

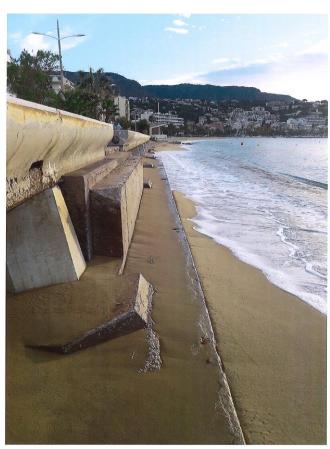
## Commune du LAVANDOU

Hôtel de Ville Place Ernest Reyer 83980 LE LAVANDOU

# Rapport technique Phase 3 : Développement de la solution retenue Novembre 2022







Assistance pour lutter contre l'érosion de la plage du centre-ville

# Assistant à Maitrise d'Ouvrage Bureau d'études ICTP 254, Corniche Fahnestock 06700 Saint Laurent du Var N° 21/23 – RT – Phase 3 – Indice D

## **SOMMAIRE**

1.	DIS	POS	ITIONS GENERALES	. 7
	1.1.	Opé	ration	. 7
	1.2.	Con	texte de l'opération	. 8
	1.3.	Obje	ectif de l'opération	11
	1.4.	Obje	ectif de la mission	12
	1.5.	Doc	uments annexes à ce rapport	13
2.	PH	ASE	3 : DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION RETENUE	14
	2.1.	Préa	ambule	14
	2.1	.1.	Données de houles au large	17
	2.1	.2.	Données de houles au droit des ouvrages	17
	2.2.	Prés	sentation des solutions envisagées	18
	2.2	.1.	Solution 1 : Brise-lames immergé en enrochements	18
	2.2. sab		Solution 2 : Brise-lames immergé en géotextile composé de géotubes remplis du peut être renforcé par le dispositif Géocorail	
	2.2. sab	-	Solution 3 : Brise-lames immergé en géotextile composé de sacs remplis du peut être renforcé par le dispositif Géocorail	
	2.2 de		Solution 4 : Brise-lames immergé en gabion métallique rempli d'enrochemer petites catégories renforcé par système Géocorail®	
	2.2	.5.	Conclusion	32
	2.2. lam	_	Rechargement de plage, par déplacement de sable, complémentaire au bris la solution 4	
	2.3.	Plar	nning et Phasage des travaux	42
	2.3	.1.	Planning envisageable	42
	2.3	.2.	Phasage des travaux	45
3.	Effe	ets de	e l'ouvrage et du rechargement sur la zone (par modelisation)	45
4.	CO	NTE	KTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE	47
5.	ME	SURI	ES MISES EN PLACE DURANT LA PHASE TRAVAUX	48
	5.1. la zor	•	pel des habitats terrestres et marins présents et sensibilité environnementale	
	5.1	.1.	Enjeux de biodiversité	48
	5.2.	Rap	pel du contexte réglementaire environnemental	52
	5.2	.1.	Site Natura 2000	52
	5.2	.2.	Zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF)	54
	5.2	.3.	Parc national de Port-Cros	55
	5.2	.4.	Sanctuaire Pelagos	56
	5.2	.5.	Autres protections	57

	5.3 pré			sures d'évitement, de réduction et de compensation mises en œuvre p 'environnement marin et terrestre	
	Ę	5.3.	1.	Mesures pour préserver la qualité des milieux	57
	Ę	5.3.2	2.	Mesures de réduction des impacts sur les activités maritimes et le voisinage	.63
6.	ľ	MES	SURI	ES EN PHASE D'EXPLOITATION	65
	6.1	1.	Prés	servation de la qualité du milieu marin et protection du milieu marin	65
	6	6.1.	1.	Dispositifs de collecte et de gestion des déchets et des eaux usées	65
	6	6.1.2	2.	Entretien des installations	65
	6.2	2.	Suiv	ri de l'ouvrage	65
	6.3	3.	Suiv	ri de l'efficacité de l'ouvrage sur l'érosion de la plage	68
	6	6.3.	1.	Levés topo-bathymétriques et création d'une base de donnes sous SIG	69
	6	6.3.2	2.	Analyse des changements topo-bathymétrique	69
	6.4	<b>1</b> .	Suiv	vi sur l'environnement marin	71
	6	6.4. <sup>-</sup>	1.	Recul d'expérience sur le dispositif Géocorail	71
	6	6.4.2	2.	Suivi des herbiers de Posidonie	74
	6	6.4.3	3.	Suivi des poissons	75
	6.5	5.	Inté	gration paysagère	75
	6.6	6.	Evo	lution du plan de balisage de la zone	77
	6	6.6.	1.	Plan de balisage et phases du projet	79
7.	(	CON	ЛРΑ	TIBILITE AVEC LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION	81
	7.1	1.	Con 81	npatibilité du projet avec le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée 2022-2	027
	7	7.1.	1.	Les orientations fondamentales du SDAGE RM 2022-2027	81
	7.2	2.	Con	npatibilité avec le Schéma Régional de Cohérence Ecologique PACA	83
	7	7.2.	1.	Présentation du SRCE	83
	7	7.2.2	2.	Le SRCE PACA et la commune du Lavandou	84
	7	7.2.3	3.	Compatibilité du projet avec le SRCE PACA	85
	7.3	3.	Con	npatibilité avec le Document Stratégique de Façade	86
o		וסום	IOC	2DADLIE	90

# **FIGURES**

Figure 1 : Localisation de la plage Centre-Ville	8
Figure 2 : Plage du Centre-Ville (ICTP – avril 2021)	9
Figure 3 : Avenue du Général Georges Bouvet le long de la plage du Centre-Ville (ICTP - avril 2021)	
Figure 4 : Plage du Centre-Ville fortement fréquentée (F. Deloche – Aout 2020)	9
Figure 5 : Evolution de la plage du Centre-Ville entre 1955 et 2018 (IGN / Google Earth)	10
Figure 6 : Cartographie du secteur autour de la plage du Centre-Ville – Géoportail	10
Figure 7 : Linéaire le plus touché par le phénomène d'érosion après la pose de big-bags (ICTP – avril 2021)	11
Figure 8 : Big-bags mis en place en mesure d'urgence (ICTP – avril 2021)	11
Figure 9 : Principe théorique du déferlement : houle incidente de hauteur Hs se propagea vers la droite puis déferlant avec une hauteur initiale Hb	
Figure 10 : Vue en plan du brise-lames en enrochement sur la plage du Centre-Ville	19
Figure 11 : Coupe type selon A-A' du brise lame en enrochement sur la plage du Centre-	
Figure 12 : Coupe type selon B-B' du brise lame en enrochement sur la plage du Centre-	
Figure 13 : Vue en plan du brise-lames en géotextile sur la plage du Centre-Ville	22
Figure 14 : Coupe type selon A-A' du brise lame en géotextile sur la plage du Centre-Ville	∋ .22
Figure 15 : Coupe type selon B-B' du brise lame en géotextile sur la plage du Centre-Ville	∋ .23
Figure 16 : Agrégat formé à partir du processus Géocorail – GEOCORAIL	24
Figure 17 : Processus de formation du Géocorail – GEOCORAIL	24
Figure 18 : Vue en plan du brise-lames composé de sacs en géotextile sur la plage du Centre-Ville	26
Figure 19 : Coupe type selon A-A' du brise lames composé de sacs en géotextile sur la plage du Centre-Ville	26
Figure 20 : Coupe type selon B-B' brise lames composé de sacs en géotextile sur la plag du Centre-Ville	
Figure 21 : Vue en plan du brise-lames en gabions et géocorail sur la plage du Centre-Vil	
Figure 22 : Coupe type selon A-A' du brise lames en gabions et géocorail sur la plage du Centre-Ville	
Figure 23 : Coupe type selon B-B' du brise lames en géocorail sur la plage du Centre-Vill	le 30
Figure 24 : Vue en plan du rechargement de la plage du Centre-Ville	34
Figure 25 : Coupe type selon A-A' du rechargement de la plage du Centre-Ville	34
Figure 26 : Coupe type selon B-B' du rechargement de la plage du Centre-Ville	34

Figure 27. courbe granulométrique de l'échantillon S05	38
Figure 28. Résultats des analyses des sédiments issus du dragage de l'entrée du port du Lavandou – 2019	40
Figure 29. Localisation des points de prélèvement pour l'analyse des échantillons de sédiments qui seront utilisés pour recharger la zone-projet	41
Figure 30. Fractions granulométriques - Echantillons A et B (sédiments marins)	41
Figure 31. : Fractions granulométriques de la zone plage (plage centrale)	42
Figure 32. Modélisations des vagues arrivant sur le plage centrale du Lavandou sans ouvrage (gauche) et avec ouvrage (droite) - Actimar 2022	45
Figure 33. Modélisation des mouvements sédimentaires selon le scénario choisi (état actu état aménagé avec épi, état aménagé avec retrait d'épi) – Actimar 2022	
Figure 35. Parc national de Port-Cros, 2020 - Document d'objectifs des sites Natura 2000 FR9301613 « Rade d'Hyères » Tome 1 : Atlas cartographique	
Figure 36 : Localisation des sites NATURA 2000 aux alentours de la plage du Centre-ville (Geoportail)	
Figure 37. Localisation des ZNIEFF aux alentours de la plage du Centre-ville (Geoportail).	54
Figure 38. Localisation du projet au sein des eaux du Parc National de Port-Cros (Source Parc National de Port-Cros	
Figure 39. Emprise du Sanctuaire Pelagos par rapport à la ville du Lavandou	56
Figure 40. Schéma de principe d'un filet anti-MES (ICTP – 2012)	60
Figure 41. Schéma de principe d'un barrage anti-MES	60
Figure 42 : Schéma de principe d'une aire étanche avec bac de récupération	63
Figure 43. Carte bathymétrique obtenue dans le cadre des suivis de la digue à Cavalière, EOL-Mer octobre 2021	66
Figure 44. Carte bathymétrique obtenue dans le cadre des suivis de la digue à Cavalière, EOL-Mer avril 2021	67
Figure 45. Suivi photographique de la digue de Cavalière – commune du Lavandou 2022 .	68
Figure 46. Grande nacre observée lors d'un suivi en 2017 sur la digue sous-marine de Cavalière	68
Figure 47. Exemple de MNT (gauche) et carte différentielle (droite) (ICTP, 2017)	70
Figure 48. Exemple de rendu : changement nets du trait de côte sur un site au Maroc (ICT 2018)	
Figure 49. Vue en plan de la plage de Cavalière au Lavandou où des protections sous- marines ont été installées, GoogleEarth	76
Figure 50. Vue depuis la plage face à l'hôtel « Le Club de Cavalière & SPA », situé en face des digues immergées. Celles-ci ne sont pas visible ni depuis le plan d'eau, ni depuis plage - TripAdvidsor	la
Figure 51. Vue de la plage depuis la salle de restaurant de l'Hotel "Le Club de Cavalière & Spa" situé face aux digues immergées – TripAdvisor	

Figure 52. Extrait de l'arrêté préfectoral réglementant la navigation, le mouillage des navire la plongée sous-marine et la pratique des sports nautiques de vitesse dans la bande littorale des 300 mètres bordant la commune du Lavandou (Var)	
Figure 53. Photographie et plan du balisage de la digue sous-marine de Cavalière	.80
Figure 54 : Extrait des 5 grands territoires identifiés lors de la démarche « acceptabilité et faisabilité d'un TVB en PACA – 2009- 2010	
Figure 55. SRCE. Extrait de la carte 3 « objectifs assignés à la trame verte et bleue » Planche 9/10, échelle originale 1/100 000	.84
TABLEAUX	
Tableau 1 : Catégories avec critères et sous-critères	.16
Tableau 2 : Données de houles au large de la plage du Centre-Ville	.17
Tableau 3 : Données de houles approximées au droit du brise-lame	.18
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des digues sous-marines en enrochements pour le site	.19
Tableau 5. Récapitulation des mesures d'évitement et de réduction des impacts	.64
Tableau 6. Récapitulatif des mesures de suivi	.75
Tableau 7. Application des orientations fondamentales au projet de protection du littoral du Lavandou	
Tableau 8 : Compatibilité du projet avec le SRCF	.85

#### 1. DISPOSITIONS GENERALES

#### 1.1. Opération

#### Désignation de l'opération :

Appellation : Assistance pour lutter contre l'érosion de la plage du centre-ville

Commune: Le Lavandou

Département : 83 Var

Site: Plage du centre-ville

#### Maître d'Ouvrage:



#### Commune du LAVANDOU

Hôtel de Ville Place Ernest Reyer 83980 LE LAVANDOU

#### Assistant à Maitrise d'Ouvrage :



#### **Bureau d'études ICTP (Mandataire)**

254 Corniche Fahnestock 06700 Saint-Laurent-du-Var

Tél.: 04 92 12 97 09 Email: ictp@ictp.fr

#### 1.2. Contexte de l'opération

La commune du Lavandou est située sur le littoral varois entre Toulon et le Golfe de Saint-Tropez.

La plage du Centre-Ville est située dans la Rade de Bormes, entre le port du Lavandou et le cours d'eau Le Batailler. D'un linéaire d'environ 800 m, elle est dominée par l'avenue du Général Georges Bouvet. Au Sud de l'embouchure du Batailler se trouve la plage de l'Anglade et encore plus au Sud la plage du Gouron étant à la limite avec la commune de Bormes les Mimosas.

La plage du Centre-Ville est reconnue comme plage familiale, en pente douce, où différentes activités nautiques, sportives, économiques et touristiques y sont pratiquées.



Figure 1 : Localisation de la plage Centre-Ville



Figure 2 : Plage du Centre-Ville (ICTP – avril 2021)



Figure 3 : Avenue du Général Georges Bouvet le long de la plage du Centre-Ville (ICTP – avril 2021)



Figure 4 : Plage du Centre-Ville fortement fréquentée (F. Deloche - Aout 2020)

Des analyses menées sur une décennie d'études sur le linéaire de sable et sur les aménagements littoraux alentours ont montré une évolution du transit sédimentaire, impactant la configuration et le maintien de la plage du Centre-Ville. Cette évolution est notamment visible en comparant les différentes vues aériennes existantes entre 1955 et 2018



Figure 5 : Evolution de la plage du Centre-Ville entre 1955 et 2018 (IGN / Google Earth)

La situation devenant critique à l'automne et l'hiver 2020 / 2021, notamment sur la zone comprise entre le poste de secours et l'épi en enrochement, la pose de big-bags a dû être réalisée pour éviter l'infiltration d'eau sous la route, pouvant également mettre en péril les réseaux situés sous l'avenue du Général Bouvet.

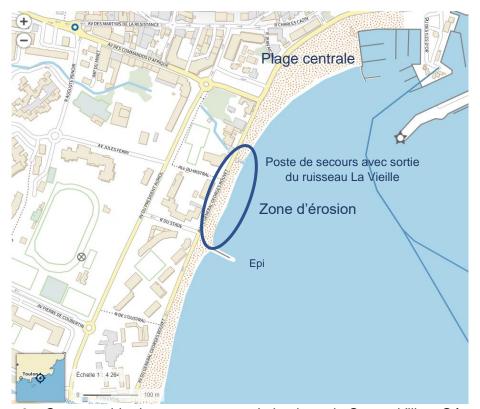


Figure 6 : Cartographie du secteur autour de la plage du Centre-Ville – Géoportail

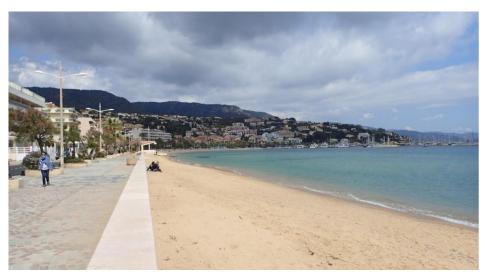


Figure 7 : Linéaire le plus touché par le phénomène d'érosion après la pose de big-bags (ICTP – avril 2021)



Figure 8: Big-bags mis en place en mesure d'urgence (ICTP - avril 2021)

#### 1.3. Objectif de l'opération

Les objectifs de l'opération communale sont alors d'établir un diagnostic et d'étudier les possibilités pour protéger une portion de la plage du Centre-Ville de l'érosion et également préserver le mur de soutènement et l'avenue du Général Bouvet (artère routière majeure de la commune et zone de forte densité).

Pour cela la solution attendue devra être en mesure de :

- Réduire l'impact des vagues, notamment lors des coups de mer et tempêtes en périodes d'automne et d'hiver.
- Préserver et renforcer l'accrétion au droit de la plage, produite par le milieu naturel suivant le sens du transit sédimentaire Sud-Nord, afin de garantir de nouveau une plage de taille suffisante pour protéger les infrastructures du haut de plage et accueillir le public, dans cette zone très fréquentée.

Cette solution devra également permettre de répondre à la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte.

Dans un contexte de changement climatique et d'évolution d'occupation et d'utilisation du littoral, la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte et son programme d'actions actualisé en 2017, ont pour ambition de mieux anticiper l'évolution des phénomènes d'érosion et de submersion ainsi que leurs conséquences sur les territoires littoraux, notamment en matière d'aménagement.

Sur l'arc littoral méditerranéen, pour la région PACA, le département du Var dispose d'une stratégie départementale de gestion des côtes sableuses en érosion.

En effet, différentes études ont montré que le littoral varois est touché par l'érosion et que le recul des plages se verra accentué par le changement climatique et la montée du niveau de la mer. De plus la vulnérabilité des côtes sableuses du Var est importante. Disposant de peu d'espace de recul, les plages varoises sont sensibles à ce phénomène.

De nombreuses plages sont naturellement contraintes par des affleurements rocheux en arrière-plage. Par ailleurs, pour une grande majorité des plages du département, des aménagements empêchent toute adaptation naturelle de ces systèmes littoraux à la montée du niveau de la mer et à ce phénomène d'érosion.

# La plage du centre-ville du Lavandou est identifiée comme une plage en milieu fortement urbanisé.

Ces plages sont caractérisées par la présence importante de bâti en arrière-plage. La présence d'axe de communication principal s'additionne à la forte urbanisation. Des bâtiments d'intérêt public (hôpitaux, écoles, aéroport) peuvent également être présents. Ces espaces sont très vulnérables aux aléas érosion et submersion marine.

La stratégie de gestion des côtes sableuses en érosion dans le Var définie que plusieurs modes de gestion de protection des plages sont possibles. Des études préalables de hiérarchisation des enjeux permettent de définir les modes de gestion à privilégier. Lorsque les enjeux justifient une action : l'intervention sur le trait de côte peut être envisagée. Ce qui est le cas de la plage du centre-ville du Lavandou.

Considérant les nombreux enjeux présents (humains, économiques, environnementaux) et afin d'éviter le recul du trait de côte qui risquerait de mettre en péril les infrastructures du haut de plage, la commune souhaite alors s'orienter vers une gestion alliant méthodes souples et dures.

Ainsi, le projet mis en place par la commune du Lavandou permettra de :

- Rétablir un équilibre morphologique de la plage par les processus hydrosédimentaires de la houle, de la dérive littorale...
- Recomposer en amplitude et niveau, cette façade maritime du cœur de ville du Lavandou.
- Tenir le soutènement de la voie littorale en marge d'impact des coups de mer.

Cette partie vise, sur la base de l'analyse multicritères à développer la solution retenue.

#### 1.4. Objectif de la mission

Ce rapport concerne la phase 3 : développement de la solution retenue qui consiste à :

✓ Comparaisons techniques des solutions retenues dans le cadre de l'analyse multicritères.

- ✓ Développement de la solution retenue :
  - Définir les ouvrages précisément : caractéristiques générales, plans, choix technique, nature et qualité des matériaux.
  - o Définir les coûts prévisionnels détaillés de travaux.
  - o Définir un phasage/planning prévisionnel.
- ✓ Incidences du projet sur l'environnement et le milieu marin, mesures d'évitement et de réduction.

#### 1.5. Documents annexes à ce rapport

Plusieurs documents viennent compléter ce rapport de diagnostic :

- Rapport phase 1 et 2
- Analyse multicritères
- > AVP VP 041 Vue en plan solution 4 gabions.
- ➤ AVP CT 042 Coupe type solution 4 gabions.
- ET 04 Estimation des travaux Solution 4 gabions.

