

CONFORTEMENT DE L'ENCOCHE DUNAIRE DE LA CORNICHE A LA TESTE DE BUCH

PHASE PRO – RECHARGEMENTS



Photos Aériennes Obliques © OCA, ULM Sud Bassin

INFORMATIONS GENERALES SUR LE DOCUMENT

Contact	CASAGEC INGENIERIE 18 rue Maryse Bastié Z.A. de Maignon 64600 Anglet - FRANCE Tel : + 33 5 59 45 11 03 Web : http://www.casagec.fr
Titre du rapport	Confortement de l'encoche dunaire de la Corniche à la Teste De Buch Phase PRO – Rechargements
Maître d'Ouvrage	SIBA
Auteur(s)	Floriane BOGUN
Responsable du projet	Mikael FORTUNEL (mikael.fortunel@anteagroup.fr) Arnaud SALLABERRY (sallaberry@casagec.fr)
Rapport n°	CI-22047

SUIVI DU DOCUMENT

Rev.	Date	Description	Rédigé par	Approuvé par
00	17/10/2023	Version initiale transmise au SIBA	FBN	ASY
01	26/10/2023	Ajustement Prix	FBN	ASY
02	05/12/2023	Coût de la solution rampe temporaire sur 10ans	FBN	ASY

TABLE DES MATIERES

1.	Contexte et objet du marché	5
1.1.	Contexte	5
1.2.	Objectifs.....	5
2.	Description générale du site à l'étude – Rappels.....	6
3.	Rappel des données de site	7
3.1.	Référencement du projet	7
3.2.	Niveaux d'eau	7
3.2.1.	Marée astronomique	7
3.2.2.	Niveaux d'eau extrême	7
3.3.	Climat de houle au large.....	9
3.4.	Evolutions de la dune	9
3.4.1.	Données disponibles	9
3.4.2.	Evolutions du trait de côte	10
4.	Dimensionnement des rechargements.....	17
5.	Mise en œuvre des rechargements	19
5.1.	Préambule	19
5.2.	Volumes de besoin	20
5.3.	Détail du projet de rechargement	20
5.3.1.	Site d'extraction	20
5.3.2.	Méthodologie de réalisation	21
5.3.3.	Délais de réalisation	26
5.4.	Coûts.....	27
5.4.1.	Réflexion concernant les coûts sur 10 ans	27
5.4.2.	Refoulement directement sur site	27
5.4.3.	Refoulement sur les plages du Pyla puis acheminement par camion	28

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Site d'étude dans son environnement.	6
Figure 2. Description de l'environnement immédiat du site à l'étude.	6
Figure 3. Carte de niveau d'eau extrême en aquitaine, de période de retour 10 ans à gauche et 100 ans à droite.	8
Figure 4. Bouée CANDHIS, Cap Ferret - Rose de houle et corrélogramme H_{m0} / T_p	9
Figure 5. Evolution du phénomène d'érosion dans le secteur du musoir de la Corniche (Fond de plan : Orthophotographie du SIBA 2005, 2012, 2018 et 2022).	11
Figure 6. Localisation des 6 profils utilisés pour étudier les évolutions de la dune.	12
Figure 7. Evolutions de la topographie entre 2014 et 2021 au niveau des profils 1 et 2.	12
Figure 8. Evolutions de la topographie entre 2014 et 2021 au niveau des profils 3 et 4.	13
Figure 9. Evolutions de la topographie entre 2014 et 2021 au niveau des profils 5 et 6.	13
Figure 10. Schéma illustrant le recul de la dune dans le secteur d'étude.	16
Figure 11. Localisation du site d'extraction.	20
Figure 12 : Schéma de principe du dragage par une drague aspiratrice en marche (source : IFREMER).	22
Figure 13. Drague aspiratrice « Côte de Bretagne » réensablant les plages du Pyla-sur-Mer (© Crédit photo : Sabine Menet, Sud-Ouest).	22
Figure 14. Schéma de mise en œuvre des opérations selon la configuration 1 (A) ou 2 (B).	23
Figure 15. Localisation du Grand Site de la Dune du Pilat par rapport au projet.	24
Figure 16. Vue en plan du projet de rechargement.	25
Figure 17. Coupe type BB du projet de rechargement.	25

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Niveau de marée sur le bassin d'Arcachon (RAM – SHOM, 2022).	7
Tableau 2. Niveaux d'eau extrêmes à Arcachon (CEREMA, 2018).	8
Tableau 3. Niveaux d'eau extrêmes obtenus par lecture de carte à Pilat-Plage (SHOM-CETMEF, 2012).	8
Tableau 4. Distance entre le profil topographique de la dune en 2014 et celui de 2021 (en m).	13
Tableau 5. Taux d'évolution 2014-2021 (en m/an).	13
Tableau 6. Différentiel volumétrique de proche en proche : entre 0 et 10 m CM ; au-dessus de 10 m CM ; au global.	15
Tableau 7. Pertes annuelles de sable par box et par niveau de dune calculées sur la base de la somme des pertes de proches en proches.	17
Tableau 8. Volumes érodés au fil des années (exprimés en m ³) selon l'hypothèses de pourcentage utile des sables issus de la partie haute de la dune (> 10 m CM).	17
Tableau 9. Volumes totaux de sable (tous niveaux confondus) jouant un rôle dans les processus érosifs.	18
Tableau 10. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement directement sur site (1 opération). ..	27
Tableau 11. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement directement sur site (10ans)	28
Tableau 12. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement directement sur site (1 opération) . ..	28
Tableau 13. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement sur les plages du Pyla (10ans)	28

1. CONTEXTE ET OBJET DU MARCHÉ

1.1. CONTEXTE

La façade océanique du Bassin d'Arcachon est soumise à une problématique d'érosion et de recul du trait de côte qui se traduit au niveau du secteur dit du « musoir de la Corniche » par une encoche d'érosion caractéristique des transitions entre zone fixe (protection côtière) et des zones meubles (plage et dune du Pilat).

Le site a fait l'objet de nombreux travaux et études. Dans le cadre de la Stratégie Locale de Gestion de la Bande Côtière (SLGBC), différents scénarios d'interventions ont été envisagés. Lors de la validation de la stratégie locale en 2018, 2 scénarios ont été retenus :

- S3A : Maintien de l'ouvrage et rechargement ;
- S3B : Maintien de l'ouvrage et consolidation de l'encoche par la mise en œuvre de géotubes.

Par la suite, le SIBA a confié en juin 2021 au bureau d'étude ARTELIA, l'étude d'Avant-Projet Sommaire afin d'analyser les solutions de protections du secteur de la Corniche. Sur la base des différentes solutions étudiées, une solution a été validée en 2022 par l'ensemble des partenaires de la SLGBC de la Teste-de-Buch. Celle-ci consiste à :

- Supprimer l'extrémité de l'ouvrage et de stabiliser la nouvelle terminaison ;
- Réensabler l'encoche dunaire par l'intermédiaire d'un rechargement initial combiné à des travaux d'entretien tous les 2 ans.

À la suite d'un nouvel appel d'offre lancé par le SIBA, la mission de maîtrise d'œuvre a été confiée au groupement ANTEA / CASAGEC afin d'affiner l'étude APS d'ARTELIA pour ensuite réaliser les travaux de démantèlement et de reprise de l'ouvrage associés à des opérations de réensablement.

1.2. OBJECTIFS

Comme évoqué précédemment, la solution retenue flèche des rechargements en sable dont les deux grands objectifs sont d'éviter :

- Le contournement de l'ouvrage qui pourrait entraîner un recul de la dune et donc la perte des enjeux de 1^{ère} ligne,
- Une côte en pied d'ouvrage trop basse, qui pourrait alors déstabiliser l'ouvrage.

Alors que le rapport d'APD (Avant-Projet Définitif, CASAGEC - 2023) détaillait le dimensionnement de ces rechargements et notamment les volumes de besoin nécessaires au regard des évolutions du site, il n'a pas permis de véritablement trancher sur la technique la plus adaptée au site. À la suite de cela, une note complémentaire détaillant les différentes modalités de rechargements qui pourraient être mises en œuvre, a donc été produite. Cette note a fait ressortir deux solutions préférentielles, dont le présent rapport affine les modalités techniques (phase PRO).

2. DESCRIPTION GENERALE DU SITE A L'ETUDE – RAPPELS

Le site d'étude se trouve sur la commune de la Teste-de-Buch au niveau de la terminaison Sud de la protection côtière et au Nord immédiat de la Dune du Pilat (Figure 1). Le projet se trouve donc être localisé sur la façade Atlantique du Bassin d'Arcachon qui est soumise à une problématique d'érosion et de recul du trait de côte.

Les sollicitations hydrauliques maritimes au-devant de la zone d'étude sont liées à l'action des houles, des courants et des marées qui elles-mêmes sont influencées par les évolutions des passes et des bancs.

De manière plus précise l'étude s'intéresse à l'ouvrage en enrochements se trouvant dans la continuité des perrés bétonnés et à l'encoche qui l'accompagne.

Cet ouvrage en enrochements jouant le rôle de protection de la dune servant de support à l'hôtel – restaurant « La Co(o)rniche » assure la transition entre les parties artificialisées des perrés en béton et la dune du Pilat (Figure 2).

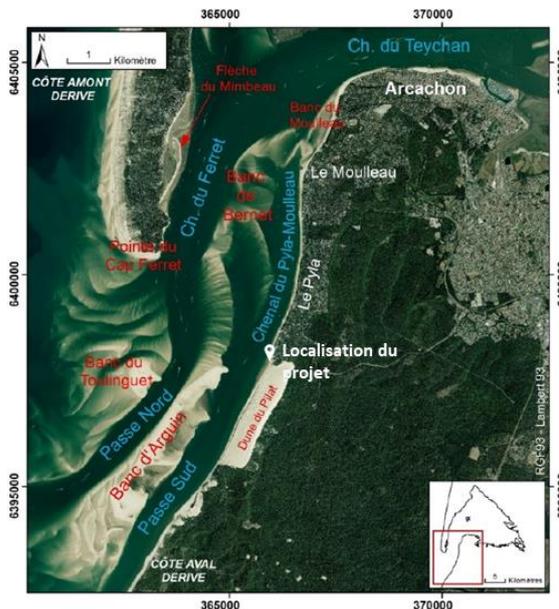


Figure 1. Site d'étude dans son environnement.

