solution 5 bis		
	Année complète	Mai à septembre	Juillet et aout	Année complète	Mai à septembre	Juillet et aout
N90°	1241	193	39	421	27	2
N120°	157	46	13	38	5	0
N150°	108	30	9	23	2	0
N180°	57	7	0	6	0	0
N210°	185	22	2	27	1	0
N240°	99	8	1	10	0	0
Total	1846	306	64	526	34	2

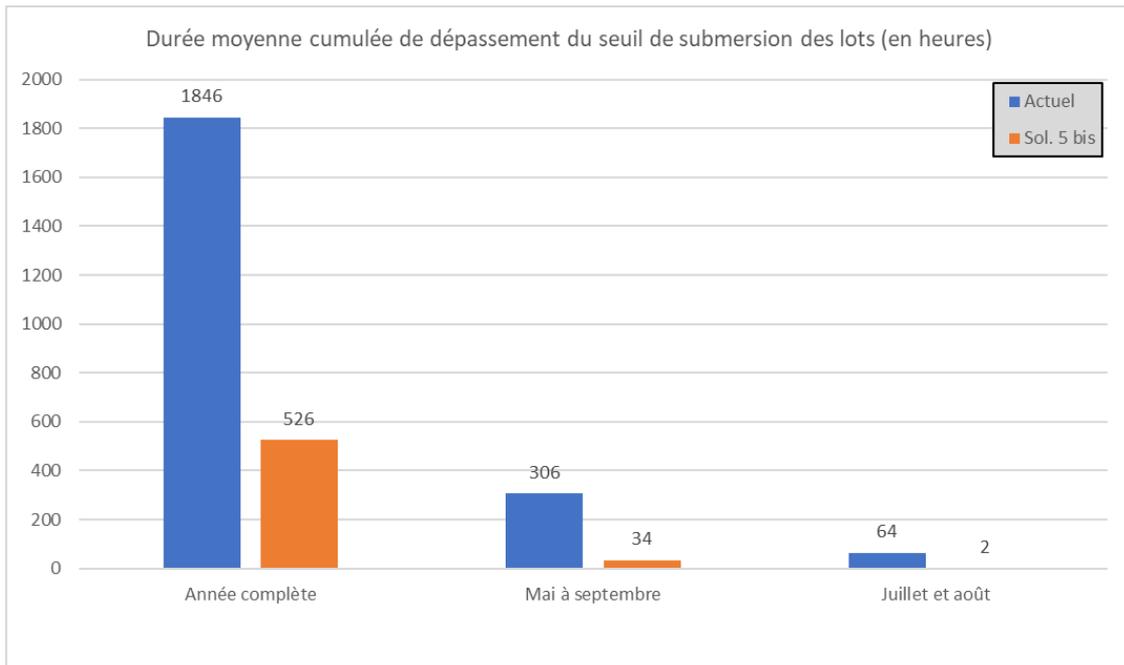


Figure 27 : Nombre moyen d'heures cumulées de dépassement du seuil de submersion des lots

Ainsi les fréquences sont pour la situation actuelle et la solution 5 Bis sont les suivantes :

Reference : Étude des aléas littoraux dans le cadre d'une analyse coûts-bénéfices (ACB) CEREMA/CETMEF

Nota sur les périodes :

- ▶ Année complète : 12 mois de l'année,
- ▶ Mi saison de mai à septembre : 3 mois hors juillet et août,
- ▶ Estivale juillet et août : 2 mois.

10.3.2.1 Situation actuelle

$FP_{\text{année complète}} = 1\ 846 \text{ heures} / 8\ 760 \text{ heures}$ soit **0,21**

1 846 étant le nombre d'heures de dépassement du seuil sur une année complète (Entourage bleu tableau), 8 760 étant le nombre d'heure par année et 0,21 la fréquence

$FP_{\text{Saison estivale}} = 306 \text{ heures} / 3\ 600 \text{ heures}$ soit **0,09**

370 étant le nombre d'heures de dépassement du seuil sur la période estivale (Entourage orange tableau), 3 600 étant le nombre d'heure de la période estivale et 0,10 la fréquence

10.3.2.2 Situation projet 5 Bis

$FP1_{\text{année complète}} = 526 \text{ heures} / 8\ 760 \text{ heure}$ soit **0,06**

526 étant le nombre d'heures de dépassement du seuil sur une année complète (Entourage vert tableau), 8 760 étant le nombre d'heure par année et 0,06 la fréquence

$FP_{\text{Saison estivale}} = 34 \text{ heures} / 3\ 600 \text{ heures}$ soit **0,009**



370 étant le nombre d'heures de dépassement du seuil sur la période estivale (Entourage bleu tableau),
3 600 étant le nombre d'heure de la période estivale et 0,01 la fréquence

10.3.3 Estimation des coûts des dommages annuels

10.3.3.1 Catégories de niveaux de dégâts

On considère que les dégâts se caractérisent en trois catégories :

- ▶ **Très fort** : Perte importante des sédiments immergés et émergés (prévalant une stratégie de rechargement périodique), fortes dégradations des ouvrages anthropiques, dégradations et ou incapacité d'exploiter les locaux d'exploitation balnéaire (concession de plage) ;
- ▶ **Fort** : Perte de sédiments (rechargement), dégradations des ouvrages anthropiques, dégradations et ou incapacité d'exploiter les locaux d'exploitation balnéaire (concession de plage) ;
- ▶ **Courant** : Perte de sédiments (rechargement), dégradations des ouvrages anthropiques.

10.3.3.2 Coûts des dommages annuels situation actuelle (Moyenne)

Désignation	Dégâts		
	Très fort	fort	Courant
Rechargement de plage	1 800 000 €	360 000 €	65 000 €
Réparations ouvrages anthropiques	150 000 €	50 000 €	15 000 €
Réparations locaux d'exploitation	50 000 €	15 000 €	15 000 €
Perte d'exploitation	255 000 €	308 000 €	175 000 €
Totaux	2 255 000 €	733 000 €	270 000 €

Sont difficilement quantifiables les coûts indirect liés à la réduction de la fréquentation de la plage par sa réduction en fonction des évènements donc pas quantifiés.

10.3.3.3 Coûts des dommages annuels solution 5 Bis (moyenne)

Désignation	Dégâts		
	Très fort	fort	Courant
Rechargement de plage	360 000 €	135 000 €	0 €
Réparations ouvrages anthropiques	30 000 €	0 €	0 €
Réparations locaux d'exploitation	15 000 €	5 000 €	0 €
Perte d'exploitation	28 000 €	28 000 €	0 €
Totaux	433 000 €	168 000 €	0 €

Sont difficilement quantifiables les coûts indirect liés à la réduction de la fréquentation de la plage par sa réduction en fonction des évènements donc pas quantifiés.

10.3.4 Estimation des dommages évités

La comparaison d'une situation actuelle où la zone n'est pas protégée avec une situation d'aménagement d'ouvrage de protection conduit au schéma de la figure suivante, dans lequel :

- ▶ La statistique des dommages avec les aménagements de la solution 5 Bis sont réduits de 77 % a nul comparativement à la situation actuelle ;
- ▶ le DEMA est la surface comprise sous la courbe de dommages en état actuel avant le niveau de référence (niveau de protection) de l'aménagement considéré.

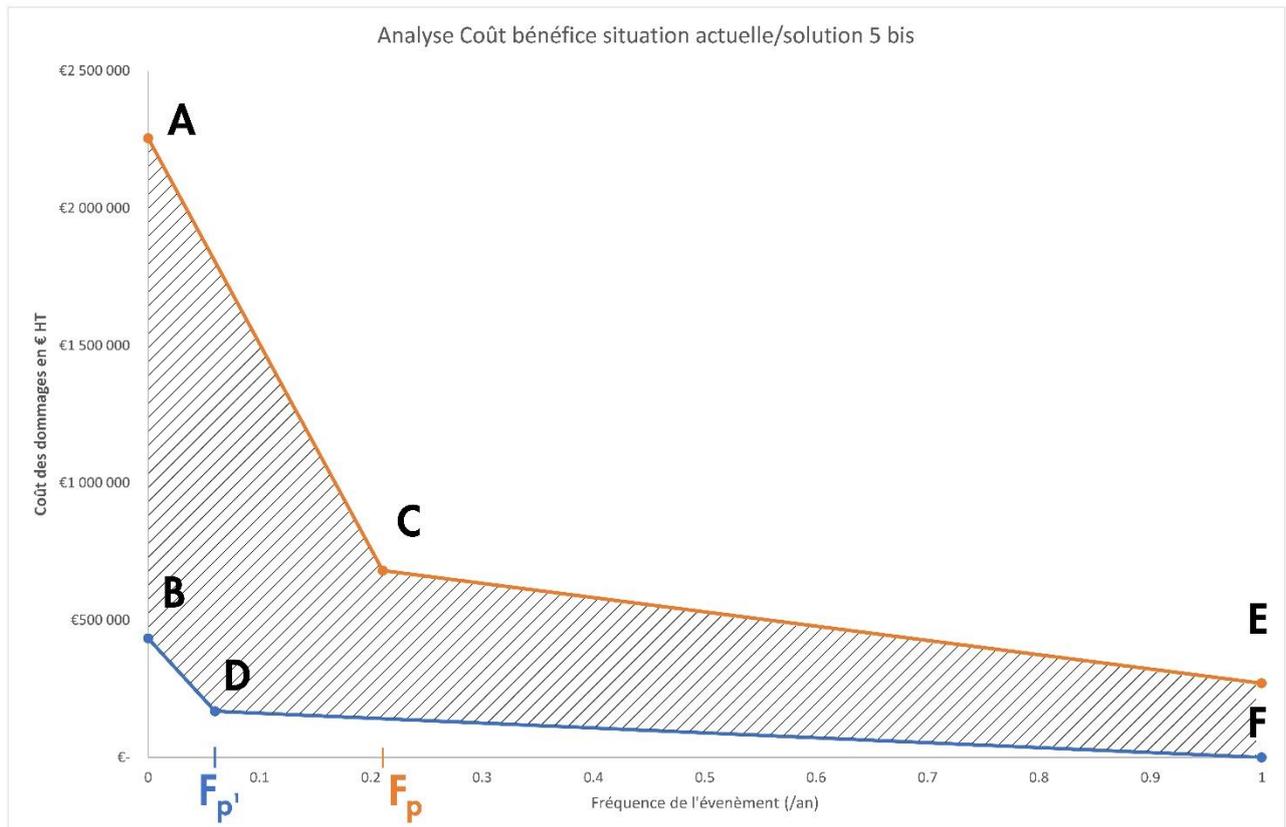


Figure 28 : Estimation des dommages évités (DEMA)

Légende

- ▶ — Courbe situation actuelle
- ▶ — Courbe solution 5 Bis
- ▶ DEMA : Dommages Evités Moyens Annuels
- ▶ A, B, C, D, E, F Valeurs caractéristiques de la situation projet
- ▶ F_p Fréquence de l'évènement définissant le niveau de protection



10.3.5 Valorisation des dommages évités suivant statistiques de houles annuelle, décennale et cinquantennale

Il s'agit-là de quantifié sur la base de probabilité suivant les différentes périodes de retour de houles sur une durée de 25 ans

Par définition les probabilités que des événements suivant des occurrences de houles 1 an, 5, 10, 25 50 et 100 ans surviennent sur Les 25 ans à venir sont définis dans le tableau ci-dessous.

Période de retour	Probabilité d'occurrence					
	1 an	5 ans	10 ans	25 ans	50 ans	100 ans
1 an	63,2%	99,3%	100%	100%	100%	100%
5 ans	18,1%	63,2%	86,5%	99,3%	100%	100%
10 ans	9,5%	39,3%	63,2%	91,8%	99,3%	100%
25 ans	3,9%	18,1%	33%	63,2%	86,5%	98,2%
50 ans	2%	9,5%	18,1%	39,3%	63,2%	86,5%
100 ans	1%	4,9%	9,5%	22,1%	39,3%	63,2%

A titre d'exemple il faut comprendre que la probabilité d'avoir une houle d'occurrence décennale est de 91,8 %.

A partir de ces probabilités il peut être estimé le coût des dommages évités sur 25 années.

Le tableau ci-dessous quantifie le coût des Dommages évités entre les situations actuelles et le projet Solution 5 Bis.

Désignation	Dégâts		
	Très fort	fort	Courant
Rechargement de plage	1 440 000 €	225 000 €	65 000 €
Réparations ouvrages anthropiques	120 000 €	50 000 €	15 000 €
Réparations locaux d'exploitation	35 000 €	10 000 €	15 000 €
Perte d'exploitation	226 000 €	226 000 €	175 000 €
Totaux	1 821 000 €	511 000 €	270 000 €

Considérant que les aléas :

- ▶ **Très fort** s'accorde avec des occurrences Centennale, cinquantennale et 25 ans,
- ▶ **Fort** s'accorde avec une occurrence décennale,
- ▶ **Courant** s'accorde avec une occurrence annuelle et quinquennale.



En conséquence les valorisations de la DEMA sur 25 ans et 50 ans s'établissent comme suit :

Occurrence houle	Probabilité	Dégâts		
		Très fort	fort	Courant
1 an	100%			270 000 €
5 ans	99,3%			268 100 €
10 ans	91,8%		469 710 €	
25 ans	63,2%	1 151 293 €		
Totaux		1 151 293 €	469 710 €	538 100 €
Total		2 159 103 €		

L'analyse est faite sur une durée de vie de 25 ans suivant les dispositions de la littérature.