#### 2. PHASE 3: DEVELOPPEMENT DE LA SOLUTION RETENUE

#### 2.1. Préambule

Les phases précédentes de l'opération ont permis d'établir un diagnostic général de la situation de la plage du Centre-Ville et ainsi de déterminer les solutions envisageables pour lutter contre cette érosion. La plage du Centre-Ville est une plage fortement urbanisée, représentant un pôle d'activité majeur avec de nombreux enjeux pour la commune du Lavandou. Or cette plage est soumise à une érosion intense lors de tempête d'Est mettant en danger les aménagements en arrière-plage.

Afin de lutter contre cette érosion, de préserver le mur de soutènement ainsi que de protéger les aménagements en arrière-plage plusieurs solutions ont été évoquées à la phase précédente. Les solutions possibles dans le cadre de la plage du Centre-Ville du Lavandou sont :

- Le recul stratégique du trait de côte.
- La mise en place de brise-lames immergés
- La réalisation de rechargement de plage.
- La mise en place de brises lames immergés couplés à un rechargement de plage.

Afin de déterminer la meilleure solution pour répondre aux enjeux de la plage du Centre-Ville, nous avons réalisé une analyse multicritère sur ces 4 solutions.

Le Tableau 1 ci-après relate les différents critères pris en compte lors de ces analyses multicritères.

La solution qui semble être la plus efficace revient à construire un brise lames immergé en amont de la plage afin de casser la houle et dissiper son énergie avant qu'elle n'atteigne le rivage. Ce brise-lames serait complété par un rechargement de plage qui a pour but principal d'amortir les vagues et limiter leur impact sur le mur de soutènement. Ce rechargement a également l'avantage d'élargir la plage et de créer une attractivité autour de celle-ci.

Afin de statuer sur le mode constructif de ce brise lames, Il a été réalisé une seconde analyse multicritère permettant de classer les ouvrages suivants :

- Brise lame immergé en enrochements ;
- Brise lame en géotextiles immergé en géotextile composé de géotubes remplis de sable :
- Brise-lame immergé en géotextile composé de sacs remplis de sable ;
- Brise lame immergé en géotextile avec le dispositif Géocorail®;
- Brise lame immergé en récifs artificiels ;
- Brise lame immergé en gabions avec Géocorail®;

Les résultats de la seconde analyse multicritères ont été les suivants :

- 1. Brise lame immergé en gabions avec Géocorail<sup>®</sup> (65.267/100)
- 2. Brise lame géotextile immergé composé de sable, qui peut être renforcé par un système Géocorail® (65.067/100)
- 3. Brise lame immergé en récif artificiel (65.0/100)
- 4. Brise lame immergé en enrochements (63.4/100)

- 5. Brise-lame immergé en géotextile composé de sacs remplis de sable (63.1667/100)
- 6. Brise lame en géotextiles immergé composé de géotubes remplis de sable (58.833/100)

Les résultats de l'analyse multicritères ont permis de retenir la Solution 4 : Brise-lames immergé en gabion métallique rempli d'enrochements de plus petites catégories, renforcé par système Géocorail<sup>®</sup>.

Il a été fait le choix de développer les 4 solutions en détaillant le dimensionnement mais surtout les conditions de réalisation, les matériaux, etc, ceci afin d'affiner l'analyse multicritères et conforter ou non le choix retenu. Ce développement permet également de mettre davantage en regard les aspects techniques des différentes solutions avec les enjeux environnementaux, de sécurité, etc.

Les solutions seront couplées à une déplacement-rechargement en sable, qui sera développée dans une partie à part. Le sable sera issu de la même plage (zone en amont de la zone en érosion, dite plage centrale) ou du dragage du port du Lavandou.

La solution sera couplée à une déplacement-rechargement en sable, qui sera développée dans une partie à part. Le sable sera issu de la même plage (zone en amont de la zone en érosion, dite plage centrale) ou du dragage du port du Lavandou.

Catégories	Critères	Sous-critères	Commentaire
Économique	Dánancas	Coût des aménagements	Coût des travaux
	Dépenses	Coûts d'entretien	Coûts liés à l'entretien et aux réparation éventuelles des ouvrages
	Milieu Physique	Courantologie de la zone	Impact de l'ouvrage sur la courantologie de la zone autour de celui-ci
	ivilleu Pilysique	Sédimentologie de la zone	Impact de l'ouvrage sur la dynamique sédimentaire de la zone
	Impact des travaux sur	Biocénoses	Impact de l'ouvrage sur la faune et la flore autour de celui-ci
Environnement	l'environnement (à court terme).	Qualité des eaux	Impact des travaux sur la qualité de l'eau à proximité de la zone de travaux (turbidité ; remise en suspension de matières,)
	Impact de l'ouvrage sur	Biocénoses	Impact de l'ouvrage sur la faune et la flore autour de celui-ci
	l'environnement (à long terme)	Qualité des eaux	Tenue de l'ouvrage dans le temps, etc
	Structure	Capacité de l'ouvrage à diminuer la force des vagues	Impact de l'ouvrage sur la houle incidente
		Type d'ouvrage, matériaux employés	Matériaux employés pour la construction de l'ouvrage
Technique		Solidité de l'ouvrage	Résistance de l'ouvrage vis-à-vis des agressions extérieures
		Durabilité	Durée de vie de l'ouvrage
		Réversibilité	Facilités, possibilités de retirer l'ouvrage
T	Furfacetions	Durée des travaux,	Durée des travaux
Travaux	Exécutions	Facilité de mise en œuvre	Difficultés d'exécutions des travaux, complexités de réalisation
A	Paysage	Impact paysager de l'ouvrage	Visibilité de l'ouvrage
Architecture	Limite administrative	Emprise au sol de l'ouvrage, concessions	Éventuelles demandes de concessions, d'occupation du territoire
Réglementaire	Procédures administratives	Aménagements maritimes et/ou terrestres	Dossiers et documents d'autorisation à réaliser
	Confort	Gain de plage	Capacité de l'ouvrage à élargir la plage, impact sur les activités terrestres
Activités socio-	Sécurité	Impact de l'ouvrage sur les activités maritimes (plaisance, baignade, etc.).	Impact de l'ouvrages sur les activités maritimes
économiques		Protection de la promenade vis-à-vis des conditions climatiques	Efficacité de l'ouvrage sur la protection des infrastructures en haut de plage

Tableau 1 : Catégories avec critères et sous-critères

#### 2.1.1. Données de houles au large

Afin de réaliser le dimensionnement de ces ouvrages, nous avons recueilli des données de houles de la zone, rassemblées lors de la phase de diagnostic.

Période de retour	Hauteur significative au large Hs (m)	Période Tp(s)	Direction (°)
10 ans	4.8	9	60-90°N
30 ans (par extrapolation)	5.5	10	60-90°N
50 ans	6.2	11	60-90°N

Tableau 2 : Données de houles au large de la plage du Centre-Ville

#### 2.1.2. Données de houles au droit des ouvrages

La houle au droit des ouvrages a été étudiée en considérant un déferlement sur une pente constante.

Le déferlement des vagues produit un ressaut hydraulique assimilable en théorie à la combinaison :

- D'une houle déferlante, de caractère décroissant vers la côte ;
- D'une hausse du niveau moyen de l'eau, de caractère croissant vers la côte (après un abaissement au point de déferlement).

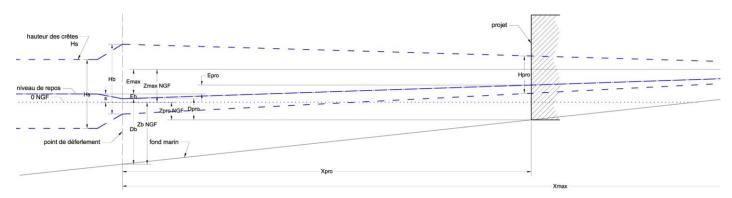
Les caractéristiques de ces éléments au droit de l'ouvrage considéré sont ici déterminées par la méthode exposée dans le **Coastal Engineering Manual 2006 (CEM2006)**, après définition de la profondeur d'eau à laquelle se produit le déferlement  $D_b$ . En effet, cette profondeur permet de déterminer :

- Dans un premier temps, l'abaissement du niveau moyen de l'eau au point de déferlement  $\eta_b$  et donc la cote NGF  $Z_b$  de déferlement ;
- Dans un second temps, d'après les profils bathymétriques, la distance **X**<sub>PRO</sub> entre le point de déferlement et l'ouvrage ;
- Dans un troisième temps la hauteur de houle déferlante  $H_{PRO}$  et la surcote  $\eta_{PRO}$  au niveau de l'ouvrage selon la loi exposée dans le CEM2006.

Ces données  $H_{PRO}$  et  $\eta_{PRO}$  sont la base du dimensionnement de l'ouvrage de protection.

Le schéma ci-après illustre le principe théorique de déferlement considéré ; on remarque que :

- Après déferlement, la dissymétrie crête/creux s'accentue (Wiegel 1964) a montré que 78% de la hauteur de houle brisée est au-dessus du niveau moyen de l'eau ;
- Naturellement, plus l'ouvrage est proche du point de déferlement ou en eau profonde, plus la hauteur de houle déferlante H<sub>PRO</sub> est importante.



<u>Figure 9 : Principe théorique du déferlement : houle incidente de hauteur Hs se propageant vers la droite puis déferlant avec une hauteur initiale Hb</u>

Ainsi, les dimensionnements des houles par déferlement donnent les résultats suivants :

Période de retour	Profondeur au droit de l'ouvrage zpro (mNGF)	Hauteur significative au droit de l'ouvrage Hpro (m)	Période Tp(s)
10 ans	-2.85mNGF	3.00	0
30 ans (par extrapolation)	-2.85mNGF	3.26	10
50 ans	-2.85mNGF	3.53	11

Tableau 3 : Données de houles approximées au droit du brise-lame

#### 2.2. Présentation des solutions envisagées

#### 2.2.1. Solution 1 : Brise-lames immergé en enrochements

#### 2.2.1.1. Dimensionnement

L'application des formules de dimensionnement nous permet ainsi de définir le diamètre nominal des enrochements.

Les caractéristiques des enrochements qui devront composer la digue sous-marine de la plage du Centre-Ville sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Désignation	Symbole	Formule de Van Der Meer	Formule de Van Der Meer
		Période de retour 30 ans	Période de retour 50 ans
Houle projet approximées au droit des ouvrage	Hs	3.26	3.53
Période	Тр	10	11
Diamètre nominal moyen nécessaire de la carapace	D <sub>N50carapace</sub>	1.50 m	1.59 m
Masse moyenne de l'enrochement carapace	M <sub>N50carapace</sub>	8.8 t	10.5 t

Catégorie des enrochements de carapace	-	8 / 10 t	10 / 12 t
Epaisseur de la couche de carapace	2 couches	3.10 m	3.30 m
Largeur de la crête minimale	3 blocs	4.7 m	5.0 m
Diamètre nominal moyen du filtre support	D <sub>N50filtre</sub>	0.68 m	0.72 m
Masse moyenne du filtre support	M <sub>N50filtre</sub>	0.83 t	0.99 t
Catégorie du filtre support	-	500 Kg / 1000 Kg	500 Kg / 1000 Kg

<u>Tableau 4 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des digues sous-marines en</u> <u>enrochements pour le site</u>

Avec une largeur de crête d'environ 6m et une profondeur arasée à -0.50mNGF, les digues sous-marines permettraient ainsi de limiter la transmission de la houle : le coefficient de transmission serait alors d'environ 0.65 pour des évènements trentennal et cinquantennal.

Pour la suite, nous avons opté pour une protection contre les houles trentennales afin de limiter les coûts des ouvrages en enrochements et parce que les ouvrages peuvent être entretenus aisément (rechargement, repositionnement de blocs). L'efficacité de l'ouvrage vis-à-vis des coups de mer n'est pas remise en question par ce choix car il dépend de la largeur de crête et de sa profondeur.

Des vues en plan (Figure 10) et coupes (Figure 11 et Figure 12) de cette solution sont transmises ci-après.

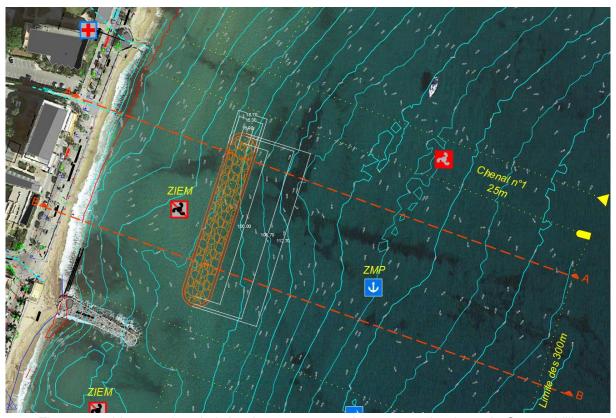


Figure 10 : Vue en plan du brise-lames en enrochement sur la plage du Centre-Ville

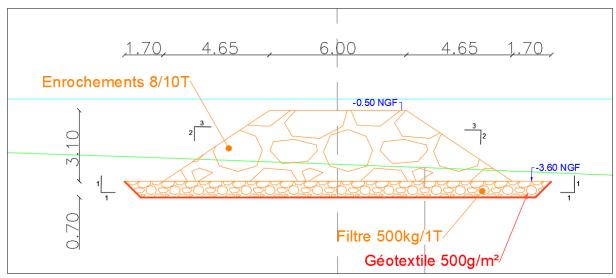


Figure 11: Coupe type selon A-A' du brise lame en enrochement sur la plage du Centre-Ville

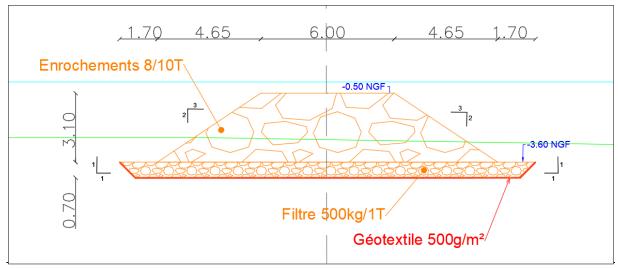


Figure 12 : Coupe type selon B-B' du brise lame en enrochement sur la plage du Centre-Ville

#### **Protection anti-affouillement**

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 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. Les panneaux disposeront des dimensions suivantes : 5m de largeur et de longueur variable. La taille des panneaux (leur largeur) dépendra de la hauteur de l'ouvrage et de l'amplitude de la houle et ne sera en aucun cas inférieure à 3 fois la hauteur de l'ouvrage.

Le tapis disposera sur les bords, de chaque côté, d'un boudin de lestage de diamètre 0,50m. Un ensouillage de ces petits tubes remplis est à réaliser immédiatement après la pose pour assurer une meilleure stabilité et une pose à plat et sans plis du tapis.

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

Le géotextile, soumis à l'agrément du maître d'œuvre, disposant du marquage CE, sera de type tissé polypropylène, traité avec additif long life pour application en milieu marin.

Il disposera des caractéristiques minimales 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 rupture du géotextile

< 11 mm

≥ 50 % de la résistance à la

Perforation dynamique selon E 918 ≤ 11 mm
 Résistance aux UV selon EN ISO 13433 ≥ 80

• Ouverture de filtration selon ISO 12956 ≤ 300 microns

Les géotextiles seront en outre munis de points de fixation ou boucles d'accrochage tous les 0,50m dans les 2 directions, en vue d'assurer facilement le lestage lors de l'immersion et de la pose. Tous les petits tubes de lestage seront obligatoirement ensouillés immédiatement après la fin de la pose afin de favoriser la stabilité du tapis.

La pose et les caractéristiques du tapis anti-affouillement concernent les 4 solutions.

#### 2.2.1.3 Avantages et inconvénients de cette solution

Le tableau ci-dessous reprend les résultats de l'analyse multicritères, qui sont affinés par informations liées au dimensionnement, à la consistance des travaux, etc.

Avantages	Inconvénients
- N'emploie pas de plastique, uniquement	- Coût modéré
de la roche	- Temps des travaux longs
	- Forte emprise
- Peut attirer de la biodiversité	<ul> <li>Très faible réversibilité</li> </ul>
(macrophytes, échinodermes, chordés,	- Difficulté de mettre en place des
etc.) mais cela reste une artificialisation	mesures de réduction dans les travaux.
importante du milieu marin	- Ouvrage conséquent pour une zone de
	baignade

Cette solution a l'avantage de ne pas être composée de plastiques, hormis le tapis antiaffouillement qui permet de réduire l'enfouissement et l'érosion au pied de l'ouvrage et ainsi de garantir la stabilité de celui-ci dans le temps. En effet, du fait de la nature du sol support et la conception de l'ouvrage, la protection du sol est nécessaire pour éviter l'érosion de celui-ci et pour éviter tout risque d'affouillement ultérieur. Les roches attirent généralement de la biodiversité. Cependant, l'ouvrage a une forte emprise avec des blocs de 8 mètres avec une perte définitive d'habitats sableux. Il est faiblement réversible. Les travaux sont assez longs. et demandent de très grandes barges pour le transport.

# 2.2.2. Solution 2 : Brise-lames immergé en géotextile composé de géotubes remplis de sable, qui peut être renforcé par le dispositif Géocorail

#### 2.2.2.1. Dimensionnement

Les brise-lames en géotextile seront composés de géotubes de 4.50 m de diamètre et de longueur unitaire 25m. Ces géotubes, une fois en place seront larges de 5.80m et hauts de 2.70m, cette hauteur initiale aura au début tendance à légèrement diminuer (environ 20cm) à cause du tassement du sable dans le géotube. Il a été choisi des tubes de diamètre 4.50m afin d'avoir une berme d'environ 6m arrasée à -0.50m NGF et donc un coefficient de transmission comparable aux brise-lames en enrochements dimensionnés précédemment.

Des vues en plan (Figure 13) et coupes (Figure 14 et Figure 15) de cette solution sont transmises ci-après.

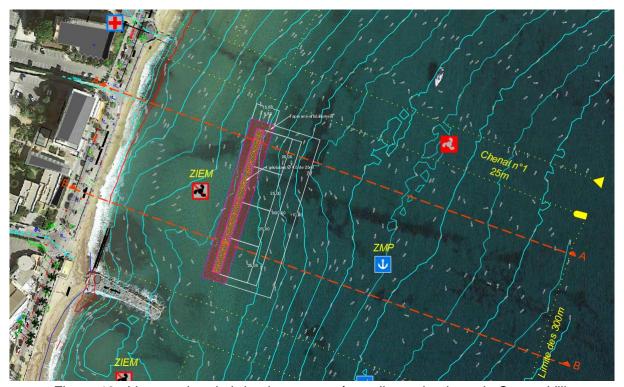


Figure 13 : Vue en plan du brise-lames en géotextile sur la plage du Centre-Ville

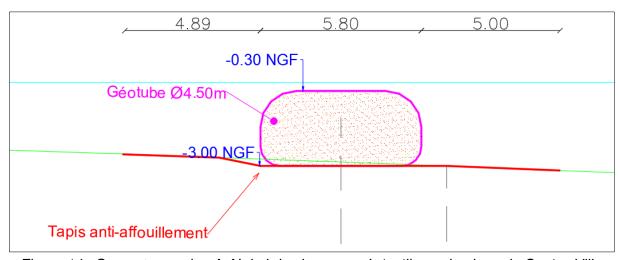


Figure 14 : Coupe type selon A-A' du brise lame en géotextile sur la plage du Centre-Ville

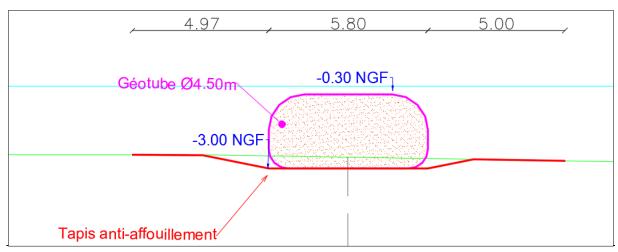


Figure 15 : Coupe type selon B-B' du brise lame en géotextile sur la plage du Centre-Ville

Les tubes en géotextile, constituant le brise-lames sous-marin seront soumis à l'agrément du maître d'œuvre et seront dimensionnés selon les hauteurs nécessaires pour la construction des ouvrages. Ils seront pré-confectionnés en usine et ils auront un diamètre théorique de 4.50m et une hauteur effective après remplissage d'environ 2.70 m. Le linéaire à traiter est de 100m sur la plage du Centre-Ville.

Le tube sera fabriqué avec un géotextile de renforcement et de filtration, de type tissé polypropylène, disposant une DdP (déclaration de Performance).