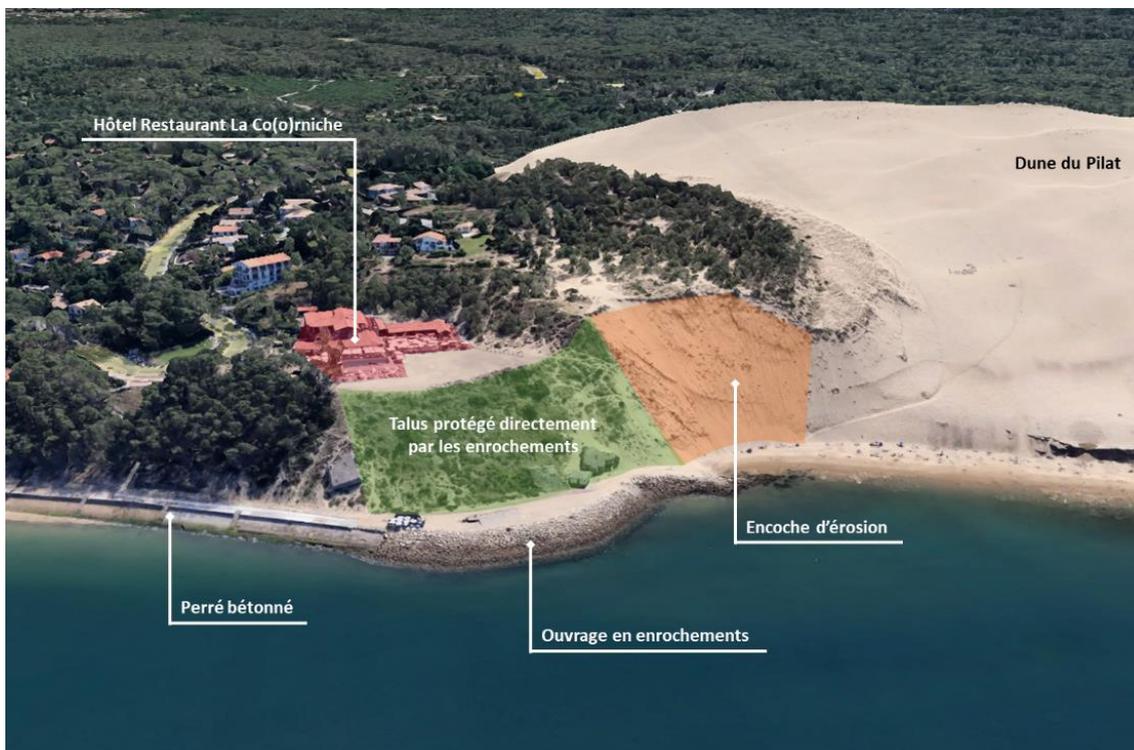


Figure 2. Description de l'environnement immédiat du site à l'étude.

3. RAPPEL DES DONNEES DE SITE

L'ensemble des données de site est détaillé dans le rapport d'Avant-Projet Définitif (CASAGEC, 2023). Le présent document ne reprend que celles pouvant avoir une utilité opérationnelle pour la réalisation des rechargements.

3.1. REFERENCEMENT DU PROJET

Sauf mention contraire, le système altimétrique de référence est le Zéro Hydrographique (m ZH) ou le zéro des cartes marine (m CM). Pour information, le Nivellement Général de France (NGF), et plus spécifiquement l'IGN69 pour la France continentale, se situe à 2,005 m et 1,980 m au-dessus du zéro des cartes marines respectivement à Pilat Plage et à Arcachon (source : Références Altimétriques Maritimes, SHOM, 2022).

Les coordonnées cartésiennes seront exprimées dans la projection Lambert 93 du système géodésique RGF93.

3.2. NIVEAUX D'EAU

3.2.1. Marée astronomique

Le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) fournit pour l'ensemble des ports français les niveaux marins prédits pour des marées caractéristiques.

Dans le Golfe de Gascogne, la marée est de type semi-diurne, de période 12h25min. Les niveaux concernant Arcachon (port principal), le Cap Ferret et Pilat Plage (observatoires secondaires) sont reportés dans le Tableau 1. Ces niveaux sont exprimés en cotes marines (m CM).

Tableau 1. Niveau de marée sur le bassin d'Arcachon (RAM – SHOM, 2022).

Nom	Unité	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Arcachon	m CM	4,91	4,35	3,40	2,48	1,30	0,45	-0,08
Cap Ferret	m CM	4,51	4,20	3,35	2,37	1,40	0,60	-0,28
Pilat Plage	m CM	4,54	4,05	3,20	2,33	1,30	0,45	-0,09

Remarque : PHMA : Plus Haute Mer Astronomique, PMVE : Pleine mer Moyenne de Vive-Eau, PMME : Pleine mer Moyenne de Morte-Eau, NM : Niveau Moyen, BMME : Basse mer Moyenne de Morte-Eau, BMVE : Basse mer Moyenne de Vive-Eau, PBMA : Plus Basse Mer Astronomique

Ainsi, le marnage à Pilat Plage atteint 3,6m en vives-eaux, et très exceptionnellement 4,5 m lors des marées astronomiques.

3.2.2. Niveaux d'eau extrême

Les niveaux d'eau extrêmes correspondent à la combinaison des niveaux de la marée astronomique et des surcotes dépressionnaires.

Pour le secteur d'étude, le rapport CEREMA de 2018 (Niveaux marins extrêmes des ports de métropole), fourni les statistiques de niveaux d'eau extrêmes au niveau du marégraphe du port d'Arcachon. Les valeurs sont détaillées dans le Tableau 2.

Tableau 2. Niveaux d'eau extrêmes à Arcachon (CEREMA, 2018).

Période de retour	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Niveau d'eau (m NGF)	3,18	3,27	3,36	3,50	3,62
Niveau d'eau (m CM)	5,16	5,25	5,34	5,48	5,60

En 2012 des cartes de niveau extrême ont été produites par le SHOM-CETMEF permettant d'apporter des éléments complémentaires au niveau de la zone d'étude. La production de ces cartes s'est appuyée sur une analyse au niveau des marégraphes dont celui du port d'Arcachon dont les valeurs extrêmes sont similaires à celles définies dans le Tableau 2.

Les cartes présentant les résultats pour les périodes de retour 10 et 100 ans sont présentées ci-dessous :

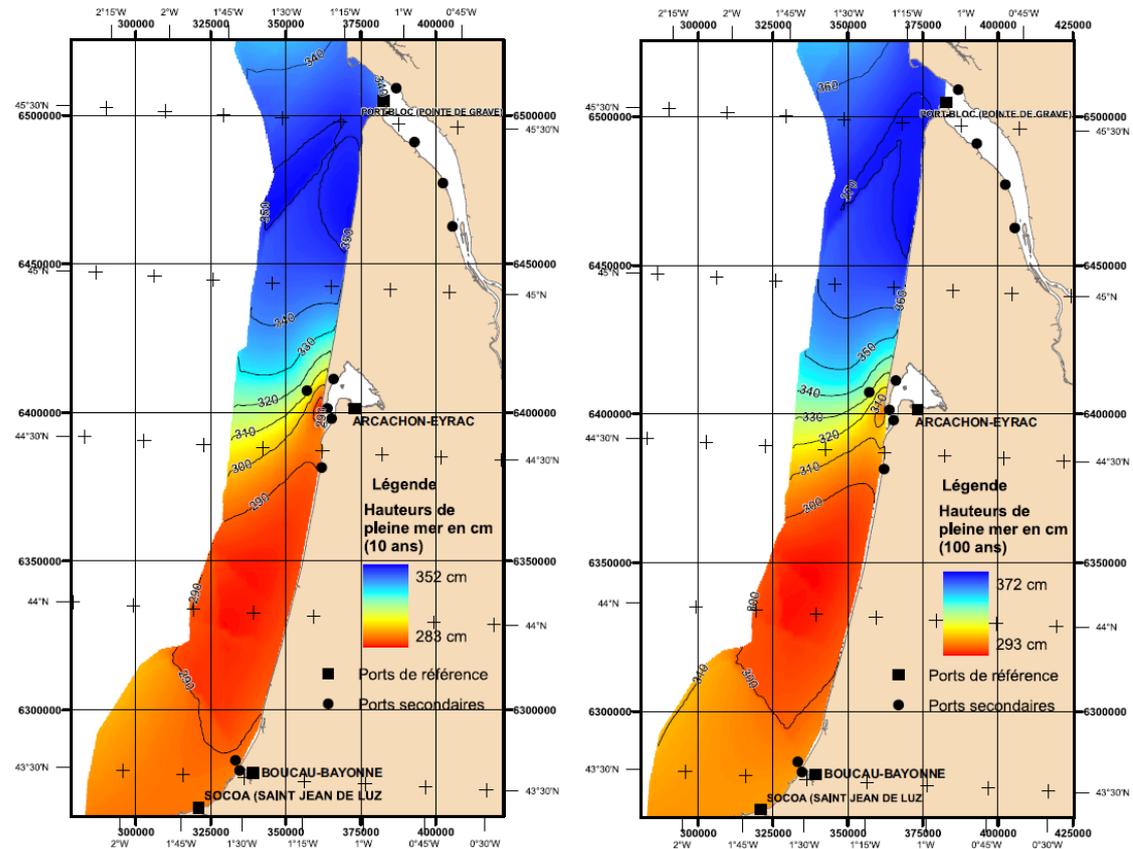


Figure 3. Carte de niveau d'eau extrême en aquitaine, de période de retour 10 ans à gauche et 100 ans à droite.

Plus spécifiquement au niveau du Pilat Plage, les valeurs approximatives obtenues à partir de la lecture des cartes du CETMEF (Figure 3) sont les suivantes :

Tableau 3. Niveaux d'eau extrêmes obtenus par lecture de carte à Pilat-Plage (SHOM-CETMEF, 2012).

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Niveau d'eau (m NGF)	2,90	3,00	3,05	3,10
Niveau d'eau (m CM)	4,95	5,05	5,10	5,15

In fine, les valeurs obtenues au niveau de Pilat Plage sont plus faibles de 30 à 45 cm par rapport à celles obtenues au niveau d'Arcachon.

