

ÉTUDE SUR LA PERTINENCE DE METTRE EN PLACE DES OUVRAGES DE TYPE EPIS SUR LES PLAGES DU SECTEUR DU MOULLEAU



©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2016

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	Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau
Maître d'Ouvrage	SIBA
Auteur(s)	Didier RIHOUEY / Arnaud SALLABERRY
Responsable du projet	Didier Rihouey – rihouey@casagec.fr
Rapport n°	CI-18077

SUIVI DU DOCUMENT

Rev.	Date	Description	Rédigé par	Approuvé par
00	30/04/2019	Première version remise au SIBA	DRY	FBN
01	09/07/2019	Seconde version remise au SIBA	DRY	FBN

TABLE DES MATIERES

1.	Contexte et objet de l'étude	7
1.1.	Contexte général et objet de la présente étude	7
1.2.	Objet de l'étude et organisation du document	7
2.	Description générale des conditions naturelles de la zone à l'étude	8
2.1.	Situation géographique du site d'étude	8
2.2.	Contexte hydrodynamique	9
2.2.1.	Niveau d'eau	9
2.2.2.	Agitation	9
2.2.3.	Vents et clapots	11
2.2.4.	Courants de marée	11
2.3.	Contexte morfo sédimentaire	13
2.3.1.	Formation du Bassin d'Arcachon	13
2.3.2.	Evolution des passes et prospectives	15
2.3.3.	Evolution des bancs du delta de flot	19
2.4.	Historique des travaux	21
2.5.	Usages de la plage	22
3.	Exploitation des données topo-bathymétriques disponibles	23
3.1.	Moyens et méthodes	23
3.2.	Bancs et chenaux	23
3.3.	Trait de côte et plage	26
4.	Caractérisation du fonctionnement hydrosédimentaire	29
4.1.	Présentation du modèle hydrodynamique	29
4.1.1.	Code de calcul	29
4.1.2.	Maillage et données topo-bathymétriques	29
4.2.	Résultats	30
4.3.	Etablissement d'un schéma de fonctionnement hydrosédimentaire	33
5.	Pertinence de la mise en place d'épis	34
5.1.	Ouvrages existants	34
5.2.	Objectif des épis	37
5.3.	Définition des épis	38
5.3.1.	Introduction	38
5.3.2.	Scénario n°1 : épis en enrochements	38
5.3.3.	Scénario n°2 : épis en bois	42
5.4.	Comparaison des scénarios	44

6.	Synthèse et conclusion.....	45
7.	Références Bibliographiques.....	47
8.	Annexes.....	48
8.1.	Annexe 1. Scénario n°1 : épis en enrochements	49
8.2.	Annexe 2. Scénario n°2 : épis en bois.....	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation des travaux de dragage et réensablement du secteur du Moulleau (SIBA, 2016).	7
Figure 2. Localisation du site d'étude.	8
Figure 3 : Corrélogramme H_{moy} / D_{moy} pour la bouée CANDHIS Cap-Ferret.	10
Figure 4: Houle de Nord-Ouest (Hs 2m) sur la figure de gauche et houle de Sud-Ouest (Hs 2m) pour la figure de droite.....	10
Figure 5 : Distribution de la direction des vents (%) à la station Cap-Ferret.	11
Figure 6. Courants de marée sur un cycle de marée de vive-eau.	12
Figure 7. Evolution holocène du Bassin d'Arcachon (d'après Manaud, 1971 in Cuignon, 1984).	14
Figure 8. Evolution historique du Bassin d'Arcachon du Flandrien à 1829 (d'après Bouchet, 1974).	14
Figure 9. Définitions typologiques associées à l'analyse de l'évolution des passes (d'après ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015 modifié).	15
Figure 10. Evolution des passes du Bassin d'Arcachon entre 1905 et 1991 (source : ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015 modifié).	16
Figure 11. Visualisation de la disparition de la passe « seconde empire » à partir des années 1960 par développement du banc du Pineau (source : ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015 modifié).	17
Figure 12. Situation des passes en 2015	17
Figure 13. Projections de la position estimée des passes en 2020, 2025, 2030, 2035, 2040 et 2045 sur la base des évolutions passées (source : ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015).	18
Figure 14. MNT bathymétriques des passes internes du Bassin d'Arcachon (BRGM/RP-68730-FR).	19
Figure 15. Evolution de la superficie du banc de Bernet au niveau de l'isobathe -2 m.	20
Figure 16. Evolution de la morphologie du banc de Bernet entre 1986 et 2010 au niveau de l'isobathe -2 m. ..	20
Figure 17. Rechargement de la plage des arbousiers en 2014	21
Figure 18. Usages de la plage du Moulleau.	22
Figure 19. Emprise des données bathymétriques et localisation des profils d'analyse des iso cote 0 et -1mCM.	23
Figure 20. Evolution de la côte -1mCM matérialisant la largeur des chenaux entre le banc du Moulleau et le littoral.	23
Figure 21. Carte bathymétrique du secteur du Moulleau.....	25
Figure 22. Evolution du trait de côte du secteur du Moulleau entre 1957 et 2012.	26
Figure 23. Evolution de la côte -0m CM matérialisant la largeur de l'estran du secteur du Moulleau.	27
Figure 24. Topographie de la plage au droit de la résidence Panoramic (Profil 1), au droit du parking des Arbousiers (Profils 5), au Sud de l'avenue de Montaut (Profil 11) et au Nord de la Jetée du Moulleau (profil16).	27
Figure 25. Topographie de la plage entre les Arbousiers et la jetée du Moulleau.	28
Figure 26 : Maillage du modèle numérique	29
Figure 27. Courant de marée de vive eau au niveau des 3 points d'extraction au droit du secteur d'étude.	30
Figure 28. Courant de marée (Vive Eau - Coefficient 95).	31