#### Sable de remplissage

Le sable utilisé pour le remplissage du tube devra avoir un d50 d'au moins 250 microns. Si ce n'est pas le cas, selon la courbe granulométrique des matériaux de remplissage et lorsque la part de matériaux très fins (inférieure à 100 microns) est importante, il pourra être nécessaire de doubler l'intérieur du tube avec un géotextile non-tissé pour éviter le départ des particules fines. Dans le cas de doublage, le géotextile non-tissé sera liaisonné au géotextile tissé exclusivement par couture en différents points pour solidariser les deux textiles. L'assemblage tissé non-tissé sur toute la surface sera formellement interdit.

# 2.2.2.2. <u>Projet expérimental : renforcement digue en géotextile</u> par le procédé Géo<u>corail</u>®

Cette solution innovante permet d'aboutir à une bonne efficacité tout en mettant en œuvre une technique la plus souple possible. Cette solution permet de répondre à 2 axes majeurs :

- 1) rendre cette solution encore plus favorable à la biodiversité.
- 2) diminuer les impacts environnementaux et financiers de l'entretien de ces ouvrages.

Ce type de solution innovante utilise la base de la technologie des structures tubulaires en géotextiles/géosynthétiques, mais en renforçant sa solidité.

Le principe du Géocorail est de produire un agrégat solide autour des structures tubulaires en géotextile depuis les éléments naturellement présents dans l'eau de mer.



Figure 16 : Agrégat formé à partir du processus Géocorail - GEOCORAIL

Le processus de formation de cet agrégat rocheux utilise l'électrolyse qui conduit naturellement à la formation d'un dépôt calco-magnésien. En effet, la circulation d'un courant électrique basse tension (soit par alimentation extérieure soit par un système de pile immergée) entre une anode et le support cathodique installé sur le géotube. C'est grâce à ce courant basse tension qu'il se forme ce conglomérat, autour du support cathodique, captant les sédiments, sables et graviers transportés par les courants marins.

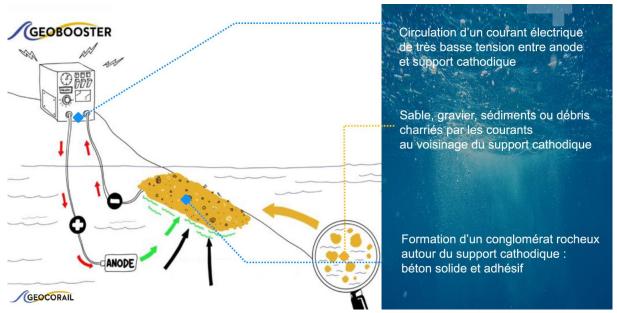


Figure 17 : Processus de formation du Géocorail – GEOCORAIL

Pour réaliser cette formation de conglomérats, il est installé, sur la surface du géotube, un support cathodique, de type grillage, couvrant l'intégralité du géotextile C'est autour de ce support qu'au bout de quelques mois, une structure solide commencera à se former. Une solidification complète (épaisseur satisfaisante) de la structure prends plusieurs mois à se concevoir.

#### 2.2.2.3 Avantages et inconvénients de cette solution

Le tableau ci-dessous reprend les résultats de l'analyse multicritères, qui sont affinés par informations liées au dimensionnement, à la consistance des travaux, etc.

	Avantages	Inconvénients		
-	Solidification du support	- Coût modéré avec le dispositif géocora	il	
-	Entretien modéré ;	- Très faible réversibilité		
-	Recycle les matériaux naturels présents	- Coût d'entretien qui peut être très élev	νé	
	dans l'eau de mer / intérêt	mais qui peut être réduit grâce a	ıu	
	environnemental;	dispositif géocorail		
-	Limite la dégradation du support la	- Recours au plastique		
	dispersion des matériaux dans l'eau	- Durée de création de la couche dure (1	à	
-	Durée de travaux limitée ;	2 ans).		
-	Rugosité du Géocorail propice à			
	l'hébergement et la fixation d'espèces			
-	Ce type d'élément géologique est			
	facilement attaquable par les			
	bioérodeurs et mollusques. Ces derniers			
	contribuent à la création de cavités et			
	aspérités qui favorisent la structuration			
	du matériau, pour en faire un habitat.			
-	Délai de création du Géocorail			
-	Entretien du système d'alimentation			
	électrique			
-	Ouvrage avec peu d'entretien, «			
	autocicatrisant » en cas de dégâts			

Cette solution utilise des composés plastiques qui pourront être recouverts par le dispositif Géocorail ce qui permet de réduire les déchirures éventuelles et les risques de pollution. Cependant en cas de nécessité de remplacement d'un géotube, le coût peut s'avérer très élevé.

Le dispositif Géocorail consolide la structure en agglomérant les sédiments. L'ouvrage conserve une enveloppe constituée d'éléments naturellement présent dans l'eau (sable, pierres, coquillages, ...) ce qui permet de limiter la perte en habitats sableux.

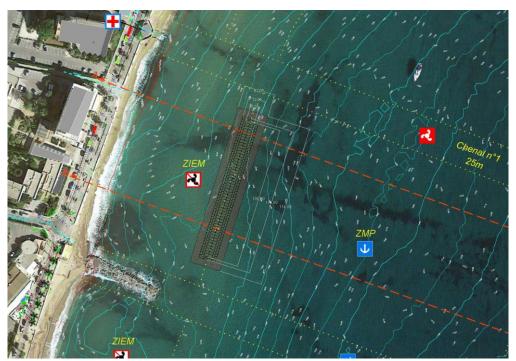
# 2.2.3. <u>Solution 3 : Brise-lames immergé en géotextile composé de sacs</u> remplis de sable, qui peut être renforcé par le dispositif Géocorail

#### 2.2.3.1. Dimensionnement

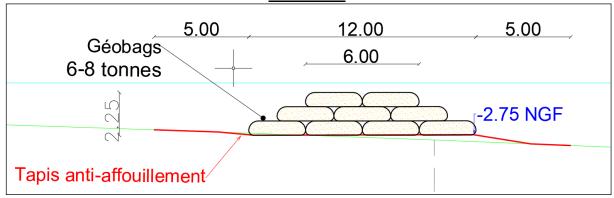
Ce type de brise-lames sera composé de plusieurs sacs en géotextile de capacité 6/8 tonnes (se rapprochant des masses des enrochements dimensionnés précédemment). Ces sacs de géotextiles, une fois en place seront long de 2m, larges de 3m et hauts de 0,75m. Afin d'avoir une berme d'environ 6m arrasée à -0.50m NGF et donc un coefficient de transmission comparable aux brise-lames en enrochements dimensionnés précédemment. Il sera nécessaire d'avoir deux sacs en largeurs en berme (2\*3m) et 3 sacs en hauteur (3\*0.75m). Le brise lame de longueur 100m sera ainsi composé d'environ 461 sacs de capacité 6/8 tonnes

Les tailles de sacs présentés ici sont données à titre indicatifs, un dimensionnement plus précis devra être réalisé afin de vérifier la stabilité des sacs vis-à-vis des conditions de mer lors des études d'exécutions.

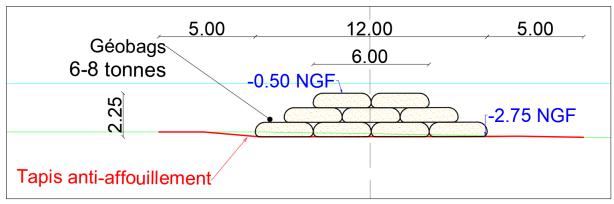
Des vues en plan (Figure 18) et coupes (Figure 19 et Figure 20) de cette solution sont transmises ci-après.



<u>Figure 18 : Vue en plan du brise-lames composé de sacs en géotextile sur la plage du Centre-Ville</u>



<u>Figure 19 : Coupe type selon A-A' du brise lames composé de sacs en géotextile sur la plage du Centre-Ville</u>



<u>Figure 20 : Coupe type selon B-B' brise lames composé de sacs en géotextile sur la plage du Centre-Ville</u>

#### 2.2.3.3 Avantages et inconvénients de cette solution

Le tableau ci-dessous reprend les résultats de l'analyse multicritères, qui sont affinés par informations liées au dimensionnement, à la consistance des travaux, etc.

Avantages	Inconvénients
<ul> <li>Solidification du support</li> <li>Entretien modéré;</li> <li>Recycle les matériaux naturels présents dans l'eau de mer / intérêt environnemental;</li> <li>Limite la dégradation du support la dispersion des matériaux dans l'eau</li> <li>Durée de travaux limitée;</li> <li>Rugosité du Géocorail propice à l'hébergement et la fixation d'espèces</li> <li>Ce type d'élément géologique est facilement attaquable par les bioérodeurs et mollusques. Ces derniers contribuent à la création de cavités et aspérités qui favorisent la structuration du matériau, pour en faire un habitat.</li> <li>Délai de création du Géocorail</li> <li>Entretien du système d'alimentation électrique</li> <li>Ouvrage avec peu d'entretien, « autocicatrisant » en cas de dégâts</li> </ul>	<ul> <li>Coût modéré avec le dispositif géocorail</li> <li>Très faible réversibilité</li> <li>Coût d'entretien qui peut être très élevé mais qui peut être réduit grâce au dispositif géocorail</li> <li>Recours au plastique</li> <li>Durée de création de la couche dure (1 à 2 ans).</li> </ul>

Cette solution utilise des composés plastiques qui pourront être recouverts par le dispositif Géocorail ce qui permet de réduire les déchirures éventuelles et les risques de pollution. Le recours à des sacs de plus petite taille permet également qu'en cas de défaillance d'un ou plusieurs sacs, cela ne remet pas en question l'efficacité de l'ouvrage. Le retour d'expérience de la digue sous-marine de Cavalière conforte cette idée. Depuis sa pose en 2013, l'ouvrage a montré son efficacité et l'entretien est resté mineur. Si quelques sacs ont pu bouger ou être détériorés, cela n'a en rien modifié la structure et cela a pu être résorbés rapidement.

Le dispositif Géocorail consolide la structure en agglomérant les sédiments et en créant un conglomérat rocheux. L'ouvrage conserve ainsi une enveloppe sédimentaire ce qui permet de limiter la perte en habitats car la rugosité de ce matériau est propice à la fixation d'espèces .

2.2.4. Solution 4 : Brise-lames immergé en gabion métallique rempli d'enrochements de plus petites catégories renforcé par système Géocorail®

Les résultats de l'analyse multicritère ont permis de retenir la solution n°4 qui est détaillée ci-dessous.

#### 2.2.4.1. Dimensionnement

Cette solution consiste à réaliser un brise-lames composé de gabions métalliques remplis d'enrochements de petites dimensions. Les gabions auront une base de 2m de côté et mesureront 1,25m de hauteur afin d'avoir une masse d'environ 10 tonnes (proche du dimensionnement des enrochements réalisé précédemment). Ces dimensions pourront varier au moment des études finales pour vérifier la stabilité des éléments.

Afin de réaliser un brise lame identique à ceux définis précédemment, à savoir une longueur de 100m et une berme d'environ 6m arrasée à -0.50m NGF, il sera nécessaire de mettre en places 350 gabions de taille définies ci-dessus.

Le brise-lame sera renforcé par un système Géocorail<sup>®</sup> directement installé sur les structures métalliques des gabions.

Des vues en plan (Figure 21) et coupes (Figure 22 et Figure 23) de cette solution sont transmises en annexe et ci-après.

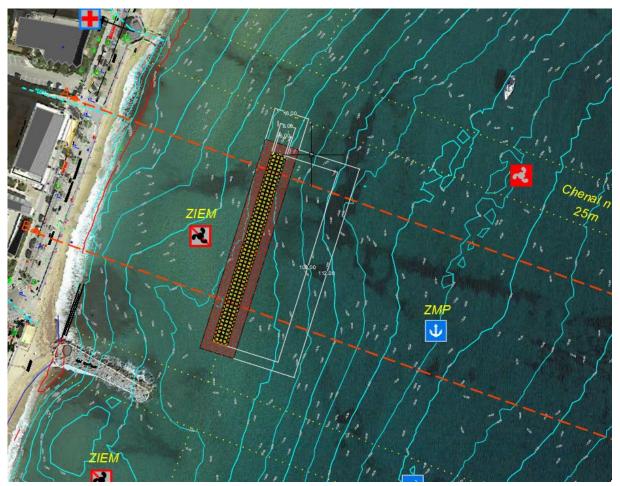


Figure 21 : Vue en plan du brise-lames en gabions et géocorail sur la plage du Centre-Ville

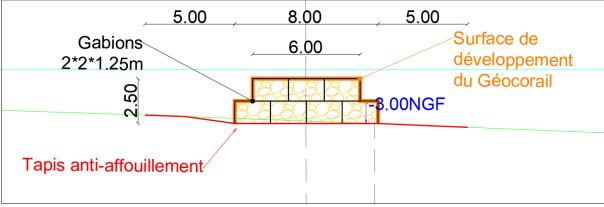


Figure 22 : Coupe type selon A-A' du brise lames en gabions et géocorail sur la plage du Centre-Ville

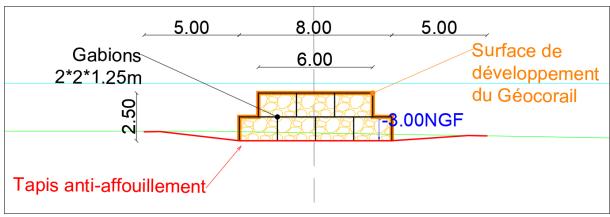


Figure 23 : Coupe type selon B-B' du brise lames en géocorail sur la plage du Centre-Ville

#### 2.2.4.2. <u>Consistance des travaux</u>

#### Les travaux consistent en :

- Installation de chantier et travaux préparatoires :
  - Installation de chantier.
  - o Amenée et repli du matériel de chantier terrestre et maritime dont barge.
  - Constat d'huissier, études exécutions, levés topographiques/bathymétrique et plan de récolement.
  - Mesures de protection de l'environnement (filet anti-MES, mesure de turbidité, ...).
- Réalisation de la digue sous-marine en géotextile :
  - Préparation du sol et nivellement (terrassement dans le sable et dépôt sur la plage)
  - o Fourniture et pose de tapis anti-affouillement en géotextile
  - o Fourniture de gabions 2\*2\*1,25 (5m³)
  - o Fourniture de petits enrochements pour gabions
  - Remplissage des gabions à l'aide des enrochements
  - Mise en place des gabions pour réalisation d'un brise lame immergé y compris liaisonnement les uns avec les autres
  - o Fourniture et mise en place du système Géocorail® sur les gabions y compris raccordement à une source électrique (hors entretien)
- Sécurité :
  - Mise en place d'un balisage du brise-lames.

Les travaux relatifs à cette solution sont estimés à environ 1 122 000€ HT. Une estimation détaillée de cette solution est transmise ci-dessous.

#### Estimation du montant des travaux

<u>Plan :</u> AVP.VP041 et AVP.CT042 <u>Date :</u> 15/04/2022

Date.	. 15/0
Indice:	<u> A</u>

N°	Désignation des prestations	Unité	Quantité	Prix Unitaire HT en euros	Montant HT en euros
1	Installation de chantier et traveux prénerateires				
1.1	Installation de chantier et travaux préparatoires	ft	1	25 500.00	25 500.00 €
1,2	Amenée et repli du matériel de chantier terrestre et maritime dont barge	ft	1	47 400,00	47 400,00 €
1,3	Constat d'huissier, études exécutions, levés topographiques/bathymétrique et plan de récolement	ft	1	22 800,00	22 800,00 €
1,4	Mesures de protection de l'environnement (filet anti-MES, mesure de turbidité,)	ft	1	10 000,00	10 000,00 €
				Sous total 1	105 700,00 €
2	Réalisation de la digue sous marine en géotextile	100ml			
2,1	Préparation du sol et nivellement (terrassement dans le sable et dépôt sur la plage)	m2	2 219	20,00	44 380,00 €
2,2	Fourniture et pose de tapis anti affouillement en géotextile	m2	2 219	40,00	88 760,00 €
2,3	Fourniture de gabions 2*2*1,25 (5m3)	u	368	250,00	92 000,00 €
2,4	Fourniture de petits enrochements pour gabions	m3	1 925	60,00	115 500,00 €
2,5	Remplissage des gabions à l'aide des enrochements	m3	1 925	25,00	48 125,00 €
2,6	Mise en place des gabions pour réalisation d'un brise lame immergé y compris liaisonnement les uns avec les autres	u	368	500,00	184 000,00 €
2,6	Fourniture et mise en place du système Géocorail® sur les gabions y compris raccordement à une source électrique (hors entretien)	ens.	1	200 000,00	200 000,00 €
	NOTA : le système Géocorail® étant un système breveté le coût estimé peut di	fférer.	1	Sous total 2	772 765,00 €
3	Rechargement de la plage	100ml			
3,1	Pompage de sable depuis la plage au nord et mise en œuvre sur le site	m3	4 762	20,00	95 240,00 €
3,2	Nivellement à terre	m2	7 252	5,00	36 260,00 €
				Sous total 3	131 500,00 €
4	Sécurité	100ml			
4.1	Mise en place d'un balisage du brise-lames	ft	1	10 000.00	10 000.00 €
.,.				Sous total 4	10 000,00 €
Nota :				TOTAL HT	1 019 965,00 €
	Nota:  La conjoncture actuelle incite certaines entreprises, en recherche d'activité, à répondre à des prix très bas avec des rabais pouvant aller jusqu'à 40 % a priori difficilement justifiables.  Ne pouvant préjuger des rabais ou des efforts que les entreprises pourront consentir, il nous parait raisonnable de ne pas intégrer cette variable dans l'établissement de nos estimations.  Ces dernières sont établies sur la base de moyennes de prix unitaires, issues de consultations similaires récentes, pour des appels d'offres lancés dans la même région.		ECHNIQU	10%	101 996,50 €
bas avec					
			TOTA	<u>1 121 961,50 €</u>	
Ces derr				<u>224 392,30 €</u>	
similaires				1 346 353,80 €	

#### 2.2.3.3 Avantages et inconvénients de cette solution

Le tableau ci-dessous reprend les résultats de l'analyse multicritères, qui sont affinés par informations liées au dimensionnement, à la consistance des travaux, etc.

Avantages	Inconvénients
- Rapidité d'exécution	- Réversibilité modérée
- Entretien modéré, réduction de l'entretien sur le bris	se-lame; - Coûts importants
- Recycle les matériaux naturels présents dans l'e	eau de mer si   - Délai de création du Géocorail
présence de Géocorail® / intérêt environnemental ;	- Entretien du système
- Protection des aciers par le Géocorail	d'alimentation électrique
- Rugosité du Géocorail propice à l'hébergement	et la fixation
d'espèces	
- Ce type d'élément géologique est facilement atta	quable par les
bioérodeurs et mollusques. Ces derniers contribue	nt à la création
de cavités et aspérités qui favorisent la structuration	on du matériau,
pour en faire un habitat.	
- Favorise le développement d'espèces sur ce suppo	rt
- Absence de plastiques	
- Durée de travaux limitée ;	

Cette solution n'utilise pas de plastiques (hormis le tapis anti-affouillement), ni de sable supplémentaire. Les structures en gabions ne se corrodent pas grâce au dispositif géocorail (protection lors de la polarisation qui recouvre le métal). Il est possible d'étudier des alternatives à ce tapis utilisant également le procédé Geocorail (filet métallique par exemple).

Au fil du temps, la croûte calcaire autour des gabions :

- Créée une rugosité de surface, favorable à l'accrochage de la flore et de la faune locales fixées ou vagiles.
- Permet l'installation de micro-érodeurs, macro-érodeurs et mollusques, créant une matrice texturée facilement colonisable.

Ce procédé permet de diminuer l'artificialisation du milieu. Composé uniquement de calcaire, il réduit la perte en habitats sableux.

Les gabions permettent d'utiliser des blocs rocheux de relative petite taille par rapport aux blocs unitaires des enrochements classiques. Ces blocs sont disponibles dans des carrières proches disséminées sur tout le territoire. A l'inverse, les blocs de 5 à 10T ne sont généralement pas disponibles localement et nécessitent donc un transport depuis des massifs montagneux, ce qui augmente très significativement l'empreinte carbone de l'ouvrage (et son coût). Par rapport aux Geotubes et sacs remplis de sable, les blocs rocheux relâchent très peu de fines lors de la construction de l'ouvrage. La turbidité liée au chantier est ainsi réduite.