3.3. CLIMAT DE HOULE AU LARGE

Les statistiques de houle au large du site sont issues de la bouée 03302 – Cap Ferret du réseau CANDHIS (Centre d'Archivage National de Données de Houle In-Situ) géré par le CEREMA. Les caractéristiques principales de cette bouée sont les suivantes :

- Durée d'observation : 11,49 ans du 28/08/01 au 31/12/21 ;
- Distance à la côte : 7,9 milles (12,7 km) ;
- Profondeur : 54 m.

Le rapport d'étude et d'analyse des état de mer 2022 réalisé par le CEREMA permet d'obtenir les figures est valeurs caractéristiques suivantes :

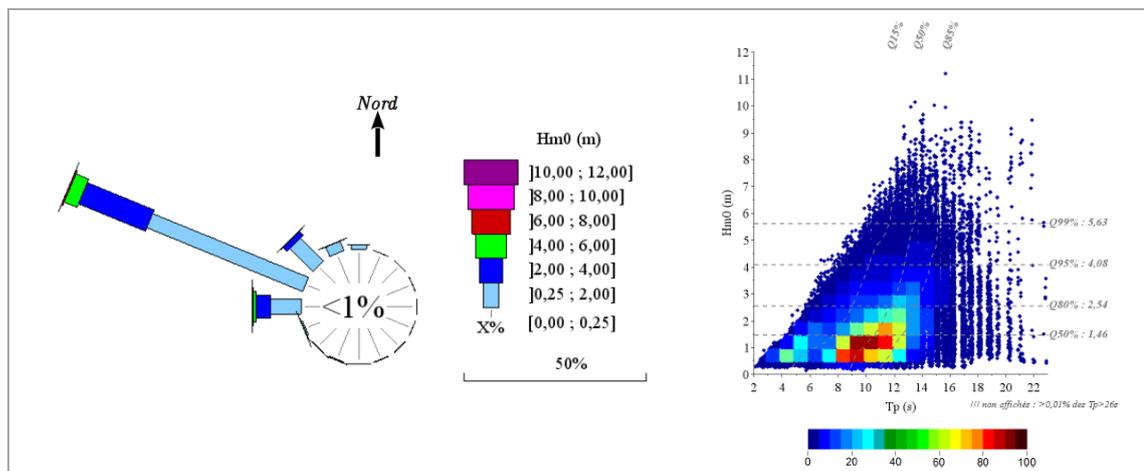


Figure 4. Bouée CANDHIS, Cap Ferret - Rose de houle et corrélogramme H_{m0} / T_p .

Les directions de provenance des houles sont principalement Ouest-Nord-Ouest toutefois des houles fortes sont également susceptibles de venir d'Ouest.

Les valeurs statistiques de H_{m0} au niveau de la bouée sont les suivantes :

- Dépassées 50 % du temps : 1,46 m ;
- Dépassées 20 % du temps : 2,54 m ;
- Dépassées 5 % du temps : 4,08 m ;
- Dépassées 1 % du temps : 5,63 m.

3.4. EVOLUTIONS DE LA DUNE

3.4.1. Données disponibles

Les évolutions récentes du littoral au droit du secteur d'étude peuvent dans un premier temps être appréhendées au travers l'analyse des orthophotographies du SIBA. En effet, les différents survols du territoire réalisés entre 2005 et 2022 donnent un aperçu des évolutions qu'a pu subir le littoral au fil des années.

Afin d'avoir plus de détail sur ces évolutions et notamment de pouvoir calculer des bilans sédimentaires, les levés LIDAR réalisés par l'OCNA sont également disponibles sur le secteur. Dans le cadre de la présente étude, l'attention s'est spécifiquement portée sur les données acquises entre 2014 et 2021.

3.4.2. Evolutions du trait de côte

L'évolution du littoral au droit du secteur d'étude a dans un premier temps été appréhendée au travers la comparaison des orthophotographies du SIBA. La Figure 5 en page suivante permet de rapidement visualiser les évolutions du trait de côte, entre 2005 et 2022, au niveau du musoir de la Corniche.

In fine, entre 2005 et 2022, le pied de dune localisé au niveau de l'encoche a reculé de l'ordre de 25 à 30 m.

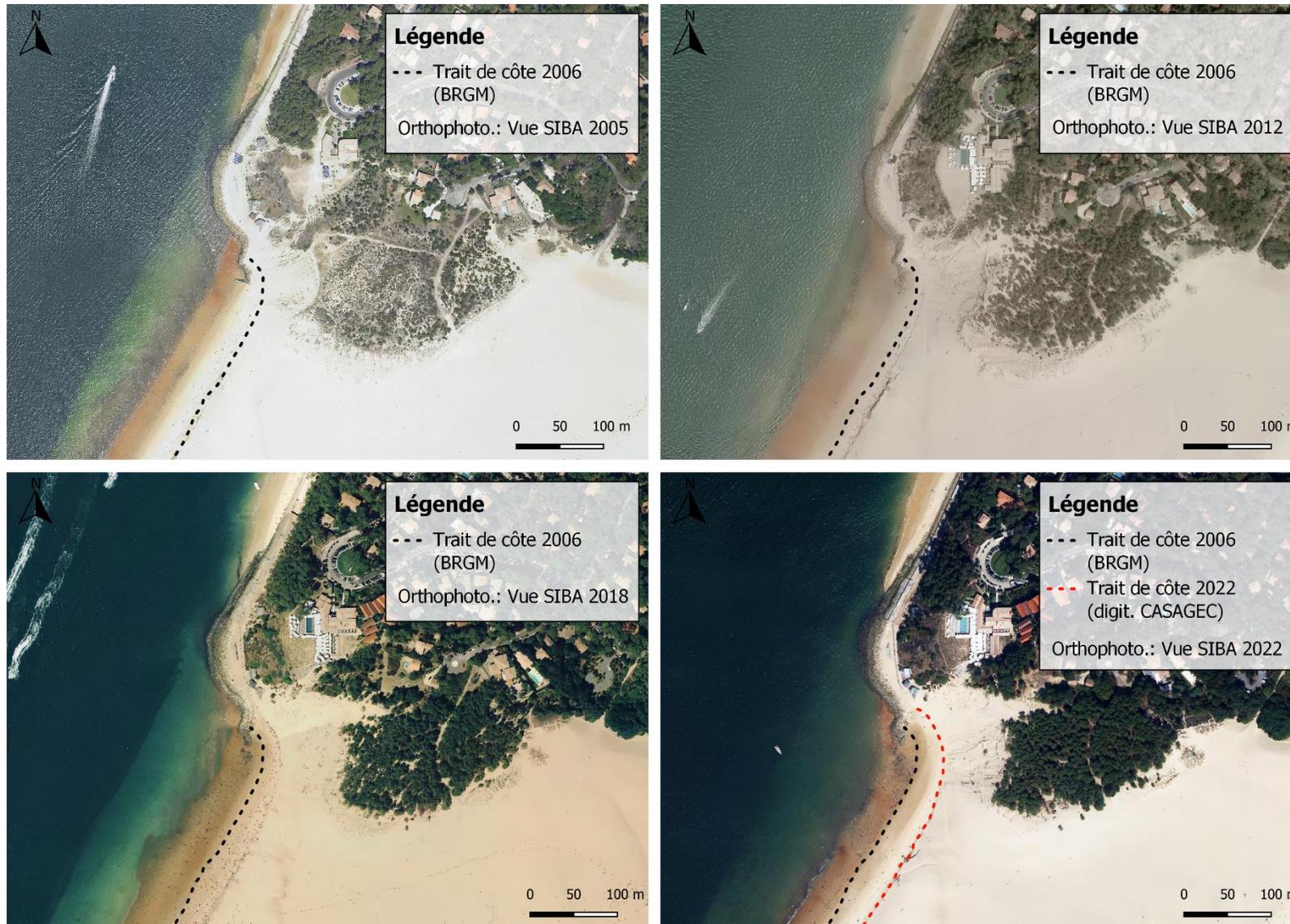


Figure 5. Evolution du phénomène d'érosion dans le secteur du musoir de la Corniche (Fond de plan : Orthophotographie du SIBA 2005, 2012, 2018 et 2022).

Afin d'affiner ces observations, une analyse plus spécifique a été menée sur la base de l'exploitation des données LIDAR. Les évolutions topographiques du cordon dunaire et du haut de plage ont ainsi été analysées au niveau de 6 profils (Figure 6).



Figure 6. Localisation des 6 profils utilisés pour étudier les évolutions de la dune.

Dans un premier temps, des coupes ont été réalisées au niveau des 6 profils pour les 7 dates prises en considération à savoir 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 et 2021.

Les résultats sont présentés au travers des Figure 7 à Figure 9.

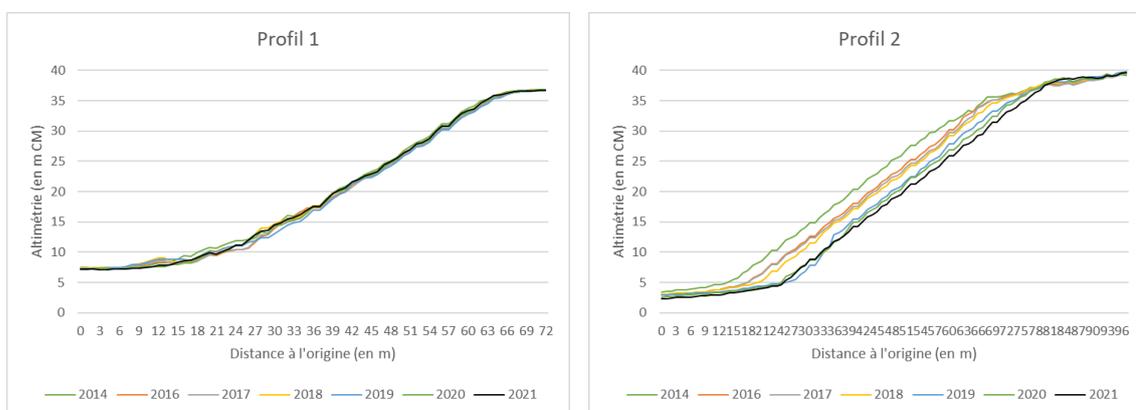


Figure 7. Evolutions de la topographie entre 2014 et 2021 au niveau des profils 1 et 2.