Figure 29. Courant de marée (Morte Eau - Coefficient 45).....	32
Figure 30. Synthèse des évolutions bathymétriques entre 2003 et 2018.	33
Figure 31. Schéma de principe de l'asymétrie des courants de marée au Nord et au Sud de la jetée du Moulleau.	33
Figure 32. Photographie du Moulleau au Sud de l'ancienne jetée avec épis bois au niveau de la villa Kypris (source : arcachon-nostalgie.com).....	34
Figure 33. Photographie des épis du Moulleau au Sud de l'ancienne jetée avec épis bois au niveau la villa Kypris (source : bassindarcachon.com).	34
Figure 34. Photographie de « la plage » du Moulleau dans les années 1950 (source : leonc.fr de Noël Courtaigne).	34
Figure 35. Photographie de l'épi au Nord du Grand-Hôtel du Moulleau dans les années 1950 (source : arcachon- nostalgie.com).....	34
Figure 36. Photographie aérienne historique du Moulleau (source : geneanet.org).	34
Figure 37. Photographie de de la construction de la jetée du Moulleau actuelle dans les années 1970 (Source : leonc.fr de Noël Courtaigne).	34
Figure 38. Localisation et caractérisation des épis pour les orthophotographies de 1952, 1968, 1980 et 2015 .	36
Figure 39. Schéma de fonctionnement hydro sédimentaire	37
Figure 40. Synthèse des évolutions bathymétriques entre 2003 et 2018.	37
Figure 41. Niveaux de sable minimums au niveau des profils de plage étudiés.	38
Figure 42. Niveaux de sable maximums au niveau des profils de plage étudiés.	38
Figure 43. Coupes types d'un épi en enrochements type A.....	41
Figure 44. Photographie d'épis en bois (source : bassindarcachon.com).....	42
Figure 45. Coupes types d'un épi en bois de type A et B	43
Figure 46. Analyse Multicritère des 2 scénarios d'aménagements étudiés.	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de la marée au Cap-Ferret (source : SHOM, 2016).....	9
Tableau 2 : Statistiques moyennes et extrêmes des hauteurs des états de mer à la bouée houlographique du Cap- Ferret.....	9
Tableau 3. Vitesses maximales des courants de marée au Moulleau.....	11
Tableau 4. Synthèse des travaux de dragage / rechargement réalisés sur le site du Moulleau depuis 2009 (source : compte rendu d'opération du SIBA).	21
Tableau 5. Vitesses maximales des courants de marée de vive eau au niveau des 3 points d'extraction au droit du secteur d'étude.	30
Tableau 6. Caractéristiques des ouvrages observés sur les orthophotographies historiques	35
Tableau 7. Caractéristiques de la solution « épis en enrochements ».....	40
Tableau 8. Coûts associés à la réalisation du scénario n°1 : épis en enrochements.....	41
Tableau 9. Caractéristiques de la solution épis en enrochements	42
Tableau 10. Coûts associés à la réalisation du scénario n°1 : épis en bois.	43

1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ÉTUDE

1.1. CONTEXTE GENERAL ET OBJET DE LA PRESENTE ETUDE

L'embouchure du Bassin d'Arcachon, et plus particulièrement sa façade Ouest, est sujette à des phénomènes d'érosion chroniques qui se traduisent par un recul progressif du trait de côte et un abaissement des plages.

Au niveau de la zone d'étude, située entre la jetée du Moulleau et la résidence le Panoramic au Nord, l'estran est quasi inexistant à marée haute. La zone du banc du Moulleau, delta de flot du Bassin d'Arcachon, est une zone très active d'un point de vue hydrosédimentaire avec des changements permanents de la configuration des fonds.

Ainsi, le SIBA met en œuvre depuis plusieurs années des campagnes annuelles de dragage/réensablement de façon à maintenir l'accessibilité à la jetée du Moulleau et à préserver les plages (exemple figure ci-contre).

Dans ce contexte, le SIBA souhaiterait étudier la pertinence de la mise en place d'épis sur le secteur dans le but de stabiliser le trait de côte et ainsi de limiter le réensablement.

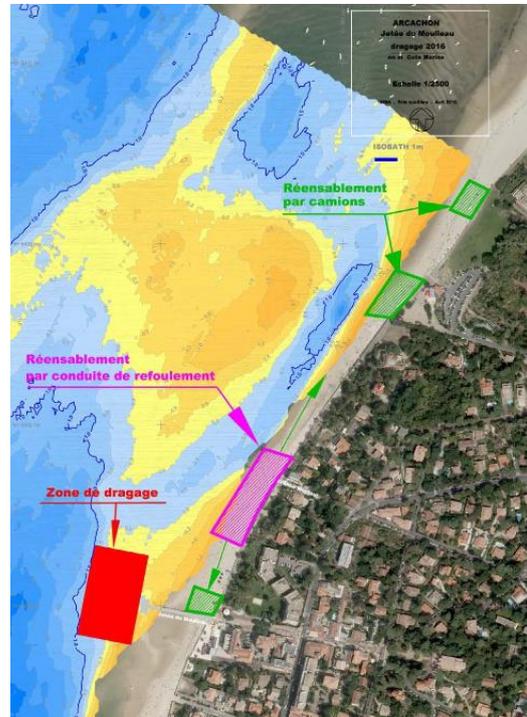


Figure 1. Localisation des travaux de dragage et réensablement du secteur du Moulleau (SIBA, 2016).

1.2. OBJET DE L'ÉTUDE ET ORGANISATION DU DOCUMENT

La présente étude a pour objectif de réaliser un état des lieux de la zone d'étude et de préconiser des mesures de gestion visant à stabiliser le trait de côte.

Ainsi, le second chapitre décrit les conditions naturelles de la zone d'étude et s'attache particulièrement au fonctionnement des passes et des bancs, et l'influence de leur dynamique sur le transit sédimentaire.

Le chapitre 3 présente l'analyse des levés topo-bathymétriques existants. Cette analyse, couplée à une modélisation hydrodynamique 2DH permet de caractériser le fonctionnement hydro sédimentaire dans le chapitre 4.

La pertinence de la mise en place d'épis sur le secteur dans le but de stabiliser le trait de côte est ensuite appréhendée dans le chapitre 5.

Des éléments de synthèse sont enfin proposés dans le chapitre 6 qui conclut le document.

2. DESCRIPTION GENERALE DES CONDITIONS NATURELLES DE LA ZONE A L'ETUDE

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE D'ETUDE

La commune d'Arcachon se situe dans le département de la Gironde, en région Nouvelle-Aquitaine. Le littoral d'Arcachon s'étend sur 7km à l'intérieur du bassin, de la pointe de l'Aiguillon jusqu'au Sud de la jetée du Mouleau. Il forme une côte curviligne avec une concavité orientée vers la mer. La zone spécifique, objet de cette étude, se localise entre la jetée du Mouleau et la résidence le Panoramic au Nord.