Le dispositif Géocorail occasionne certes des coûts supplémentaires en matière de consommation électrique. Ils sont cependant surtout concentrés sur les 24 premiers mois et sont considérablement réduits ensuite.

#### 2.2.5. Conclusion

Le dimensionnement, les paramètres techniques des différentes solutions et les matériaux qui pourraient être utilisés permettent d'affiner les avantages et inconvénients de chaque solution.

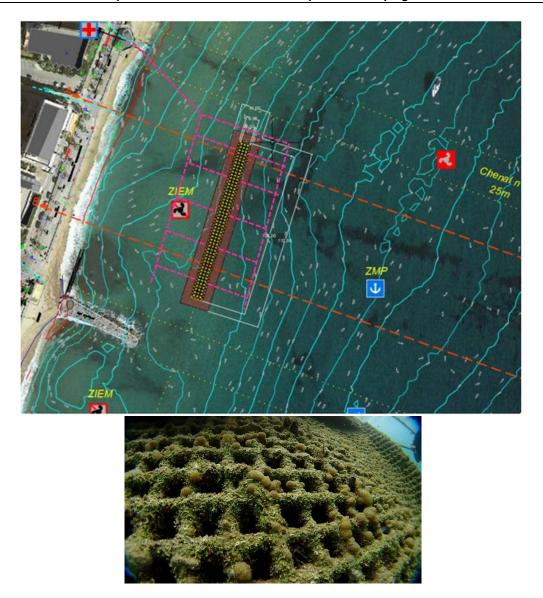
Au vu de tous les éléments présentés pour chaque solution, le choix de la solution s'est porté sur le récif immergé en gabions métalliques remplis d'enrochements de plus petites catégories renforcé par système Géocorail.

Cette solution présente l'avantage de ne pas avoir recours au plastique. Les enrochements de plus petites tailles sont plus faciles à trouver localement.

Le renforcement par le dispositif Géocorail permet de limiter l'artificialisation et n'utilise que des éléments naturels. Il peut favoriser l'installation d'une faune et d'une flore spécifiques.

En termes de travaux, des mesures de réduction sont également possibles et seront approfondies dans les parties suivantes ainsi que lors de la maitrise d'œuvre :

- Suppression totale du plastique avec un tapis anti-affouillement lui-même équipé du dispositif Géocorail.
- Recours à des embarcations nautiques plus petites et moins impactantes selon le procédé de remplissage des gabions.



2.2.6. Rechargement de plage, par déplacement de sable, complémentaire au brise-lame de la solution 4

#### 2.2.6.1. <u>Dimensionnement</u>

Le rechargement de plage vient en complément de la protection contre les coups de mers. Le rechargement en sédiments permet d'amortir les vagues (atténuées par les brise-lames immergés) et limiter l'impact sur le mur de soutènement.

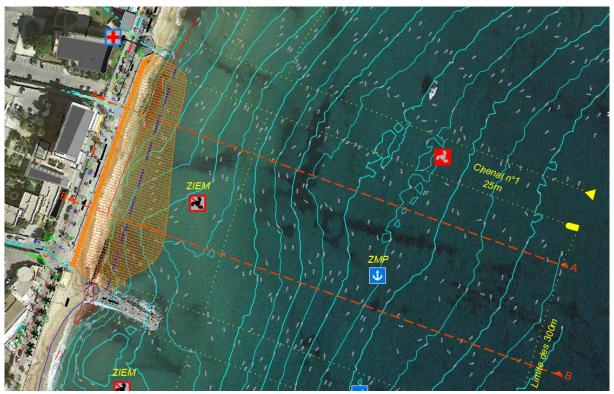


Figure 24 : Vue en plan du rechargement de la plage du Centre-Ville

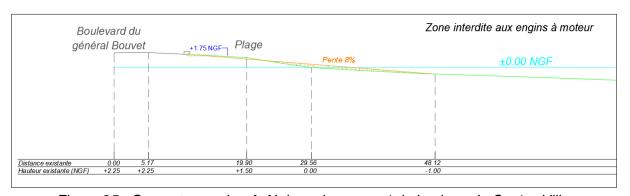
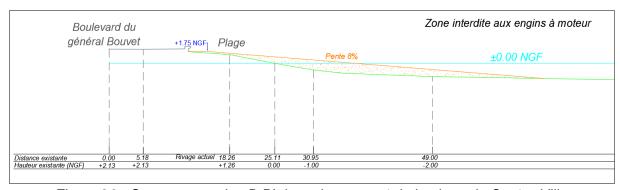


Figure 25 : Coupe type selon A-A' du rechargement de la plage du Centre-Ville



<u>Figure 26 : Coupe type selon B-B' du rechargement de la plage du Centre-Ville</u>
L'obtention d'une plage avec une crête large de 3 m au droit du mur de haut de plage et une pente de 8% pour retrouver le terrain naturel, induit un rivage distant d'environ 27m du mur de soutènement.

La quantité de sédiment à recharger est estimée à 4 800 m³ pour obtenir le profil de plage présenté ci-dessus. Par la suite, les coups de mers et le transit sédimentaire seront moins importants grâce au brise-lame, la perte de sable sur la plage sera plus faible qu'actuellement. La plage étant aujourd'hui très réduite, ce rechargement permettra de renforcer la dynamique d'accrétion de la plage et l'efficacité de l'ouvrage au début de sa mise en œuvre. Il maintiendra une plage suffisamment large pour protéger la promenade.

La méthode de rechargement de plage est dépendante des moyens matériels et humains de l'entreprise retenue pour la réalisation des travaux. Dans le cadre du rechargement de la plage du Centre-Ville, deux techniques sont réalisables : transfert de sable par camion ou pompage de sable.

L'estimation du montant des travaux de rechargement est incluse dans le budget estimatif de la solution retenue et présentée précédemment.

Cette estimation a été faite sur la base d'un transfert de sable depuis la plage au Nord.

# 2.2.6.2. <u>Caractéristiques des sédiments dans la zone</u> rechargée et la zone de prélèvement

Par souci de cohérence environnementale, la commune fera le choix d'utiliser du sable qui se trouve à proximité.

2 options sont possibles (figure 27):

- Le sable issu du dragage du port du port du Lavandou, dont la gestion est assurée par la commune. Celle-ci dispose d'un arrêté préfectoral, en date du 17 août 2018, portant prescriptions particulières, en application de l'article R.214-35 du code de l'environnement, à la déclaration n°83-2018-00055 de la commune du Lavandou relative aux travaux de dragage d'entretien pluriannuel 2018-2027 de la passe d'entrée du port du Lavandou. Le volume annuel de matériaux autorisé à extraire est de 4 500 m ³ maximum. La commune n'a pas effectué de dragage depuis 2020, il est très probable qu'une opération soit programmée en 2023.

- La zone en accrétion de la plage du centre-ville, située à moins de 250 m de la zone en érosion. Cette zone nommée « plage centrale » dans la figure ci-dessous gagne en sable depuis plusieurs dizaines d'années. Elle a gagné entre 50 et 90 m depuis 1920. De plus, en plus d'être une zone en accrétion, il s'agit de la zone qui accueille le sable issu du dragage du port. Elle pourrait donc fournir, par déplacement, les sédiments nécessaires pour réensabler la zone en érosion.

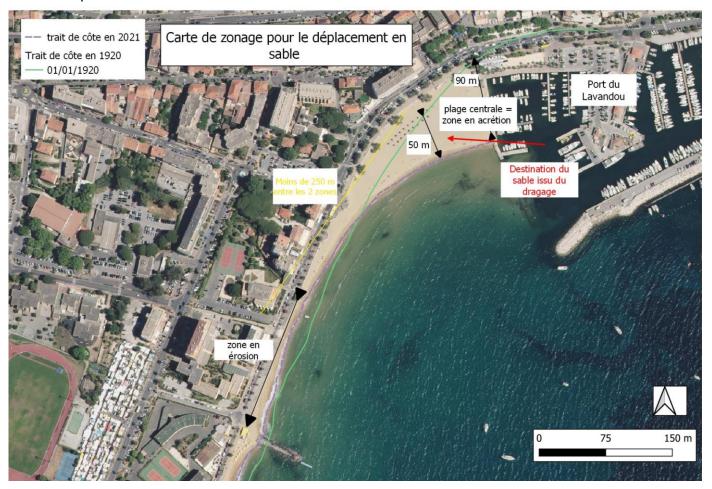
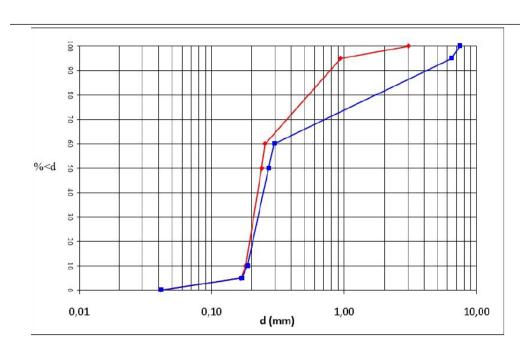


Figure27. Carte de localisation des zones de prélèvements envisagées pour le recharge en sable

La commune a effectué, en avril 2022, des mesures de granulométrie sur le site en accrétion, qui pourrait fournir le sable, et sur le site en érosion. Le plan d'échantillonnage du site en érosion est présenté ci-dessous (figure 28) ainsi que les résultats (seuls les points S1 et S5) sont développés ci-après



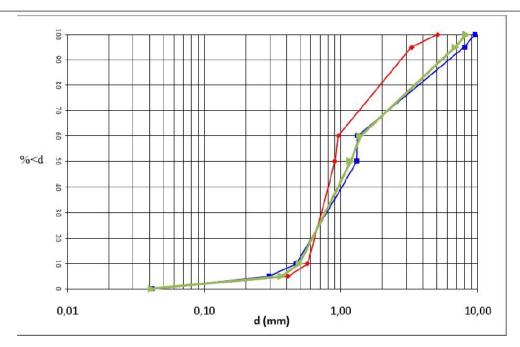
<u>Figure 28. Plan d'échantillonnage des sédiments de la plage du centre-ville</u> du Lavandou en vue des analysées granulométrique



N° de l'échantille	LS01025	LS01060
Symbole	<b>+</b>	
Localisation	Plage du centre Ville	Plage du centre Ville
Profondeur (m)	0,25	0,60
Géologie	Sable beige, homogène, fin	Sable beige, hétérogène
d10 mm	0,18	0,19
d50 mm	0,24	0,27
d60 mm	0,25	0,30
U=d60/d10	1,400	1,598

Figure 29 . Courbe granulométrique de l'échantillon S01

Pour ce prélèvement, les sables ont une granulométrie avec un D50 de 0,24mm à 0,27mm, ce qui correspond à la classe des sables fins.



N° de l'échantille	LS05010	LS05020	LS05100
Symbole	<b> </b>	1	<u> </u>
Localisation	Plage du centre Ville	Plage du centre Ville	Plage du centre Ville
Profondeur (m)	0,10	0,20	1,00
Géologie	Sable beige, homogène, grossier	Sable beige, hétérogène, grossier	grossier avec présence de fines
d10 mm	0,57	0,47	0,50
d50 mm	0,90	1,30	1,17
d60 mm	0,95	1,31	1,39
U=d60/d10	1,675	2,805	2,795

Figure 27. courbe granulométrique de l'échantillon S05

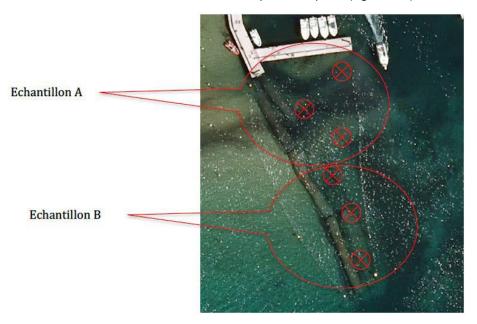
Pour ce prélèvement, les sables ont une granulométrie avec un D50 entre 0,9mm et 1,30mm, ce qui correspond à la classe des sables grossiers.

Comme le montrent les analyses, les sédiments au Nord semblent plus fins que ceux au niveau de l'épi. Ces observations sont en accord avec le sens du transit sédimentaire puisque celui-ci s'effectue du Sud vers le Nord avec un départ des particules sédimentaires le plus fines, venant engraisser la partie Nord de la plage. Il est à prédire que la fraction de sable fin se situant au Sud a transité vers le Nord pour se retrouver en majorité dans les échantillons prélevés.

Malgré des différences granulométriques, les deux échantillons pourraient être compatibles puisqu'ils proviennent de la même cellule hydrosédimentaire, avec une érosion là où les sédiments les plus grossiers ont été prélevés et une accrétion là où se trouvent les sédiments les plus fins.

Dans le cadre des autorisations de dragage délivrées à la commune du Lavandou, des analyses sédimentaires sont effectuées à la fois sur la zone draguée et sur la zone qui accueille le sable. L'évaluation de la qualité du sable draguée est basée sur l'analyse des concentrations des paramètres énoncés dans l'arrêté du 09 août 2006 modifié, suivant les concentrations à prendre en compte et la circulaire n°2000-62 du 14 juin 2000.

2 échantillons ont été réalisés selon le plan ci-après (figure 31) :



<u>Figure 31. Localisation des points de prélèvement d'échantillons de sable à l'entrée du port du</u> Lavandou

Les derniers prélèvements ont été réalisés fin 2019 à l'aide d'une benne « Van VEEN » afin de collecter les dix premiers centimètres des matériaux meubles. Les résultats d'analyses sont présentés ci-dessous (Figure 28)

Echantillon	Lavandou A	Lavandou B	Valeur	s seuils
Date	10/12/2019	10/12/2019	N1	N2
Matières sèches (%)	73,6	71,8		
Masse volumique (g/cm3)	1,88	1,82		
nique Total (C.O.T.(% MS))	0,16	0,13		
Kjeldahl (mg/kg poids sec)	1	< 0,5		
ore total (mg/kg poids sec)	343	241		
erte au feu (550°C) (% MS)	0,56	0,631		
GRANULOMETRIE (%) dans	la fraction inf	érieure à 2mm		
oles grossiers 200-2000µm	85,80	90,01		
Sables fins 63-200µm	11,31	8,18		
Limons grossiers 20-63µm	2,03	1,81		
Limons fins 2-20µm	0,85	0,00		
Argiles <2μm	0,00	0,00		
METAUX (mg/kg de sédime	ent sec)			
Arsenic	5,09	4,17	25	50
Cadmium	< 0,10	< 0,10	1,2	2,4
Chrome	3,91	3,05	90	180
Cuivre	< 5,0	< 5,0	45	90
Mercure	< 0,10	< 0,10	0,4	0,8
Nickel	3,26	2,35	37	74
Plomb	< 5,0	< 5,0	100	200
Zinc	12,3	9,68	276	552
POLYCHLOROBIPHENYLS -P	CB (µg/kg de:	sédiment sec)		
Congénère 28	< 1	<1	5	10
Congénère 52	< 1	<1	5	10
Congénère 101	< 1	< 1	10	20
Congénère 118	< 1	< 1	10	20
Congénère 138	< 1	< 1	20	40
Congénère 153	< 1	<1	20	40
Congénère 180	< 1	<1	10	20
HYDROCARBURES POLYAR	OMATIQUES -I	HAP (µg/kg de s	sédiment s	ec)
Naphtalène	3,6	13,0	160	1130
Acénaphtylène	2,8	< 2,1	40	340
Acénaphtène	5,4	< 2,1	15	260
Fluorène	4,6	2,3	20	280
Phénantrène	26,0	11,0	240	870
Anthracène	9,3	< 2,1	85	590
Fluoranthène	82,0	8,7	600	2850
Pyrène	54,0	6,8	500	1500
Benzo(a)anthracène	37,0	2,9	260	930
Chrysène	51,0	3,3	380	1590
Benzo(b)fluoranthène	60,0	7,4	400	900
Benzo(k)fluoranthène	29,0	2,2	200	400
Benzo(a)pyrène	36,0	4,0	430	1015
Dibenzo(a,h)anthracène	22,0	< 2,1	60	1160
Benzo(g,h,i)pérylène	30,0	2,4	1700	5650
Indéno(1,2,3 cd)pyrène	487,0	3,4	1700	5650
T.B.T.	-		100	400
ORGANOSTANNIQUES (µg, T.B.T. Valeur inscrite en noir < N1	/kg de sédime < 2,0		100	

Figure 28. Résultats des analyses des sédiments issus du dragage de l'entrée du port du Lavandou – 2019

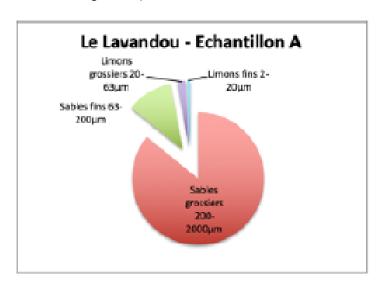
Pour l'ensemble des paramètres (métaux, PCB, HAP, etc. – voir tableau ci-dessous) les concentrations dosées sont inférieures aux valeurs seuils des arrêtés du 09 août 2006, du 23 décembre 2009 et du 08 février 2013 et ne sont pas susceptibles d'engendrer des dysfonctionnements dans l'environnement lors d'un dragage.

De la même manière, des prélèvements ont été effectués fin 2019 sur la zone de rechargement (Figure 29) à l'aide d'une pelle afin de collecter les dix premiers centimètres des matériaux meubles sur la plage.



<u>Figure 29. Localisation des points de prélèvement pour l'analyse des échantillons de sédiments qui seront utilisés pour recharger la zone-projet</u>

Les comparaisons granulométriques des zones échantillonnées sont les suivantes (Figure 30 et Figure 31).



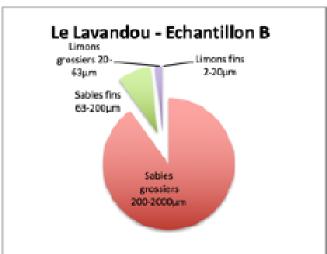


Figure 30. Fractions granulométriques - Echantillons A et B (sédiments marins)

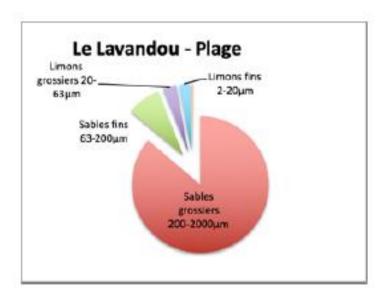


Figure 31. : Fractions granulométriques de la zone plage (plage centrale).

Les sédiments dragués et les sédiments situés sur la zone à rechargement sont composés en grande partie de sables grossiers à la granulométrie comprise entre 200 et 2000 µm (à plus de 85 % pour les 3 échantillons). Les sables avec des fractions inférieures à 63µm, associés à la portion de fraction fine représentent respectivement 2,88 % et 1,81 % pour les échantillons A et B et 5,98 % pour la zone plage. Les résultats des comparaisons granulométriques montrent une faible proportion de particules fines, permettant d'avoir une propagation limitée dans le milieu marin.

Les sédiments issus du dragage présentent une granulométrie compatible avec les sédiments en partie érosive. Ces analyses permettent de conclure à une compatibilité des caractéristiques physico-chimiques des sédiments de la plage du centre-ville.

Ci-dessous, un rétroplanning répertoriant les principales étapes de mises en œuvre :

#### 2.3. Planning et Phasage des travaux

#### 2.3.1. Planning envisageable

#### Les travaux se feront en dehors de la saison balnéaire.

La mise en place d'un brise-lame nécessite une période de préparation des travaux allant de 1 à 2 mois comprenant la commande des fournitures (gabions, tapis anti-affouillements). Les travaux sur site auront une durée estimée entre 2 et 3 mois, cette durée peut être rallongée selon les conditions météorologiques.

	Mois 1			Mois 2				Mois 3					Мо	is 4		Mois 5				
	5.1	S 2	53	S 4	<b>S</b> 5	9 8	5.7	88	8 9	S 10	S 11	S 12	S 13	S 14	S 15	S 16	S 17	S 18	S 19	S 20
Réception bon de commande																				
Phase préparatoire																				
Validation mode opératoire définitif																				
Partie travaux sous-marins																				
Commandes fournisseurs																				
Livraisons atelier & sur site																				
Nivellement, pose des gabions (y/c sujétions)																				
Partie Seacure / Geocorail																				
Dimensionnement électrochimique définitif																				
Préparation atelier de la solution																				
Installation des éléments à terre																				
Mise en place des éléments en mer																				
Raccordement à la digue																				
Mise en service du procédé Geocorail																				
Réception de chantier																				

Délivrance du DOE										
Réensablement de la plage										

#### 2.3.2. Phasage des travaux

Les travaux sur site débuteront par la mise en place du brise-lame.