Néanmoins dans le cas présent les ouvrages sont étudiés pour une durée de 50 ans (Eurocode), par conséquent on peut en déduire que la DEMA sur 50 ans représente plus **de 1,5 fois le coût des investissements travaux**.

Pour être puriste, il aurait été opportun de retrancher les coûts d'entretien des ouvrages butée de pied et entretien plage que nous estimons à **30 k€ annuellement soit 1,5 M€ pour 50 ans**.

Soit une valorisation de la DEMA corrigée de 2,818 M€ qui valorise la pertinence du projet.

Avec les bénéfices, non évalués, suivants :

- ▶ Pérennisation d'une surface complémentaire de plage de 13 000 m² pour 7 000 m² actuellement,
- ▶ Implicitement développement des activités balnéaire de bains par la surface de la plage,
- ▶ Attractivité de la Commune,
- ▶ **Au terme des 100 ans un retour à la situation actuelle de la profondeur de plage.**

11 PRÉSENTATION DES BIOCENOSSES SUR LE SECTEUR DU CANADEL

11.1 SELON LE DOCOB

La cartographie des habitats élémentaires, réalisées par l'Agence des Aires Marines Protégées en 2010-2011, dans le cadre de la réalisation du DOCOB de la zone Natura 2000 de la Corniche varoise, montre la présence des habitats suivants, au droit de la plage du Canadel :

- ▶ Biocénose des Sables Fins de Haut Niveau (SFHN) ;
- ▶ Biocénose de Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) ;
- ▶ Biocénose des algues infralittorales ;
- ▶ Association à *Cymodocea nodosa* sur SFBC ;
- ▶ Biocénose de l'Herbier à *Posidonia oceanica*.

On observe que les SFHN et SFBC sont les principaux habitats présents devant la plage du Canadel. **L'Association à *Cymodocea nodosa*** se situe très à l'Est de la Baie du Canadel.

L'**herbier de Posidonies**, quant à lui, se situe à moins de 500m de la plage par endroits.

La présence l'ensemble de ces habitats, et notamment l'herbier de posidonie, permet de supposer la présence d'individus de **grande nacre**.

11.2 DIAGNOSTIC SUR LES HERBIERS REALISE PAR SEMANTIC

La société SEMANTIC TS, Bureau d'Études en Environnement Océanographie & Acoustique, a mis à disposition ses moyens et ses compétences pour l'actualisation des données marines naturalistes existantes dans le secteur maritime du Rayol-Canadel.

SEMANTIC TS a déployé, le 10/11/2020 son navire instrumenté et une équipe terrain pour la réalisation des travaux suivants :

- ▶ Acquisition de données sonar latéral de coque ;
- ▶ Inspection subaquatique de la zone et prise de vues sous-marines géoréférencées ;
- ▶ Réalisation de 4 stations de mesure de la vitalité de l'herbier de posidonies ;
- ▶ Réalisation de plongées par transect pour l'évaluation de la richesse de la faune et de la flore sur la zone (6 transects) ;
- ▶ Réalisation d'une cartographie des biocénoses.

Les données géophysiques de la mission ont permis d'établir le protocole de mesure de vérité terrain suivant :

- ▶ Protocole RSP sur les zones de posidonies (4 stations d'observation) ;
- ▶ Observation de la faune et de la flore à proximité des stations ;
- ▶ Transects d'observation subaquatique pour valider les hypothèses de la cartographie en phase initiale.

A partir de ces données SEMANTIC TS a pu établir :

- ▶ La cartographie des biocénoses avec une résolution de 1 m² ;
- ▶ Un compte rendu d'analyse de la vitalité de l'herbier de Posidonies selon le protocole RSP en 4 stations ;
- ▶ Un inventaire de la faune et de la flore à proximité de ces stations ;
- ▶ Un atlas photographique des fonds marins.

L'emprise de la zone d'étude est matérialisée en rouge ci-dessous :



Figure 29 : Zone d'étude – Rayol Canadel plage @ SEMANTIC TS

11.2.1 Espèces observées par SEMANTIC

Plusieurs espèces de vertébrés ont été observées sur les secteurs lors des plongées de vérité terrain et de mesure des paramètres de vitalité de l'herbier de Posidonies :

11.2.1.1 Végétaux observés

Type	Nom Commun	Genre espèce	Remarque
Plante à fleurs	Posidonies	<i>Posidonia oceanica</i>	Espèce protégée
	Cymodocées	<i>Cymodocea nodosa</i>	Espèce protégée
Algues	Codium	<i>Codium bursa</i>	
	Codium vermiforme	<i>Codium vermilaria</i>	
	Janie	<i>Jania rubens</i>	
	Peyssonelle	<i>Peyssonelia squamaria</i>	
	Udotée	<i>Flabellia petiolata</i>	
	Coralline	<i>Corallina elongata</i>	
	Monnaie de Poséidon	<i>Halimeda tuna</i>	
	Dictyote - Algue fourchue	<i>Dictyota dichotoma</i>	
	Padine	<i>Padina pavonica</i>	
	Algue à massues	<i>Dasycladus vermularis</i>	

Figure 30 : Espèces de végétaux observées lors des plongées de reconnaissance subaquatique

La pré-cartographie des biocénoses, issue de l'analyse des données géophysiques est présentée sur la figure suivante :

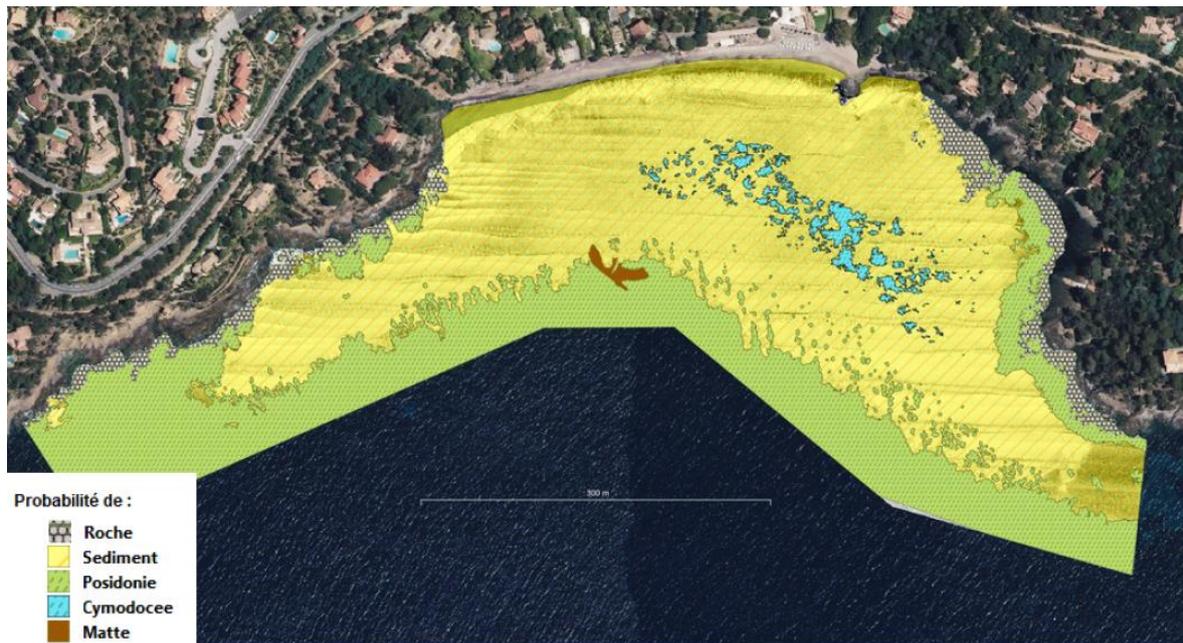


Figure 31 : Pré-cartographie des biocénoses du secteur du Rayol-Canadel @ Semantic TS

Les plongées d'observation de la vitalité de l'herbier de posidonies, ainsi que les transects d'observation, ont été réalisés les 13 & 23 novembre 2020. Les dates des observations font suite à des périodes de plusieurs jours de bonnes conditions météorologiques.

Les reconnaissances subaquatiques ont été réalisées selon 6 transects échantillonnant spatialement les différents habitats. Quatre stations (S1 à S4) de mesure des paramètres de la vitalité de l'herbier de posidonies ont été réalisées. Ces stations ont été repérées par GPS et dans la mesure du possible situées à proximité d'un repère existant sous l'eau. L'herbier de Cymodocées a été plus particulièrement observé en 2 stations S5 et S6.

Les positions des stations et transects sont données sur la figure ci-dessous :



Figure 32 : Plan d'échantillonnage. Positions des transects et stations d'observations de la vitalité de l'herbier de posidonies @Semantic TS

Environ 575 vues sous-marines géoréférencées ont été acquises en plongée subaquatique. L'ensemble de toutes ces vues des fonds marins a été compilé dans un dossier unique au format KMZ. L'atlas photographique présente ces 575 photos géoréférencées ; elles sont accessibles par simple clic sous Google Earth.

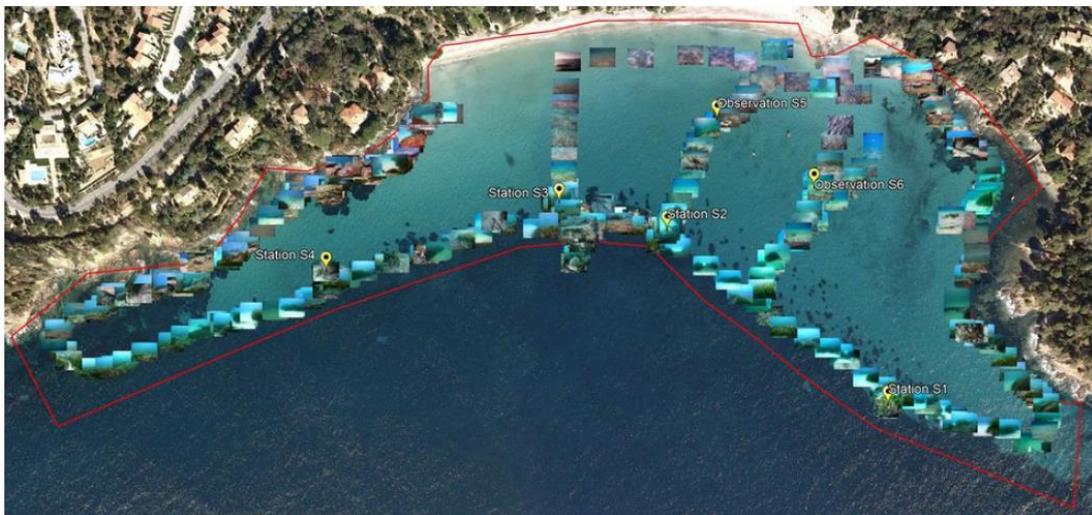


Figure 33 : Positions des 575 vues sous-marines réalisées lors des explorations @ TS Semantic

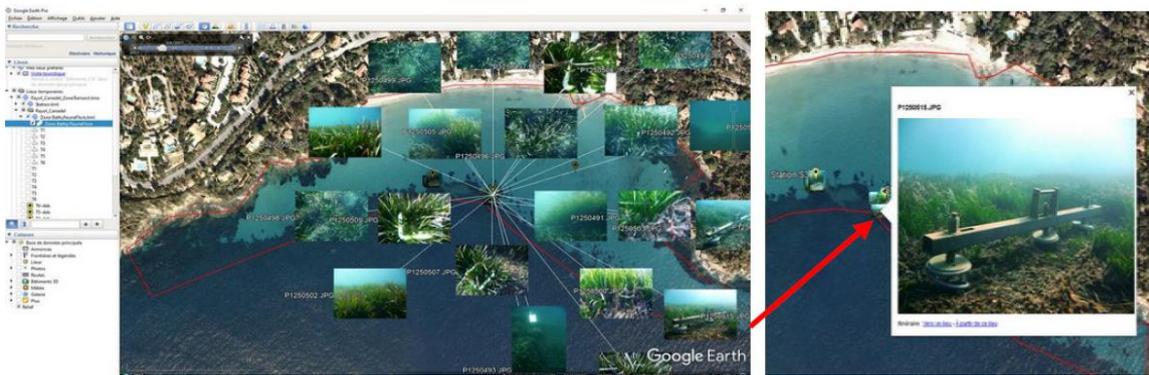


Figure 34 : Atlas photographique : un clic sur la photo permet de l'observer @ TS Semantic



Figure 35 : Atlas photographique relatif aux stations de mesure des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonies @ TS Semantic

Remarques :

Notons, qu'aucune espèce protégée autre que la grande nacre (*Pinna nobilis*) pour laquelle seul un individu mort a été observé, la posidonie (*Posidonia oceanica*) ou la Cymodocées (*Cymodocea nodosa*), n'a été observée lors des explorations subaquatiques.

L'espèce *Caulerpa taxifolia* n'a pas été observée sur l'ensemble des sites de prospection.

11.2.1.1.1 La Posidonie

L'herbier de Posidonies a été observé au travers des transects T1, T2 et T3, et lors des stations de mesure de sa vitalité.

Les figures ci-dessous présentent les résultats des mesures de la vitalité de l'herbier de Posidonies réalisées sur les 4 stations.



La station S1 est située en limite de l'herbier de posidonies. La limite est franche. Le fond est constitué de sable fin bien calibré recouvert de litière.

Station S1 - Profondeur 8 m	2020	
Etat santé/vitalité	Bon	
Taux de recouvrement (%)	75%	Ecart typ.
Densité moyenne de faisceaux par m ²	558	95
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	13%	
Déchaussement moyen (cm)	2.5	4.0
Longueur F1 (cm)	55	13.2
Longueur F2 (cm)	42	7.6
Nombre de feuilles par faisceau	6.4	1.0

S2 est située en limite de l'herbier de posidonies. La limite est érosive (marche de matte de 40 cm). Fond de sable fin bien calibré (litière). Bloc à 6 m.