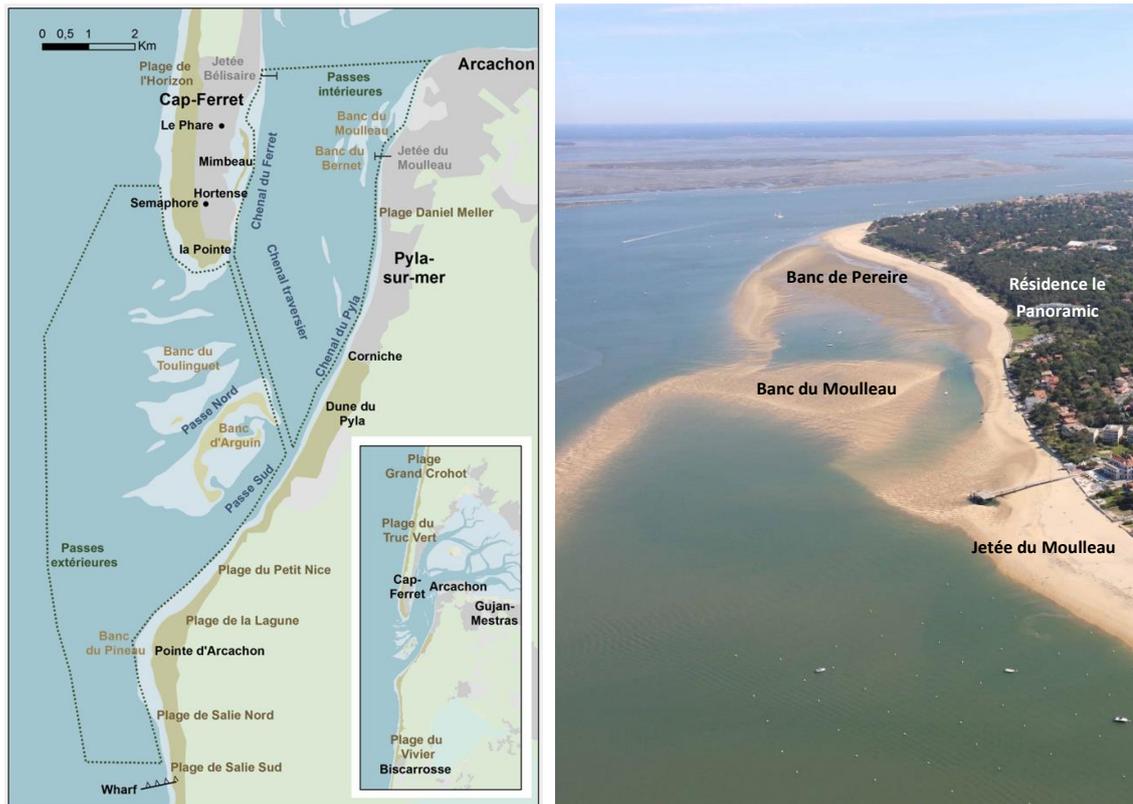


Figure 2. Localisation du site d'étude.

Le secteur se caractérise par la présence de bancs qui découvrent lors de basses-mers de vive-eau :

- Le Banc du Mouleau constitué de 2 unités : l'une à l'Est (située au droit du littoral compris entre les Abatilles et la jetée du Mouleau, avec une cote atteignant 0 à 1 m CM) et l'autre à l'Ouest jouxtant le Banc de Bernet.
- Le Banc de Pereire situé au Nord du secteur d'étude, caractérisé par des cotes pouvant atteindre 0 à +2 m CM et accolé au littoral,

Les bancs de Pereire et du Mouleau sont séparés par un chenal orienté Nord-Ouest/Sud-Est qui contourne ensuite le banc du Mouleau en longeant le littoral, puis qui s'oriente Nord-Est/Sud-Ouest pour rejoindre l'extrémité Nord du chenal du Pyla. Au droit de la pointe Est du Banc du Mouleau, ce chenal se caractérise par une fosse qui atteint -3 m CM. De part et d'autre de cette fosse, le chenal présente des fonds globalement compris entre -1 et -2 m CM et remontant entre -1 et 0 m CM, avant la jonction avec le chenal du Pyla. Dans le chenal du Pyla (au Sud) et le chenal d'Eyrac (au Nord du Banc de Pereire), les fonds dépassent rapidement -7 m CM.

2.2. CONTEXTE HYDRODYNAMIQUE

2.2.1. Niveau d'eau

La marée est de type semi-diurne de période 12h25mn. Le tableau suivant donne les valeurs caractéristiques de la marée à Arcachon (source SHOM, 2017).

Tableau 1 : Caractéristiques de la marée au Cap-Ferret (source : SHOM, 2016).

	Niveau de la marée en cotes marines (CM)	Niveau de la marée en cotes terrestres (NGF)
Plus Haute Marée Astronomique (PHMA)	+4,91 m CM	+2,93 m NGF
Pleine Mer de Vives-Eaux (PMVE)	+4,35 m CM	+2,37 m NGF
Pleine Mer de Mortes-Eaux (PMME)	+3,40 m CM	+1,42 m NGF
Niveau Moyen (NM)	+2,48 m CM	0,5 m NGF
Basse Mer de Mortes-Eaux (BMME)	+1,30 m CM	-0,68 m NGF
Basse Mer de Vives-Eaux (BMVE)	+0,45 m CM	-1,53 m NGF
Plus Basses Mers Astronomiques (PBMA)	-0,08 m CM	-1,9 m NGF

2.2.2. Agitation

2.2.2.1. Climat de houle au large

Au large, la bouée houlographique du Cap-Ferret permet d'obtenir des statistiques sur la climatologie moyenne et extrême des états de mer. La bouée est située par 54m de fond à environ 14,6 km à l'Ouest de la pointe du Cap-Ferret (longitude : 44°39,150'N ; latitude : 01°26,800W). La bouée est en service depuis le 28/08/2001. Son taux de disponibilité (temps pendant lequel elle mesure) est de 43,5% au 01/06/2015. Les statistiques des hauteurs des états de mer, qui correspondent à une durée effective de mesures de 6,67 ans au niveau de la bouée houlographique du Cap-Ferret, sont les suivantes (source : CEREMA, 2015) :

Tableau 2 : Statistiques moyennes et extrêmes des hauteurs des états de mer à la bouée houlographique du Cap-Ferret

	Climatologie moyenne		Climatologie extrême (formulation de type GPD)			
	H _{1/3} (m)	H _{max} (m)	Période de retour (an)	Intervalle de confiance inférieur à 70%	H _{1/3} (m)	Intervalle de confiance supérieur à 70%
Max	11,3 m	17,6 m	1 an	7,0 m	7,51 m	8,02 m
Q99%	5,3 m	8,8 m	10 ans	9,22 m	10,54 m	11,85 m
Q95%	3,9 m	6,4 m	30 ans	9,63 m	11,84 m	14,04 m
Q75%	2,1 m	3,5 m	-	-	-	-
Q50%	1,4 m	2,3 m	-	-	-	-
Q10%	0,5 m	0,9 m	-	-	-	-
Q1%	0,4 m	0,6 m	-	-	-	-

Les directions principales de provenance (Figure 3) sont les secteurs Nord-Ouest (315°N) à Ouest (270°N) avec environ 85% des états de mer incidents. Les états de mer les plus forts (tempêtes) ont tendance à avoir une incidence Ouest.

Enfin, des variations saisonnières importantes sont observées avec un climat de houle hivernal plus fort que le climat estival : 50 % des hauteurs significatives supérieures à 2m ont lieu pendant l'hiver pour seulement 15 % en été.

Hm0 (m)	DirMoy (degrés)																																			
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	Total										
1	1.38	0.99	0.49	0.31	0.36	0.25	0.11	0.11	0.11	0.11	0.16	0.12	0.10	0.14	0.32	0.43	0.99	2.40	29.61	83.79	70.52	16.80	7.37	3.88	220.85											
2	1.12	0.49	0.06	0.06	0.08	0.08	0.05	0.02	0.03	0.01	0.14	0.13	0.08	0.32	0.46	0.64	1.48	4.52	63.63	211.80	99.94	13.34	5.50	3.24	407.24											
3	0.08											0.05	0.09	0.07	0.31	0.75	1.37	3.98	47.06	129.10	21.06	2.85	1.08	0.42	208.29											
4															0.04	0.15	0.73	2.73	29.86	49.51	4.47	0.83	0.25	0.05	88.63											
5															0.07	0.09	0.29	1.84	19.52	18.61	1.77	0.15			42.36											
6															0.01	0.06	0.12	0.75	9.70	7.21	0.39	0.05			16.30											
7																0.01	0.05	0.25	4.96	2.46	0.13				7.87											
8																		0.13	2.75	0.80	0.02				3.70											
9																		0.03	0.87	0.31					1.21											
10																		0.05	0.36	0.11					0.53											
11																		0.01	0.35	0.03					0.39											
12																		0.00	0.07	0.02					0.10											
13																			0.05	0.01					0.06											
14																			0.04						0.04											
15																			0.01						0.01											
Total	2.58	1.48	0.55	0.38	0.44	0.33	0.16	0.13	0.14	0.12	0.30	0.30	0.28	0.54	1.22	2.15	5.03	16.70	206.87	503.77	198.30	34.02	14.19	7.59												

Les valeurs du tableau sont exprimées en "pour mille (‰)" - Les valeurs 0.00 ‰ correspondent à des fréquences comprises entre 0 ‰ et 0.01 ‰ - Les cases vides correspondent à des fréquences nulles.