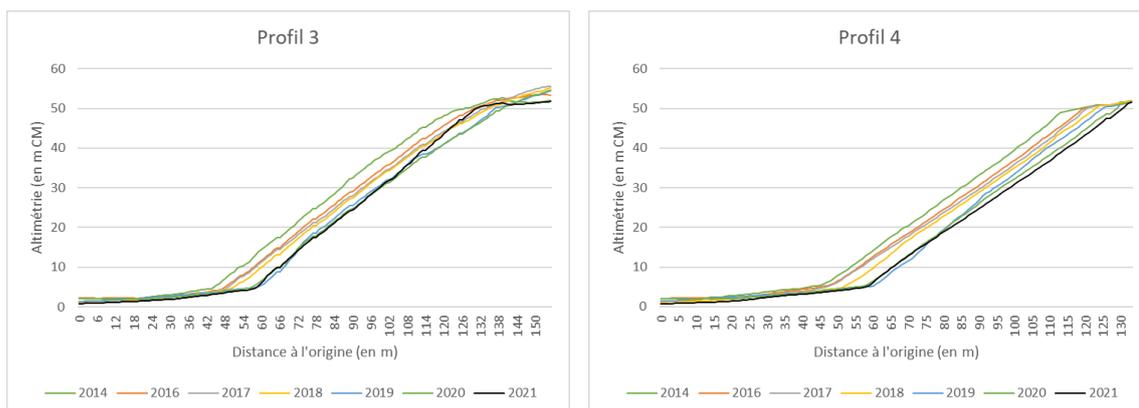


Figure 8. Evolutions de la topographie entre 2014 et 2021 au niveau des profils 3 et 4.

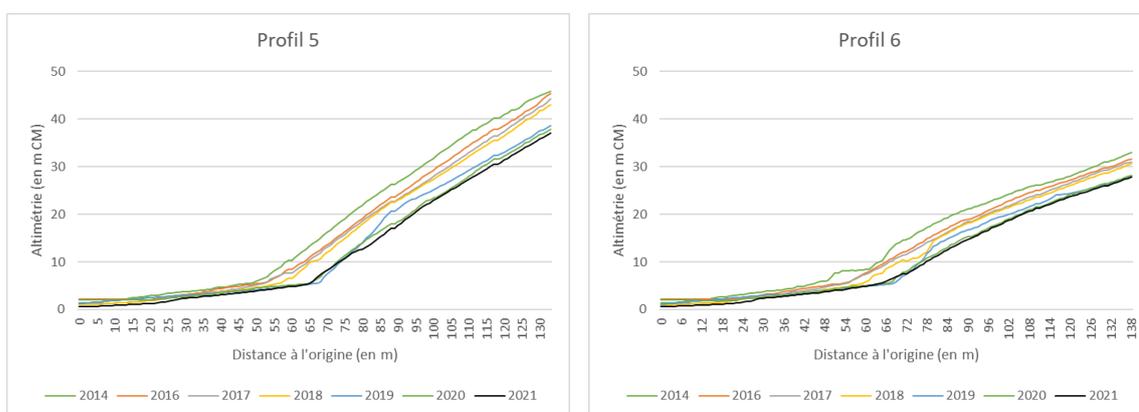


Figure 9. Evolutions de la topographie entre 2014 et 2021 au niveau des profils 5 et 6.

En complément, deux indicateurs, permettant d'évaluer les évolutions horizontales de la topographie, ont également été définis, à savoir :

- Indicateur de pied de dune (PDD) : de niveau altimétrique variable, cet indicateur a été identifié sur la base des coupes topographiques préalablement tracées,
- Indicateur de face de dune (FDD) : évolutions étudiées à la côte altimétrique 20 m CM.

Ce travail, spécifiquement réalisé entre les levés de 2014 et 2021, a permis d'obtenir pour chacun des indicateurs :

- La distance en mètre séparant le levé de 2014 de celui de 2021 (Tableau 4),
- Le taux d'évolution de la dune en m/an (Tableau 5).

Tableau 4. Distance entre le profil topographique de la dune en 2014 et celui de 2021 (en m).

Profils	1	2	3	4	5	6
PDD	-	-11	-14	-12	-15	-19
FDD	-1	-11	-12	-13	-17	-20

Tableau 5. Taux d'évolution 2014-2021 (en m/an).

Profils	1	2	3	4	5	6
PDD		-1,6	-2,0	-1,7	-2,1	-2,7
FDD	-0,1	-1,6	-1,7	-1,9	-2,4	-2,9

In fine, les points suivants peuvent être mis en évidence :

- Le profil 1 présente des évolutions très limitées sur la période 2014-2021. Alors que le pied de dune est difficilement identifiable ne permettant pas d'évaluer un taux de recul à ce niveau, la face de dune a quant à elle reculé de -1 m en 7 ans, ce qui représente un taux d'érosion à ce niveau de l'ordre de -0,1 m/an sur la période 2014-2021,
- Les profils 2 à 6 montrent des reculs importants, que ce soit du pied ou de la face de dune :
 - Concernant le pied de dune, celui-ci a reculé de -11 (P2) à -19 m (P6) entre 2014 et 2021, ce qui équivaut à des taux d'évolution de -1,6 à -2,7 m/an,
 - Concernant la face de dune, des reculs importants et graduels de P2 à P6 sont mesurables (-11 m en P2, à -20 m en P6). Au niveau de la zone d'étude, la dune en arrière au niveau de l'encoche recul avec des taux compris entre -1,6 et -2,9 m/an.

A titre informatif, ces données sont en cohérence avec les informations issues de l'INE (Indicateur National de l'Erosion côtière) qui classe le littoral Nord de la dune du Pilat comme en érosion. Plus précisément, et à partir de l'exploitation des données de trait de côte issues de 1950 à 2011, les taux d'érosion sont ici compris entre -1,5 et -3 m/an

3.4.2.1. Bilans volumétriques

Afin d'identifier les évolutions volumétriques de la dune, des box localisées de part et d'autre des profils, tels que présentés en Figure 6, ont été définies.

Sur la base des 7 levés altimétriques haute résolution (LIDAR) disponibles, CASAGEC INGENIERIE a donc réalisé différents bilans volumétriques pour les six périodes disponibles (2014-2016, 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020 et 2020-2021), à savoir :

- Au global sur la box,
- Sur la partie basse de la box : inférieur à la côte 10 m CM,
- Sur la partie haute de la box : supérieur à la côte 10 m CM.

Les résultats issus de ce travail sont présentés au travers du Tableau 6.

Au regard de ces informations, il ressort que :

- Les pertes les plus importantes ont lieu au-dessus de la cote 10 m CM en raison notamment de la hauteur importante de la dune (supérieure à 50 m CM),
- Les pertes de sable survenues au niveau de la partie basse de la dune (< 10 m CM) sont globalement similaires au sein d'une même box d'une année sur l'autre,
- A contrario, au-dessus de la cote 10 m CM, les évolutions de proche en proche sont marquées au sein d'une même box. Cette observation est notamment bien visible sur les périodes 2014-2016 et 2018-2019 avec respectivement jusqu'à -9 700 m³ et -12 000 m³ de sable perdu sur la box 5.

Tableau 6. Différentiel volumétrique de proche en proche : entre 0 et 10 m CM ; au-dessus de 10 m CM ; au global.

Zone	< 10m CM						> 10 m CM						Total					
	2014-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2014-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2014-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
2	-666	-79	-127	-926	5	-247	-3 430	-1 118	400	-2 603	-403	-1 055	-4 096	-1 198	273	-3 529	-398	-1 302
3	-1 109	-378	-485	-1 442	11	-561	-9 283	-2 918	-2 201	-8 099	-2 421	-48	-10 392	-3 296	-2 687	-9 542	-2 411	-609
4	-793	-767	-876	-1 343	244	-1 004	-8 432	-2 620	-2 303	-7 918	-3 103	-3 340	-9 225	-3 387	-3 179	-9 262	-2 859	-4 344
5	-1 273	-1 367	-1 120	-1 583	274	-1 752	-9 727	-3 483	-2 537	-12 724	-4 965	-4 668	-11 000	-4 850	-3 657	-14 307	-4 691	-6 420
6	-2 356	-2 278	-1 824	-2 111	368	-2 327	-12 753	-5 172	-3 852	-11 001	-5 747	-3 732	-15 109	-7 450	-5 675	-13 112	-5 379	-6 059
Total	-3 841	-2 591	-2 608	-5 295	533	-3 563	-30 871	-10 139	-6 641	-31 344	-10 892	-9 112	-34 712	-12 730	-9 250	-36 639	-10 359	-12 675

3.4.2.2. Synthèse sur les évolutions de la dune

En résumé, l'exploitation des différentes données disponibles met en évidence un recul relativement important du trait de côte dans le secteur du musoir de la Corniche. Alors que les taux de recul en arrière immédiat de l'ouvrage, au niveau de l'encoche (P2 et P3), sont en moyenne de l'ordre de -1,8 m/an pour le pied de dune et -1,6 m/an pour la face de dune, ils sont en moyenne de -2,2 m/an pour le pied de dune et -2,4 m/an pour la face de dune hors encoche (-2,7 m/an au niveau du P6 localisé totalement hors emprise de l'encoche). Au regard de ces informations, il semblerait donc que l'ouvrage permette d'atténuer l'érosion de la dune.

Quel que soit le profil, le recul semble néanmoins chronique et globalement constant depuis 2014. Lorsque la dune est sapée en pied par l'érosion, c'est alors l'ensemble de la stabilité de la pente de dune qui est remise en question. La pente n'étant plus à l'équilibre, un glissement des sables depuis la crête de dune se produit, provoquant un recul de l'ensemble du profil (Figure 10).