Station S2 - Profondeur 6 m	2020	
Etat santé/vitalité	Bon	
Taux de recouvrement (%)	65%	Ecart typ.
Densité moyenne de faisceaux par m ²	792	218
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	10%	
Déchaussement moyen (cm)	3.6	4.4
Longueur F1 (cm)	53	10.5
Longueur F2 (cm)	35	12.1
Nombre de feuilles par faisceau	5.8	1.2

S3 est située en limite de l'herbier de posidonies. La limite est franche (marche de matte de 10 cm). Fond de sable fin bien calibré. Ancrage à proximité (2 m).

Station S3 - Profondeur 5 m	2020	
Etat santé/vitalité	Bon	
Taux de recouvrement (%)	75%	Ecart typ.
Densité moyenne de faisceaux par m ²	767	38
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	10%	
Déchaussement moyen (cm)	3.7	8.1
Longueur F1 (cm)	50	10.7
Longueur F2 (cm)	30	10.8
Nombre de feuilles par faisceau	6.1	0.9

S4 est située en limite de l'herbier de posidonies. La limite est franche (marche de matte de 10 cm). Fond de sable fin bien calibré. Ancrage à proximité (8 m)

Station S4 - Profondeur 5 m	2020	
Etat santé/vitalité	Bon	
Taux de recouvrement (%)	85%	Ecart typ.
Densité moyenne de faisceaux par m ²	758	113
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	13%	
Déchaussement moyen (cm)	-0.5	3.6
Longueur F1 (cm)	50	10.3
Longueur F2 (cm)	39	7.0
Nombre de feuilles par faisceau	6.0	1.1

Le tableau suivant synthétise les résultats des mesures des paramètres de la vitalité de l'herbier de Posidonies.

Stations	S4 (5 m)	S3 (5 m)	S2 (6 m)	S1 (8 m)
Etat santé/vitalité	Bon	Bon	Bon	Bon
Taux de recouvrement (%)	85%	75%	65%	75%
Densité moyenne de faisceaux par m ²	758	767	792	558
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	13%	10%	10%	13%
Déchaussement moyen (cm)	-0.5	3.7	3.6	2.5
Longueur F1 (cm)	50	50	53	55
Longueur F2 (cm)	39	30	35	42
Nombre de feuilles par faisceau	6.0	6.1	5.8	6.4

La densité de l'herbier est considérée comme normale à bonne sur l'ensemble des 4 stations, la valeur de la densité relative à la station S1 se trouvant très proche du seuil « Normal-Bon » (correspondant à une densité de 584 faisceaux par m², pour 558 faisceaux mesurés ici).

À la limite d'un herbier de posidonies, la présence de faisceaux plagiotropes (rhizomes croissant horizontalement) est un signe de bonne santé, puisqu'elle exprime la tendance de l'herbier à coloniser (ou à recoloniser) les zones voisines. Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est moyen, les valeurs relatives aux stations S2 et S3 se trouvant très proches du seuil 'Moyen' (correspondant à un pourcentage supérieur à 11 %) pour 10 % mesurés ici).

Les déchaussements observés sur l'ensemble des stations sont en moyenne faibles, bien que les écarts types des mesures puissent être importants. La connaissance de la bathymétrie fine, acquise par les mesures géophysiques permet de suivre finement ce paramètre.

Les informations relatives à la biométrie (longueur des feuilles et nombre de feuilles par faisceau) sont très similaires d'un secteur à l'autre. Le nombre de feuilles observées par faisceau est conforme à la moyenne en Méditerranée, soit 5 à 6 feuilles par faisceau.

L'herbier de posidonies du secteur étudié est sain en bon état de vitalité.

Sur la zone d'étude, la valeur écologique, biologique et patrimoniale de l'herbier de posidonie est jugée bonne (B) d'après le document d'objectif (DOCOB) du site Natura 2000 « Corniche Varoise ».

Le niveau des risques et menaces sur cet habitat est évalué par le DOCOB comme « Très fort ».

11.2.1.1.2 Cymodocées

Un herbier de Cymodocées, dont la signature est visible sur les données acoustiques, a été observé eu travers des transects T4 et T5 et en bordure du transect T2.

L'herbier est constitué de large taches de Cymodocées de densité inhomogène. Des quadras photo ont été réalisés sur les tâches les plus denses.

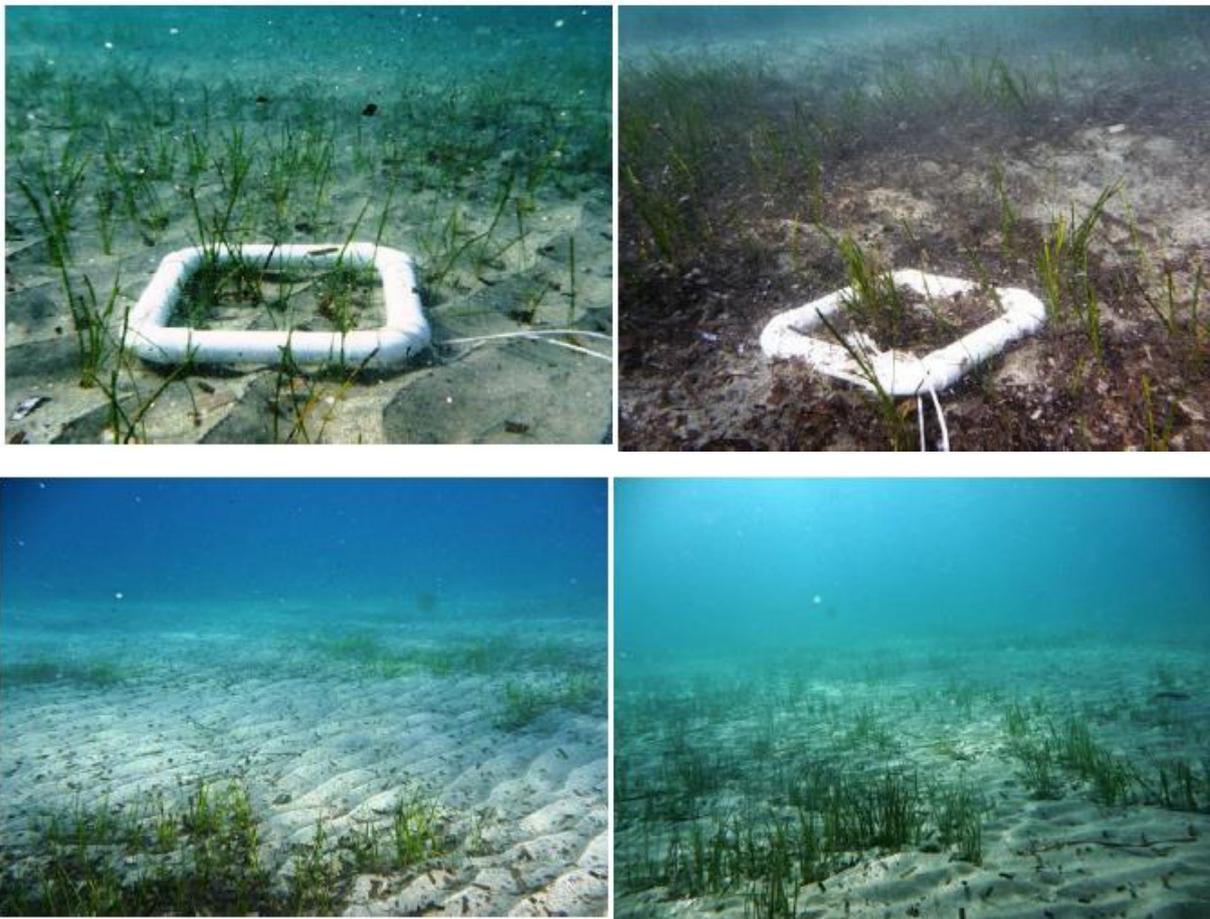


Figure 36 : Herbier de Cymodocées sur secteur de Sables Fins Bien Calibrés (SBCF)

La dynamique de l'herbier de Cymodocées est bien supérieure à celle de l'herbier de Posidonies, et est complexe en raison du nombre et de la diversité des phénomènes potentiellement impactants.

La figure suivante présente l'analyse des images historiques disponibles sous GOOGLE EARTH :

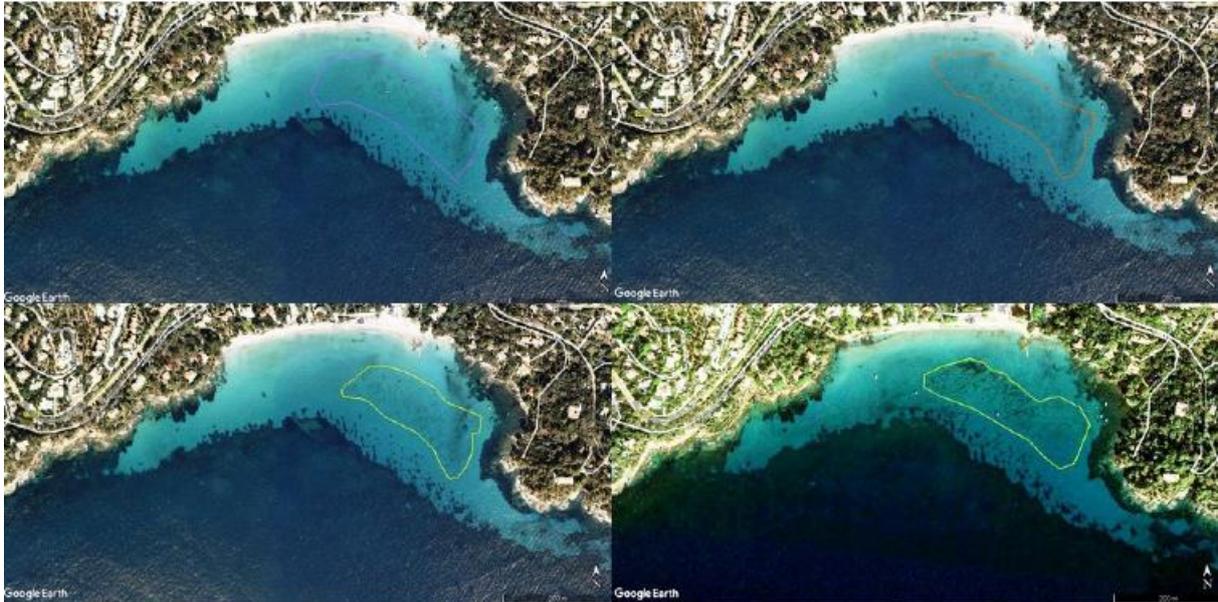


Figure 37 : Analyse de l'historique des images disponibles sous GOOGLE EARTH Emprise de l' herbier de Cymodocées En haut : Images du 16/10/2003 et du 21/08/2006 En bas : Images du 13/07/2007 et du 03/10/2018



Figure 38 : Analyse de l'historique des images disponibles sous GOOGLE EARTH Emprise de l' herbier de Cymodocées En Magenta : 16/10/2003, En Orange : 21/08/2006, En jaune : 13/07/2007, En vert : 03/10/2018

11.2.1.1.3 Résultats de la cartographie des biocénoses & Conclusions

La figure suivante présente la cartographie biocénotique obtenue sur le secteur d'étude :



Figure 39 : Cartographie des biocénoses - Novembre 2020

Cette carte met en évidence la forte représentation des trois habitats suivants :

- ▶ **SFBC Sables** fins bien calibrés & Association à *Cymodocea nodosa* sur SFBC
- ▶ **RIAP Roches** infralittorales à algues photophiles
- ▶ **Herbier de Posidonies & Association** de la matte morte de Posidonies.

Les deux autres habitats sont faiblement représentés :

- ▶ **SFHN** Sables fins de haut niveau
- ▶ **SGCF** Sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fond.

La carte inscrite au DOCOB est la suivante :

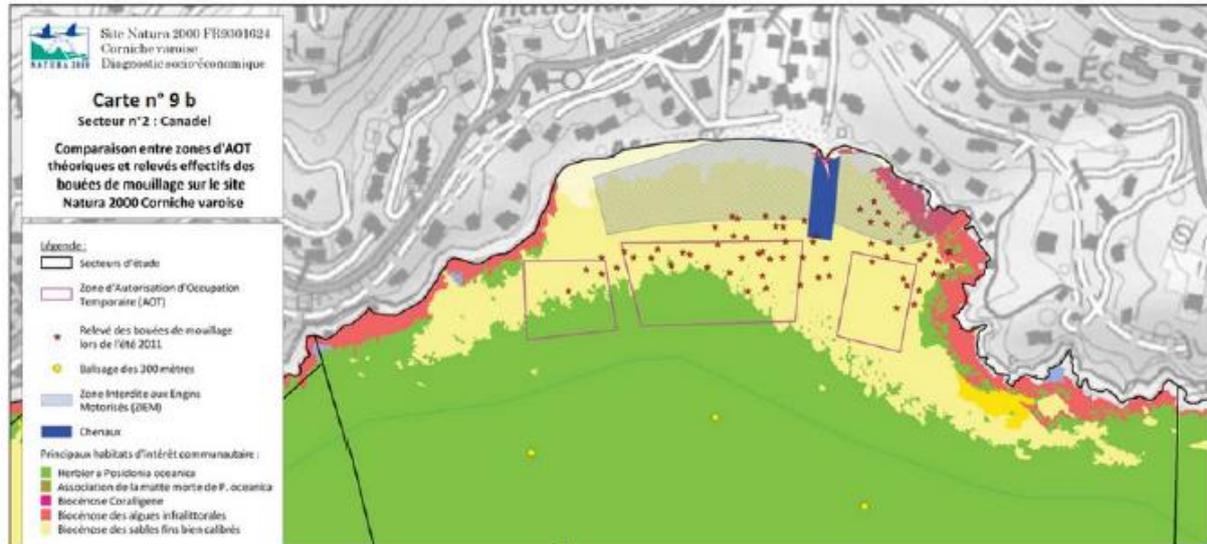


Figure 40 : Cartographie des biocénoses. Extrait du DOCOB [Sylla 2013 a]

En ce qui concerne les herbiers de Posidonies et les roches infralittorales à algues photophiles, l'actualisation de la cartographie, affine la carte mais ne met pas en évidence de changement majeur.