Code des couleurs
 >= 10 ‰ >= 30 ‰ >= 50 ‰

Figure 3 : Corrélogramme H_{moy} / D_{moy} pour la bouée CANDHIS Cap-Ferret.

2.2.2.2. Agitation dans le Bassin

Les épures de réfraction entre le large et la côte ont été réalisées sur des cas d'états de mer représentatifs du large. Deux simulations de propagation de la houle ont été effectuées avec le modèle numérique : houle de Nord-Ouest (325°N) et de Sud-Ouest (240°N) de hauteur significative 2m.

Les résultats des simulations montrent que les hauteurs résiduelles au droit du Moulleau dépendent des directions de provenance de la houle :

- Les houles de secteur Nord-Ouest sont fortement atténuées et atteignent la jetée du Moulleau avec des hauteurs significatives résiduelles à pleine mer de l'ordre de 0,3 m.
- Les houles de secteur Sud-Ouest peuvent se propager par la passe Nord et au-dessus du banc du Toulinguet. Elles atteignent la jetée du Moulleau avec des hauteurs significatives résiduelles à pleine mer de l'ordre de 0,5 m à 0,8 m.

Les hauteurs significatives à pleine mer au droit du site d'étude pour les deux simulations modélisées sont présentées sur les figures ci-dessous.

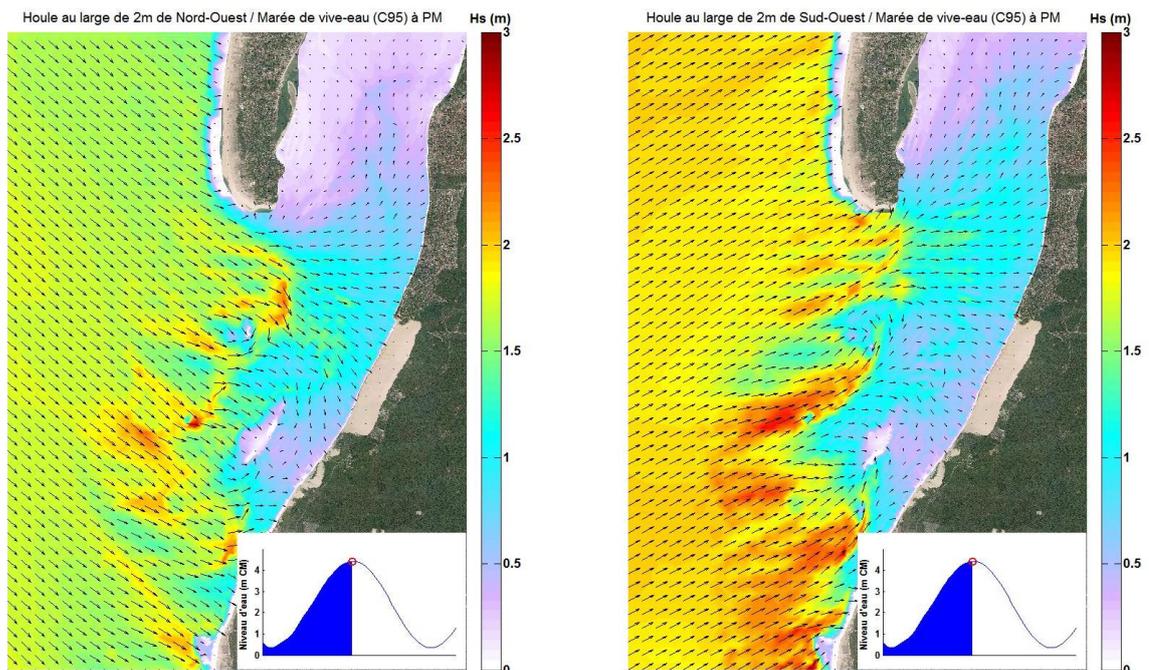


Figure 4: Houle de Nord-Ouest (Hs 2m) sur la figure de gauche et houle de Sud-Ouest (Hs 2m) pour la figure de droite.

2.2.3. Vents et clapots

Avec environ 3 km entre la jetée Bélisaire et la jetée du Moulleau, les vents disposent d'une largeur suffisante pour développer des clapots relativement importants sur des longueurs de fetch d'environ 5 km pour les provenances Nord-Ouest et Sud-Ouest.

L'analyse des données de vents disponibles au niveau de la station météorologique Météo France du Cap-Ferret permet de caractériser les climats de vents caractéristiques du Bassin (Figure 5) :

- 73% des vents ont des vitesses inférieures à 10m/s et 25% entre 10 et 20 m/s ;
- Les vents proviennent préférentiellement des secteurs Ouest à Nord-Nord-Ouest (54% des vents annuels).

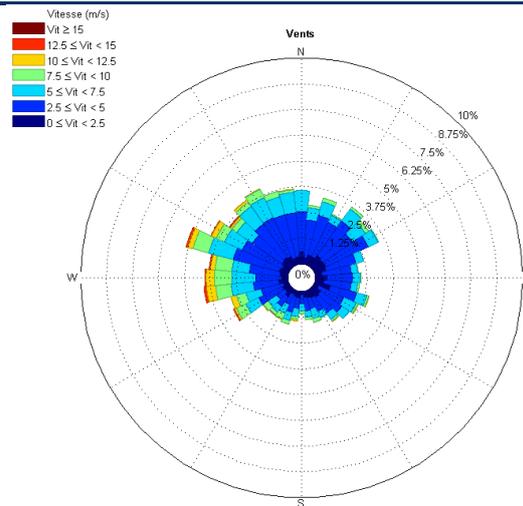


Figure 5 : Distribution de la direction des vents (%) à la station Cap-Ferret.

La formulation de SMB 1973 (Sverdrup-Munk-Bretschneider), qui fait référence pour calculer rapidement les états de mer de vents, est utilisée pour caractériser les clapots pouvant se développer au niveau des plages du Moulleau :

- Pour des vents de Nord-Ouest ou de Sud-Ouest (longueur de fetch de 5 km) de 10 m/s, des clapots de 0,4 à 0,5 m peuvent se développer en 1h10min à pleine mer.
- Pour des vents de Nord-Ouest ou de Sud-Ouest (longueur de fetch de 5 km) de 20 m/s, des clapots de 0,9 à 1 m peuvent se développer en 50 min à pleine mer.

2.2.4. Courants de marée

Les courants de marée sur la zone sont alternatifs et fortement contraints par la bathymétrie (bancs de sables et chenaux).