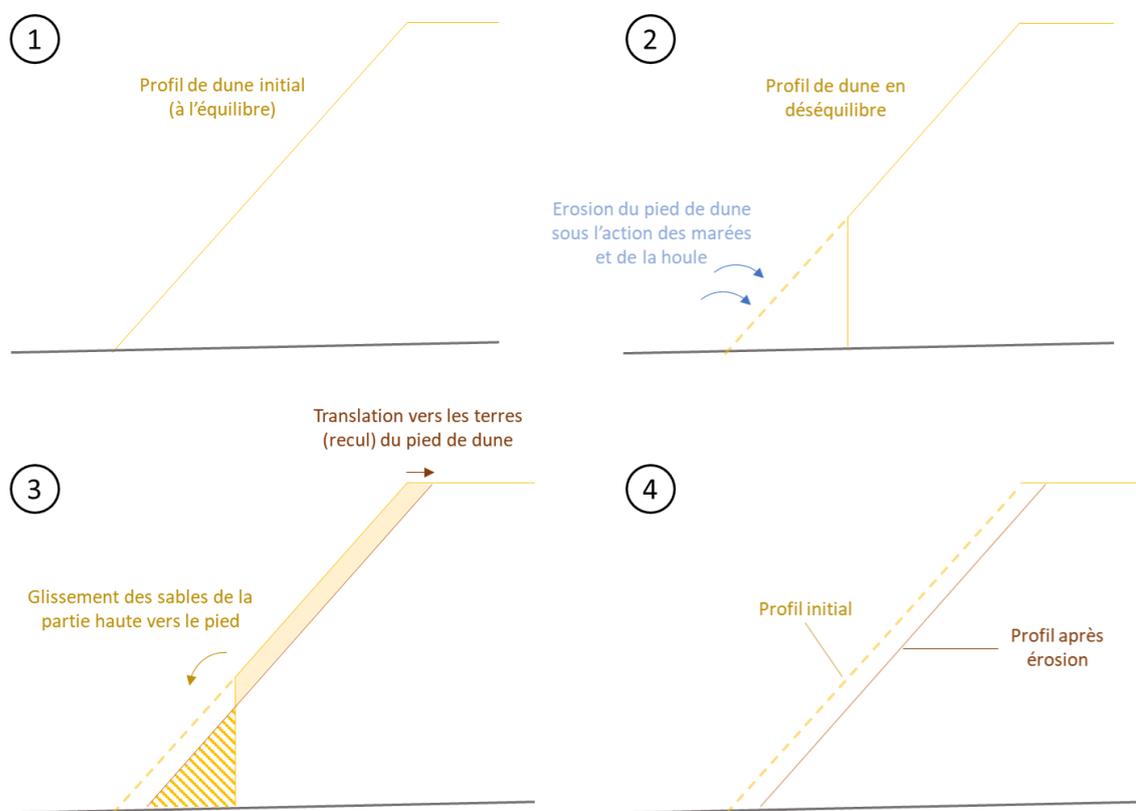


Figure 10. Schéma illustrant le recul de la dune dans le secteur d'étude.

In fine, lorsque le pied de dune est érodé en situation actuelle, un « apport naturel » de sable se fait suite au glissement des sables engendré sous l'effet du rééquilibrage de la pente de la dune.

Malgré ces apports naturels réguliers, la dune montre des taux d'érosion importants et continue de reculer au fil des années. En outre, aucun rehaussement de la plage n'est observé d'année en année. Cette analyse pourrait laisser supposer que ces sables sont rapidement repris par les marées. Les raisons potentielles à ces départs sableux peuvent être les suivantes :

- Une granulométrie très faible ne permettant pas aux sables de se maintenir sur place,
- Des « apports » de sables totalement secs et donc non cohésifs.

4. DIMENSIONNEMENT DES RECHARGEMENTS

Sur la base des évolutions observées de la dune dans le secteur du musoir de la Corniche et plus précisément des bilans volumétriques calculés (cf. section 3.4.2.1 p.14), CASAGEC s'est attardé à préciser les volumes de sable à apporter lors des rechargements.

Afin d'évaluer les pertes annuelles de la dune dans le secteur de la Corniche, il a dans un premier temps été question de calculer le total des pertes ayant lieu par box. Cette donnée, ramenée ensuite à une valeur annuelle, a été recherchée par niveau de dune à savoir soit compris entre 0 et 10 m CM soit supérieur à la cote 10 m CM. Les résultats de ce travail sont présentés au travers du Tableau 7.

Tableau 7. Pertes annuelles de sable par box et par niveau de dune calculées sur la base de la somme des pertes de proches en proches.

Box*	Zone < 10 m CM Pertes globales m ³ /an	Zone > 10 m CM Pertes globales m ³ /an
2	-292	-1 173
3	-566	-3 567
4	-648	-3 959
5	-974	-5 443
Total (m³)	-2 481	-14 143

*la box 6 n'a ici pas été prise en compte étant donné sa localisation très Sud

Sur la base de ces informations, l'objectif en suivant a été de quantifier les volumes jouant un rôle « réel » dans les processus érosifs. Pour cela, il a été considéré que les volumes de sables quantifiés sur la partie basse de la dune (0-10 m CM) jouaient un rôle, en totalité, vis-à-vis des reculs de la dune. Concernant les sables de la partie haute de la dune (> 10 m CM), il a été considéré que ces sables, en glissant en pied de dune sous l'effet du rééquilibrage de la pente (cf. section 3.4.2.2, p.16), pouvaient également contribuer au maintien de la dune en jouant le rôle de « rechargements naturels ». Néanmoins, ne connaissant pas exactement le pourcentage utile de ces apports naturels, plusieurs hypothèses ont été considérées et sont détaillées dans le Tableau 8.

Tableau 8. Volumes érodés au fil des années (exprimés en m³) selon l'hypothèses de pourcentage utile des sables issus de la partie haute de la dune (> 10 m CM).

Box	% utile des apports naturels		
	20%	50%	80%
2	-235	-586	-938
3	-713	-1 784	-2 854
4	-792	-1 980	-3 167
5	-1 089	-2 722	-4 355
Total (m³)	-2 829	-7 071	-11 314

Dans le cadre de l'hypothèse 1 où 20 % des apports naturels jouent un rôle vis-à-vis du recul de la dune en restant en place, cela signifie que les 80 % du volume restant sont quant à eux directement perdus. A l'inverse, en considérant que 80 % des apports naturels jouent un rôle vis-à-vis du recul de la dune, cela signifie que seuls 20 % du volume sont directement perdus.

Au regard de ces informations et en considérant 20 % d'apport naturel « utile » à partir du volume disponible de la zone haute de la dune (14 140 m³ au total), ce sont donc au total 2 830 m³ qui jouent un rôle vis-à-vis du recul de la dune. Les 11 310 m³ restant peuvent être considérés comme totalement perdus.

De la même façon, en considérant cette fois 80 % d'apport naturel à partir du volume disponible de la zone haute de la dune (14 140 m³ au total), ce sont au total 11 310 m³ qui jouent un rôle vis-à-vis du recul

de la dune. Dans ce cas de figure, les 2 830 m³ restant sont quant à eux directement perdus et n'interviennent pas dans les processus.

A partir de ces données, il a donc été possible d'estimer, selon l'hypothèse du pourcentage utile des apports naturels considérée à partir de la partie haute de la dune, le volume total de sable jouant effectivement un rôle dans les processus érosifs. Cette réflexion permet en fin de compte d'estimer les volumes de sable qu'il serait nécessaire d'apporter dans le cadre de rechargement afin de limiter les reculs observés. Les résultats de ce travail sont présentés au travers du Tableau 9.

Tableau 9. Volumes totaux de sable (tous niveaux confondus) jouant un rôle dans les processus érosifs.

Echéances	Volumes totales (m ³) selon l'hypothèse de % utile des apports naturels considérées		
	20%	50%	80%
1 an	-5 309	-9 552	-13 795
2 ans	-10 619	-19 105	-27 590
4 ans	-21 238	-38 209	-55 180
6 ans	-31 857	-57 314	-82 770
10 ans	-53 094	-95 523	-137 951

Sous l'hypothèse 1 où 20 % des apports naturels (soit 2 830 m³) jouent un rôle vis-à-vis du recul de la dune en restant en place, auxquels seraient associés les volumes de la zone inférieure à 10 m CM (soit 2 480 m³), ce sont au total 5 300 m³ de sable qui seraient mobilisés en 1 an, soit le double en 2 ans.

De la même façon, sous l'hypothèse où 80 % des apports naturels (soit 11 310 m³) jouent un rôle vis-à-vis du recul de la dune en restant en place, auxquels seraient associés les volumes de la zone inférieure à 10 m CM (soit 2 480 m³), ce sont au total 13 790 m³ de sable qui seraient mobilisés en 1 an, soit le double en 2 ans.

Au regard de notre connaissance du site, il semble peu probable que 80 % des apports issus du haut de la dune (> 10 m CM) soient réellement utiles et interviennent significativement dans les processus érosifs. Nous retenons donc à dire d'expert et sur la base de notre retour d'expérience sur des projets de rechargements similaires, que 20 % des apports naturels issus de la partie haute de la dune peuvent être considérés comme utiles. Sur cette base, ce sont donc plutôt :

- 5 300 m³ de sable qui seraient mobilisés tous les ans,
- 10 600 m³ de sable qui seraient mobilisés tous les 2 ans,
- 21 200 m³ de sable qui seraient mobilisés tous les 4 ans,
- 31 800 m³ de sable qui seraient mobilisés tous les 6 ans,
- 53 000 m³ de sable qui seraient mobilisés tous les 10 ans.

In fine, cela permet de déterminer les volumes de besoin à apporter sur le site selon la fréquence des opérations envisagées. Toutefois, et d'après notre retour d'expérience en lien avec la réalisation d'autres projets de rechargement, il est avéré que lorsqu'une dune est confortée avec des sables de rechargement (c'est-à-dire non natifs), les pertes de sable sont plus importantes que lorsque l'érosion attaque un secteur naturel. Au regard de ces résultats, les pertes peuvent être estimées comme 2 fois plus importantes lorsque la dune érodée est constituée de sable non natif.

Afin d'anticiper ce phénomène, il faudrait donc apporter, dans le cadre de rechargements de plage, **2 fois les volumes de besoin initialement estimés** pour garantir l'efficacité du rechargement ou réduire par 2 le temps d'érosion du stock sédimentaire constitué.

En considérant des rechargements tous les 2 ans, ce sont donc de l'ordre de 22 000 m³ de sables qu'il faudrait apporter sur site.