La réalisation d'un ouvrage atténuateur de houle en gabions comprend à minima 5 phases distinctes :

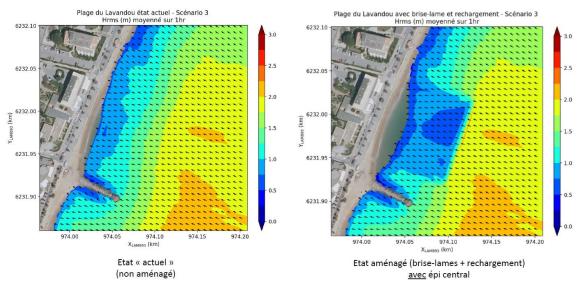
- Préparation du terrain / terrassement ;
- Mise en œuvre du tapis lesté à partir d'une barge,
- Remplissage des gabions avec de petits enrochements
- Mise en œuvre des gabions à partir d'une barge
- Installation du système géocorail sur les gabions ;

La source de sable étant la plage au Nord, le rechargement pourrait alors être effectué par pompage du sable et transport via tuyau jusqu'à la zone d'intervention ou par transport terrestre via la route.

# 3. EFFETS DE L'OUVRAGE ET DU RECHARGEMENT SUR LA ZONE (PAR MODELISATION)

L'ouvrage retenu et le rechargement en sable ont été modélisés dans les conditions décrites dans le rapport diagnostic (paragraphe 2-3-1 - étude 2022, CW -CGC / Actimar).

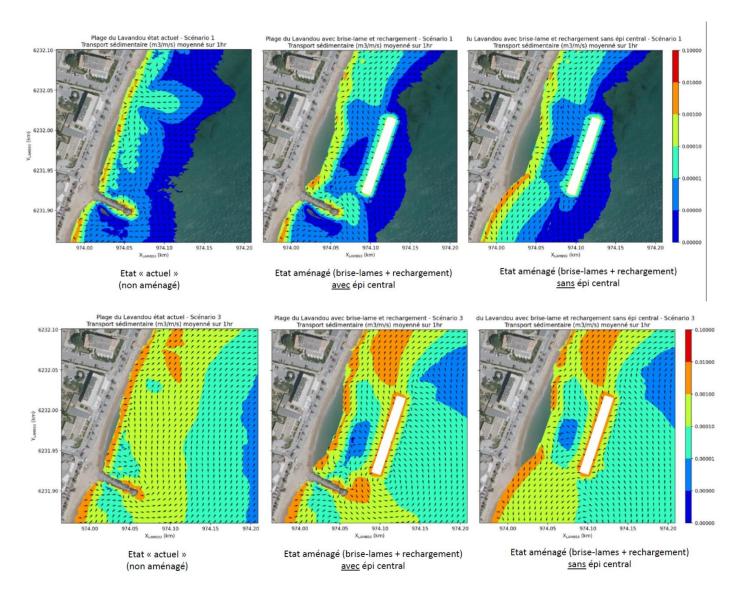
Concernant les vagues : les résultats de modélisation montrent bien l'effet « protecteur » du brise-lames vis-à-vis de la plage puisque la hauteur des vagues est significativement diminuée dans la zone située entre le brise-lames et le bord (la présence du brise-lames n'induit par ailleurs pas d'augmentation de la hauteur des vagues dans une autre zone.)



<u>Figure 32. Modélisations des vagues arrivant sur le plage centrale du Lavandou sans ouvrage</u> (gauche) et avec ouvrage (droite) - Actimar 2022

En termes de mouvements sédimentaires (2 scénarios d'intensité présentés ci-dessous), l'ouvrage et le rechargement permettent un gain de sable au droit de l'ouvrage. Il y aurait moins de pertes sédimentaires vers le Nord de la plage (engraissement significatif et très marqué du Nord de la plage jusqu'à alors). Au Sud, l'ouvrage a peu d'effet « induit ». Par contre, une modélisation sans l'épi central a été réalisée. On voit que dans les 2 scénarios, l'épi central complémentaire aux brise lames et au rechargement permet de retenir le sable. Un retrait de l'épi (cartes à droite)

Modélisation des mouvements sédimentaires ires avec perte de sable.



<u>Figure 33. Modélisation des mouvements sédimentaires selon le scénario choisi (état actuel, état aménagé avec retrait d'épi) – Actimar 2022</u>

#### 4. CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le porter à connaissance diffusé par la préfecture du Var en décembre 2019, estime une élévation du niveau marin moyen à 60cm.

La plage du Lavandou est soumise à un risque de submersion variant de faible à fort selon les secteurs de la plage. A l'horizon 2100 et tenant compte du changement climatique, le risque de submersion marine, pour un évènement moyen d'occurrence centennale et de surcote 60cm est estimé au plus haut à +2.10m NGF.

La plage du Centre-Ville étant très étroite et bordée par l'avenue du Général Bouvet, elle sera réduite de manière significative lorsque la mer aura monté de 60cm.

Une submersion de +2.10m NGF au droit de la plage du Centre-Ville pourrait ainsi provoquer des dégâts sur l'Avenue du Général Bouvet (altitude de +2m NGF) et sur les infrastructures adjacentes.

En considérant les niveaux d'eaux actuels, l'ouvrage se situe à 50 cm sous le niveau d'eau 0.00NGF. Avec une élévation du niveau marin, la stabilité de l'ouvrage ne se verra pas impactée. En revanche il pourra être moins efficace lors de grosses tempêtes car la berme du brise-lame sera moins proche de la surface. Une solution de réhausse du brise-lames en gabion pourra alors être envisagée afin pouvoir conserver son efficacité malgré l'élévation du niveau marin.

#### 5. MESURES MISES EN PLACE DURANT LA PHASE TRAVAUX

### 5.1. Rappel des habitats terrestres et marins présents et sensibilité environnementale de la zone

#### 5.1.1. Enjeux de biodiversité

En première approche, les enjeux liés à la biodiversité marine ont été déterminés par la biographie disponible :

- Cartographie détaillée des habitats marins dressée par le Parc national de Port-Cros ;
- Formulaires standard de données des sites Natura 2000 FR9301613 Rade d'Hyères et FR9310020 - Iles d'Hyères;
- Document d'Objectifs des sites Natura 2000 FR9301613 "Rade d'Hyères ", FR9310020 " lles d'Hyères" et FR9312008 " Salins d'Hyères et des Pesquiers". Tome 2, version validée par le COPIL du 18/06/2021.

L'analyse des données disponibles a permis de planifier les plongées destinées à cartographier et étudier plus précisément les biocénoses benthiques de la zone d'étude et notamment sur la zone concernée par l'emprise du projet.

La commune a ainsi procédé à des plongées supplémentaires afin de vérifier par exemple l'absence de patchs à Posidonie ou de Cymodocées et inventorier les autres espèces protégées susceptibles d'être présentes ainsi que les populations de poissons. Aucune espèce végétale ou animale protégée n'a été inventorié.

#### 5.1.1.1. L'étage médiolittoral

L'étage médiolittoral correspond à la majeure partie de la zone intertidale (encore appelée zone de balancement des marées ou estran). C'est notamment sur cet étage que sera opéré le rechargement de plage.

Pour compenser le phénomène d'érosion et augmenter l'efficacité de l'ouvrage projeté, le rechargement permettra d'atténuer le déséquilibre du littoral en alimentant une unique fois la plage en matériaux par dragage/transfert de sable de sa partie Nord (émergée ou immergée selon les résultats d'analyse physico-chimique). L'objectif sera de rétablir un profil d'équilibre de la plage, de protéger les structures contre les vagues en tempête par effet de « zone tampon ». L'augmentation de l'estran permettra la préservation des usages et des enjeux.

Sur cet étage, l'habitat des végétations annuelles des laisses de mer est identifié. Il s'agit d'un habitat temporaire, instable, observable du printemps à l'automne. Bien qu'il ne soit pas désigné prioritaire, cet habitat a son importance dans la mesure où il contribue à protéger la plage de l'érosion.

Cependant, sur la zone d'étude, il n'y a pas de végétation annuelle des laisses de mer. Les Posidonies ainsi que les laisses de mer ne restent pas. Le nettoyage est manuel, et cela toute l'année depuis 2 ans et il n'y a pas de végétation qui s'est formée. Au regard :

- Des faibles volumes de sable nécessaire au rechargement (4800m²)
- De la compatibilité granulométrique du sable apporté au vu de sa provenance (Nord de la plage et/ou dragage du port du Lavandou);

- De la bonne qualité chimique du sable (la qualité du sédiment sera validée par des analyses physico-chimiques) ;
- Du caractère unique du rechargement ;
- De la courte durée des opérations de rechargement ;
- Des enjeux environnementaux identifiées et leur localisation par rapport au rechargement (absence de végétation et de dunes, pas de zone de nidification des oiseaux identifiés sur les lieux du projet);
- De l'impact nul sur les espèces d'intérêts communautaires présentes aux abords du site;

Il est possible de conclure que cet étage ne présente donc pas d'enjeux écologiques particuliers susceptibles d'être impactés par le projet d'installation de digue sous-marine couplé au rechargement.

#### 5.1.1.2. L'étage infralittoral

Deux habitats se distinguent au droit de la plage du centre-ville du Lavandou. Il s'agit de l'habitat générique « bancs de sable à faible couverture permanente d'eau » se déclinant notamment en « sables fins bien calibrés » (SFBC) et en « sables fins de haut niveau » puis l'habitat « herbiers de posidonie » dont ce dernier est désigné habitat prioritaire au sens de la directive Habitat (Directive de l'Union européenne 92/43/CEE).

Concernant le premier habitat cité, il s'agit d'étendues de sables fins de granulométrie homogène entre -3m et la limite inférieure de l'étage infralittoral. La biocénose des SFBC succède à la biocénose des sables fins de haut niveau située entre 0 et -2m de profondeur. Les cortèges faunistiques associés aux SFBC sont principalement représentés par des annélides polychètes et mollusques bivalves (animaux enfouis), des petits crustacés décapodes et amphipodes. C'est aussi une zone de nourissage des poissons plats et fouisseurs comme le rouget et le marbré. Les praires de Cymodocées et Zostères peuvent s'y développer mais sont absentes de la zone du projet.

L'habitat est directement soumis à l'activité anthropique littorale : émission de pollutions, apport d'eaux turbides, pélites et sablons par les vallons et cours d'eau, macrodéchets.

Cette biocénose est la plus représentée sur la zone d'étude et la seule qui sera directement impactée par le projet :

- par recouvrement par l'ouvrage projeté, cependant de manière très limité du fait de la faible surface d'occupation au sol (1800m²);
- par le rechargement associé, lui aussi de volume très faible (rechargement unique de 4800m³).

Cette biocénose étant généralement peu sensible aux incidences indirectes des travaux en milieu côtier vis-à-vis desquels elle présente une forte résilience du fait de cycles saisonniers très marqués et de son adaptation aux modifications physiques du milieu sous l'influence des tempêtes hivernales, il est possible de conclure que cet étage ne présente donc pas d'enjeux écologiques particuliers, susceptibles d'être impactés par le projet d'installation de digue sousmarine couplé au rechargement. Le dispositif Géocorail permet également de recouvrir l'ouvrage d'éléments sédimentaires et de reconstituer un habitat propice.

Pour autant, en phase travaux des mesures seront prises (cf. paragraphe 5) afin de ne pas impacter cet habitat et les espèces qui lui sont associées. Un suivi sera également mis en place suite à la mise en œuvre de l'ouvrage.

Concernant les Herbiers de Posidonie, la carte ci-dessous montre que ceux-ci sont bien développés au droit de la plage.

Cependant, les herbiers sont distants de plus 380m de la zone de rechargement et de plus de 300m de l'emplacement de la digue projetée. Aucun herbier de Cymodocée n'a été identifié à proximité des zones d'emprise du projet.

L'ouvrage projeté aura un rôle atténuateur de houle permettant de diminuer l'énergie de déferlement des vagues sur la plage, évitant les pertes de sables trop importantes.

Il est ainsi possible de conclure que les travaux et le projet dans sa globalité n'entraineront pas d'impact sur cet habitat.

Pour autant, en phase travaux des mesures seront prises (cf. chapitre 5) afin de ne pas impacter cet habitat et les espèces qui lui sont associées.



# 32. 13\ Habitats marins élémentaires, secteur 13- De la pointe de l'Esquillette au Cap Nègre.



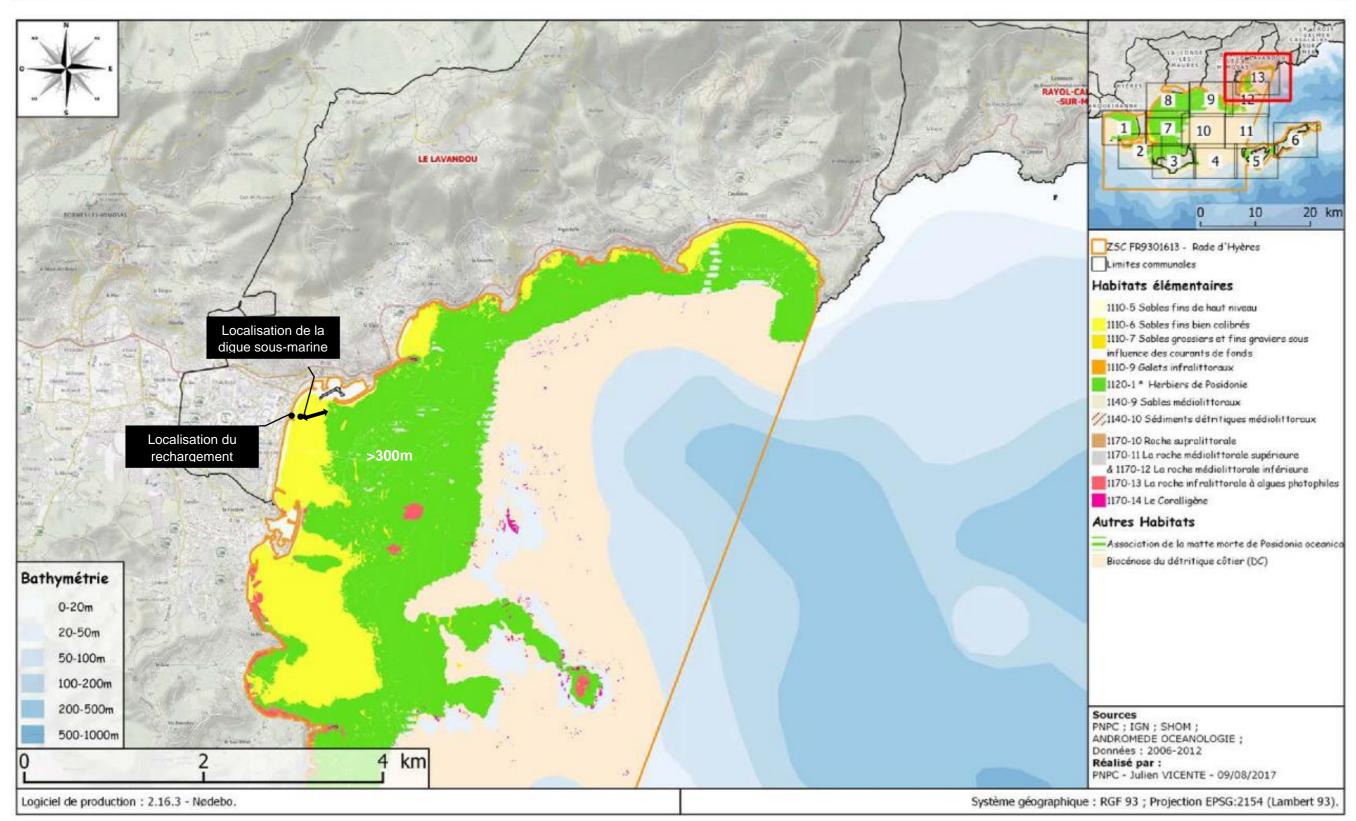


Figure 34. Parc national de Port-Cros, 2020 - Document d'objectifs des sites Natura 2000 FR9301613 « Rade d'Hyères » Tome 1 : Atlas cartographique

Le projet, par sa nature et sa localisation, n'aura pas d'impact sur les herbiers qui se trouvent à plus de 300m de la digue projetée.

Des mesures de protection de l'environnement et de la santé humaine adaptées seront mises en place tout au long du chantier.

#### 5.2. Rappel du contexte réglementaire environnemental

#### 5.2.1. Site Natura 2000

La plage du centre-ville du Lavandou se situe en bordure des sites Natura 2000 :

- ZPS FR9310020 lles d'Hyères
- ZSC FR9301613 Rade d'Hyères

Ces deux sites NATURA 2000 font l'objet d'une gestion commune par le Parc national de Port-Cros. Ils ont fait l'objet d'un Document d'Objectifs commun, qui a été approuvé en 2008, révisé en 2021.



Figure 35 : Localisation des sites NATURA 2000 aux alentours de la plage du Centre-ville (Geoportail)

Bien que le projet de la commune du Lavandou se situe au sein de deux zones Natura 2000, par l'application de la séquence ERC et des mesures qui seront prises en phase travaux, le projet de lutte contre l'érosion et la submersion marine porté par la commune ne sera pas de nature à perturber les habitats et les espèces ayant motivés la désignation de ces sites Natura 2000. Conformément aux procédures réglementaires, un formulaire d'évaluation des incidences Natura 2000 sera produit pour démontrer que le projet n'impactera pas l'état de conservation des sites au sein desquels il se situe.

## 5.2.2. Zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF)

La plage du centre-ville du Lavandou n'est située au sein d'aucune ZNIEFF. Le projet se localise à proximité des ZNIEFFs suivantes :

- à 90m du site ZNIEFF marine type II 93M000085 « herbier de posidonies du Lavandou et de Bormes-les-Mimosas » (1)
- A 3,4km de la ZNIEFF marine de type II 93M000088 « Eboulis profond du Sud-Est du Lavandou (2)
- A 3,4km de la ZNIEFF marine de type II 93M000084 « du Cap Bénat à la pointe de l'Esquillette » (3)
- A 4km de la ZNIEFF marine de type I 93M000059 « Sèche de la Fourmigue » (4)

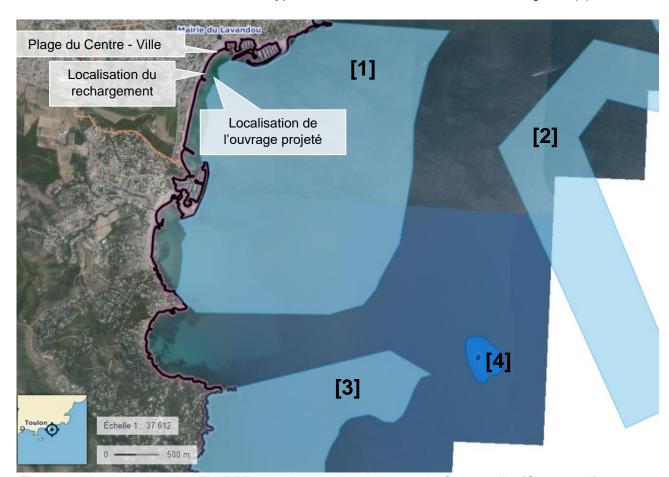


Figure 36. Localisation des ZNIEFF aux alentours de la plage du Centre-ville (Geoportail)

Bien que les ZNIEFF ne constituent pas une mesure de protection réglementaire et ne bénéficient d'aucune protection spécifique, elles fournissent des renseignements et des recommandations aux Maîtres d'Ouvrage dans le cadre de leurs opérations, mais ne constituent pas des interdictions ou des obligations formelles. Cependant, le projet envisagé prendra en compte le zonage de protection établi et de ce fait, des mesures d'évitement / de réduction seront prises pendant la phase de travaux afin que ce projet ne modifie pas l'intérêt écologique des ZNIEFF.

#### 5.2.3. Parc national de Port-Cros

Premier parc marin créé en Europe, le Parc national de Port-Cros est constitué de l'île de Port-Cros et des espaces naturels propriétés de l'État, de l'île de Porquerolles (pour la partie coeur) et de cinq communes signataires de la charte : La Garde, Le Pradet, Hyères-les-Palmiers, La Croix-Valmer et Ramatuelle (pour l'aire d'adhésion).