De direction Nord/Sud dans le chenal du Pyla, les écoulements se dispersent latéralement au niveau du Banc du Moulleau (comme un éventail) du fait de la présence de hauts-fonds et de la canalisation par les chenaux de part et d'autre de l'unité Est du Banc du Moulleau.

Les vitesses sont fortes au niveau de la Pointe Sud-Ouest et au Sud de ce banc, avec une dominance du flot sur le jusant. Les vitesses maximales observées sont données dans le tableau suivant.

Tableau 3. Vitesses maximales des courants de marée au Moulleau

	Vitesse au flot (m/s)	Vitesse au jusant (m/s)
Marée de morte-eau	0,5	0,45
Marée moyenne	0,8	0,7
Marée de vive-eau	0,9	0,75

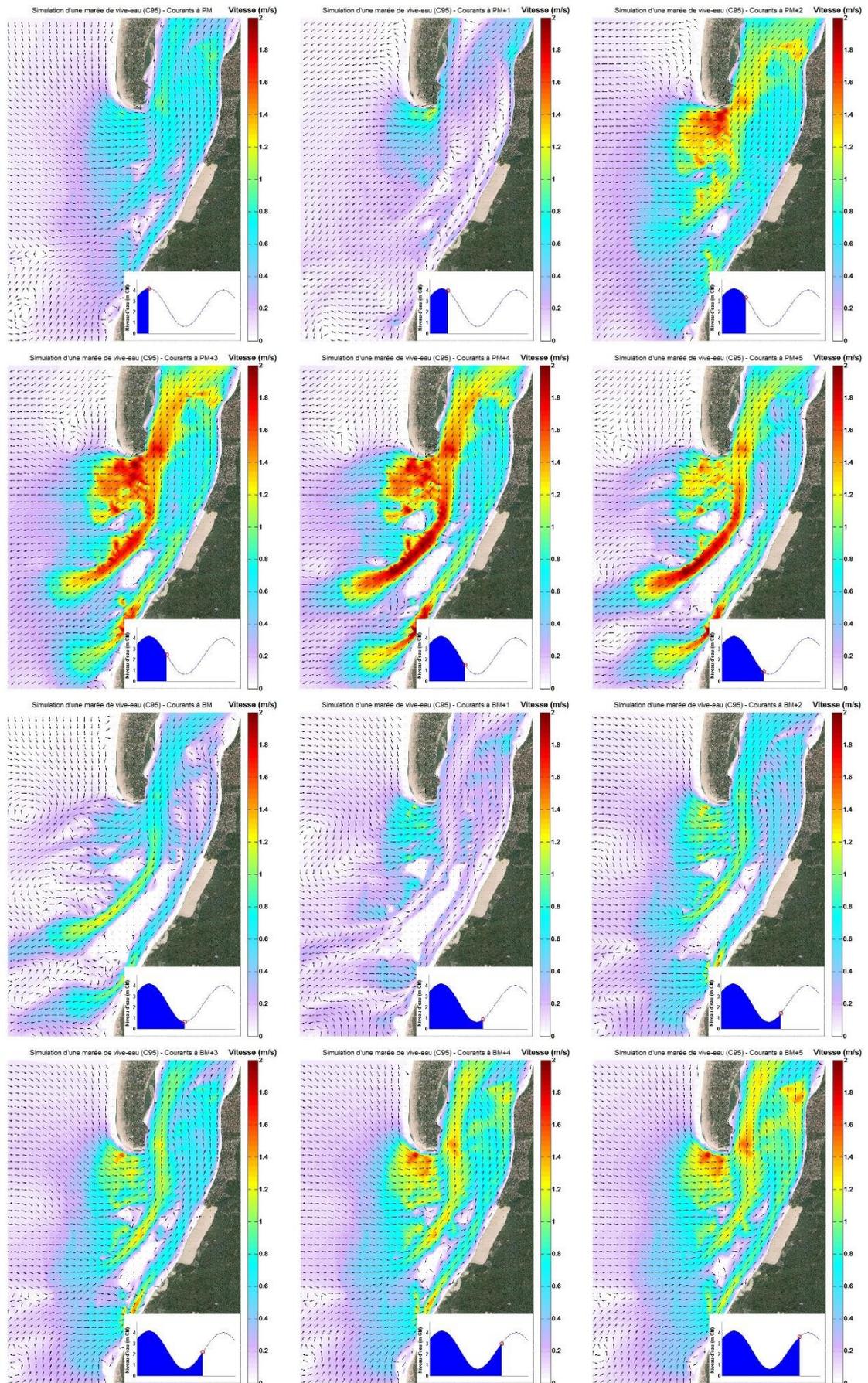


Figure 6. Courants de marée sur un cycle de marée de vive-eau.

2.3. CONTEXTE MORPHO SEDIMENTAIRE

2.3.1. Formation du Bassin d’Arcachon

L’histoire de la formation du Bassin d’Arcachon s’inscrit au cours de la transgression post-würmienne allant de 14000 ans BP à 2000 ans BP au cours de laquelle le niveau marin est remonté par phases successives de -100 m à +3,5 m par rapport au niveau actuel (jusqu’à 5000 ans BP) puis a connu un abaissement de 4 m durant les 3000 années suivantes. Les étapes majeures de son évolution sont régies par les variations séculaires à millénaires du niveau de la mer et les forçages météo-marins (flux atmosphériques, tempêtes, vagues, dérive littorale) qui induisent une variation du prisme tidal, de l’intensité de la dérive littorale et du rapport de l’intensité relative des deux processus :

- **Premier haut niveau marin (7000-6000 ans BP, Fig. 24, A) :** l’embouchure du fleuve Leyre est encombrée de bancs de sable. De gros dépôts d’alluvions se trouvent au débouché de la Leyre formant un vaste delta.
- **Premier bas niveau marin (6000-5000 ans BP) :** mise en place de la première génération de dunes éoliennes de type parabolique sur la façade océanique aquitaine et colmatage des rivières côtières déjà amorcé par les flèches et bancs sableux.
- **Second haut niveau marin (4000-3000 ans BP) :** on se situe au maximum de la transgression flandrienne avec un niveau de la mer situé à +4 m NGF. La vallée de la Leyre est envahie par la mer, les alluvions se déposent et forment un grand delta. Plus au large se développent des bancs d’avant-côte et dans les zones abritées des argiles marines se déposent (Cuignon, 1984). Les enregistrements sédimentaires du Bassin indiquent qu’à cette époque, l’estuaire de la Leyre est un environnement ouvert dominé par la marée (Allard et al., 2009).
- **Génèse du Cap Ferret autour de 2500-2000 ans BP (Fig. 24, B) :** les sables transportés par la dérive littorale contribuent à l’édification de cordons et flèches sableuses qui comblent les baies et amorcent la fermeture de l’estuaire de la Leyre. Dans les enregistrements sédimentaires, un changement majeur d’environnement est observé et daté à 2800 ans BP correspondant à la transition d’un milieu estuarien dominé par la marée à un milieu lagunaire. Ce changement est contemporain de la transition climatique subboréale/subatlantique qui est caractérisée par une intensification des tempêtes aux latitudes moyennes et à une possible baisse du prisme tidal (provoqué par un comblement des zones intertidales dans l’estuaire) (Allard et al., 2009). Il s’ensuit une intensification de la dérive littorale au regard du prisme de marée qui provoque la fermeture partielle de l’estuaire par la construction de la flèche du Cap Ferret. Cette phase est bien connue de nombreux environnements côtiers qui ont enregistré une croissance rapide de flèches sableuses à l’embouchure d’estuaires.
- **Second bas niveau marin (2000-1000 ans BP) :** mise en place d’une seconde génération de chenaux plus caractéristiques de dépôts lagunaires en milieu abrité (Allard et al., 2009).
- **Troisième haut niveau marin (de 1000 ans BP à l’actuel) :** la transgression dunkerquienne amène progressivement le niveau marin à son stade actuel. De nouveaux dépôts deltaïques se mettent en place au débouché de la Leyre à une altitude +2m NGF. La dérive littorale fait lentement migrer le cordon dunaire du Cap Ferret vers le Sud. Cette période est caractérisée par la mise en place définitive d’un environnement lagunaire avec la construction de la flèche du Cap Ferret.