5. MISE EN ŒUVRE DES RECHARGEMENTS

5.1. PREAMBULE

Pour rappel, des rechargements en sable ont été inclus au programme de travaux afin d'éviter que :

- L'ouvrage soit contourné de façon notable, ce qui pourrait entraîner un recul de la dune et donc la perte des enjeux de 1^{ère} ligne,
- Une côte en pied d'ouvrage trop basse, pouvant déstabiliser ce dernier,

Sur la base des évolutions observées de la dune dans le secteur du musoir de la Corniche et plus précisément des bilans volumétriques calculés, CASAGEC s'est attardé dans un premier temps à préciser les volumes de sable à apporter lors des rechargements. Ces derniers ont été présentés au travers la rédaction de l'APD (CASAGEC, 2023) et sont rappelés précédemment (cf. section 4).

Par la suite, l'objectif a été d'identifier la solution la plus adaptée pour réaliser ces apports sur le site du musoir de la Corniche. Pour répondre à cette interrogation, une note spécifique sur les rechargements a été produite (CASAGEC, 2023) et a permis de comparer 3 solutions d'intervention. La solution 3 a été distinguée selon 2 variantes :

- 1- Refoulement des sables dragués par canalisation, directement au niveau de l'encoche,
- 2- Rainbowing directement au niveau de l'encoche,
- 3- A. Refoulement des sables par canalisation au niveau des plages du Pyla puis acheminement par camion vers l'encoche,
B. Rainbowing au niveau des plages du Pyla puis acheminement par camion vers l'encoche.

Afin de tenter d'éclairer les choix quant à la technique la plus optimale à mettre en œuvre dans le cadre des rechargements de la Corniche, une analyse multicritère a été réalisée.

In fine et bien qu'il soit ressorti de ce travail qu'il était très difficile de trancher sur la solution la plus adaptée, le rainbowing présente un avantage certain : le coût. En effet, dans le cas où les rechargements de la Corniche seraient mutualisés avec ceux des plages du Pyla, la drague pourrait directement être mobilisée pour les opérations sur la Corniche, n'impliquant pas de surcoût à la réalisation de ces opérations. En outre, et bien que la proximité avec la Dune du Pilat génère une crainte lors des refoulements par rainbowing, cette technique est éprouvée sur le secteur plus au Nord depuis plusieurs années maintenant et pourrait donc être à minima testée sur le secteur de la Corniche. **À la suite de cette analyse et de l'ensemble des éléments apportés, il a donc été proposé de retenir 2 solutions :**

- **Le refoulement par rainbowing directement sur le site du musoir de la Corniche,**
- **Le refoulement par rainbowing sur les plages du Pyla avec acheminement des sables par camion ensuite dans le cas où le pied de la dune serait trop sensible aux refoulements de sable.**

Pour les 2 solutions envisagées, la nécessité de mobiliser un bull sur place est envisager pour profiler les rechargements.

Le présent document a donc pour objet de préciser la mise en œuvre de chacune de ces solutions sur le site d'apport.

5.2. VOLUMES DE BESOIN

Au regard des éléments d'information précédemment apportés et en considérant des rechargements tous les 2 ans, un premier rechargement de l'ordre de 22 000 m³ est préconisé.

Par ailleurs et sur la base de la dynamique du site et de l'importance des rechargements pour le maintien de l'ouvrage de la Corniche, il semble prudent de prévoir un renouvellement de ces apports tous les deux ans. En considérant un programme de rechargement sur 10 ans, ce sont donc 110 000 m³ qui seraient apportés sur la zone.

Attention toutefois, il est important d'avoir à l'esprit que la technique du rainbowing risque de provoquer, lors des premiers apports, un lessivage des sables en place. Afin de pallier ces « pertes », il est nécessaire d'augmenter un peu les volumes de rechargement. Etant donné qu'aucun essai n'a au préalable pu être réalisé sur la zone, nous proposons d'adopter une posture prudente et de retenir un coefficient de « sur-rechargement » de 1,5. De cette façon, ce sont donc 33 000 m³ (165 000 m³ sur 10 ans) qu'il sera nécessaire d'apporter sur site.

5.3. DETAIL DU PROJET DE RECHARGEMENT

5.3.1. Site d'extraction

Les sables utilisés pour le rechargement seront prélevés sur le flanc Est du banc du Bernet, au sein de la zone d'ores et déjà autorisée pour les rechargements des plages du Pyla-sur-Mer (Figure 11).

En effet, comme le stipule l'arrêté préfectoral en date du 9 février 2016, « le SIBA est autorisé à effectuer le réensablement des plages du Pyla-sur-Mer pour la période 2016-2026, sur la commune de la Teste de Buch ». Ces rechargements, sont autorisés tous les 2 ans à hauteurs de 150 000 m³, sur la période allant du 15 octobre au 1^{er} mars (préférentiellement en février).

D'après les investigations réalisées par le SIBA en 2014, les matériaux extraits de cette zone sont des sables dont le diamètre moyen (D₅₀) est de l'ordre de 0,35 mm, avec une fraction fine (< 63 μm) comprise entre 1 et 2 %. Les résultats de ces investigations montrent en outre que l'ensemble des échantillons ont des teneurs en contaminants inférieures aux niveaux N1 pour tous les composants testés.

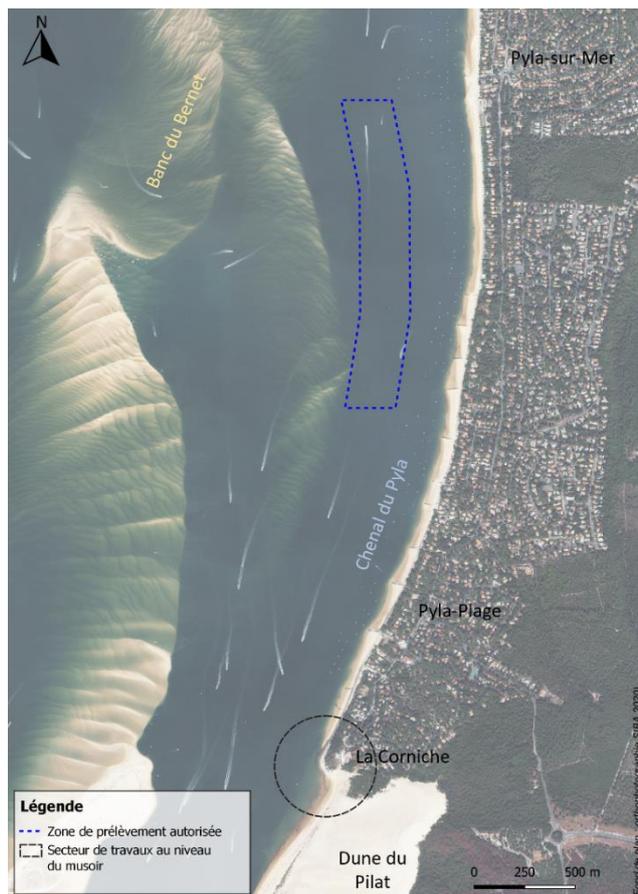


Figure 11. Localisation du site d'extraction.

Ce site d'extraction présente par ailleurs les caractéristiques suivantes :

- Profondeurs comprises entre -5 et -13 m CM,
- Distance à la zone de rechargement : inférieure à 3,5 km.

5.3.2. Méthodologie de réalisation

Comme indiqué précédemment, 2 solutions pourraient être mises en œuvre sur le site de La Corniche :

- Le refoulement par rainbowing directement sur le site du musoir de la Corniche,
- Le refoulement par rainbowing sur les plages du Pyla avec acheminement des sables par camion ensuite dans le cas où le pied de la dune serait trop sensible aux refoulements de sable.

La présente section détaille les modalités techniques relatives à ces différentes solutions.

5.3.2.1. Détails des solutions

Les opérations de rechargement envisagées seront réalisées selon les 3 grandes étapes présentées en suivant :

- Dragage hydraulique par une drague aspiratrice en marche (DAM) sur le banc du Bernet,
- Refoulement des sables de la DAM par rainbowing :
 - Soit directement sur le site de la Corniche,
 - Soit sur les plages du Pyla-sur-Mer,
- Reprofilage des sables par des engins terrestres :
 - Envisagé lors d'un refoulement directement sur site. Les premiers rechargements pourraient démontrer la non-nécessité de ce reprofilage,
 - Dans tous les cas lors d'un acheminement des sables depuis les plages du Pyla-sur-Mer.

a) Dragage

Afin de procéder aux extractions de sable, la drague aspiratrice en marche (DAM) utilisée pour les rechargements des plages du Pyla-sur-Mer, pourra être mobilisée. Il pourra ainsi s'agir de la drague « Côte de Bretagne » dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Capacité en puits : entre 1 270 m³,
- Tirant d'eau à vide : 3,8 m,
- Tirant d'eau à pleine charge : 4,4 m,
- Vitesse de déplacement à vide : 10,5 nœuds,
- Vitesse de déplacement à pleine charge : 9 nœuds,
- Profondeur maximale de dragage : 30 m environ.

Le principe du dragage hydraulique est l'aspiration du matériau sableux avec de l'eau (mixture). La mixture sable-eau est aspirée au travers d'une élinde et remplit le puits de la drague (Figure 12). L'élinde traînante permet de retirer le sable des fonds et de l'amener dans la trémie de la drague. Des opérations de surverse *in situ* permettront à la fois d'optimiser les quantités de sables transportées et d'évacuer les sédiments les plus fins.

La puissance de refoulement sera adaptée aux besoins, en fonction de la granulométrie du sable et du linéaire de refoulement.

Le gisement, avec des profondeurs comprises entre environ -5,0 et -13,0 m CM, sera accessible tout au long de la marée. Finalement, les principales contraintes techniques liées à l'utilisation d'une DAM

résident dans la cote des fonds sur le site de dragage ainsi que dans les conditions d'agitation (déferlement de la houle).