Le changement majeur consiste en la mise en évidence d'un herbier de Cymodocées dans la partie centrale et Est du secteur d'étude.



11.2.1.2 Espèces de vertébrés observées

Famille	Nom Commun	Genre espèce	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Apogonidae	Apogon	<i>Apogon imbertis</i>	++	++				
Atherinidae	Athérine	<i>Atherina sp.</i>	+++	+++		+++	++	+++
Blenniidae	Blennie		+	+				
Centracanthidae	Mendole	<i>Spicara maena</i>		+	+++	+		
Gobidae	Gobie svelte	<i>Gobius geniporus</i>						+
	Gobie à bouche rouge	<i>Gobius cruentatus</i>	+					
Labridae	Crénilabre ocellé	<i>Symphodus ocellatus</i>			+			
	Crénilabre méditerranéen	<i>Symphodus mediterraneus</i>	+		+			
	Crénilabre tanche - Paon	<i>Symphodus tinca</i>	++	+	+++ (J)			
	Crénilabre cendré	<i>Symphodus cinereus</i>	+	+	++			
	Crénilabre à queue noire	<i>Symphodus melacercus</i>	++	+	+			
	Crénilabre nettoyeur (Sublet)	<i>Symphodus rostratus</i>	+	+	+			
	Girelle	<i>Coris julis</i>	++	++	+++			
	Girelle paon	<i>Thalassoma pavo</i>	++	+				
Mullidae	Labre vert	<i>Labrus viridis</i>	+		+			
	Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>	+					
	Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>			++	+		+
	Mulet lippu	<i>Chelon labrossus</i>	+++	+++				
Pomacentridae	Castagnole	<i>Chromis chromis</i>	++++	++++	++++			
Serranidae	Serran écriture	<i>Serranus scriba</i>	++	++	++			
Sparidae	Bogue	<i>Boops boops</i>		+++ (J)	+++	+++	++	
	Saupe	<i>Sarpa salpa</i>	+++	+++	++			
	Oblade	<i>Oblada melanura</i>	+	+++	+++	+++		
	Sar à tête noire	<i>Diplodus vulgaris</i>	++	++	++	++		
	Sar commun	<i>Diplodus sargus</i>	++	++	++	++		
Tripterygiidae	Triptérygion jaune	<i>Tripterygion delaisi</i>	+	+				
Tripterygiidae	Triptérygion rouge	<i>Tripterygion tripteronotus</i>		+				
	Bancs d'alevins np.	Sur cymodocées					+++ (J)	++ (J)
Richesse spécifique par zone		28 espèces observées	21	20	17	7	3	4

Figure 41 : Vertébrés observés lors des plongées de vérité terrain et de mesures des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonies. Densité : + 1 ou 2 individus ++ 3 à 10 individus +++ [10 ,100] individus ++++ >100 individus (J) : Juvéniles



11.2.1.3 Espèces d'invertébrés observées

Famille	Nom Commun	Genre espèce	Remarque
Cnidaires	Anémone encroûtante jaune	<i>Parazoanthus axinellae</i>	T2
	Anémone de verre	<i>Aiptasia mutabilis</i>	T2
	Cérianthe solitaire	<i>Pachycerianthus solitarius</i>	T5
	Tomate de mer	<i>Actinia equina / mediterranea</i>	T1
Echinoderme	Etoile de mer	<i>Echinaster sepositus</i>	T3
	Oursin noir	<i>Arbacia lixula</i>	T1 – T2 - T3
	Oursin de sable		Un individu mort - Test (T3)
	Holothurie noire	<i>Holothuria forskali</i>	T1 – T3 - T2
Eponges	Eponge pierre	<i>Petrosia ficiformis</i>	T1
	Eponge orange encroûtante	<i>Crambe crambe</i>	T1 - T2
	Eponge noire	<i>Scalorispongia scalaris</i>	T1
Vers	Petite serpule	<i>Serpula vermicularis</i>	T1
	Sabelle	<i>Sabella pavonina</i>	T1 - T3
Tuniciers	Ascidie rouge	<i>Halocynthia papillosa</i>	T1 - T2
Mollusque	Nacre	<i>Pinna nobilis</i>	Espèce protégée Un seul individu mort observé (T2)

Figure 42 : Espèces d'invertébrés observées lors des plongées de reconnaissance subaquatique

11.2.2 Incidences de la mise en place des géotubes sur les biocénoses du Canadel

Les dispositifs de lestage utilisés sont adaptés au type de substrats présents dans les fonds marins. Les espèces de grandes nacres sont évitées au moment de la mise en place des tapis anti-affouillement grâce à un accompagnement par plongeur.

Durant la mise en place des tapis anti-affouillement et de la mise place des géotubes, les précautions nécessaires seront prises pour éviter toute perturbation des espèces et des habitats : accompagnement par un plongeur, mise en place d'ancrages adaptés, filets anti-MES, mesures de turbidité, etc.

La mise en œuvre de ces dispositifs aura un impact positif sur l'herbier de posidonie et les différentes espèces et habitats de la zone, car il permettra d'assurer une colonisation des différentes espèces sur ces dispositifs.

Ainsi, la mise en place de d'une butée de pied en géotube n'aura qu'un impact très limité sur les biocénoses du secteur du Canadel en période de travaux (mise en place des boudins d'ancrages) et positif à court, moyen et long terme (gestion environnementale de la zone).



12 DOCUMENT D'INCIDENCES

Il convient de préciser, à titre liminaire, que les principales incidences négatives du projet sur les différents milieux en présence (terrestres, marins, humains, paysagers) seront observées en phase de travaux, durant la période de chantier sur un temps très limité.

En phase d'exploitation, cette partie du littoral retrouvera les conditions d'exploitation balnéaire avec les avantages :

- ▶ D'une plage au trait de côte stable sur l'année ;
- ▶ D'une réduction par 4 des effets et volume liés aux jets de rive ;
- ▶ D'une pérennisation et stabilisation des ouvrages anthropiques historique de haut de plage ;
- ▶ D'une vision face la résilience climat au terme de 50 ans avec une prévision d'un retour à la profondeur de la plage actuelle au terme de 100 ans ;
- ▶ D'une stabilité des mouvements sédimentaires en petit fond valant protection ces herbiers de Cymodocées par recouvrement par du sable ;
- ▶ La mutualisation du ponton pour le débarquement (ZMEL) et pour la protection de la plage ;
- ▶ La possibilité de maintenir les banquettes de feuilles mortes de Posidonies en protection de la plage ;
- ▶ D'assurer la protection de la biocénose locale et notamment son développement par les effets cumulés de la ZMEL et de la stabilité des grains de sable par petit fon (1,50 m).

Cette partie a pour objectif de décrire et d'analyser l'ensemble des effets du projet sur l'environnement, qu'il s'agisse des effets négatifs et positifs, directs et indirects, temporaires et permanents, à court, moyen et long terme.

A cette fin, nous distinguerons :

- ▶ Les impacts en phase de travaux,
- ▶ Les impacts en phase d'exploitation.

Ces impacts sont analysés à la fois sur le milieu naturel (habitats et espèces, faune et flore) et sur le milieu humain (impacts socio-économiques, cadre de vie, sécurité, etc.).

Le tableau ci-après synthétise l'ensemble des incidences du projet sur :

- ▶ L'eau et les milieux aquatiques,
- ▶ La zone Natura 2000 de la Corniche varoise,
- ▶ Le site classé de la Corniche des Maures,
- ▶ Le Parc National de Port-Cros,
- ▶ Les ZNIEFF,
- ▶ La tortue d'Hermann,
- ▶ Le domaine du Rayol.



ZONES / SITES / PERIMETRES	CODE	NOM	INCIDENCES
Eau et milieux aquatiques	-	-	Les travaux impacteront temporairement l'eau et le milieu marin en termes de turbidité. En période d'exploitation, le projet aura un impact positif sur l'eau et le milieu marin : gestion environnementale de la zone de travaux (ramassage de divers déchets terrestres ou marins, etc.), pose des tapis anti-affouillement avant mise en œuvre des géotubes respectueux des fonds marins pour la mise en place de ces dispositifs.
Zone Natura 2000	FR9301624	Corniche varoise	Les travaux impacteront temporairement l'eau et le milieu marin en termes de turbidité. En période d'exploitation, le projet aura un impact positif sur l'eau et le milieu marin : gestion environnementale du site du fait de la butée de pied posée avec tapis anti-affouillement respectueux des fonds marins, surveillance de celle-ci.
Site classé	93C83052	Corniche des Maures	Les travaux de lutte contre l'érosion et la submersion de la plage du Canadel sont hors site classé de la Corniche des Maures.
Parc National	-	Port-Cros	Le secteur de la plage du CANADEL est situé dans l'aire d'adhésion et l'aire maritime adjacente. Dans ces secteurs, aucune contrainte réglementaire n'est applicable.
ZNIEFF	83102100 83200100	Corniche des Maures Maures	La zone de la réhabilitation de la plage du CANADEL n'est pas située dans des ZNIEFF.
Protection de la Tortue d'Hermann	-	-	Le secteur se situe en zone de sensibilité très faible.
Site du Conservatoire du littoral	-	Domaine du Rayol	Les impacts seront très limités à ceux observés sur le site classé de la Corniche des Maures.

Tableau 1 : Tableau de synthèse des incidences du projet sur les différentes zones, sites et périmètres protégés

12.1 INCIDENCE NATURA 2000

La zone de projet se situe entièrement sur le site Natura 2000 « Corniche Varoise (FR9301624), et concerne exclusivement des habitats d'intérêt communautaire : Biocénoses des sables fins de haut niveau » et « Biocénoses des sables fins bien calibrés », et « Biocénoses de Posidonies et Cymodocées ».

Le projet et les travaux n'auront pas d'incidence les « Biocénoses de Posidonies et Cymodocées » en revanche le projet aura un impact sur la biocénose des sables fins de haut niveau.

En effet selon le Diagnostic de la Société SEMANTIC 'habitat a été observé lors des transects T4, T5 et T6. **Compte tenu des observations en plongée, l'isobathe 2,5 m a été retenue comme délimitation de cet habitat.**

Peu de vie a été observée lors des transects. Ce secteur est dépourvu de végétation et de substrats rocheux, et il n'a pas été observé peu de faune vagile hormis quelques bancs d'athérines et de bogues à proximité de la plage et des secteurs rocheux.



Banc d'athérines



Fond de SFNH

Or le projet se limite à cette profondeur limite et n'aura pas d'impact ni sur la biocénose Sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fond (SGCF) très faiblement représentée sur le site d'étude ni sur la biocénose Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) qui abrite une faune diversifiée, notamment de mollusques, de polychètes, de crustacés décapodes, d'échinodermes, de poissons et qui occupe l'essentiel des surfaces de fonds meubles de l'étage infralittoral notamment par des fond de 3 mètres jusqu'en limite supérieure d'herbier.

Dans le cas présent il abrite un herbier de Cymodocées, observé eu travers des transects T4 et T5 et en bordure du transect T2.

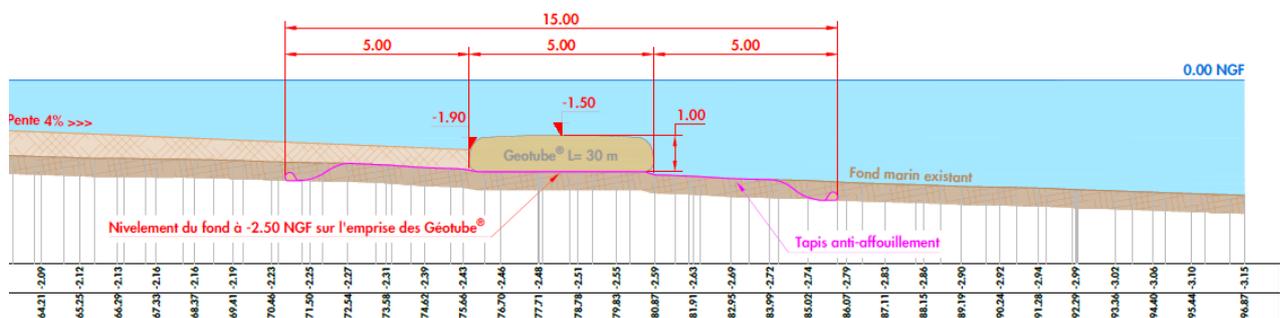


Figure 43 : Profondeur projet

Les incidences du projet sur ces zones sont présentées dans le formulaire de l'évaluation simplifiée des incidences Natura 2000 joint au présent dossier d'examen au Cas par Cas.