Ainsi depuis 2000 ans, on assiste au comblement progressif de l’embouchure de la Leyre liée au développement de la flèche du Cap Ferret. Au Flandrien (10 000 – 3000 ans BP), l’axe de La Leyre était orienté NW-SE. Avec le développement de la flèche, l’axe d’écoulement bascule de 130° vers le sud dans son orientation actuelle SSW-NNE. L’avancée progressive de la flèche tend à fermer l’estuaire de la Leyre.

La forme de la flèche au cours de l'avancée vers le sud de la pointe, traduit une interaction entre les apports de sédiments océaniques (par la dérive littorale) et les effets du courant de jusant (influence de la marée) (IFREMER, 1997). Progressivement, l'axe d'écoulement de la Leyre a subi une rotation vers le sud (NW-SE au Flandrien vers SSW-NNE à partir de 2800 ans BP) pour suivre l'avancée de la flèche en formation et s'opposer à la fermeture de la lagune.

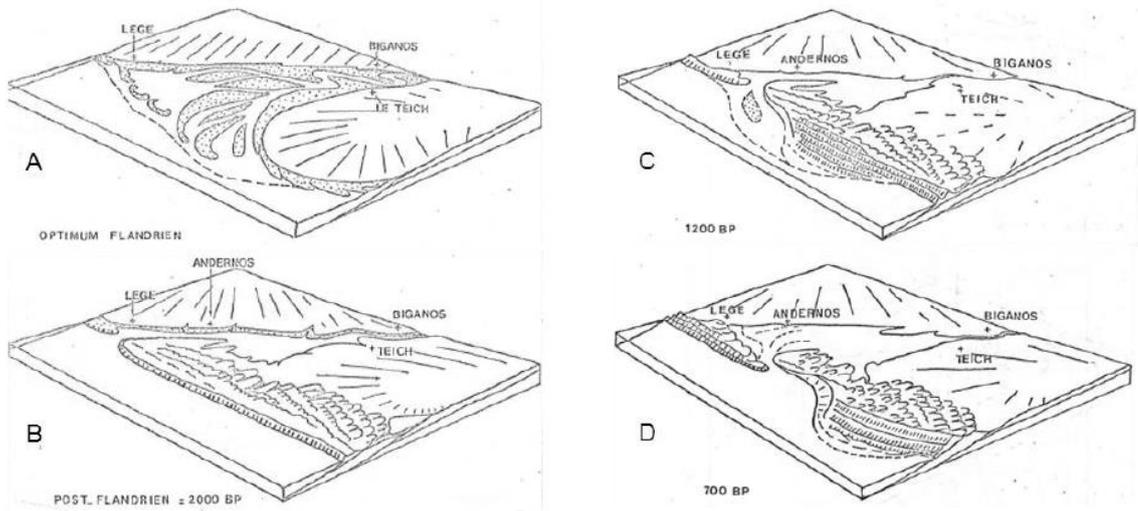


Figure 7. Evolution holocène du Bassin d'Arcachon (d'après Manaud, 1971 in Cuignou, 1984).

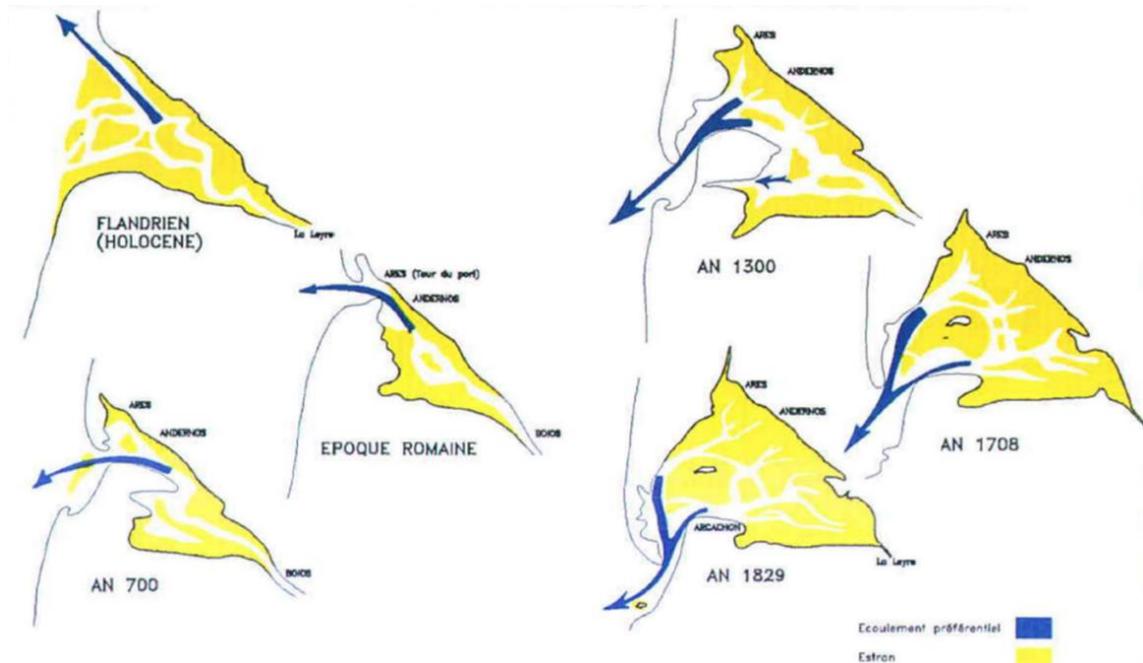


Figure 8. Evolution historique du Bassin d'Arcachon du Flandrien à 1829 (d'après Bouchet, 1974).

2.3.2. Evolution des passes et perspectives

2.3.2.1. Historique de l'évolution des passes

L'analyse de l'ensemble des cartes bathymétriques disponibles entre 1810 et 2014 a permis d'établir avec précision la dynamique évolutive des passes du Bassin d'Arcachon (Figure 9).