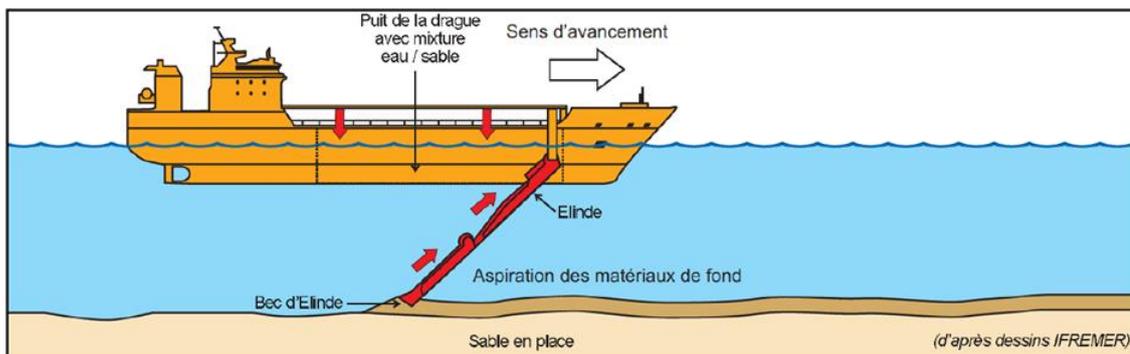


Figure 12 : Schéma de principe du dragage par une drague aspiratrice en marche (source : IFREMER).

b) Refoulement sur la plage

Principe

Une fois le dragage terminé, la drague se déplace sur le lieu de dépôt pour projeter les sables directement depuis la drague, c'est la technique dite du « rainbowing ».



Figure 13. Drague aspiratrice « Côte de Bretagne » réensablant les plages du Pyla-sur-Mer (© Crédit photo : Sabine Menet, Sud-Ouest).

Lors de conditions clémentes, la drague peut travailler 24h/24 et 7j/7 (sauf arrêts météo, pannes, ravitaillement).

Site de refoulement

Selon les conditions météo-marines, la sensibilité du pied de la dune du Pilat aux refoulements de sable ou autre, les sables seront soit :

1. Directement refoulés sur le site de la Corniche,
2. Refoulés sur les plages du Pyla (acheminement par camion ensuite sur la Corniche).

La Figure 14 schématise les 2 possibilités pouvant être mises en place.

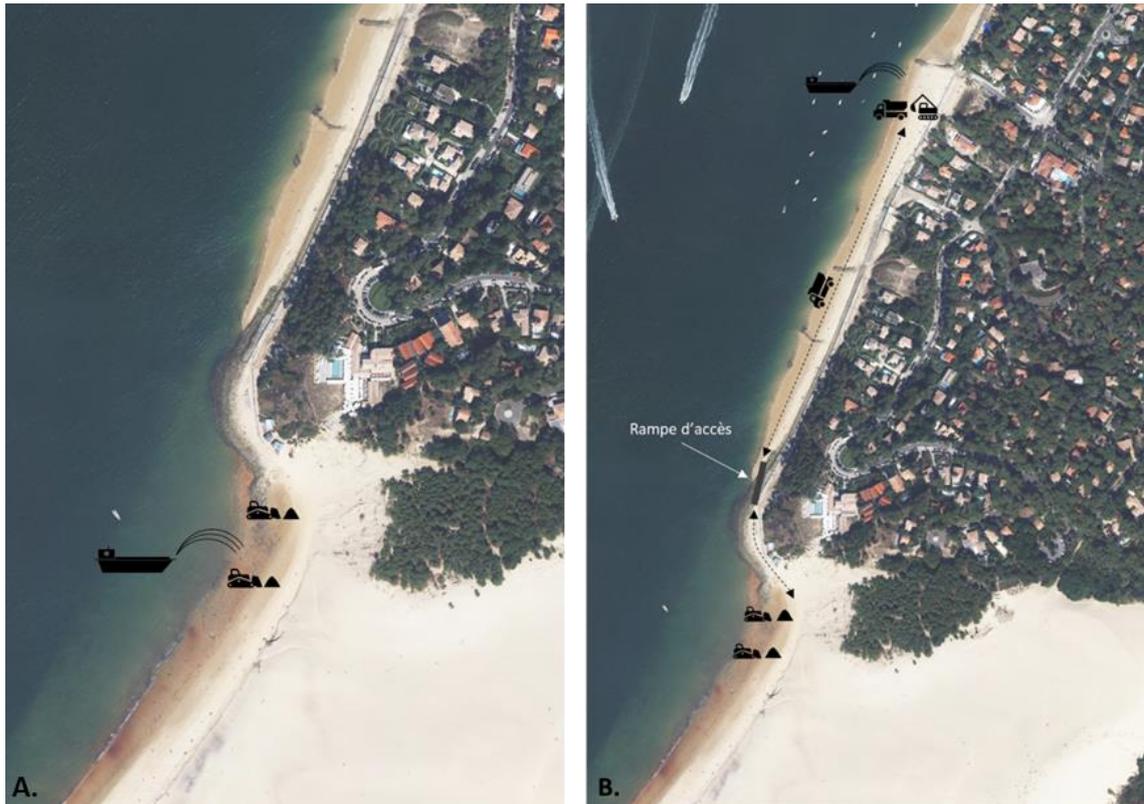


Figure 14. Schéma de mise en œuvre des opérations selon la configuration 1 (A) ou 2 (B).

Quel que soit le site de refoulement, le rainbowing implique entre autres que :

- La drague puisse venir s'approcher suffisamment près de la plage. La distance d'approche sera définie par le capitaine de la drague sur la base de sa connaissance du site et des cotes bathymétriques disponibles au moment des opérations,
- Les conditions de courants et de houle résiduelle soient suffisamment modérées pour permettre à la drague de rester en position de refoulement stationnaire.

1- Cas d'un refoulement directement sur le site de la Corniche

Dans le cas où les sables seraient refoulés directement sur le site de la Corniche, il sera nécessaire de :

- Restreindre l'emprise des opérations de rainbowing au strict nécessaire afin limiter les éventuels impacts négatifs sur le Grand Site de la Dune du Pilat (Figure 15), zonage au sein duquel se dérouleront les opérations.
- Laisser des temps d'attentes de façon à stabiliser les premiers apports et permettre l'ajout de nouveaux sur le dessus.

Les rechargements sur le site de la Corniche seront donc réalisés simultanément aux rechargements des plages du Pyla-sur-Mer. Lors de ces opérations, les différentes plages du Pyla sont assimilées à des « casiers », rechargés par la drague selon un roulement préalablement définis. A ce titre, l'encoche du musoir de la Corniche sera définie comme un nouveau « casier », intégré au roulement d'ores et déjà instauré.

- Prévoir l'utilisation d'un bull à terre pour reprendre les sables et façonner les profils de rechargement souhaités afin de conforter la dune et non de simplement élargir la plage. Le bull sera utilisé uniquement dans le cas où un refoulement par rainbowing seul ne permettrait pas de suffisamment monter les sables en hauteur et atteindre le profil souhaité.



Figure 15. Localisation du Grand Site de la Dune du Pilat par rapport au projet.

2- Cas d'un refoulement sur les plages du Pyla

Dans le cas où les sables seraient refoulés sur les plages du Pyla-sur-Mer, la méthodologie sera la même que celle mise en œuvre lors du rechargement de ces plages.

Dès lors que les apports seront stabilisés au niveau des plages du Pyla, les sables seront repris par des pelles et acheminés par camions dans l'encoche. Ces derniers transiteront d'abord par la plage où ils passeront les épis par des rampes de sables préalablement constituées, puis rejoindront le dessus de l'ouvrage au moyen d'une rampe d'accès (utilisée aussi pour l'apport des matériaux pour la reprise de l'ouvrage).

Une fois sur place, les sables seront repris par des pelles et bulldozers de manière à venir façonner le cordon dunaire selon les profils souhaités.

c) Accès au site de rechargement

Afin de permettre aux engins de chantier de rejoindre le site de rechargements (bull pour reprofilage et/ou camion pour les apports), la création d'une rampe d'accès sur l'ouvrage est nécessaire. Cette rampe a été étudiée dans le cadre des travaux de reprise des enrochements au niveau de l'extrémité de l'ouvrage de protection (Rapport PRO ANTEA, 2023).

Dans le cadre des rechargements, il a été considéré de manière prudente qu'une rampe d'accès devrait être recréée en amont de chacune de ces opérations, soit tous les deux ans. A ce titre, des coûts d'aménagement/démontage ont été pris en compte à chaque fois.

Dans le cas d'un rainbowing sur site pour lequel peu d'engins seront nécessaires, les entreprises pourraient envisager de les acheminer par voie maritime.

d) Profil de rechargement

Les rechargements ont été dessinés sur la base d'un volume d'apport initial de 22 000 m³ avec un élargissement constant de la dune sur l'ensemble du linéaire à recharger (≈ 120 ml).

Afin d'assurer une tenue la plus optimale possible des sables et de limiter l'emprise des rechargements sur la plage, il a été préféré d'augmenter les apports sur la hauteur. En effet, plus les rechargements descendent bas sur la plage et plus le risque de reprise des sables par les marées successives est grand.

Les caractéristiques des rechargements sont donc les suivantes :

- Configuration en « escalier », 2 paliers :
 - Premier palier à 7 m CM permettant un accès à la plage depuis le dessus de l'ouvrage,
 - Second palier (crête) à 10 m CM constituant le stock principal des apports assurant le confortement de la dune,
- Pentes : 2,5H/1V,
- Largeur en crête : variable (au maximum de l'ordre de 25 m).

La vue en plan et coupes types associées à ces rechargements sont présentées en page suivante.