12.2 INCIDENCES EN PHASE TRAVAUX MILIEU TERRESTRE

12.2.1.1 Incidences sur le réseau hydrographique

Le projet de protection de la plage du Débarquement Canadel contre l'érosion et les effets de jets de rive (Submersion) **n'aura pas d'impact sur le fonctionnement normal du réseau hydrographique.**

12.2.2 Incidences sur la qualité de l'air

L'activité du chantier impliquera une augmentation de l'émission de particules fines et de gaz d'échappement (monoxyde de carbone, hydrocarbures, oxydes d'azote, etc.) durant l'ensemble de cette période. Le respect des normes de chantier, notamment sur la qualité des engins utilisés, permettra de limiter ces impacts au maximum.

Les dragages et rechargement de plage pourront mettre en suspension des particules plus ou moins fines. Compte tenu de la taille des sables qui sont rechargés, l'impact sur la qualité de l'air sera très limité et rapidement dissipé.

Concernant l'émission de gaz d'échappement, les plages sont des milieux très ouverts et il n'existe pas de risque de confinement de ces gaz. La circulation atmosphérique sera donc assurée durant la réalisation des travaux.

Les risques liés à la dégradation de la qualité de l'air sont très faibles.

12.2.3 Nuisances sonores

Le chantier engendrera des nuisances sonores liées au bruit des engins de travaux publics, à la fois pour ce qui concerne leur fonctionnement en propre et la mise en place des matériaux et des équipements.

Des habitations sont situées à proximité des zones de chantier. La population proche du site sera donc confrontée au bruit engendré par les travaux.

La réglementation définit des niveaux sonores à respecter au sein :

- ▶ Des articles R232-8-1 et R232-8-5 du Code du travail,
- ▶ Du décret n°95-408 du 18 avril 1995 modifiant le Code de la santé publique.

L'émergence maximale en limite de propriétés riveraines est la suivante :

- ▶ En période diurne (7h-22h) : 5 dbA,
- ▶ En période nocturne (22h-7h) : 3 dbA.

Les travaux respecteront les normes réglementaires de bruit à observer.

<i>Echelle indicative d'ambiances sonores</i>	
Turbo réacteur au banc d'essai	140 dBA
Atelier de chaudronnerie	110 dBA
Restaurant bruyant	80 dBA
En bordure d'une autoroute.....	80 dBA
A 30 m d'une route nationale	70 dBA
Dans une rue de desserte en ville.....	65 dBA
Conversation normale à 1 m	60 dBA
Dans une rue tranquille	50 dBA
Chambre calme	35 dBA
Studio de radiodiffusion	20 dBA

Figure 44 : Échelle d'indication d'ambiances sonores



12.2.4 Baraquement de chantier

Seront installés sur le parking, uniquement des bungalows à vocation de réfectoire et de vestiaires. Le Maître d'Ouvrage mettra à disposition les installations sanitaires existantes ainsi qu'une salle de réunion.

Les sanitaires étant reliés à un poste de relevage d'assainissement, aucun impact nouveau n'est à craindre.

Une aire d'installation de chantier sera mise à disposition par la Commune se situant à moins de 500 mètres de la zone de chantier.

La zone sera clôturée et équipée de bennes de tri des déchets.

12.2.5 Protection du domaine terrestre

Afin d'éviter une pollution des sols et des sous-sols, des eaux de surface et des eaux souterraines, les aires de chantier seront équipées des aménagements nécessaires contre la pollution des milieux précités.

Une attention particulière sera portée sur les huiles de décoffrage utilisées sur le site des travaux. Les huiles qui seront utilisées seront biodégradables et hypoallergéniques. En effet, ces dernières ne contiennent pas de Composés Organiques Volatils (COV). Par ailleurs, l'huile végétale permet de supprimer les odeurs désagréables, de diminuer le risque d'allergie et ainsi d'améliorer les conditions de travail.

Le personnel du chantier sera formé afin de limiter les quantités d'huiles utilisées.

Un bac de récupération sera installé sous les fûts d'huile en cours d'utilisation, afin de récupérer cette huile en cas d'incident.

Une attention sera également portée sur la bonne pulvérisation des huiles de décoffrage, notamment en veillant au bon entretien des pulvérisateurs et en prenant en compte le sens du vent lors de la pulvérisation, ou bien en utilisant un rouleau à huiler les coffrages qui permet d'éliminer toute émission atmosphérique.

Le dossier de consultation des entreprises privilégiera que les éléments des pontons soient fabriqués hors du périmètre du projet afin de diminuer voire réduire totalement ce type d'incidence et limite la livraison de béton prêt à l'emploi sur zone.

12.2.6 Gestion des engins de chantier

Les engins de chantier qui représentent une source potentielle de pollution, notamment en hydrocarbures et en CO₂. Ainsi, le stockage de carburant ne s'effectuera pas sur le site du chantier. Les engins de chantier seront révisés avant leur utilisation et leur système hydraulique sera inspecté régulièrement.

L'utilisation d'huiles biodégradables sera privilégiée.

Enfin, l'entretien des véhicules de chantier sera effectué en dehors de la zone de travaux, dans les ateliers de l'entreprise responsable des travaux.

Dans le cas extrême d'une immobilisation du matériel, une aire spécifique sera aménagée à cet effet, afin d'éviter tout risque de pollution du milieu marin.

12.2.7 Collecte des déchets

Durant la phase de travaux, **l'ensemble des mesures seront mises en œuvre pour la collecte, le tri, l'évacuation et le traitement des produits solides (différents déchets) et liquides (eaux de lavage, huiles usées et hydrocarbures) générés par le chantier.**



Figure 45 : Exemple de bennes destinées à accueillir les déchets de chantier

12.3 INCIDENCES EN PHASE TRAVAUX SUR LE MILIEU MARIN

12.3.1 Incidences sur l'environnement naturel marin

Les travaux nécessaires à la réalisation de la butée de pied et au rechargement de plage par l'apport de sable **peuvent provoquer la mise en suspension des sédiments du fond.**

Aussi, lors de la pose des tapis anti-affouillement pour la butée de pied, les sédiments au fond seront remués, ce qui peut créer un panache turbide dans la zone de travaux.

La protection de la zone s'effectuera grâce au déploiement d'un filet anti-MES autour de la zone de pose de la butée de pied et du rechargement de plage en enveloppement et en fonction de l'avancement des travaux (voir planches de phasage).

Cela permettra notamment de réduire le risque de dissipation du panache turbide dans l'enceinte de la plage et de ses abords. Ce filet sera maintenu quelles que soient les conditions météorologiques et remplacé en cas de détérioration.

En outre, les travaux étant réalisés à partir de moyens mécaniques, il est nécessaire de protéger le site de la pollution par hydrocarbures. Pour ce faire, un filet anti-pollution est déployé autour de la zone d'étude et les engins de chantier seront équipés de kits anti-pollution

Ces mêmes précautions seront prises pour la construction du ponton. **Le dossier de consultation des entreprise privilégiera que les éléments du pontons soient fabriqués hors du périmètre du projet afin de diminuer voire réduire totalement ce type d'incidence et limite la livraison de béton prêt à l'emploi sur zone.**

Comme présenté précédemment, le projet a été refondé pour s'assurer que les ouvrages envisagés soient à plus de 10 m de distance des espèces protégées. **En l'occurrence ici plus de 50 mètres.**

Le projet n'impactera donc pas Les herbiers en respect des recommandations de la littérature de référence.

12.3.2 Impacts sonores sur les mammifères marins

12.3.2.1 Liminaire

La zone de projet est située dans le périmètre du sanctuaire méditerranéen des mammifères marin (PELAGOS), selon le traité signé entre la France, l'Italie et Monaco février 2002. La partie française de ce sanctuaire est animée par le Parc National de Port-Cros.

Le sanctuaire PELAGOS inclut les eaux territoriales et le domaine pélagique de l'aire comprise entre le promontoire de la presqu'île de Giens et la lagune de Burano en Toscane méridionale. Il englobe les eaux bordant de nombreuses îles dont notamment la Corse et la Sardaigne, ainsi que des îles plus petites comme celles d'Hyères, de la Ligurie, de l'archipel Toscan et des Bouches de Bonifacio.



Figure 46 : Carte du périmètre du sanctuaire PELAGOS - www.sanctuaire-pelagos.org

Il s'agit d'un espace maritime de 87 500 km². Treize espèces peuvent s'observer dans le périmètre de ce sanctuaire avec 25 000 à 40 000 dauphins et 2 000 à 4 000 rorquals.



Figure 47 : Observation de Grand dauphin (*Tursiops Truncatus*) dans le périmètre du Sanctuaire Pélagos - Source : www.sanctuaire-pelagos.org

Dans un rapport sur l'impact des nuisances acoustiques sur les cétacés du Sanctuaire et de la Méditerranée Nord-occidentale (Klymene Recherche Marine, Rapport final, 16 avril 2014), le Dr Alexandre Gannier a étudié les impacts de certaines nuisances sonores sur les espèces de cétacés en Méditerranée, et notamment dans le Sanctuaire Pélagos. Parmi ces nuisances, le Dr Alexandre Gannier en identifie deux qui peuvent s'appliquer au projet de la mise en œuvre de la butée de pied et du rechargement de la plage, et préconise des mesures de mitigation :

- ▶ Le Dragage,
- ▶ Le battage de pieux.

12.3.2.2 Dragage

Il convient de préciser **qu'il n'est pas prévu de réaliser de dragages dans le cadre du projet**, qui peuvent également constituer une source de perturbation sonore des cétacés.

12.3.2.3 Le battage de pieux

Il n'est pas prévu la réalisation de battage de pieux dans le cadre du projet.

12.3.2.4 Le trafic maritime

Réalisation des travaux en dehors de la période de reproduction.

Les travaux seront réalisés en période hivernale, qui représente la période la moins sensible pour la majorité des mammifères, en termes de reproduction, de mise-bas et de déplacement des jeunes avec la mère. En effet, la période la plus sensible se situe entre les mois de juin et de septembre.

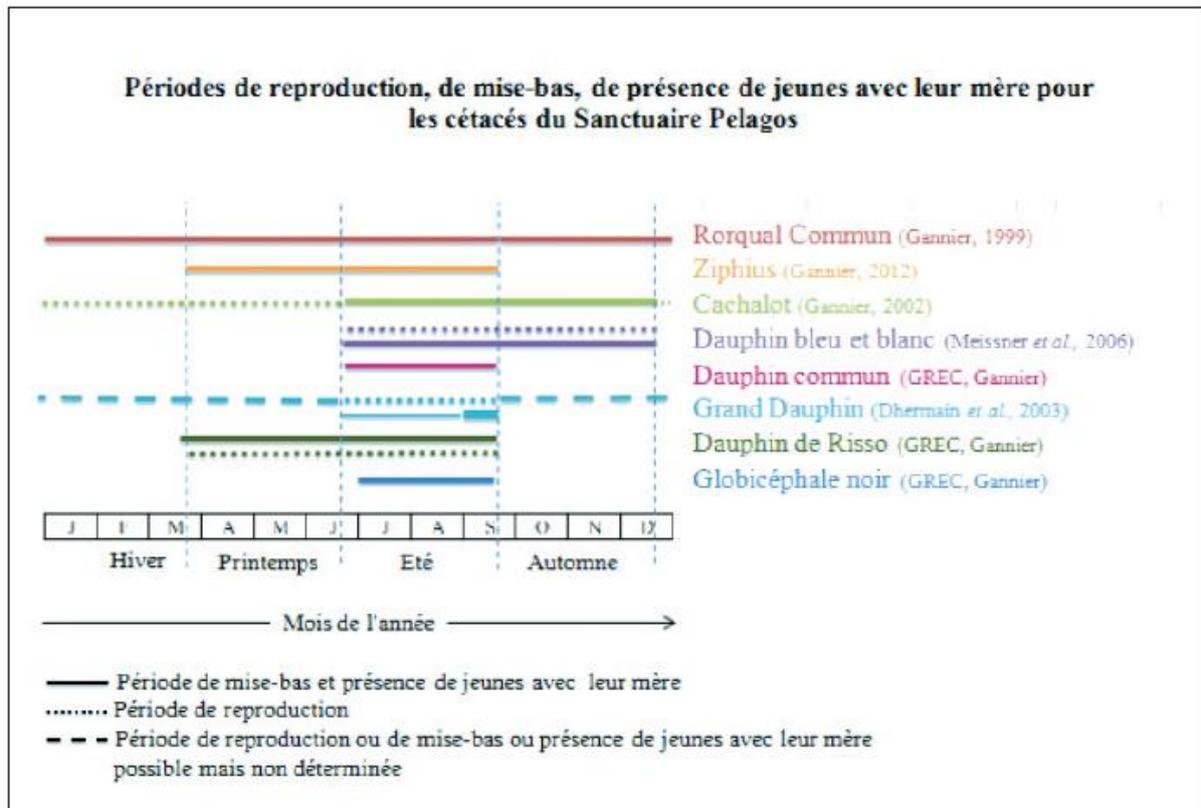


Figure 48 : Périodes de reproduction, de mise-bas, de présence des jeunes avec leur mère pour les cétacés du Sanctuaire Pélagos – Source : Guide d'évaluation pour l'autorisation d'une course d'engins nautiques dans le Sanctuaire Pélagos (Méditerranée)

Aussi considérant que :

- ▶ La hauteur d'eau à la source est très faible (3 mètres maximum) et par conséquent avec des températures élevées, la quantité d'Energie va voir sa propagation diminuer vers les masses d'eau sans obstacle et plus importantes ;
- ▶ La propagation de l'Energie acoustique passera par la barge, très conducteur, qui diffractera et diffusera en tout ou partie l'énergie sonore ;
- ▶ La distance entre les zones où sont observés les cétacés est à plus de 5, 5 milles ;
- ▶ La sensibilité des cétacés aux nuisances sonores dans la mesure où ils perçoivent les bruits, peuvent entraîner des lésions aux organes, même si elles ne sont pas perçues par le système auditif, le reste des insonifications passe par le filtre de l'appareil auditif de chaque espèce avant de produire ses effets. Les études réalisées sur l'audition des espèces et leurs vocalisations permettent de distinguer les bandes de fréquences auxquelles seront sensibles les cétacés de Méditerranée.