Escale privilégiée pour les oiseaux migrateurs, il est un lieu de vie pour des oiseaux rares en Méditerranée, comme les puffins. Le territoire abrite également des espèces terrestres endémiques comme le discoglosse sarde et le phyllodactyle d'Europe.

Le milieu marin tire son originalité de ses paysages sous-marins : l'herbier de posidonie et le coralligène, habité par plus de 180 espèces de poissons et de nombreux invertébrés qui y trouvent refuge.

Le Parc national de Port-Cros administre le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles chargé de la sauvegarde de la flore sauvage de Méditerranée. Il anime la partie française du Sanctuaire Pelagos pour la protection des mammifères marins.



Le plan d'eau de la plage du centre-ville Lavandou se situe au sein du zonage du Parc National de Port-Cros maritime dans « l'Aire adjacente » comme montre la carte de localisation suivante.

Figure 37. Localisation du projet au sein des eaux du Parc National de Port-Cros (Source : Parc National de Port-Cros

Bien que le projet de la commune du Lavandou se situe au sein des eaux du Parc national de Port-Cros, par l'application de la séquence ERC et des mesures qui seront prises en phase travaux, le projet de lutte contre l'érosion et la submersion marine ne sera pas de nature à perturber les habitats et les espèces du Parc national.

#### 5.2.4. Sanctuaire Pelagos

Le secteur d'intervention est situé dans le sanctuaire méditerranéen des mammifères marins Pelagos, instauré par traité et signé entre la France, l'Italie et Monaco le 21 février 2002. Il s'agit d'un espace maritime de 87 500 km² (2 022km de linéaire côtier) hébergeant un capital biologique de haute valeur patrimoniale par la présence de nombreux cétacés. 13 espèces, dont 8 toute l'année s'observent dans le sanctuaire Pelagos, avec 25 000 à 45 000 dauphins, tels que le Grand dauphin *Tursiops truncatus*, ainsi que 2000 à 4000 rorquals.

Le sanctuaire Pelagos inclut les eaux littorales et de domaine pélagique de l'aire comprise entre le promontoire de la presqu'île de Giens (dans le département du Var – France) et la lagune de Burano (en Toscane méridionale – Italie). Il englobe les eaux bordant de nombreuses îles dont la Corse et le nord de la Sardaigne, et des îles de taille plus petite comme celles d'Hyères, de la Ligurie, de l'archipel toscan et des Bouches de Bonifacio. Afin d'augmenter l'adhésion des communes et de renforcer la sensibilité des collectivités et du grand public à la protection des mammifères marins, une charte a été mise en place début 2010 dont la ville du Lavandou est signataire depuis 2012. Cet engagement reconduit en 2021 pour une période de 3 ans, engage la commune à participer à la préservation et la conservation des mammifères marins fréquentant le Sanctuaire Pelagos.



Figure 38. Emprise du Sanctuaire Pelagos par rapport à la ville du Lavandou

Les travaux projetés, par leur nature, leur localisation et les mesures qui seront prises ne sont pas susceptibles d'avoir d'effet négatif ou positif sur la conservation des mammifères marins situés dans le Sanctuaire Pelagos.

#### 5.2.5. Autres protections

La plage du centre-ville du Lavandou n'est située dans aucune autres protections réglementaires suivantes :

- o Arrêtés de Protection de Biotope ;
- Réserve Naturelle :
- Réserve Naturelle régionale ;
- o Périmètre de protection de Réserve Naturelle Géologique ;
- o Réserve de Biosphère ;
- Parc Naturel Régional;

## 5.3. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation mises en œuvre pour préserver l'environnement marin et terrestre

Les effets décrits aux paragraphes suivants concernent l'ensemble des travaux d'aménagement et de protection du littoral de la commune du Lavandou, tels que présentés précédemment dans ce dossier.

Les mesures exposées sont des réponses à ces différents effets, qui ont été intégrées dans la détermination de la méthodologie de réalisation des travaux (mesures d'évitement) ou qui seront à prendre lors des travaux (mesures de réduction) pour chaque type d'aménagement.

A noter que les mesures présentées ci-après permettent :

- D'éviter tout impact direct sur la population, les espèces faunistiques ou floristiques et les habitats,
- De garantir le maintien d'une bonne qualité des eaux, évitant tout impact indirect et prolongé sur les espèces et habitats mais également sur les activités balnéaires

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

#### 5.3.1. Mesures pour préserver la qualité des milieux

#### 5.3.1.1. Mesures lors des travaux par voie terrestre

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

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

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

- Organiser la collecte et le tri des déchets et emballages, en fonction de leur nature et de leur toxicité;
- Conditionner hermétiquement ces déchets ;

- Prendre les dispositions nécessaires contre l'envol des déchets et emballages;
- Enfin, pour tous les déchets industriels spéciaux (DIS), l'entreprise établira ou fera établir un bordereau de suivi permettant notamment d'identifier le producteur des déchets, le collecteur, transporteur et le destinataire.

#### 5.3.1.2. <u>Mesures lors des</u> travaux maritimes

#### Mesures concernant les biocénoses marines

Lors de la réalisation des travaux, les distances seront respectées pour rester suffisamment éloignés des herbiers de Posidonies.

De manière générale, les herbiers les plus proches des zones de travaux se trouvent à une distance d'environ 300m.

#### Mesures d'évitement

La solution d'aménagement arrêtée est la solution qui permet de rester efficace pour la réduction de l'érosion de la plage du centre-ville, sans avoir d'impact sur les espèces protégés. En effet, le brise-lame a été positionné de manière à maximiser son efficacité, tout en évitant les zones d'herbiers de Posidonie. Ainsi, le rechargement de plage sera distant de plus de 350m des herbiers et le brise-lame sera positionné à plus de 300m des herbiers de Phanérogames et sur un substrat entièrement sableux.

De plus, le choix de l'installation de gabions, renforcé par système Géocorail, a été privilégié par rapport à la pose d'un géotextile afin de ne pas induire d'immersion de plastique dans le milieu marin.

#### Mesures de réduction

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

- Adapter le mouillage des navires de chantier pour éviter les zones d'herbier de posidonies.
- Préserver la qualité du milieu aquatique et marin en évitant la dégradation de la qualité de l'eau et des sédiments. Les précautions seront prises lors des travaux maritimes pour limiter la remise en suspension des sédiments, l'étalement des matériaux et la diffusion des particules dans le milieu marin (mise en place d'écran anti-MES autour des zones de chantier).
- Le projet se situant au sein du sanctuaire Pélagos, le plan d'eau sera surveillé et en cas de présence de mammifère marin ou de tortue marine à proximité, le chantier sera suspendu jusqu'au départ du ou des individus. La période de travaux couvrira les saisons automnale et hivernale, saisons durant lesquelles la fréquentation des cétacés est bien inférieure par rapport au printemps et à l'été.
- Nettoyer les fonds des éventuels macrodéchets et remettre en état l'emprise du chantier à l'issue des travaux.

Les câbles liés au dispositif Géocorail sont ensouillés à un peu plus d'1 mètre de profondeur. Ce sont des robots sous-marins contrôlés à distance (ROV) qui sont utilisés.

La longueur de câbles étant assez faible, le choix se portera sur un ROV de petite taille, à faible propulsion et dont la vitesse sera réduite afin d'être en adéquation avec la faible superficie du chantier er réduire au maximum les impacts sur les milieux sableux.

Le recours à une barge pour transporter et déposer les gabions avec les « galets » est nécessaire. Cependant ce sont généralement des barges de très grandes tailles qui sont utilisées pour transporter des blocs de gabions de 10 tonnes chacun. Dans le cadre de la maitrise d'œuvre, une réflexion sera menée sur l'installation des gabions à vide avec un remplissage des roches directement sur site. Ce procédé permettrait de recourir 1/ à une barge ou une embarcation beaucoup plus petite, donc beaucoup moins impactante et moins couteuse 2/ d'avoir une meilleure maniabilité et précision dans les manœuvres ce qui permettra de réduire la turbidité de l'eau.

#### Mesures anti-turbidité

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

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

L'augmentation de la turbidité peut, par exemple, provoquer soit l'érosion des herbiers de Posidonies soit leur étouffement parce qu'ils sont recouverts par ces particules en suspension. A cause de la turbidité la quantité de lumière qui traverse la couche d'eau est réduite.

Il en résulte une perturbation de la photosynthèse. Ceci entraîne une régression des herbiers qui sont étouffés, et donc une moins bonne oxygénation du milieu.

Ces nuages de poussières peuvent aussi être responsables de perturbations visuelles et/ou respiratoires chez les personnes présentes à proximité, voire perturber les automobilistes.

Même si ces impacts restent temporaires, des mesures spécifiques sont prévues pour les éviter.

De façon générale, les travaux seront effectués de manière à ne pas générer de nuage turbide. Un écran anti-MES sera disposé et des mesures prises lors de la phase chantier permettront d'éviter la dispersion accidentelle de particules fines vers les milieux et les activités à proximité.

Ces mesures consistent notamment en la mise en place :

- d'un filet anti MES autour de la zone de travaux, lors des rechargements de plage et des travaux sous-marin avec l'isolement des zones d'intervention pour éviter la dispersion de fines;
- de mesures de turbidité, pour s'assurer du confinement de la zone de travaux;
- Test de turbidité des eaux isolées avant rejet, retrait ou mouvement du filet anti-MES
- La réalisation des travaux sera effectuée uniquement en période calme (absence de houles et/ou de vents pouvant entrainer une agitation dans le plan d'eau ne permettant plus de garantir l'isolement de la zone d'intervention).
- Les bras des engins seront nettoyés de toutes poussières avant leur immersion.
- Lors du nettoyage du plan d'eau, les macrodéchets seront nettoyés pour que les éventuels sédiments repartent dans l'espace isolé.

Les mesures prises dès la phase chantier permettront d'éviter la dispersion de particules fines risquant de perturber les personnes, les milieux et les activités présents à proximité.

Ce filet anti-MES sera posé autour des zones de travaux susceptibles de générer un panache turbide et sa longueur sera définie par les entreprises.

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

Concernant l'écran antipollution, nous conseillons, en fonction de notre expérience, d'adopter la structure suivante :

- Un treillis soudé ancré sur chaîne en pied et tenu en tête par des flotteurs,
- Une double membrane en géotextile stoppant la progression des matériaux fins en suspension et fixée sur le treillis
- Une membrane imperméable située en surface recouvrant la nappe de géotextile et permettant ainsi d'éviter la pénétration des macrodéchets et d'éventuelles nappes d'hydrocarbures dans la zone à protéger.

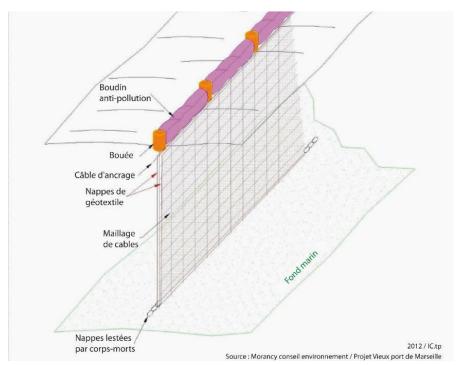


Figure 39. Schéma de principe d'un filet anti-MES (ICTP – 2012)

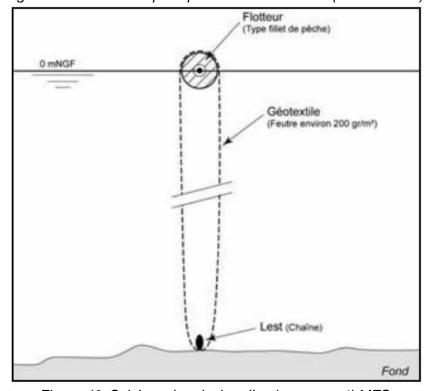


Figure 40. Schéma de principe d'un barrage anti-MES

Compte tenu de ces précautions, il n'y aura pas, *a priori*, de dispersion d'un panache turbide à craindre des zones de travaux vers les herbiers d'espèces protégées.

Cependant, un suivi de la turbidité sera mis en place dans les zones isolées, pour s'en assurer.

#### Protocole de suivi de turbidité :

- Avant le démarrage des travaux
  - Il sera effectué un constat visuel du plan d'eau, reporté sur registre avec photographies.
  - A chaque mise en place de l'écran (filet), autour d'une zone de travaux, une valeur témoin devra être prise, dans une zone d'un mètre, au-delà de l'écran.
     Cette valeur servira de référence au « filet » (RF0);
  - De plus, afin d'être certain qu'une augmentation de la turbidité aux abords de la zone de travaux soit due à un problème d'étanchéité du filet et non à une source extérieure, une mesure de référence au « large » devra être prise à environ 50 mètres au large de la zone de travaux (RL0);
  - Tous les jours un contrôle visuel des zones de travaux isolées ;
  - Tous les jours, à la même heure et à la même profondeur, une mesure « filet » devra être prise (RFn, RFn+1,...).

#### ♣ Si dépassement des valeurs de référence

En cas de dépassement de la valeur de référence « filet », de plus de 50% (RFn> RF0 + 0.5\*RF0), une mesure « large » devra être réalisée afin de contrôler s'il y a ou non augmentation de la turbidité au large :

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

#### Mouvement du filet

Avant tout retrait ou déplacement du filet, une période d'attente, d'environ 12 heures, devra permettre le dépôt des matières en suspension. A noter qu'avant tout mouvement du filet une vérification visuelle de la décantation de MES sera réalisée.

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

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

#### Prévention et moyens de lutte contre les pollutions accidentelles

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

- Engins de chantier propres, entretenus et en bon état de fonctionnement, qui devront répondre aux normes en vigueur (les entreprises fourniront les contrôles effectués par les organismes agréés avant le commencement du chantier);
- Présence d'équipements et de produits absorbants sur le chantier permettant de pallier un éventuel accident et contenir le risque de pollution ;
- Procédure d'intervention en cas de pollution accidentelle définissant :

- Les modalités d'intervention en cas d'urgence (procédure, liste et coordonnées de personnes à prévenir en priorité, etc.) ;
- Les modalités de confinement du site, de récupération et d'évacuation des substances polluantes ainsi que le matériel nécessaire au bon déroulement de l'intervention.

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

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

Toutefois, il existe un seuil de tolérance à des modifications de l'absorption de la lumière par la colonne d'eau. La persistance de cette modification peut facilement dépasser quelques jours sans induire de mortalité significative.

Des études ont montré que la présence d'un fil d'hydrocarbures d'une épaisseur de 0,1 à 0,7 mm durant quatre à cinq heures n'avait aucun impact sur l'environnement (*Loya Y., Rinkevich B. Abortion Effect in Corals Induced by Oil Pollution, 1979*). Ce film doit donc être continu sur la surface de l'eau, avoir une épaisseur suffisamment importante et subsister suffisamment longtemps pour avoir un réel impact.

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

Pour les aires de chantier, dédiées au fonctionnement des chantiers : aires de retournement, stockage des matériaux, stockage des engins, aire d'entretien des engins (avitaillement en carburant, vidange), afin d'éviter toute contamination des milieux terrestre et maritimes par les hydrocarbures ou autres produits d'entretien polluants, il conviendra de prendre plusieurs mesures :

- Maintenir en bon état de fonctionnement et entretenir régulièrement les engins, ils devront concorder avec les normes en vigueur. Les engins de travail seront contrôlés régulièrement pour éviter toute fuite d'huile ou d'hydrocarbure.
- L'entreprise devra fournir les contrôles effectués par les organismes agréés avant le commencement des travaux du chantier.
- Pour éviter toute pollution éventuelle, les opérations de vidange et d'entretien des engins seront interdites sur les zones de chantier.
- Un géotextile sera positionné sous l'aire de retournement pour protéger le sable.
- S'il n'est pas possible de stocker les engins sur un site au revêtement imperméable, une plateforme étanche devra être utilisée.
- Disposer de produits absorbants terrestres et maritimes sur le chantier afin de pallier une éventuelle fuite de polluants, ainsi que d'un barrage flottant de confinement.
- Manipuler les produits polluants sur des bacs de récupération étanches.
- Interdire tout rejet d'hydrocarbure, de matériaux, de liquide ou de produit synthétique dans le milieu.

En cas de pollution accidentelle, des produits absorbants devront être tenus à la disposition du personnel. Les eaux de ruissellement recueillies seront récupérées et évacuées du chantier vers un centre de traitement agréé.

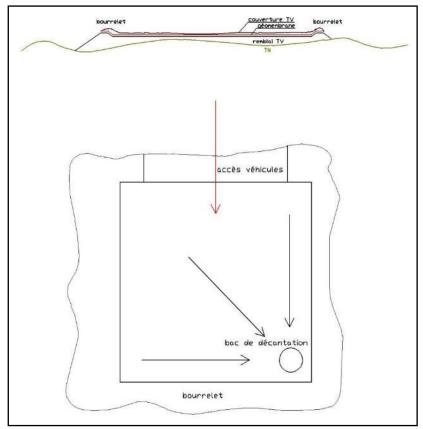


Figure 41 : Schéma de principe d'une aire étanche avec bac de récupération

#### 5.3.1.3. Mesures concernant l'avifaune

L'emprise du projet est en partie sur un site Natura 2000 ou à proximité immédiate de sites Natura 2000. Le projet sera donc susceptible d'entrainer des perturbations sur les espèces, en phase chantier, dans sa zone d'influence. Toutefois, compte tenu des habitats impactés (plage fréquentée), de la durée des travaux (durée très courte) et la date de réalisation de ces derniers (période automnale à hivernale permettant d'éviter la période de nidification de l'avifaune), le projet ne remettra pas en cause la fonctionnalité du site Natura 2000 pour ces espèces.

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

# 5.3.2. <u>Mesures de réduction des impacts sur les activités maritimes et le voisinage</u>

#### 5.3.2.1. <u>Période des travaux</u>

Les travaux seront réalisés hors de la saison estivale pour éviter les nuisances sur les activités, nautiques, touristiques et balnéaires.

#### 5.3.2.2. <u>Sécurité des personnes</u>

L'organisation du chantier sera conforme à la réglementation en vigueur. La zone chantier à terre sera clôturée, l'accès sera réglementé. Une information sera réalisée auprès des usagers

du port et des riverains. Les différents engins utilisés pour les opérations seront signalés conformément à la réglementation en vigueur.

Afin de protéger les usagers du plan d'eau en matière de sécurité, différentes mesures seront mises en place :

- Information des acteurs concernés par la proximité des travaux : plaisanciers, pêcheurs et usagers du plan d'eau ;
- Balisage du chantier sur le plan d'eau et signalisation maritime appropriée.

#### 5.3.2.3. Respect du voisinage

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

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

Mesures d'évitement	Mesure de réduction
Installation du brise-lame hors des herbiers de	Mise en place de filets anti-MES et d'un
phanérogames	protocole de suivi de turbidité
Dimensionnement de l'ouvrage optimisé	Mesures pour éviter le risque de pollution
Engin de travaux ancreront en dehors des herbiers de Posidonie	Mise à disposition de moyens de lutte contre les pollutions accidentelles
Choix du système gabion/géocorail pour éviter l'introduction de plastique dans le milieu	Surveillance du plan d'eau (mammifère, tortues)
Brise-lame immergé pour éviter les perturbations	Utilisation de matériaux et d'engins de
paysagères	chantier lavés et propres
	Choix de la période de travaux propice à la
	présence limitée de mammifères marins, de
	l'avifaune et en dehors de la période
	touristique
	Mesures pour la sécurité des personnes
	Respect des normes en termes de nuisances
	sonores, de rejet dans l'atmosphère
	Entretien des installations en phase
	exploitation
	Mise en adéquation du plan de balisage

Tableau 5. Récapitulation des mesures d'évitement et de réduction des impacts

#### 6. MESURES EN PHASE D'EXPLOITATION

### 6.1. Préservation de la qualité du milieu marin et protection du milieu marin

6.1.1. <u>Dispositifs de collecte et de gestion des déchets et des eaux usées</u> La réalisation du projet ne va pas entraîner de changement en termes de production / gestion des déchets ou d'eaux souillées.

Il n'y a donc pas de mesure spécifique à prendre.

#### 6.1.2. Entretien des installations

L'ouvrage projeté constitué de gabions, d'enrochements et renforcé par un système Géocorail, a été dimensionnée pour protéger des houles d'occurrence trente ans.

Aucun entretien périodique n'est à prévoir, mais une inspection devra être organisée après chaque forte tempête pour vérifier la tenue et la stabilité de l'ouvrage.