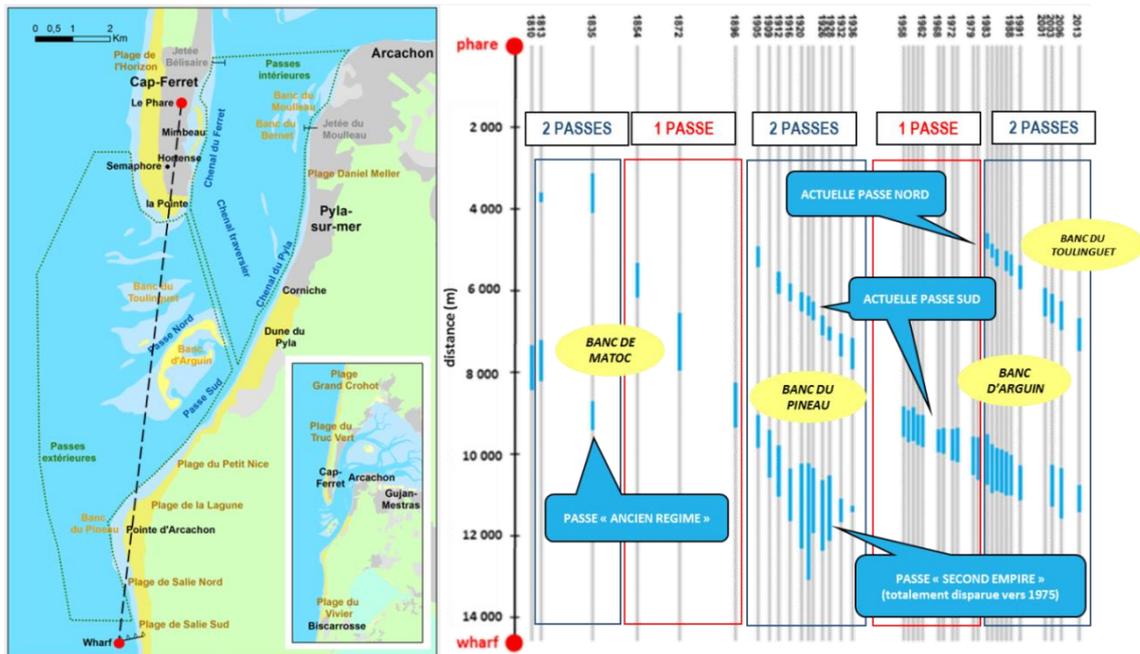


Figure 9. Définitions typologiques associées à l'analyse de l'évolution des passes (d'après ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015 modifié).

Les éléments clés à retenir sont les suivants (ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015) :

- Tous les 70 à 80 ans, une nouvelle passe prend naissance au droit de la pointe du Cap-Ferret (passe Nord). Lors de sa création, la sortie du Bassin d'Arcachon n'est alors gouvernée que par une seule passe située plus au Sud par laquelle la majorité des échanges hydrauliques entre l'extérieur et l'intérieur du bassin se fait (exemple : 1958). Les naissances des trois dernières passes sont estimées comme suit :
 - Apparition, vers les années 1830, de la passe dite « second empire » qui est aujourd'hui disparue mais dont les dernières traces sont visibles au niveau de la plage de la Lagune dans les années 1960,
 - Apparition vers les années 1900 de l'actuelle passe Sud,
 - Apparition vers les années 1980 de l'actuelle passe Nord.
- Lors des premières années de la naissance de la nouvelle passe Nord (10 à 15 ans environ), le chenal du Ferret reste connecté à la passe Sud par le chenal traversier qui sépare le delta de jusant (banc sableux inter-passes actuellement appelé « banc d'Arguin ») du delta de flot (actuellement appelé « banc du Bernet ») (exemple : 1905). Pendant cette période, la nouvelle passe Nord reste impropre à la navigation qui s'opère toujours via la passe Sud,
- La migration de la nouvelle passe se fait progressivement vers le Sud avec des vitesses comprises entre 75 m/an pour la rive Nord et 90 m/an pour la rive Sud ce qui provoque un élargissement de la passe au cours du temps et une érosion du banc sableux central inter-passes. Dans le même temps, la passe Sud perd de son rôle hydraulique dominant et voit progressivement son débouché se rétrécir, opérer une rotation anti-horaire et se rapprocher de la côte (exemple : 1936). Cette phase voit le comblement et la disparition du chenal traversier (exemple : 1936). La passe Nord devient la passe de navigation privilégiée,

- Environ 50 à 60 ans après la naissance de la nouvelle passe, cette dernière vient fusionner avec le chenal du Pyla (ou chenal de flot) pour devenir la passe unique (exemple 1958). L'extrémité de l'ancienne passe Sud, accolée au littoral, continue à se rétrécir et à progressivement se combler. Au cours de cette période, le littoral Sud de la Teste de Buch (secteur de la plage de la Lagune) bénéficie d'apports massifs de sables se raccrochant à la côte (exemple : formation du banc du Pineau 1959),
- Pendant environ les 30 années suivantes, la passe est alors dans sa phase de développement maximal : passe unique, large, drainant la majorité des flux entrants et sortants du Bassin d'Arcachon, voie de navigation unique pour entrer et sortir du Bassin. Cette phase correspond récemment aux années 1950 au milieu des années 80. L'ancienne passe disparaît quant à elle entièrement.
- L'ouverture puis la migration progressive d'une nouvelle passe au Nord marque le début du déclin de la passe avec sa rotation anti-horaire de son débouché et son accollement à la côte. Environ 50 à 80 ans après, la passe disparaît totalement au niveau de la plage de la Lagune. La durée de vie morphologique totale d'une passe est donc estimée à environ 150 ans.

Les figures suivantes permettent de visualiser :

- La fin de la passe « second empire » née vers les années 1830 et totalement disparue au milieu des années 1960,
- La naissance de l'actuelle passe Sud vers les années 1900, sa migration vers le Sud, sa prise de pouvoir après-guerre et le début de son déclin depuis le début des années 1980,
- La naissance de l'actuelle passe Nord vers les années 1980 et le début de sa migration vers le Sud.