Espèce	Audiométrie	Répertoire	Sensibilité à basse fréquence	Sensibilité à moyenne fréquence	Sensibilité à haute fréquence	Sensibilité à très haute fréquence
Dauphin bleu et blanc	Bleu	Bleu	Bleu	Jaune	Rouge	Rouge
Dauphin commun	Bleu	Bleu	Bleu	Jaune	Rouge	Rouge
Grand dauphin	Bleu	Bleu	Bleu	Rouge	Rouge	Rouge
Dauphin de Risso	Bleu	Bleu	Bleu	Jaune	Rouge	Rouge
Globicéphale noir	Bleu	Bleu	Bleu	Rouge	Rouge	Rouge
Ziphius de Cuvier	Jaune	Bleu	Bleu	Rouge	Rouge	Rouge
Cachalot	Rouge	Bleu	Gris	Gris	Rouge	Jaune
Rorqual commun	Rouge	Bleu	Rouge	Gris	Gris	Bleu

Figure 49 : Eléments préliminaires sur les résultats et la sensibilité aux nuisances sonores des espèces focales. Code des couleurs (résultats) – Bleu : il y a des résultats précis sur l'espèce considérée - Jaune : il n'y pas de résultat sur l'espèce, mais sur une espèce voisine - Rouge : il y a peu d'éléments utilisables. Code des couleurs (sensibilités) – Bleu : faible - Jaune: moyenne - Rouge: forte - Gris : inconnu

Dans ces circonstances :

- ▶ **L'impact sonore sur les cétacés sera quasiment nul ;**
- ▶ **Et aucune mesure d'atténuation particulière ne serait requise à l'égard de la protection des poissons hormis que les travaux seront réalisés en hiver.**

12.3.3 Incidences sur le paysage

La réalisation des travaux induira un impact négatif temporaire sur le paysage avec la présence d'engins de travaux et le stockage de matériaux à terre. Néanmoins, cet impact sera limité à la période des travaux.



12.3.4 Incidences sur le milieu humain

12.3.4.1 Occupation des sols

12.3.4.1.1 Trafic routier

Les opérations de chantier entraîneront des perturbations par la circulation des engins de chantier lors de l'installation et la désinstallation du chantier, mais également par la circulation (allers et retours) des camions. **Ces opérations provoqueront une perturbation de la circulation routière, par une densification de celle-ci.**

12.3.4.1.2 Circulation piétonne

La circulation piétonne sera perturbée par l'interdiction d'accès à certaines zones sur la plage du Canadel durant les travaux. Il convient toutefois de préciser que les travaux seront réalisés pendant la période hivernale.

12.3.4.1.3 Production et rejet de déchets

Différents déchets seront produits sur le chantier (déchets ménagers et assimilés, emballages, etc.) créant ainsi un risque de dispersion des déchets dans le milieu marin. **Le tri sera réalisé sur le site du chantier et les déchets seront déposés dans des conteneurs adaptés pour en assurer la collecte et le tri postérieurement.**

12.3.4.1.4 Usages et activités socio-économiques

12.3.4.1.4.1 Plan de balisage

Le projet tient compte du plan de balisage et n'aura donc aucune incidence.

12.3.4.1.4.2 Activités balnéaires

Les travaux seront réalisés en basse saison, ce qui limite les impacts sur les activités balnéaires de la plage du Canadel. Une signalisation adéquate sera mise en place pour éviter tout accident et bien informer les usagers du site. La réalisation des travaux en période hivernale permettra de limiter l'impact sur ces activités.

12.3.4.1.4.3 Baignade et plongée

Le risque d'impact sur les activités de baignade et de plongée est la dispersion du panache de turbidité et de contaminants, dégradant la qualité des eaux de baignade.

Néanmoins, les travaux seront réalisés en basse saison, ce qui évitera les impacts sur les activités de baignade et de plongée.

L'ensemble des précautions nécessaires seront prises durant la réalisation des travaux pour éviter une telle dispersion (filets anti-MES, mesures régulières de turbidité).

12.3.4.1.5 Paysage

La présence, pendant plusieurs mois, d'engins de chantier et de matériels stockés portera une atteinte visuelle à l'aspect paysager du site. Des barges seront notamment présentes sur l'eau lors du remplissage des Géotubes®.



Figure 50 : Mise en place des Géotubes© au large de Sète (Hérault) – Source : TRASOMAR et Sète agglomération Méditerranée

Des écrans masquant les chantiers pourront être disposés afin de réduire l'impact visuel des travaux depuis la route et la promenade de la mer.

12.3.4.1.6 Patrimoine

La plage du Débarquement Canadel s'inscrit dans un site patrimonial remarquable, la Corniche varoise. **La réalisation des travaux dans ce site portera une atteinte temporaire à la qualité du site (bruit, turbidité, vibrations).** Néanmoins, les précautions qui seront prises durant la phase de chantier (respect des normes et réglementations, suivi de la turbidité, filets anti-MES, etc.) permettront de limiter au maximum les impacts négatifs sur le site.

12.3.4.2 Volet sanitaire

12.3.4.2.1 Méthodologie et contexte réglementaire

La prise en compte de la santé dans les études d'impact sur l'environnement a été introduite en France par la loi 96-1236 du 30 décembre 1996, sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), qui impose d'évaluer les effets d'un projet sur l'environnement mais également sur la santé humaine (article 19).

La démarche suivie et présentée dans les paragraphes ci-après s'appuie sur la méthodologie de référence de la Circulaire DGS n°2001-185 du 11 avril 2001 relative à l'analyse des effets sur la santé dans les études d'impact et sur le Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact réalisé par l'Institut de Veille Sanitaire.

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) a pour objectif de qualifier et de quantifier, en fonction des connaissances scientifiques actuelles et des données disponibles, les risques potentiels sur la santé humaine liés aux travaux de réaménagement des plages du Canadel.

Ainsi, l'évaluation s'appuie sur l'identification des dangers en relation avec la toxicité des composés émis sur de longues périodes (exposition chronique à sub-chronique) ainsi que sur les effets de toxicité aiguë. Les effets décrits dans les paragraphes ci-après sont donc les effets potentiels résultant de la phase chantier et d'un fonctionnement normal des installations.



Conformément aux textes et document précités, l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) s'organise de la manière suivante :

- ▶ Identification des dangers,
- ▶ Définition des relations dose-réponse,
- ▶ Évaluation de l'exposition des populations,
- ▶ Caractérisation des risques sanitaires.

12.3.4.2.1.1 Identification des dangers

Au regard des éléments précédemment évoqués, les incidences potentielles des travaux au niveau de la plage du Canadel, sur la santé peuvent être :

- ▶ Une gêne et un stress liés aux nuisances sonores ;
- ▶ Une contamination du milieu marin pouvant présenter un risque direct lors des activités de baignade.

12.3.4.2.1.2 Définition des relations dose-réponse

La relation dose-réponse établit le lien entre la dose substance mise en contact avec l'organe du corps humain et l'occurrence d'un effet toxique jugé critique. Les relations entre la dose et la réponse (l'effet lui-même pour les premiers ou la probabilité d'effet pour les seconds) peuvent s'exprimer par des indices toxicologiques, regroupés sous le terme générique de Valeur Toxicologique de Référence (VTR).

Deux catégories de relation dose-réponse sont considérées :

- ▶ Les effets à seuil : les effets ne surviennent que si la dose est atteinte ou dépassée ;
- ▶ Les effets sans seuils caractéristiques des substances cancérigènes : les effets apparaissent quelle que soit la dose, avec une probabilité plus ou moins grande.

12.3.4.2.1.3 Qualité de l'air

Les engins de travaux émettent du CO₂ (CAS : 124-38-9) qui est un gaz à effet de serre participant au réchauffement climatique. Chaque jour, une personne respire plus de 700g (>35l) de CO₂, en moyenne. La proportion volumique du CO₂ de l'air expiré est d'environ 4%.

En inspirant, l'humain tolère jusqu'à 2,5% en volume, pendant plusieurs heures, sans conséquences dommageables. La toxicité chronique du CO₂ se manifeste par une légère modification du pH sanguin, une augmentation de la ventilation pulmonaire, de la fatigue, un manque de dynamisme.

Ce gaz n'est pas classé « Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique » (CMR). Il n'existe pas de VTR disponibles pour le CO₂ pour une exposition chronique à faible dose.

Dans certains pays, des valeurs limites indicatives de moyenne d'exposition pondérée (8h/jour, 40h/semaine) et des valeurs limites indicatives d'exposition à court terme (environ 15 minutes) dans l'air des locaux professionnels ont été fixées pour le CO₂ :

- ▶ **Aux Etats-Unis par l'ACGIH** : 5 000 ppm (TLV¹-TWA²) et 30 000 ppm (TLV-STEL³) ;
- ▶ **En Allemagne (valeurs MAK⁴)** : 5 000 ppm soit 9 100 mg/m³.

¹ TLV : Valeur limite d'exposition

² TWA : Moyenne pondérée dans le temps

³ STEL : Limite d'exposition de courte durée

⁴ MAK : Maximale Arbeitsplatz Konzentration



Conformément à la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, lorsqu'aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique dans les 9 bases de données nationales ou internationales (ANSES, US-EPA, ATSDR, OMS, IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA), une quantification des risques n'est pas envisageable, même si des données d'exposition sont disponibles.

12.3.4.2.1.4 Nuisances sonores

Le Code du travail (articles R4431-1 à R4431-4) protège les travailleurs exposés. Les exigences de la réglementation varient en fonction des niveaux d'exposition : le dépassement de certains seuils déclenche une série d'actions à mettre en œuvre par le chef d'entreprise. L'exposition est évaluée à partir de deux paramètres :

- ▶ L'exposition moyenne quotidienne (sur 8 heures : notée Lex,8h) ;
- ▶ L'exposition instantanée aux bruits très courts (niveau crête : noté Lp,c).

Chacun de ces paramètres est comparé à 3 seuils :

- ▶ Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action (VAI) : c'est le seuil le plus bas permettant de déclencher des actions de prévention ;
- ▶ Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action (VAS) : c'est le deuxième seuil à partir duquel des actions correctives doivent être mises en œuvre ;
- ▶ Valeur limite d'exposition (VLE) : ce troisième seuil ne doit pas être dépassé.

Source : INRS

SEUILS	PARAMÈTRES	RÉGLEMENTATION
Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action (VAI)	Exposition moyenne (Lex,8h)	80 dB(A)
	Niveau de crête (Lp,c)	135 dB(C)
Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action (VAS)	Exposition moyenne (Lex,8h)	85 dB(A)
	Niveau de crête (Lp,c)	137 dB(C)
Valeur limite d'exposition (VLE*)	Exposition moyenne (Lex,8h)	87 dB(A)
	Niveau de crête (Lp,c)	140 dB(C)

Tableau 2 : Valeurs seuils pour chacun des deux paramètres d'exposition – Source : INRS



NIVEAU D'EXPOSITION	EXIGENCE
Quel que soit le niveau	<ul style="list-style-type: none">Évaluation du risqueSuppression ou réduction au minimum du risque, en particulier à la sourceConsultation et participation des travailleurs pour l'évaluation des risques, les mesures de réduction, le choix des protecteurs individuels contre le bruit (PICB)Bruit dans les locaux de repos à un niveau compatible avec leur destination
Au-dessus de la valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action (VAI) Lex, (8h) ≥ 80 dB(A) ou Lp,c ≥ 135 dB(C)	<ul style="list-style-type: none">Mise à disposition des PICBInformation et formation des travailleurs sur les risques et les résultats de leur évaluation, les PICB, la surveillance de la santéExamen audiométrique préventif proposé
Au-dessus de la valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action (VAS) Lex, (8h) ≥ 85 dB(A) ou Lp,c ≥ 137 dB(C)	<ul style="list-style-type: none">Mise en œuvre d'un programme de mesures de réduction d'exposition au bruitSignalisation des endroits concernés (bruyants) et limitation d'accèsContrôle de l'utilisation effective des PICBContrôle de l'ouïe
Au-dessus de la valeur limite d'exposition (VLE) (compte tenu de l'atténuation du PICB) Lex, (8h) 87 dB(A) et Lp,c 140 dB(C)	A ne dépasser en aucun cas ; mesures de réduction d'exposition sonore immédiates

Tableau 3 : Actions requises en cas de dépassement des paramètres – Source : INRS

Un niveau sonore supérieur à 85 dB(A) engendre des sensations pénibles pour l'homme. Les bruits peuvent être nocifs et entraîner des conséquences physiques et psychiques :

- ▶ Perturbation du sommeil, difficulté à se concentrer, stress, irritabilité, fatigue ;
- ▶ Perturbation du système de régulation cardio-vasculaire (tension artérielle, rythme cardiaque) pour des sons compris entre 65 et 70 d(B)A ;
- ▶ Autres troubles (céphalées, nausées, vertiges, réduction de la capacité auditive voire surdité, etc.).