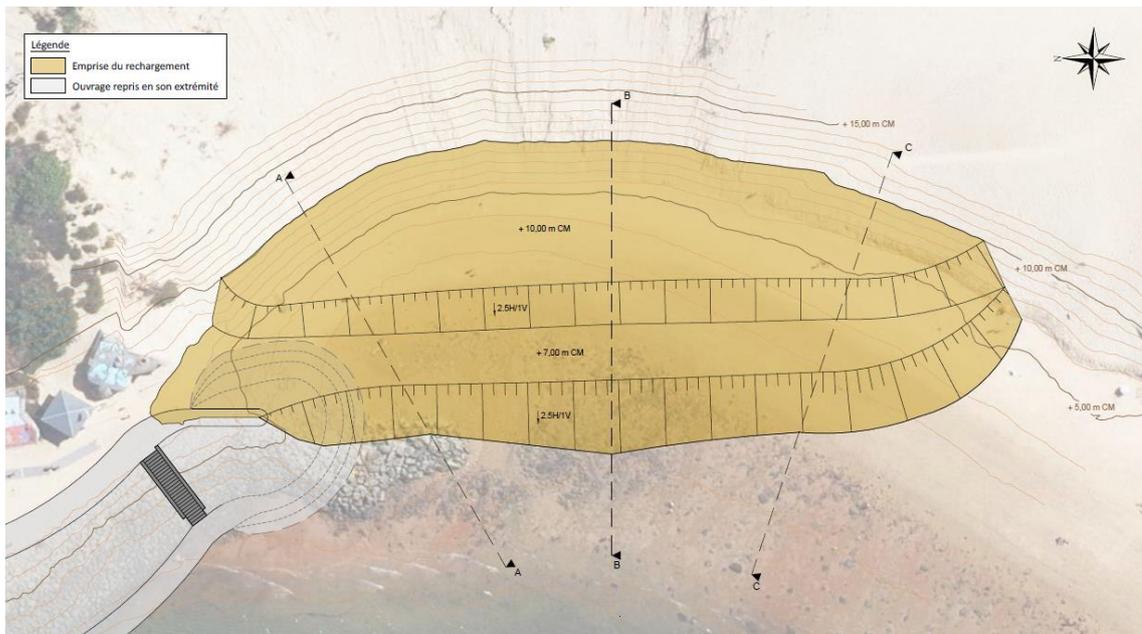


Figure 16. Vue en plan du projet de rechargement.

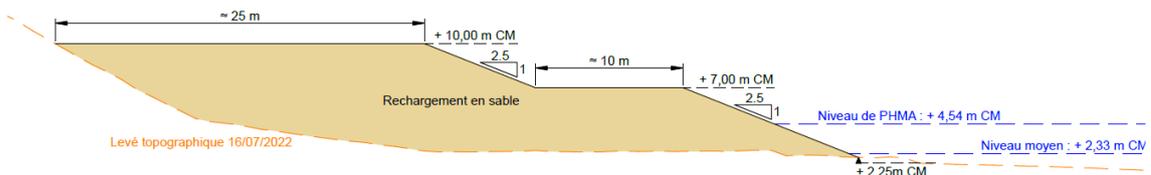


Figure 17. Coupe type BB du projet de rechargement.

5.3.3. Délais de réalisation

Les délais de réalisation des travaux par « rainbowing » sont conditionnés par :

- La période d'installation de chantier,
- Les cadences de dragage et de refoulement sur les plages :
 - Le cycle de dragage pour une drague type de l'ordre de 1 000 m³ en puits (matériel similaire à celui utilisé pour les plages pilataises) est estimé entre 3h et 3h30 selon le site de refoulement. Il se décompose comme suit :
 - Temps de navigation (A/R) : de l'ordre de 20 min pour un refoulement sur les plages du Pyla, plutôt de 40 min pour un trajet jusqu'à la Corniche,
 - Mise en position de rainbowing : 15 min,
 - Dragage, remplissage, surverse et manœuvres : 60 min,
 - Refoulement : 80 min,
 - Un coefficient d'opérabilité est pris à 0,75 de manière à prendre en compte les arrêts météorologiques ainsi qu'un coefficient d'aléa techniques afin de prendre en compte tout autre incident mécanique.

Le temps de dragage et de refoulement est estimé, pour un travail 24h/24 avec un rendement de 300 m³/h, à environ 7 jours pour un volume de 33 000 m³. **Ce temps de travail reste toutefois théorique étant donné que les opérations seront mutualisées avec les rechargements des plages du Pyla-sur-Mer et qu'un roulement entre les différents casiers sera mis en place.**

En plus des délais de dragage/refoulement, un temps supplémentaire doit être considéré pour l'acheminement et/ou reprofilage des sables. Dans le cas où les refoulement auront été réalisés directement sur le site de la Corniche, un bull sera acheminé sur site pour façonner les sables (si besoin). **Ces opérations, réalisées dès lors que les sables seront suffisamment stabilisés pour être repris, devraient pouvoir être réalisées en parallèle des refoulement et ne devraient donc nécessiter que quelques jours de travail supplémentaires.**

A contrario, dans le cas où les sables auront été refoulés sur les plages du Pyla, un délai d'acheminement des sables sur la Corniche devra être pris en compte. Sur la base des hypothèses suivantes :

- 3 tombereaux mobilisés,
- Temps de travail : seulement 6 h/j (conditionné par la marée),
- Distance entre le site refoulement/rechargement : 1 km,

Une 20^{aine} de jours seront nécessaires pour transférer les sables du site de refoulement jusqu'à l'encoche de la Corniche.

5.4. COUTS

5.4.1. Réflexion concernant les coûts sur 10 ans

Comme évoqué précédemment dans le rapport, il est envisagé pour les 2 solutions (refoulement sur le site ou sur les plages du Pyla) qu'un engin puisse accéder au site pour réaliser le reprofilage/régalage du sable. Dans le cas d'un refoulement sur les plages du Pyla, les tombereaux devront également accéder au site pour acheminer le sable.

Ainsi, dans le cadre d'une seule opération, la réalisation d'une rampe temporaire, qui doit être démontée après travaux, pourrait être envisagée. Toutefois, les études de définition de ces rechargements ont démontré la nécessité de les réaliser avec une périodicité de 2 ans. Ainsi, les frais associés à ces montages/démontages réalisés sur plusieurs campagnes font exploser les coûts des rechargements.

Ainsi, les solutions suivantes sont proposées pour réaliser le chiffrage des rechargements sur une période de 10 ans :

- Pour le refoulement directement sur site : l'engin sera mobilisé et démobilisé par barge depuis le bassin pour un coût de l'ordre de 50 000 € HT par opération ;
- Pour le refoulement sur les plages du Pyla : une rampe pérenne sera réalisée pour un coût estimé à 400 000 €. Le choix de la solution consistant à réaliser le refoulement sur les plages du Pyla dépendra de l'impossibilité de réaliser les refoulements directement sur le site de la Corniche. Ainsi, hors choix arbitraire de réaliser une rampe pérenne dès la phase de travaux sur les enrochements, la décision de réaliser cette rampe n'interviendra que dans un second temps. De ce fait, l'intégralité de ce coût sera appliquée à la solution de refoulement sur les plages du Pyla. Toutefois, ne pouvant présager à 100 % des dispositions à venir, la solution montage / démontage sur les 10 premières années est également chiffrée pour alimenter les dossiers réglementaires.

5.4.2. Refoulement directement sur site

Les coûts associés à la mise en place de cette solution sont présentés au travers du Tableau 10 pour une opération et Tableau 11 pour 10 ans d'intervention.

Tableau 10. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement directement sur site (1 opération)

Désignation	Unité	Qté	PU € HT	Prix € HT
Mob DAM	u	1,00	40 000,00	*
Dragage **	m ³	33 000,00	2,00	66 000,00
Barge	u	1,00	50 000,00	50 000,00
Régalage	m ³	22 000,00	2,00	44 000,00
Total 1				160 000,00
Aléas 20 %				32 000,00
Total 2				192 000,00

* Coût de mobilisation nul car mutualisation avec les rechargements du Pyla / **Coût de dragage définis sur la base des coûts pratiqués pour le rechargement des plages du Pyla

Tableau 11. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement directement sur site (10ans)

Désignation	Unité	Qté	PU € HT	Prix € HT
Mob DAM	u	5,00	40 000,00	*
Dragage **	m ³	165 000,00	2,00	330 000,00
Barge	u	5,00	50 000,00	250 000,00
Régilage	m ³	110 000,00	2,00	220 000,00
Total 1				800 000,00
Aléas 20 %				160 000,00
Total 2				960 000,00

* Coût de mobilisation nul car mutualisation avec les rechargements du Pyla / **Coût de dragage définis sur la base des coûts pratiqués pour le rechargement des plages du Pyla

Pour information, le coût d'un refoulement direct sur site ne nécessitant pas de régilage serait de l'ordre de 80 000 € HT pour une opération et de 400 000 € HT pour une période de 10 ans.

5.4.3. Refoulement sur les plages du Pyla puis acheminement par camion

Les coûts associés à la mise en place de cette solution sont présentés au travers du Tableau 10 pour une opération et Tableau 11 pour 10 ans d'intervention.

Tableau 12. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement directement sur site (1 opération)

Désignation	Unité	Qté	PU € HT	Prix € HT
Mobilisation DAM	u	1,00	40 000,00	*
Dragage **	m ³	33 000,00	2,00	66 000,00
Création rampe d'accès pérenne***	u	1,00	400 000,00	400 000,00
Acheminement des sables par camion	m ³	22 000,00	6,00	132 000,00
Régilage	m ³	22 000,00	3,50	77 000,00
Total 1				675 000,00
Aléas 20 %				135 000,00
Total 2				810 000,00

* Coût de mobilisation nul car mutualisation avec les rechargements du Pyla / **Coût de dragage définis sur la base des coûts pratiqués pour le rechargement des plages du Pyla / ***Coût de la rampe pérenne considéré intégralement pour la première opération (quid de la mutualisation avec les travaux du musoir)

Tableau 13. Coûts associés à la mise en œuvre de la solution refoulement sur les plages du Pyla (10ans)

Désignation	Unité	Qté	PU € HT	Prix € HT
Mobilisation DAM	u	5,00	40 000,00	*
Dragage **	m ³	165 000,00	2,00	330 000,00
Création rampe d'accès pérenne	u	1,00	400 000,00	400 000,00
Acheminement des sables par camion	m ³	110 000,00	6,00	660 000,00
Régilage	m ³	110 000,00	3,50	385 000,00
Total 1				1 775 000,00
Aléas 20 %				355 000,00
Total 2				2 130 000,00

* Coût de mobilisation nul car mutualisation avec les rechargements du Pyla / **Coût de dragage définis sur la base des coûts pratiqués pour le rechargement des plages du Pyla /

→ Dans le cas peu probable d'un montage / démontage systématique sur 10 ans d'une rampe temporaire le coût des rechargements avec un refoulement sur les plages du Pyla serait alors de : **2 550 000,00 € HT**