Le brise-lame sera renforcé par le système Géocorail qui protégera les gabions des agressions mécaniques et chimiques. Des visites succinctes annuelles pour s'assurer du bon état de l'ouvrage pourront être réalisées. Si nécessaire, des travaux de réparation pourront être menés sur place.

Dans le cadre du projet, les suivis porteront sur :

- Suivi érosion/accrétion : bathymétrie de la plage, stabilité des ouvrages, suivis de la côte d'arase supérieure ;
- Suivi et constitution d'une base de données sur l'efficacité de la technologie Géocorail
- Suivi e de la colonisation de l'ouvrage.

#### 6.2. Suivi de l'ouvrage

Comme pour l'ouvrage de Cavalière, un suivi annuel du profil de l'ouvrage pourra être mis en place avec des relevés bathymétriques et photographiques comme présentées ci-dessous (Figure 42 à 47). Ces relevés sont notamment transmis chaque année à la DDTM du Var.

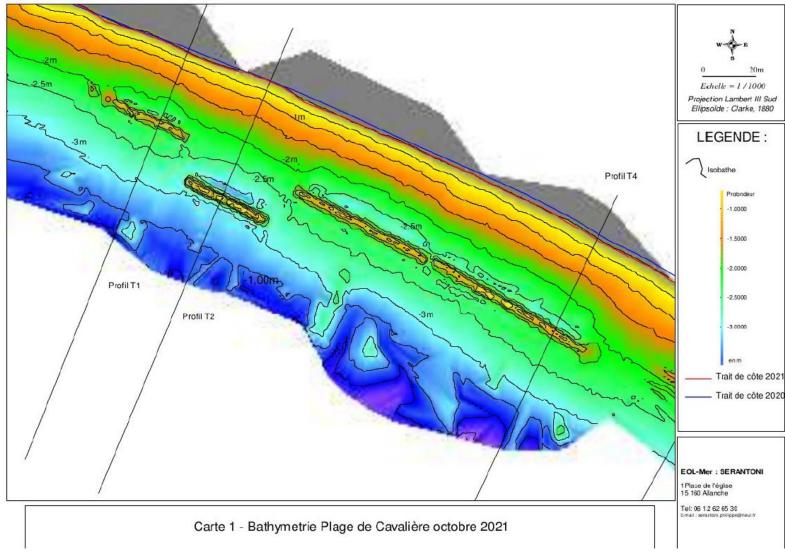


Figure 42. Carte bathymétrique obtenue dans le cadre des suivis de la dique à Cavalière, EOL-Mer octobre 2021

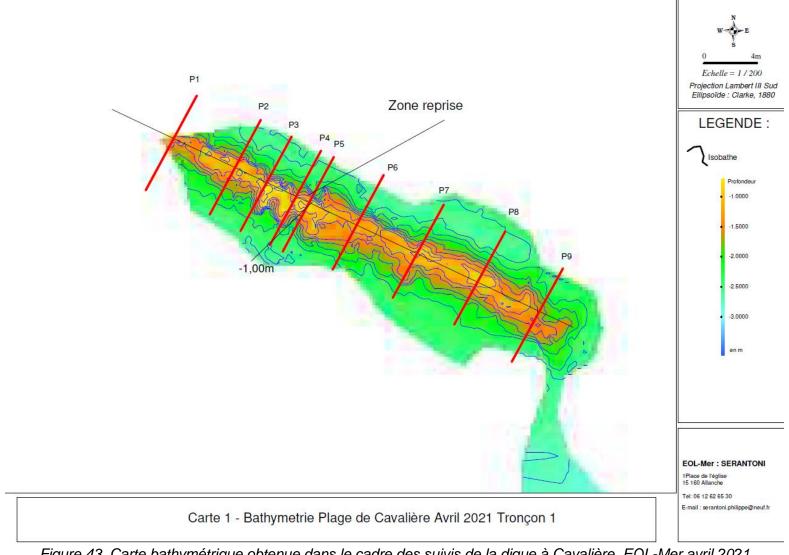


Figure 43. Carte bathymétrique obtenue dans le cadre des suivis de la dique à Cavalière, EOL-Mer avril 2021



Figure 44. Suivi photographique de la digue de Cavalière – commune du Lavandou 2022



<u>Figure 45. Grande nacre observée lors d'un suivi en 2017 sur la digue sous-marine de Cavalière</u>

#### 6.3. Suivi de l'efficacité de l'ouvrage sur l'érosion de la plage

Une démarche de suivi régulier (une intervention à chaque saison et après chaque évènement tempétueux) de la plage du centre-ville du Lavandou sera mise en place pour définir l'impact des ouvrages sur l'érosion de la plage, comprenant des observations des digues sous-marines mais également du milieu environnant pour détecter toute modification par rapport à l'état actuel.

Des observations seront alors menées pour déterminer l'évolution des fonds au droit de la digue, la position du trait de côte, mais aussi la faune et la flore susceptible de venir coloniser ces espaces.

Le suivi se déroulera sur 5ans afin que le Géocorail soit formé (Le principe du Géocorail est de produire un agrégat solide autour des structures tubulaires depuis les éléments naturellement présents dans l'eau de mer. Une solidification complète (épaisseur satisfaisante) de la structure prends plusieurs mois à se concevoir) et selon le processus suivant :

- Réaliser un point « zéro du milieu » (position du trait de côte, bathymétrie et topographie de la plage, biocénose benthique...) en s'appuyant sur les données disponibles et celles acquises in-situ lors de la mise en place de l'ouvrage.
- Réaliser le suivi, d'une part, par des prélèvements d'échantillon de sédiments et des levés topo-bathymétriques (par sondeur mono ou multifaisceaux ou lidar) et aussi au moyen d'observations in situ de plongée et par caméra vidéo;
- Déterminer les indicateurs d'efficience pour évaluer et mesurer en termes de protection contre l'érosion :
  - Evolution de la ligne de rivage,
  - Evolution morphologique des petits fonds,
  - Colonisation par la faune et la flore de l'ouvrage en Géocorail

L'objectif du suivi est de déterminer les tendances d'évolutions des fonds (variabilité spatiale en fonction de la localisation le long du profil, de la présence de l'ouvrage), en fonction du temps et au final de relier ces résultats avec les données de houle et sédimentologie.

# 6.3.1. <u>Levés topo-bathymétriques et création d'une base de donnes</u> sous SIG

Concernant la partie émergée de la plage, les levés topographiques seront réalisés à l'aide de transects espacés de 5m environ pour une résolution spatiale de 1m sur la longueur des transects. Le levé comprendra le relevé de la laisse des eaux. Concernant la partie sousmarine, des sondages pourront être réalisés avec des plongeurs (sondeur, chaine plombée, etc) le long de transect dont le nombre et la distance d'espacement sera déterminée. La résolution spatiale visée pourra être de l'ordre de 1m sur la longueur des transects.

Les données acquises seront assemblées dans un logiciel de géotraitement afin de faciliter l'analyse des changements volumiques et de dégager des tendances par secteur.

#### 6.3.2. Analyse des changements topo-bathymétrique

Chaque levé bathymétrique sera combiné au levé topographique correspondant afin de générer un jeu de données complet topo-bathymétrique et ainsi mieux comprendre la variabilité spatio-temporelle de la dynamique sédimentaire et l'impact de l'ouvrage sur le site.

Des modèles numériques de terrain (MNT) pourront être réalisés pour chaque levé via un logiciel de géotraitement. Ces MNT pourront ensuite être soustraits afin de générer des cartes différentielles qui permettront de déterminer les zones d'accrétion et d'érosion. Des volumes seront ensuite calculés pour les secteurs autour et dans la zone de l'ouvrage.

Les résultats pourront inclure des plan/image comprenant les MNT, les différentiels de topobathymétrie, les traits de côtes extraits pour chacun des levés, les changements nets entre différentes années, les tendances et taux d'avancée/recul du trait de côte.

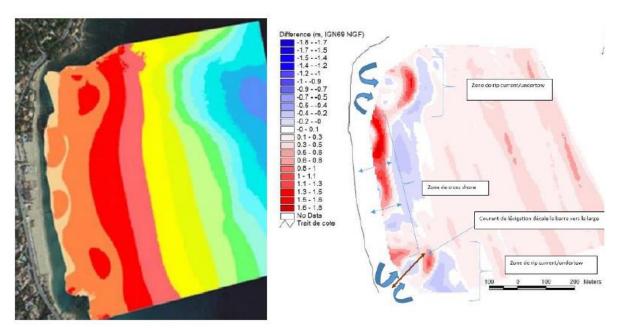


Figure 46. Exemple de MNT (gauche) et carte différentielle (droite) (ICTP, 2017)



<u>Figure 47. Exemple de rendu : changement nets du trait de côte sur un site au Maroc (ICTP, 2018)</u>

#### 6.4. Suivi sur l'environnement marin

#### 6.4.1. Recul d'expérience sur le dispositif Géocorail

Plusieurs études scientifiques se sont intéressées aux effets du dispositif géocorail ou à un dispositif similaire d'électrolyse en mer sur l'environnement. Parmi elles, nous pouvons citer une étude réalisée sur 2 ans (Asconit, 2017) sur la commune de Châtelaillon-Plage (Charente-Maritime) qui a déployé un dispositif géocorail sur une zone intertidale entre deux digues. Des relevés ont eu lieu avant et deux ans après la pose du dispositif : ils n'ont pas montré de modifications dans les caractéristiques granulométriques, physico-chimiques et faunistiques des sédiments situés au niveau ou à proximité des supports cathodiques enfouis. En particulier l'analyse des contaminants métalliques ne montre aucun dépassement des seuils couramment utilisés pour apprécier la qualité des sédiments marins (résultats toujours inférieurs au seuil N1- seuil réglementaire utilisé pour déterminer la qualité des sédiments estuariens et marins dans le cadre des problématiques d'extraction/immersion de sédiments), les teneurs en contaminants évoluant peu entre l'état initial et l'échantillonnage mené deux ans plus tard.

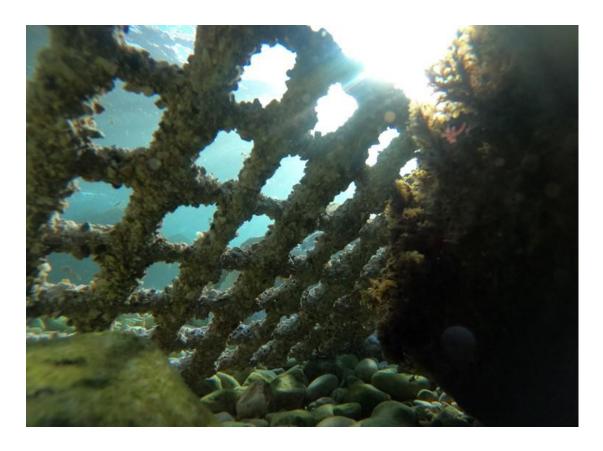
D'autres études se sont concentrées sur le développement des organismes marins comme les coraux, cnidaires, bivalves, poissons ou encore sur l'herbier de Posidonie lorsqu'ils étaient en contact ou à proximité d'un dispositif d'électrolyse (Vaccarella R et Goreau T.J., 2012; Goreau T.J, 2014). Celui-ci n'a pas eu d'effets négatifs sur l'installation, la croissance, la survie et la résistance au stress de ces différents groupes. L'électrolyse est par ailleurs utilisée, depuis plusieurs dizaines d'années dans la reconstitution et la restauration de population de coraux ayant souffert de blanchiment.

Le procédé Geocorail permet l'agrégation d'éléments naturellement présents à proximité immédiate des structures métalliques. Dans la colonne d'eau, le procédé permet la précipitation du calcium et du magnésium naturellement présents sous forme ionique dans l'eau de mer en quantité quasi infinie. Le matériau formé autour des grilles a alors une composition chimique très proche de celle du corail ou des coquilles de certains mollusques.

Au contact du sol, le Geocorail agrège les sédiments environnants et forme une roche indiscernable du milieu environnant à l'œil nu. En effet, les récifs formés auront un aspect visuel extrêmement naturel, un mélange de calcaire et de roches similaires au sable présent sur le site.



Géocorail dans la colonne d'eau (Port de Toulon)





Exemple de Geocorail formé dans différents sédiments (photo prise à Niolon et au Pradet)

Grâce au procédé Geocorail, un matériau va se former autour des structures métalliques polarisées. Dans la colonne d'eau, le dépôt calcaire formé a une **structure cristallographique** très proche de la structure de certains coraux, dite "aragonitique". Ce biomimétisme fait du Geocorail un matériau particulièrement **propice à la fixation et au développement de la faune et de la flore locales**.

De plus, le dépôt formé présente des propriétés physiques idéales pour une utilisation en écologie marine : forte **rugosité de surface**, **porosité interne** composée de micro et macro pores, **irrégularité** de croissance.

Ces 3 caractéristiques font du Geocorail un excellent substrat pour la **fixation d'espèces animales et végétales benthiques sessiles**. La fixation de ces espèces permettra l'**établissement progressif d'un réseau alimentaire naturel** avec la fourniture de ressources alimentaires et d'abris pour différentes espèces d'organismes vagiles.

Au sol, le Geocorail formé aura exactement la **même couleur et le même aspect granuleux que le sable** environnant, ce qui le rendra particulièrement intégré dans l'environnement. C'est tout l'intérêt de ce procédé, agréger les sédiments locaux pour en faire une roche naturelle, totalement indissociable de son environnement immédiat.

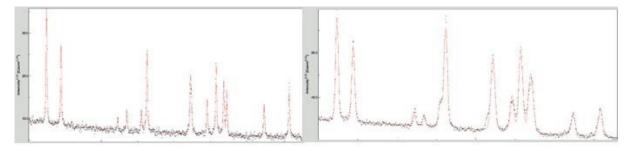


Figure 10 : spectre de diffraction X d'un corail provenant de Guadeloupe (haut) et du Geocorail (bas) – Crismat Caen. Les pics d'absorption sont identiques.





Exemples de concrétions : un coralligène naturel (à gauche) et un morceau de Geocorail (à droite)

## 6.4.2. Suivi des herbiers de Posidonie

Les travaux de mise en place de l'ouvrage sous-marin ainsi que le rechargement de plage seront réalisés de manière à ne pas impacter les espèces protégées situées au droit de la plage.

La commune du Lavandou prévoit des suivis spécifiques menés sur les herbiers de Posidonie situés à plus de 300m au large du futur ouvrage sous-marin.

Les suivis pourront être réalisés suivant les étapes : un état zéro avant le démarrage des travaux, puis une poursuite des études à T+0.5 après la fin du chantier puis T+1an ; T+3ans et T+5ans selon le même protocole que la fiche spécifique EH-1 (fascicule 4 « Guide Cadre Eval\_Impact » rédigé par la DREAL), donc 5 relevés sur le site.

Ce suivi d'herbier de Posidonie pourra être de type RSP (Réseau de Surveillance Posidonie) sans bornage.

Le suivi ponctuel sur un secteur permettra de mesurer l'évolution de l'herbier en limite supérieure.

Outre l'implantation des herbiers, les éléments mesurés seront les suivants : densité, déchaussement et pourcentage de rhizomes plagiotropes.

Des prises de vue seront également réalisées afin d'assurer une mémoire visuelle du site.

La surveillance des herbiers pourrait également se faire à travers une surveillance surfacique plutôt que stationnelle. Les méthodes surfaciques, dont la mise en œuvre n'est pas plus coûteuse que des plongeurs, permettraient de renseigner sur un indice de conservation surfacique de l'herbier de Posidonies, de mieux comprendre son évolution et de mieux contrôler sa dynamique.

#### 6.4.3. Suivi des poissons

Ce suivi des poissons consiste en un recensement visuel en plongée sous-marine le long de l'ouvrage par deux plongeurs.

Au vu de la profondeur de suivi (environ -3mNGF) et de l'habitat, des transects seront réalisés de part et d'autre de l'ouvrage afin de déterminer les espèces présentes.

Bien que la période d'échantillonnage dépende du début des travaux, il est préconisé un suivi à l'automne (septembre/octobre). Cette période dite « chaude » est en effet plus propice aux observations.

Le mode d'intervention sera celui développé dans le cadre des campagnes de suivi Fast, mais adapté au type d'habitat et aux espèces concernées. Le principe de présence/absence sera appliqué et dans la mesure du possible la classe d'âge (juvénile/adulte). Pour cela, chaque transect sera proportionné la longueur de l'ouvrage envisagé.

L'ensemble des suivis pourront être exécutés conformément aux fiches spécifiques (P3-P4-P5-EH1-EH3-EH4-EH8 etc...) du fascicule 4 Guide Cadre Eval Impact.

Mesures de suivi	
Suivi de la structure Géocorail	
Suivi d'érosion/accrétion	
Levés topo-bathymétriques et analyses	
Suivi des herbiers de Posidonie	
Suivi des Poissons	
Comparaison de la colonisation de l'ouvrage avec celui de Cavalière	

Tableau 6. Récapitulatif des mesures de suivi

### 6.5. Intégration paysagère

Les aménagements ne vont pas modifier l'organisation visuelle de la plage. Les digues sousmarines, seront arasées à -3 m, et donc sont non visibles depuis le rivage et depuis le plan d'eau.

Il n'y a pas de perturbation visuelle à prévoir.

Geocorail qui sera formé à la base des récifs, posé sur le fond sableux, sera strictement identique au fond sableux environnant. Dans la colonne d'eau, le matériau formé sera essentiellement composé de calcaire, qui sera rapidement colonisé par les espèces locales.



<u>Figure 48. Vue en plan de la plage de Cavalière au Lavandou où des protections sous-marines ont été installées, GoogleEarth</u>



<u>Figure 49. Vue depuis la plage face à l'hôtel « Le Club de Cavalière & SPA », situé en face des digues immergées. Celles-ci ne sont pas visible ni depuis le plan d'eau, ni depuis la plage - TripAdvidsor</u>



Figure 50. Vue de la plage depuis la salle de restaurant de l'Hotel "Le Club de Cavalière & Spa" situé face aux digues immergées – TripAdvisor

# 6.6. Evolution du plan de balisage de la zone

La Figure 51 à la page suivante présente le plan de balisage actuel avec le projet de création du brise-lame immergé. Il est constaté que la digue se situera au sein d'une zone de mouillage propre et en bordure d'une Zone Interdite aux Engins à Moteur.

La digue se situera entre la ZIEM et la limite des 300m.

De plus, le rechargement en sable induira une augmentation de la plage, nécessitant la reprise de la ZIEM.

La mise en place de cette nouvelle structure de protection contre l'érosion va nécessiter la mise en corrélation du plan de balisage de la plage du centre-ville.

A l'instar de la digue sous-marine présente à Cavalière, sur la commune du Lavandou, l'ouvrage de la plage du centre-ville sera balisé. Le balisage figurera sur les cartographies de balisage.

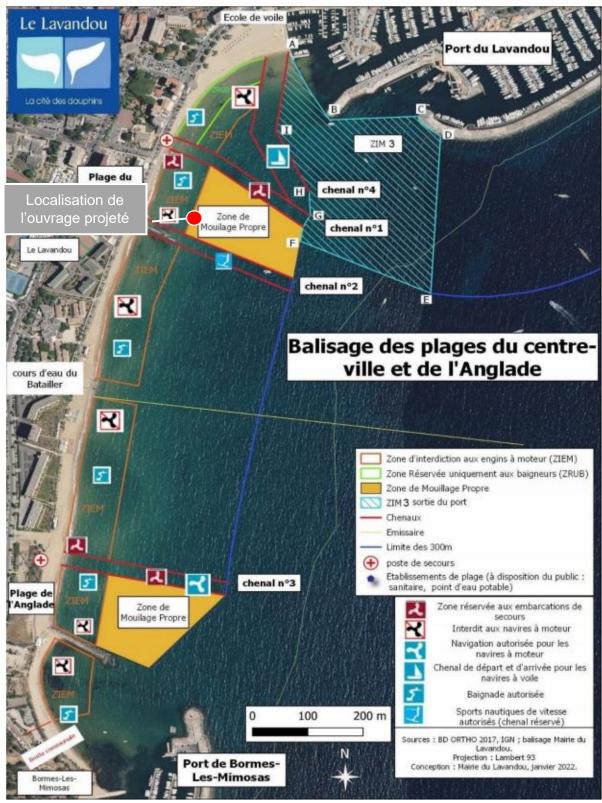


Figure 51. Extrait de l'arrêté préfectoral réglementant la navigation, le mouillage des navires, la plongée sous-marine et la pratique des sports nautiques de vitesse dans la bande littorale des 300 mètres bordant la commune du Lavandou (Var)

#### 6.6.1. Plan de balisage et phases du projet

# 6.6.1.1. <u>En phase travaux</u>

Tout au long de la phase travaux, un plan de balisage provisoire, permettant d'assurer la signalisation et la sécurité des usagers du plan d'eau, sera mis en place. La zone de travaux pourra être délimitée par la pose de bouées autour de la zone d'intervention.