12.3.4.2.1.5 Exposition des populations

Les dangers pour la population sont les substances toxiques qui sont émises par les activités du site et rejetées à l'extérieur de ce site où se trouvent les populations concernées par le biais de divers milieux : eau, air, sol.



Dans le cas de la réalisation des travaux au niveau de la plage du Canadel, les voies d'exposition de la population retenues sont les suivantes :

- ▶ La voie respiratoire en cas de dégradation de la qualité de l'air ;
- ▶ L'audition par la production de nuisances sonores (chantier) ;
- ▶ La voie cutanée en cas de contamination des eaux de baignade ;
- ▶ La voie orale en cas de contamination des milieux marins (produits de la mer).

Les populations concernées sont les résidents, les usagers, les commerçants, les professionnels et les baigneurs.

12.3.4.2.2 Évaluation des risques

Deux types de populations seront concernés par l'impact du chantier de travaux publics du Canadel :

- ▶ Les riverains,
- ▶ Le personnel du chantier.

12.3.4.2.2.1 Qualité de l'air

Les gaz d'échappement des engins de chantier présentent la principale source de pollution atmosphérique sur le chantier. Les travaux seront effectués par voie terrestre et par barge.

Compte tenu du milieu ouvert que représente la plage du Canadel, il n'existe pas de risque de confinement de gaz. Le respect des normes de chantier en matière de qualité de l'air et d'entretien des engins permettront de limiter au maximum les impacts.

En conclusion, les risques sanitaires liés aux émanations et odeurs apparaissent faibles.

12.3.4.2.2.2 Nuisances sonores

Les réglementations en termes de bruit seront respectées sur le chantier (Code du travail notamment).

12.3.4.2.2.3 Contamination du milieu marin

La mise en place des géotubes et le rechargement auront pour conséquence de mettre en suspension les sédiments. La turbidité au niveau du site sera donc modifiée. À ce titre, des filets géotextiles anti-MES permettront d'éviter la diffusion du panache. Par ailleurs des mesures de turbidité seront réalisées régulièrement durant le chantier.

Le risque de contamination sera donc faible.

12.3.4.2.3 Conclusion

Durant la phase de travaux, le projet présente un faible risque sanitaire de contamination des différentes populations concernées, à la fois au regard de la qualité de l'air, des nuisances sonores et de la contamination du milieu marin. En effet, les travaux seront réalisés en basse saison.



12.4 INCIDENCES EN PHASE EXPLOITATION

12.4.1 Milieu terrestre

12.4.1.1 Hydrographie

En phase d'exploitation, et une fois les ouvrages mis en place, le projet n'aura pas d'impact sur le bon fonctionnement du réseau hydrographique. En effet, le site d'étude ne concerne et n'impacte que le milieu naturel marin.

12.4.1.2 Impacts sonore

Une fois les ouvrages de lutte contre l'érosion mis en place, **le projet n'engendrera aucune nuisance sonore et permettra de diminuer le bruit des vagues en pied des ouvrages anthropiques de haut de plage.**

12.4.1.3 Jets de rives et submersion

Une fois les ouvrages de lutte contre l'érosion mis en place les effets de jets de rives et de submersion **seront diminués de ceux qui sont observés actuellement.**

Ainsi l'action positive du projet se traduit par :

- ▶ **Une plage au trait de côte stable sur l'année ;**
- ▶ **Une réduction par un facteur de 4 des effets et volume liés aux jets de rive ;**
- ▶ Une pérennisation et stabilisation des ouvrages anthropiques historique de haut de plage ;
- ▶ Une vision face la **résilience climat au terme de 50 ans avec une prévision d'un retour à la profondeur de la plage actuelle au terme de 100 ans ;**
- ▶ **Une stabilité des mouvements sédimentaires en petit fond** valant protection ces herbiers de Cymodocées par recouvrement par du sable.

12.4.2 Milieu marin

12.4.2.1 Impacts directs des aménagements sur l'environnement

Les ouvrages immergés qui seront mis en place créeront un effet d'attraction sur la faune mobile environnante. Dans un deuxième temps, la colonisation progressive des structures par les organismes arrivant par dérive, fixation des larves, reproduction, conduira à augmenter considérablement la productivité biologique, la diversité et la densité des organismes.

C'est tout un nouvel écosystème qui se mettra progressivement en place, avec des supports de fixation, et des zones d'alimentation pour quantité d'espèces habituellement rencontrées sur les petits fonds rocheux. Ces habitats sont particulièrement menacés par les aménagements humains du littoral, et par la surpêche.

Par ailleurs, la qualité du site, à forte valeur patrimoniale de la Corniche varoise, favorisera la colonisation de la butée de pied par les espèces de faune et de flore. Pour exemple, les photographies ci-dessous représentent la colonisation des Géotubes® mis en place au niveau du Lido de Sète. Bien n'étant pas implantés dans une zone particulièrement favorable à la colonisation par les espèces, les Géotubes® ont été colonisés en deux ans.



Figure 51 : Colonisation des Géotubes® mis en place au niveau du Lido de Sète par une espèce de céphalopode

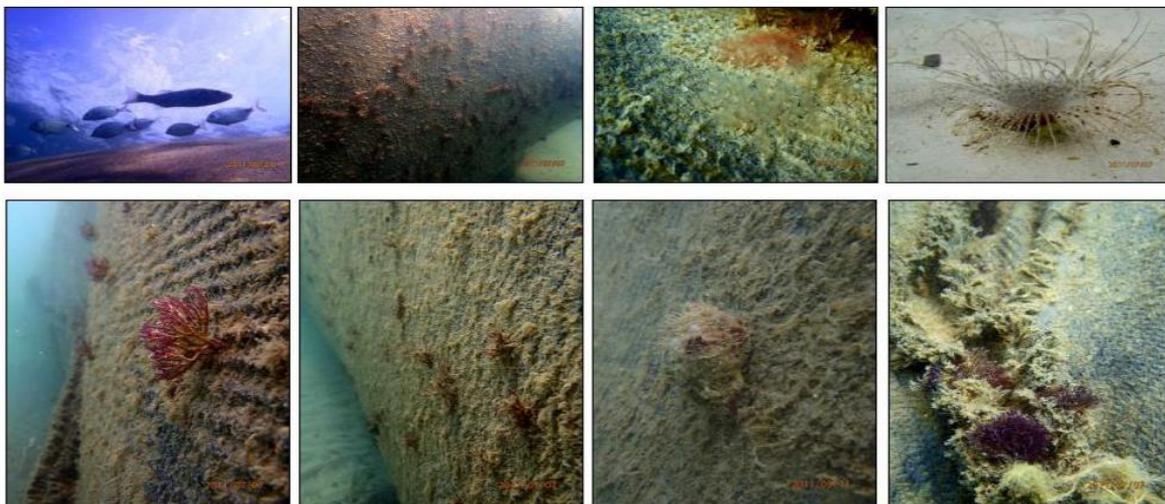


Figure 52 : Colonisation des Géotubes® mis en place au niveau du Lido de Sète par les espèces de faune et de flore

Par ailleurs, Le DOCOB précise en page 45, tome 1 :

« Les plages du Rayol et du Canadel présentent également une érosion plus ou moins marquée sur leur partie Est, liée à une forte sensibilité aux houles Sud-Ouest. La fragilité de ces plages réside essentiellement dans la faiblesse de la largeur de plage émergée. Ces plages de poche adossées à la Corniche des Maures, ne résistent pas ou mal aux tempêtes ».



Les études qui ont été réalisées (diagnostic sédimentaire, études de courantologie et sédimentologie) ont confirmé cette importante érosion par effet de submersion au fil des ans, notamment due à la construction d'ouvrages en bord de plage, au déficit sédimentaire de la zone et à la hausse du niveau marin.

Les SFBC jouent un rôle de protection de maintien des plages. Sur le secteur du Canadel, les études ont montré que les sédiments sont hors de portés du projet. Et aussi que la dynamique sédimentaire se limitera aux petits fonds de 2 mètres et n'impactera donc pas la biocénose SFBC.

12.4.2.2 Risque de confinement des eaux

La mise en place d'ouvrages immergés quasiment parallèles à la plage ne contribuera à un certain confinement des eaux ainsi un risque de **dégradation de la qualité des eaux n'est pas envisageable.**

12.4.2.3 Impact des aménagements sur les mattes de Posidonies

La constitution de la butée de pied entre le large produisant les herbiers de posidonie et la plage est n'est pas susceptible d'engendrer un déficit d'approvisionnement du rivage en feuilles mortes de Posidonies, et donc une réduction de la capacité de protection naturelle de la plage par les banquettes de Posidonies.

Les feuilles mortes sont généralement transportées par les courants en pleine eau en surface alors que le niveau haut de la butée de pied est à 1,50 mètres sous l'eau . Elles continueront alors leur rôle de protection du littoral et de chaînes alimentaires des écosystèmes littoraux.

12.4.2.4 Impact sur les herbiers de Posidonies et de Cymodocées

L'implantation des ouvrages a été étudiée de manière qu'ils soient situés à plus de 10 mètres des herbiers, conformément à la distance recommandée par l'IFREMER⁵. **Ainsi, le risque de provoquer des déchaussements ou des ensablements des mattes, consécutifs à la modification locale des transits, est jugé nul.**

⁵ *Préservation et conservation des herbiers à posidonia oceanica*, BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E., DIVIACCO G., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARITINI C., RUITTON S., TUNESI L., 2006, RAMOGE pub : 1-202, N°ISBN2-905540-30-3, Ouvrage réalisé dans le cadre de l'accord RAMOGE entre la France l'Italie et Monaco, financé par RAMOGE et le Conseil Régional PACA, et coordonné par le GIS POSIDONIE (Paragraphe 7.3.2. Distance minimale entre un enrochement artificiel et l'herbier, page 80) ; *Manuel de gestion des impacts sur les herbiers à posidonia oceanica, confrontation des approches des méthodes de gestion entre les régions Ligure, PACA et Corse, Programme INTERREG III B « Posidonia », ARPAL, MEDOCC, FEDER, 2007 (Page 32).*



12.4.2.5 Hydrodynamisme

Le tableau suivant présente les différents impacts (positifs et négatifs) du projet sur l'hydrodynamisme dans la zone d'étude, en phase d'exploitation, vis-à-vis des solutions apportées le projet pour éviter au maximum les perturbations.

Tableau 4 : Impacts du projet sur l'hydrodynamisme de la zone d'étude, en phase d'exploitation

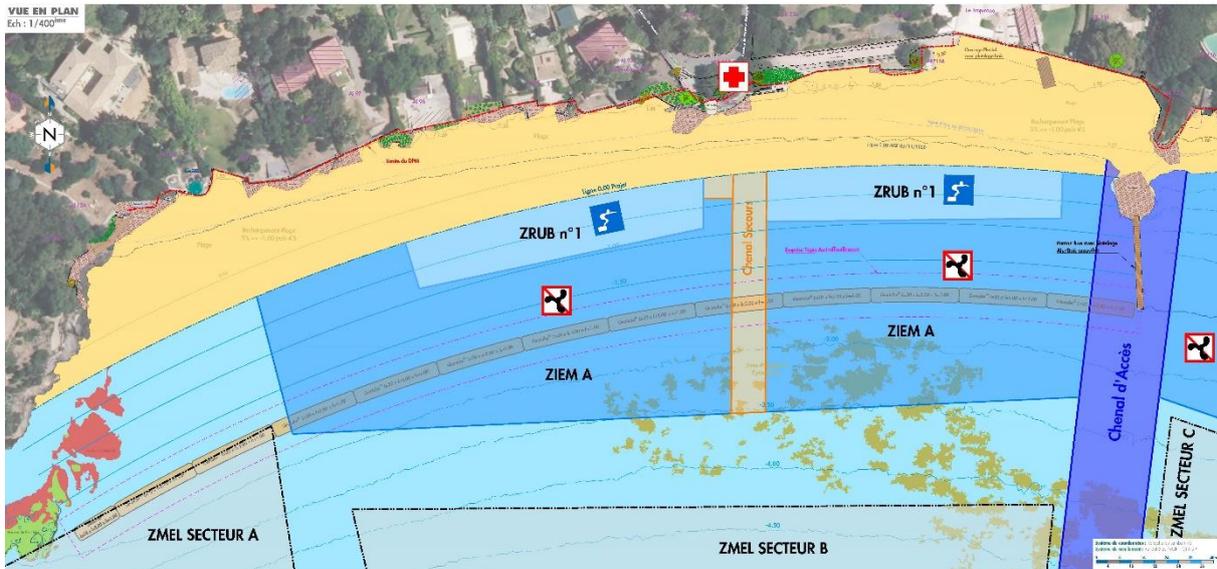
IMPACT POSITIF	IMPACT NÉGATIF	SOLUTION APPORTÉE
Atténuation de la houle incidente Modification de l'intensité des courants parallèles au profil de plage à long terme Limitation du recouvrement des herbiers par la diminution du transit sédimentaire en bord de plage	Modification de la morphologie/topographie du site	Extrémités Est et Ouest des plages de type rocheuses donc non impactées par l'accélération du courant Niveau de l'arase de la butée de pied laissant libre circulation des feuilles mortes de Posidonies Stabilisation du trait de côte au terme de 50 ans et retour à la situation actuelle au terme des 100 ans Le combiné butée de pied et rechargement de plage restreint un emportement des sables dans une faible profondeur 1,50/2 mètres. : Stabilité des sédiments et protection des herbiers du recouvrement par des sédiments
Élargissement des plages Création d'une zone de déferlement entre les vagues et les infrastructures, génération dunaire	Diminution de la surface d'eau	Limitation des effets de jets de rives et de submersions sur les activités de sous concessions et des ouvrages anthropiques des hauts de plage.

12.4.3 Milieu humain

12.4.3.1 Aspects socio-économiques

12.4.3.1.1 Zone de mouillage

Le projet a été conçu pour respecter l'activité de la zone de mouillage organisé et d'équipement léger sur consenties par l'État tout comme l'activité liée au ponton. **Ce projet n'impacte donc pas ces activités.**



12.4.3.1.2 Activités balnéaires

Les activités balnéaires pourront se dérouler normalement en phase d'exploitation du projet, celui-ci n'engendrera pas d'impacts négatifs.

12.4.3.1.3 Baignade et plongée

Les ouvrages immergés ne présentent pas de risques pour les baigneurs et les plongeurs.

12.4.3.2 Paysage et patrimoine

12.4.3.2.1 Paysage

12.4.3.2.1.1 Butée de pied et rechargement de plage

En période d'exploitation, les incidences de la butée de pied sur le paysage seront les mêmes qu'actuellement, c'est-à-dire qu'elles seront très limitées, l'ouvrage étant immergé. Depuis la terre, la butée de pied est quasiment invisible car elle va se fondre rapidement au cœur de fond sableux du fait de sa texture.

Elle sera uniquement visible, en partie, depuis le ciel, comme on pourra l'observer sur les vues aériennes. Le paysage sous-marin, quant à lui, ne sera que partiellement modifié par rapport à l'existant, du fait de l'aménagement de la butée de pied qui servira d'habitat futur à la faune et à la flore environnante.

D'un point de vue terrestre, la butée de pied ayant une couleur plutôt sombre, elle sera repérable par la masse qu'elle composera en forme de récifs devant la plage.

Au fil du temps, la butée de pied sera colonisée par les espèces de flore qui se fixeront sur les fibres des enveloppes. Ces espèces pourront modifier sa couleur.



Figure 53 : Colonisation des Géotubes© à Sète dans l'Hérault – Source : TRASOMAR et Sète agglomération Méditerranée

D'un point de vue hors d'eau, la butée de pied aura donc un impact limité sur le paysage terrestre. Par ailleurs, leur teinte plus foncée s'accordera avec la présence des herbiers de posidonie plus au large.

Le rechargement de plage et la présence de la butée de pied participeront à la reformation d'une bande de sable. Le paysage hors d'eau sera donc également modifié par la présence d'une nouvelle bande de plage.

La plage présentera visuellement un espace plus vaste.

12.4.3.2.1.2 Ponton

Le Rayol-Canadel-sur-Mer est une commune littorale du département du Var. Sa position géographique littorale entre les communes du Lavandou et de Cavalaire-sur-Mer, son relief, son climat et son environnement, en font une commune d'exception.

La commune fait partie intégrante de l'entité géographique du massif des Maures. Les crêtes méridionales du Massif des Maures dominent majestueusement la mer de 300 à 500 mètres. Sur ces versants souvent abrupts, coupés de multiples vallons, s'étend une belle végétation méditerranéenne.

Le massif des Maures dépasse légèrement trente kilomètres dans sa partie la plus large, et son point culminant se trouve à 780m au niveau de Notre-Dame des Anges. A son extrémité Sud-Ouest, il est bordé par la plaine alluviale du Gapeau et à son extrémité Nord-Est, la plaine de l'Argens le sépare du Massif de l'Estérel.



Figure 54 : De gauche à droite : Les massifs des Maures sur la commune du Rayol et le littoral du massif des Maures – Source : Rapport de présentation du Plan Local d'Urbanisme, sdp conseils, février 2016

Historiquement, la plage du Débarquement Canadel dispose d'un ponton sur son versant Est. Celui-ci sera repositionné avec un angle légèrement différents pour cumuler les fonctions de ponton et de butée latérale de la plage.

Cet appontement d'une longueur de 32 mètres et d'une largeur de 2 mètres (voir caractéristiques chapitre 8.4) sera installé en période d'exploitation de la ZMEL du Canadel (d'avril à septembre) et retiré en période hivernale.

La conception du ponton est adaptée à la ligne de côte future, lié au présent projet de lutte contre l'érosion et la submersion. Elle est adaptée afin d'atteindre un tirant d'eau en eau basse de 1,10 mètre avec un mode de fondation capable de supporter les phénomènes d'accrétion et d'érosion naturels en fonction des conditions océanographiques de la zone.

Par soucis d'homogénéité, sa conception sera identique à celle acceptée par l'Unité Départementales de l'Architecture et du Patrimoine du Var.



Figure 55 : Vue rapprochée de la plage Ouest du Rayol sans ponton



Figure 56 : Vue rapprochée de la plage Ouest avec ponton*Figure 57 : Insertion ponton plage du Rayol*

L'impact paysager sera donc quasiment nul.

12.4.3.2 Patrimoine

Le projet permettra de mettre en valeur le patrimoine riche et diversifié de la Corniche varoise. En effet, les structures permettront une colonisation par la faune et la flore marine. Une véritable trame bleue sera créée favorisant le développement des habitats et des espèces actuellement présents sur la zone.

Le projet aura donc un véritable impact positif sur le patrimoine du site.

Aussi il pérennise l'espace émergé « plage de poche » en le sauvant des effets de jets e rives, de submersion et d'érosion tout comme les ouvrages anthropiques de haut de plage et les installations des activités balnéaires

12.4.3.3 Volet sanitaire

Durant phase d'exploitation, le projet n'engendrera pas de risque pour les usagers. En effet, il n'est pas de nature à dégrader la qualité de l'air, à engendrer des nuisances sonores ou à présenter un risque de contamination du milieu marin.

Une fois les ouvrages en place, la plage du débarquement du Canadel retrouvera son usage normal, ainsi que la plage et ses différentes portions.



13 MESURES D'ÉVITEMENT, DE RÉDUCTION ET DE COMPENSATION

13.1 MESURES D'ÉVITEMENT

Aucune mesure d'évitement n'est proposée car la réalisation des travaux de la butée de pied et le rechargement de la plage sont dans une zone située en dehors des herbiers de Posidonies. En effet, les travaux consistent à préserver le trait de côte de l'érosion et de la submersion présentant un état de dégradation de la plage alarmant pour la sécurité des biens et des personnes. Ainsi, l'implantation de la butée de pied sera positionnée pour ne pas porter atteinte aux biocénoses Herbiers, et sable.

13.2 MESURES DE RÉDUCTION

Outre les mesures présentées dans les chapitres précédents de description des incidences du projet sur les milieux, les mesures présentées dans les paragraphes suivants seront mises en œuvre.

13.2.1 Mesures de turbidité

La turbidité exprime la transparence du milieu, c'est-à-dire la pénétration de la lumière dans ce milieu. Elle donne une mesure de la charge en matières en suspension dans l'eau.

Afin de prévenir les impacts environnementaux, un suivi de la qualité des eaux, donc de la turbidité, sera effectué, durant toute la durée des travaux, ceux-ci étant susceptibles, au même titre que l'opération de mise en place de la conduite et de son ancrage, de mettre des matériaux en suspension lors de ces phases.

En effet, 15 jours avant la période des travaux, des mesures quotidiennes en matières en suspension (MES) seront réalisés dans le but de connaître les valeurs de référence.

Pendant les travaux, 3 mesures en MES sont effectuées par jour dont une à proximité de la zone des travaux et deux plus loin à l'aide d'un turbidimètre. Elles seront comparées aux valeurs de référence.

Les valeurs de référence seront mises à jour régulièrement à partir de relevés et prélèvements éloignés dans des zones non perturbées. L'étalonnage du turbidimètre permet de relier la mesure de turbidité à la teneur en MES.

Si un panache de turbidité est observé au-delà du filet, une mesure MES est réalisée.

Le seuil d'alerte est atteint pour une augmentation de 20% par rapport aux valeurs de référence, proche de la zone des travaux.

Si ce seuil d'alerte est dépassé, un dispositif de confinement est mis en place (rideau anti-MES autour de la zone concernée). De plus, les travaux sont arrêtés temporairement jusqu'au retour à des valeurs en MES comparables aux valeurs de référence.

Lorsque les travaux reprennent, des mesures régulières en MES sont réalisées afin de s'assurer de l'efficacité du dispositif de confinement.

La combinaison de l'ensemble de ces mesures permettra d'éviter et de réduire les risques de dispersion d'un panache de turbidité.

13.2.2 Filet anti-MES

Un filet anti-MES est un rideau en géotextile imperméable maintenu à la verticale à l'aide de flotteurs en surface et de corps morts et d'une chaîne de lestes au fond. De cette façon les sédiments en suspension sont maintenus dans une zone restreinte, cela évite qu'un panache turbide ne se dissipe.



Figure 58 : Représentation d'un filet anti-pollution

13.2.3 Pollution accidentelle

Lors des travaux, des fuites de fluides propres aux engins et outillages utilisés sont possibles :

- ▶ Fuite de carburant,
- ▶ Eaux de fond de cale polluées par de l'huile et/ou du carburant.

Les réservoirs de carburant seront dans des coffres étanches. Les moteurs seront révisés et contrôlés régulièrement.

Toutefois, si une pollution d'hydrocarbures ou d'huile devait se produire, elle serait très vite détectée par l'apparition d'un voile irisé, visible à la surface.

L'entreprise mettra en œuvre un barrage absorbant en cas de fuite, ainsi que l'ensemble des équipements nécessaires pour circonscrire la cause de la pollution avant de continuer le chantier.

Les impacts liés à des fuites accidentelles sont peu probables puisque des mesures préventives sont mises en place.



Figure 59 : Barrage et kits anti-pollution



13.3 MESURES DE COMPENSATION

13.3.1 Mesures en phase de travaux

13.3.1.1 Mesures d'atténuation en faveur du milieu naturel

13.3.1.1.1 Planning d'intervention

La période de travaux aura lieu en grande partie en dehors du calendrier de sensibilité des espèces présentes qui s'étend de septembre à mars. En effet, le chantier s'échelonnait de novembre à mars.

13.3.1.1.2 Mise en défens des zones sensibles

Comme vu par ailleurs le projet prévoit le maintien des banquettes de feuilles de posidonie mortes qui favorise le maintien.

13.3.2 Mesures en phase d'exploitation

13.3.2.1 Entretien

Le ponton sera pourvu de protection cathodique, ce qui limite l'entretien des structures. Aussi, seul le platelage pourra être entretenu sur des périodes annuelles. C'est à ce titre qu'il a été prévu de mettre en œuvre un matériau de type Ecobois en résine sans entretien.

13.3.3 Comptabilité du projet avec le SDAGE RM 2016-2021

Le SDAGE 2016-2021 fixe les grandes orientations pour une bonne gestion de l'eau et des milieux aquatiques dans les bassins versants du Rhône, de ses affluents et des fleuves côtiers méditerranéens qui forment le grand bassin Rhône-Méditerranée.

Le projet de lutte contre l'érosion et de la submersion par la pose d'une butée de pied et du rechargement de la plage du Canadel, est compatible avec les 9 orientations fondamentales du SADGE 2016-2021.

13.4 CONCLUSIONS ET RAISONS POUR LESQUELLES LE PROJET A ETE RETENU

Au vu du contexte actuel et de l'état de détérioration de la plage du Canadel, liée à ses activités balnéaires, véritable poumon de l'énergie touristique de la commune du RAYOL-CANADEL, Le projet est à considérer comme une opportunité pour remodeler le trait de côte sur un site exceptionnel en garantissant une protection sur la faune et la flore en préservant et évitant les espèces protégés.)

Les effets du projet sur l'environnement seront globalement très positifs notamment par sa conception qui prend en compte :

- ▶ **Le maintien d'un trait de côte stable sur l'année ;**
- ▶ **Une réduction par un facteur de 4 des effets et volume liés au jets de rive ;**
- ▶ **Une pérennisation et stabilisation des ouvrages anthropiques** historique de haut de plage ;
- ▶ Une vision face la **résilience climat au terme de 50 ans avec une prévision d'un retour à la profondeur de la plage actuelle au terme de 100 ans ;**



- ▶ **Une stabilité des mouvements sédimentaires en petit fond** valant protection ces herbiers de Cymodocées par recouvrement par du sable ;
- ▶ **Le maintien des banquettes de feuilles mortes de Posidonies ;**
- ▶ **La préservation des espèces protégées ;**
- ▶ L'impact paysager ;
- ▶ Des méthodes et Planning des travaux adaptés aux enjeux.

14 ANNEXES

- ▶ Annexe 1 - Présentation du demandeur
- ▶ Annexe 2 - Plan de situation 1-25000eme
- ▶ Annexe 3 – Plan d'état des lieux
 - Annexe 3a COR-039-20-DIA-PHOT-01-0
 - Annexe 3b COR-039-20-DIA-PLAN-01-1
 - Annexe 3c COR-039-20-DIA-PHOT-02-0
 - Annexe 3d COR-039-20-DIA-PLAN-02-0
 - Annexe 3e COR-039-20-DIA-PLAN-02-0_Old
- ▶ Annexe 4 – Localisation de la zone projet par rapport à la Zone Natura 2000
- ▶ Annexe 5 - Dossier plan projet
 - Annexe 5a - COR-039-20-AVP-METH-01-0
 - Annexe 5b - COR-039-20-AVP-PLAN-01-0
- ▶ Annexe 6 – Biocénoses
 - Annexe 6a - DIAG terrain Biocénoses 2020
 - Annexe 6b – DIAG Géophysique 2020
- ▶ Annexe 7 - Planning résumé REG V01
- ▶ Annexe 8 - Note de présentation V00