#### 6.6.1.2. En phase d'exploitation

Selon les nouvelles contraintes liées au projet d'aménagement du littoral du Lavandou, un ou deux nouveaux plans de balisage pourront être proposés (en période estivale et hors période estivale). L'organisation proposée prendra en compte les activités existantes et projetées : zones de baignade, brise-lame, ainsi que le balisage existant.

## En période estivale :

Afin d'éviter les risques liés à la présence de la digue sous-marine, les ouvrages de protection en Géocorail seront à minima intégrées dans la Zone d'Interdiction aux Engins à Moteur (ZIEM) ou pourront être isolés dans des Zones Réservés Uniquement à la Baignade (ZRUB) ou au sein de Zone interdite à la navigation (ZIN).

Afin de les localiser, des bouées de signalisations spécifiques seront disposées à chaque extrémité de zone et figureront dans le plan de balisage, à l'instar de celui de Cavalière (Figure 54)

#### Hors période estivale

Il y aura un maintien uniquement de la délimitation intégrant la digue sous-marine. Les techniques d'ancrages des bouées seront compatibles avec le type de substrat présent.

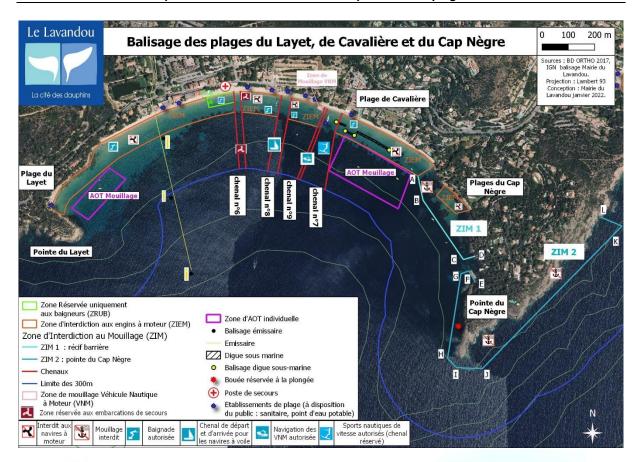




Figure 52. Photographie et plan du balisage de la digue sous-marine de Cavalière.

#### 7. COMPATIBILITE AVEC LES DOCUMENTS DE PLANIFICATION

# 7.1. Compatibilité du projet avec le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée 2022-2027

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification décentralisé instauré par la loi sur l'eau du 3 janvier 1992.

Dans le bassin Rhône-Méditerranée (RM), comme dans les autres bassins métropolitains, le premier SDAGE a été approuvé en 1996. Sa révision a été engagée pour aboutir au présent SDAGE, approuvé par le Préfet coordonnateur de bassin le 21 mars 2022 pour une période de 6ans.

Le 18 mars 2022, le comité de bassin Rhône-Méditerranée a adopté le Schémas Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2022-2027 et a donné un avis favorable au programme de mesure qui l'accompagne.

Il a été arrêté par le Préfet coordonnateur de bassin le 21 mars 2022 et est entré en vigueur le lendemain de la parution de l'arrêté au Journal officiel de la République Française, soit le 4 avril 2022.

Le présent SDAGE fixe la stratégie 2022-2027 du bassin Rhône-Méditerranée pour la reconquête du bon état des milieux aquatiques ainsi que les actions à mener pour atteindre cet objectif. Il fixe les grandes orientations pour atteindre cet objectif et assurer une bonne gestion des milieux aquatiques et de la ressource en eau.

Dans la pratique, le SDAGE formule des préconisations à destination des acteurs locaux du bassin. Il oblige les programmes et les décisions administratives à respecter les principes de gestion équilibrée, de protection ainsi que les objectifs fixés par la direction cadre sur l'eau de 2000.

Le programme de mesures répond aux objectifs environnementaux de la directive cadre sur l'eau en visant à réduire significativement l'impact des pressions qui s'exercent sur les milieux aquatiques pour :

- Atteindre et maintenir les objectifs de bon état des eaux ;
- Restaurer la qualité de l'eau des 281 zones de captages prioritaires de l'eau destinée à la consommation humaine ;
- Préserver et restaurer 55 sites Natura 2000 qui dépendent du bon état des eaux ;
- Restaurer la qualité de l'eau de 49 sites de baignade, d'activités de loisirs et de sports nautiques dégradés :
- Réduire les émissions de substances dangereuses ;
- Atteindre l'objectif de bon état du milieu marin.

# 7.1.1. <u>Les orientations fondamentales du SDAGE RM 2022-2027</u>

Le SDAGE s'appuie sur 9 orientations fondamentales :

- OF 0 S'adapter aux effets du changement climatique
- OF 1 Privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité
- OF 2 Concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques
- OF 3 Prendre en compte les enjeux sociaux et économiques des politiques de l'eau
- OF 4 Renforcer la gouvernance locale de l'eau pour assurer une gestion intégrée des enjeux

OF 5 Lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions par les substances dangereuses et la protection de la santé

OF 5A Poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d'origine domestique et industrielle

OF 5B Lutter contre l'eutrophisation des milieux aquatiques

OF 5C Lutter contre les pollutions par les substances dangereuses

OF 5D Lutter contre la pollution par les pesticides par des changements conséquents dans les pratiques actuelles

OF 5E Evaluer, prévenir et maîtriser les risques pour la santé humaine

OF 6 Préserver et restaurer le fonctionnement des milieux aquatiques et des zones humides

OF 6A Agir sur la morphologie et le décloisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques

OF 6B Préserver, restaurer et gérer les zones humides

OF 6C Intégrer la gestion des espèces de la faune et de la flore dans les politiques de gestion de l'eau

OF 7 Atteindre et préserver l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir

OF 8 Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques

Orientations fondamentales	Application au projet
OF 1 Privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité	Le projet prend en compte le principe de prévention par :  • Le choix des méthodes de travaux utilisées (confinement des zones d'intervention, propreté des matériaux)  • Les mesures spécifiques en phase travaux : organisation des chantiers, écrans anti-MES, suivi de la turbidité,
	Ces actions permettent ainsi la préservation des capacités fonctionnelles du milieu
OF 2 Concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques	Lors des travaux, les risques de dégradation du milieu par le projet sont réduits compte tenu de l'adaptation des aménagement (distant d'au moins 300m des herbiers de Posidonie) et des mesures réductrices (isolement des zones d'intervention) et de surveillances préconisées (suivi de la turbidité).
OF 3 Prendre en compte les enjeux sociaux et économiques des politiques de l'eau	Le projet permettra de conserver l'activité économique et touristique du littoral du Lavandou.

<u>Tableau 7. Application des orientations fondamentales au projet de protection du littoral du</u>
Lavandou

Le projet de lutte contre l'érosion et de la submersion par la pose d'un brise-lame immergé et du rechargement de la plage du centre-ville du Lavandou est compatible avec les 9 orientations fondamentales du SDAGE RM 2022-2027 et particulièrement avec 3 d'entre elles.

# 7.2. Compatibilité avec le Schéma Régional de Cohérence Ecologique PACA

# 7.2.1. Présentation du SRCE

Le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) est le document régional qui identifie les réservoirs de biodiversité et les corridors qui les relient entre eux. Il prend en compte les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités ainsi que les éléments pertinents du SDAGE.

Ce schéma vise à créer une trame verte et bleue, afin d'enrayer la perte de biodiversité, de préserver et de remettre en bon état des milieux nécessaires aux continuités écologiques, le tout en prenant en compte les activités humaines.

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur, qui présente une importante superficie d'espaces à caractère de nature (74 %) et ainsi détient une part importante de la biodiversité de la France, a adopté son SRCE le 17 octobre 2014.

Compte tenu des supports écologiques extrêmement variés et des logiques de développement très dépendantes de l'économie régionale, 5 grands territoires géographiques ont été dessinés : la vallée du Rhône, **le littoral**, l'arrière-littoral, l'arrière-pays ainsi que la zone alpine.



Figure 53 : Extrait des 5 grands territoires identifiés lors de la démarche « acceptabilité et faisabilité d'un TVB en PACA – 2009- 2010

Le projet de protection du littoral de la commune du Lavandou se localise dans le territoire « Littoral », principalement caractérisé par une forte urbanisation concomitante à un processus de déprise agricole prononcé (libérant les espaces en situation périurbaine).

Les aménagements projetés seront sur le littoral sablonneux qui comporte une zone d'interface des domaines terrestre et marin habituellement considérés comme correspondant à la partie supérieure de l'étage supralittoral.

Le supralittoral est un étage écologique comportant une biodiversité particulièrement riche. La bande littorale maritime est ainsi davantage concernée par la question des réservoirs de biodiversité que de continuité écologique.

Néanmoins, cette zone maritime est directement et plus spécifiquement le supralittoral soumise à des pressions susceptibles d'impacter les biocénoses (piétinements, ruissellements des eaux de lessivage terrestre, aménagements...).

## 7.2.2. Le SRCE PACA et la commune du Lavandou

Les objectifs assignés à la trame verte et bleu mettent en évidence que le littoral du Lavandou constitue un réservoir de biodiversité au sens de la trame verte comme il est visible sur le plan ci-après.



<u>Figure 54. SRCE. Extrait de la carte 3 « objectifs assignés à la trame verte et bleue » Planche 9/10, échelle originale 1/100 000</u>

## 7.2.3. Compatibilité du projet avec le SRCE PACA

4 orientations stratégiques comprennent 19 actions qui constituent la partie opposable du plan d'action du SRCE.

Parmi ces 19 actions, le projet de la commune du Lavandou est en accord avec l'action 8 de l'Orientation stratégique 1 (GOS1) « Agir en priorité sur la consommation d'espace par l'urbanisme et les modes d'aménagement du territoire pour la préservation des réservoirs de biodiversité et le maintien de corridors écologiques ».

ACTION 8. Concevoir et construire des projets d'infrastructures et d'aménagement intégrant les continuités écologiques

À cet effet, le projet respecte l'application des « lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels », ces lignes directrices étant le fondement même d'une conception intégrant au mieux les enjeux combinés de préservation et développement.

Le projet est en cohérence avec quatre des neuf pistes d'action de l'action 8.

Pistes d'actions de l'action 8 (GOS1) recommandées par le SRCE	Prise en compte dans le projet
Piste d'action 8.1. Réalisation des études préalables pour identifier les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques à l'échelle des projets et évaluer les solutions de moindre impact.	Des observations subaquatiques ont été menées dès la phase conception du projet pour connaître l'état des petits fonds côtiers et proposer des solutions techniques les plus adaptées aux sites d'implantation.
Piste d'action 8.3. Démonstration que le choix d'une solution a réellement fait l'objet d'une analyse comparative des alternatives au regard [] des petits fonds côtiers [].	
Piste d'action 8.7. Sélection des entreprises les plus pertinentes en intégrant des clauses environnementales ou des critères dans les marchés de travaux visant la capacité de l'entreprise à développer des solutions innovantes et efficaces en matière de « préservation de la biodiversité ».	Le présent document expose des mesures de protection des milieux terrestres et marins qui devront être respectées par les entreprises en charges des travaux.  Des paragraphes spécifiques seront intégrés aux DCE et un suivi dit « environnemental » sera mis en place en phase chantier par le bureau de maîtrise d'œuvre.
Piste d'action 8.8. Promotion du management environnemental au niveau des maîtrises d'ouvrages et d'œuvre pour mieux accompagner et contrôler les entreprises pendant les phases chantier	

Tableau 8 : Compatibilité du projet avec le SRCE

### Commune du Lavandou Assistance pour lutter contre l'érosion d'une portion de la plage du centre-ville

Le projet d'aménagement et de protection du littoral du Lavandou est en corrélation avec le Schéma Régional de Cohérence Ecologique PACA.

# 7.3. Compatibilité avec le Document Stratégique de Façade

La stratégie de façade maritime Méditerranée permet de fixer les objectifs et les principes d'une conciliation du développement économique des activités maritimes et du respect du milieu marin. Elle intègre, poursuit et amplifie la dynamique instaurée depuis 2016 par le PAMM.

La stratégie de façade maritime adoptée aujourd'hui établit une situation de l'existant pour chacune des activités maritimes de la façade et dresse le bilan de l'état écologique des eaux marines en Méditerranée. Elle précise les enjeux pour la façade et définit une vision de son avenir souhaité à l'horizon 2030.

Elle développe enfin une planification concrète et inédite des espaces maritimes, fixant pour chacun des trente zones identifiées des objectifs stratégiques à atteindre, tant environnementaux que socio-économiques.

Les 23 objectifs stratégiques sont les suivants :

- A. Maintenir ou rétablir la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes des fonds côtiers.
- B. Maintenir un bon état de conservation des habitats profonds des canyons sous-marins.
- C. Préserver la ressource halieutique du plateau du Golfe du Lion et des zones côtières.
- D. Maintenir ou rétablir les populations de mammifères marins et tortues dans un bon état de conservation
- E. Garantir les potentialités d'accueil du milieu marin pour les oiseaux : alimentation, repos, reproduction, déplacements
- F. Réduire les apports à la mer de contaminants bactériologiques, chimiques et atmosphériques des bassins versants
- G. Réduire les apports et la présence de déchets dans les eaux marines
- H. Réduire les rejets d'hydrocarbures et d'autres polluants en mer
- I. Réduire le risque d'introduction et de développement d'espèces non indigènes envahissantes
- J. Réduire les sources sonores sous-marines
- K. Développer les énergies marines renouvelables en Méditerranée
- L. Contribuer à un système de transport maritime durable et compétitif, reposant sur des ports complémentaires
- M. Soutenir une pêche durable, efficace dans l'utilisation des ressources et innovante
- N. Soutenir une aquaculture durable, efficace dans l'utilisation des ressources, innovante et compétitive
- O. Structurer des filières compétitives et complémentaires d'opérateurs de TP, d'activités sous-marines et d'ingénierie écologique.
- P. Accompagner et soutenir les industries nautiques et navales
- Q. Accompagner le développement des activités de loisirs, des sports nautiques et subaquatiques et de la plaisance dans le respect des enjeux environnementaux et des autres activités
- R. Accompagner l'économie du tourisme dans le respect des enjeux environnementaux et des autres activités
- S. Protéger, préserver et mettre en valeur les paysages et le patrimoine (littoral, maritime, subaquatique, historique, etc.) méditerranéen

- T. Concilier le principe de libre-accès avec besoin foncier des activités maritimes et littorales
- U. Développer l'attractivité, la qualification et la variété des emplois de l'économie maritime et littorale
- V. Accompagner les acteurs de l'économie maritime et l'ensemble des usagers de la mer dans la transition écologique, énergétique et numérique
- W. Anticiper et gérer les risques littoraux

Le projet de la commune du Lavandou est compatible avec les objectifs suivants :

- A. Maintenir ou rétablir la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes des fonds côtiers
- D07-OE01 A1. Eviter les impacts résiduels notables de la turbidité au niveau des habitats et des principales zones fonctionnelles halieutiques d'importance les plus sensibles à cette pression, sous l'influence des ouvrages maritimes, de l'extraction de matériaux, du dragage, de l'immersion de matériaux de dragage, des aménagements et de rejets terrestres.

<u>Indicateur du projet</u>: Les mesures d'évitement et de réduction qui seront mises en place en phase travaux permettront d'éviter la formation et la dispersion d'un nuage turbide susceptible d'impacter les biocénoses et notamment celle de l'herbier de Posidonie. Ces mesures sont présentées dans en **paragraphe 5** du présent document.

En phase projet, l'ouvrage ne sera pas de nature à générer de la turbidité.

Après application de la séquence ERC, le projet ne présentera pas d'impacts résiduels notables sur la turbidité au niveau des habitats les plus sensibles à cette pression.

 D06-OE01 – A6. Limiter les pertes physiques des habitats génériques et particuliers liées à l'artificialisation de l'espace littoral et des petits fonds côtiers.
 Indicateur du projet: La digue a été dimensionnée de manière à limiter le pourcentage d'occupation au sol.

La totalité de surface au sol occupée par le brise-lame sera de 1800m² à -3mNGF. La surface des petits fonds de 0 à 10m étant estimée à 2km² pour la commune du Lavandou, l'ouvrage n'occupera que 0,09% des petits fonds de la commune, ce qui apparait extrêmement limité.

De plus, bien qu'il soit constitué par des gabions et un système de consolidation apporté par la technologie Géocorail, l'ouvrage aura un caractère réversible puisque la structure peut être déposée si nécessaire, permettant de qualifier de « provisoire » la perte de l'habitat des sables fins biens calibrés.

Le rechargement de la plage en sable est compatible avec cet objectif dans la mesure où il ne constitue pas une artificialisation du littoral. De plus, le sable proviendra du Nord de la plage et sera remanié par les conditions hydrodynamiques de la zone.

 D06-OE02 – A2. Réduire les perturbations et les pertes physiques des habitats génériques et particuliers liées aux activités et usages maritimes.

Indicateur du projet : Identique au précédent.

Après application de la séquence ERC, le projet n'entrainera pas de perturbation sur les habitats génériques de la zone.

D06-A10 – A12. Optimiser le rôle écologique des fonds côtiers artificialisés.

<u>Indicateur du projet</u>: Le système Géocorail favorise l'accueil de la biodiversité. Des suivis seront mis en place dans le but de recenser les espèces présentes autour de l'ouvrage.

- G. Réduire les apports et la présence de déchets dans les eaux marines.
- D10-OE02 G2. Réduire les apports et la présence de déchets en mer issus des activités, usages et aménagements maritimes

<u>Indicateur du projet</u>: il est privilégié la mise en place de gabions et enrochements plutôt qu'une digue dont le géotextile est en polypropylène, résine thermoplastique, qui, bien qu'elle soit résistance, pourrait entrainer la fuite de plastique dans le milieu en cas de dégradations par des conditions météos extrêmes ou par action humaine.

- S. Protéger, préserver et mettre en valeur les paysages et le patrimoine (littoral, maritime, subaquatique, historique, etc.) méditerranéen.
- S2. Promouvoir et garantir des aménagements respectueux du patrimoine et des paysage et soutenir les dynamiques d'aménagements dans ce sens.

<u>Indicateur du projet</u>: Le projet a été dimensionné de façon à optimiser l'occupation du sol.

Le système Géocorail favorisera la colonisation du brise-lame par les organismes et permettra d'intégrer l'ouvrage aux fonds marins.

Ainsi, le projet d'aménagement et de protection du littoral de la plage du centre-ville du Lavandou n'est pas en désaccord avec les objectifs fondamentaux du Document Stratégique de la Façade méditerranéenne.

#### 8. BIBLIOGRAPHIE

Bezuijen et Vastenburg, 2013, Geosystems, Design Rules and Aplications

Coastal Engineering Manual 2006 (CEM2006)

Le Guide de l'enrochement, 2009, Version française 2ème édition

**Ecoplage pour la commune du Lavandou, 2022**, Etude de diagnostic contre l'érosion des plages du Lavandou, incluant la faisabilité d'un système de drainage breveté Ecoplage.

**Arrêté préfectoral en date du 17 août 2018,** portant prescriptions particulières, en application de l'article R.214-35 du code de l'environnement, à la déclaration n°83-2018-00055 de la commune du Lavandou relative aux travaux de dragage d'entretien pluriannuel 2018-2027 de la passe d'entrée du port du Lavandou.

Pierre Rebouillon – Expert-Conseil en Environnement – pour la commune du Lavandou, 2019, Rapport d'interprétation – Qualité des matériaux à draguer pour le port du Lavandou.

Pierre Rebouillon – Expert-Conseil en Environnement – pour la commune du Lavandou, 2018, Dossier de déclaration pluriannuel au titre des articles L 214-1 à L. 214-6 du Code de l'Environnement.

**Vaccarella, R. and Goreau, T.J , 2012.** Restoration of Seagrass Mats (*Posidonia oceanica*) with Electrical Stimulation. In: Goreau, T.J. and Trench, R.K., Eds., Innovative Methods of Marine Ecosystem Restoration, CRC Press, Boca Raton, Florida, 161-167. http://dx.doi.org/10.1201/b14314-15