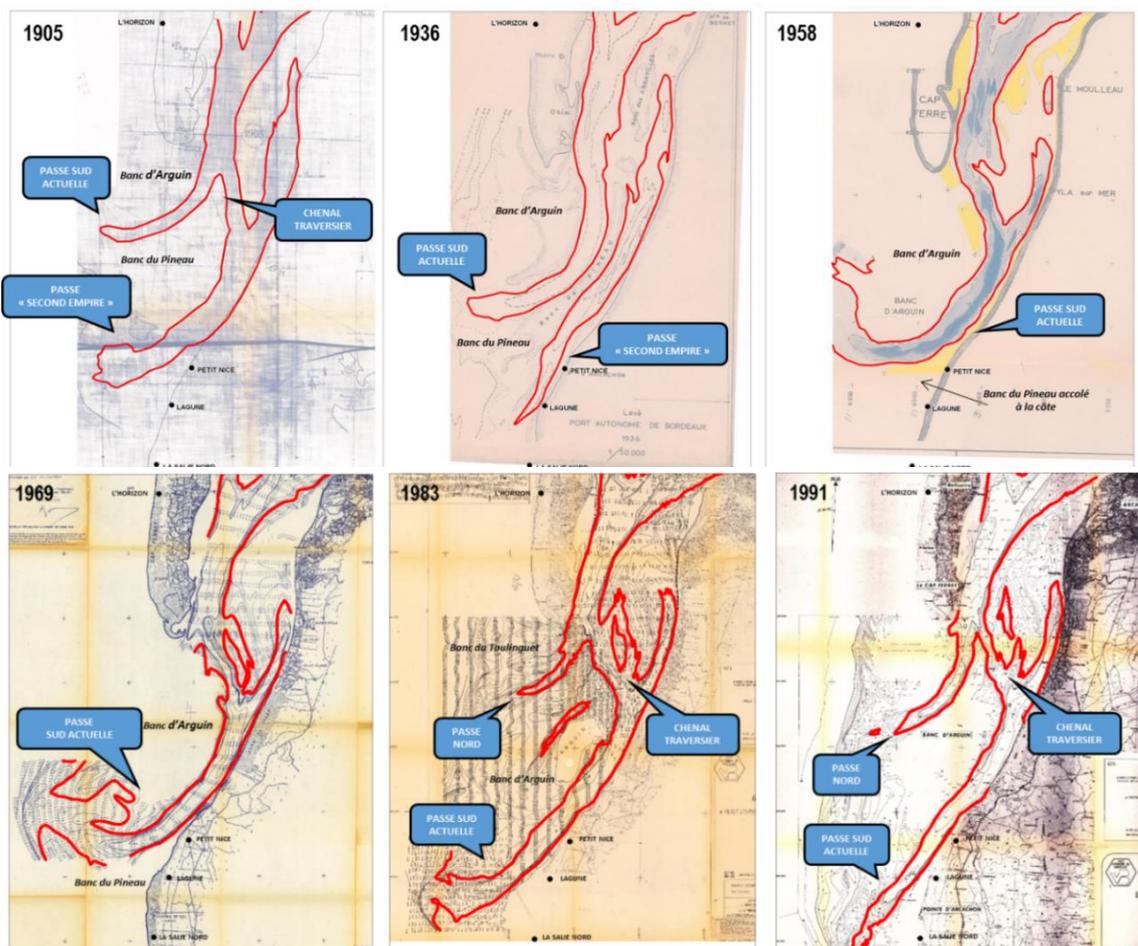


Figure 10. Evolution des passes du Bassin d'Arcachon entre 1905 et 1991 (source : ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015 modifié).

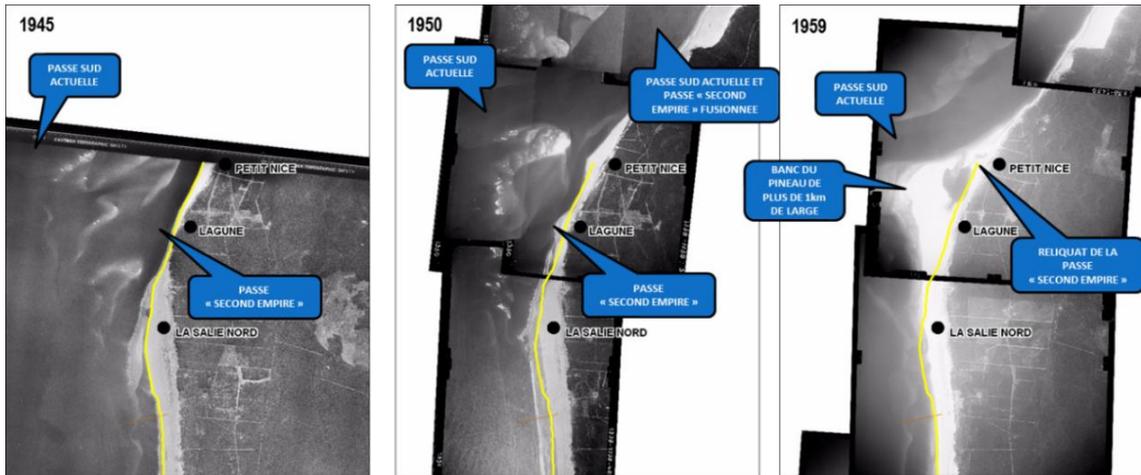


Figure 11. Visualisation de la disparition de la passe « seconde empire » à partir des années 1960 par développement du banc du Pineau (source : ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015 modifié).

La situation bathymétrique actuelle (Figure 12), comparable avec la situation observée à la fin des années 30, est caractérisée par les éléments suivants :

- Configuration à 2 passes mais avec une passe Nord comme passe unique de navigation,
- La présence du banc inter-passes de jusant (banc d'Arguin) en connexion avec le banc de flot (banc du Bernet),
- L'absence de chenal traversier,
- Le débouché de la passe Sud a engagé sa rotation anti-horaire et s'est rapproché de la côte.



Figure 12. Situation des passes en 2015

2.3.2.2. Perspectives d'évolution des passes

Des projections sur la situation à venir des passes ont pu être mises au point sur la base d'un modèle d'évolution conceptuelle issu de l'analyse des données historiques. Ces projections à +5 ans, +10 ans et +30 ans, ont été élaborées par le groupement ARTELIA/GEOTRANSFERT en grande concertation avec le comité scientifique de manière à arriver à un résultat partagé et compris par tous.

Le schéma de fonctionnement conceptuel aux horizons 2020, 2025 et 2045 pourrait ainsi être le suivant :

- **Horizon 2020 :**
 - Poursuite de la compression du banc inter-passes (banc d'Arguin) du fait de la migration de la passe nord vers le sud à des taux compris entre 60 et 100 m/an et de son élargissement progressif (la rive sud progressant plus vite que la rive nord) ; ce phénomène de compression s'accompagne d'expulsions de sédiments vers le sud de plus en plus importantes,
 - Disparition de certains parcs ostréicoles du banc d'Arguin,
 - Développement d'importants bancs sub-tidaux au large de la plage de La Lagune qui migrent vers le Sud.

■ Horizon 2025/2030 :

- Poursuite de la compression du banc inter-passes (banc d'Arguin) du fait de la migration de la passe Nord vers le Sud (taux compris entre 60 et 100 m/an),
- Disparition estimée du banc d'Arguin entre 2025 et 2030 et, de ce fait, de la quasi-totalité des parcs ostréicoles.

■ Horizon 2035/2045 :

- Jonction des 2 passes au droit de la dune du Pilat (2035) puis passage à une passe unique (2040), laquelle va continuer sa migration vers le Sud et initier la rotation de son extrémité (2045),
- Au Nord immédiat de la pointe d'Arcachon, poursuite de la formation du nouveau banc en sub-tidal ; celui-ci, pleinement développé devant les plages du Petit Nice et de La Lagune (2035), connaîtra un début de l'érosion de son flanc Nord (2040/2045) au bénéfice de son flanc Sud,
- Phase de répit à la Pointe du Ferret (frein à l'érosion, voire accrétion) avec le développement de crochons sédimentaires contribuant à rendre la plage plus large (2035/2040), puis fin de la phase de répit et retour vers une phase d'érosion de la Pointe (2045),
- Rapprochement continu de la rive Ouest du chenal du Ferret sous l'effet des courants du Teychan (-4m/an en moyenne) sur la façade occidentale du Ferret.

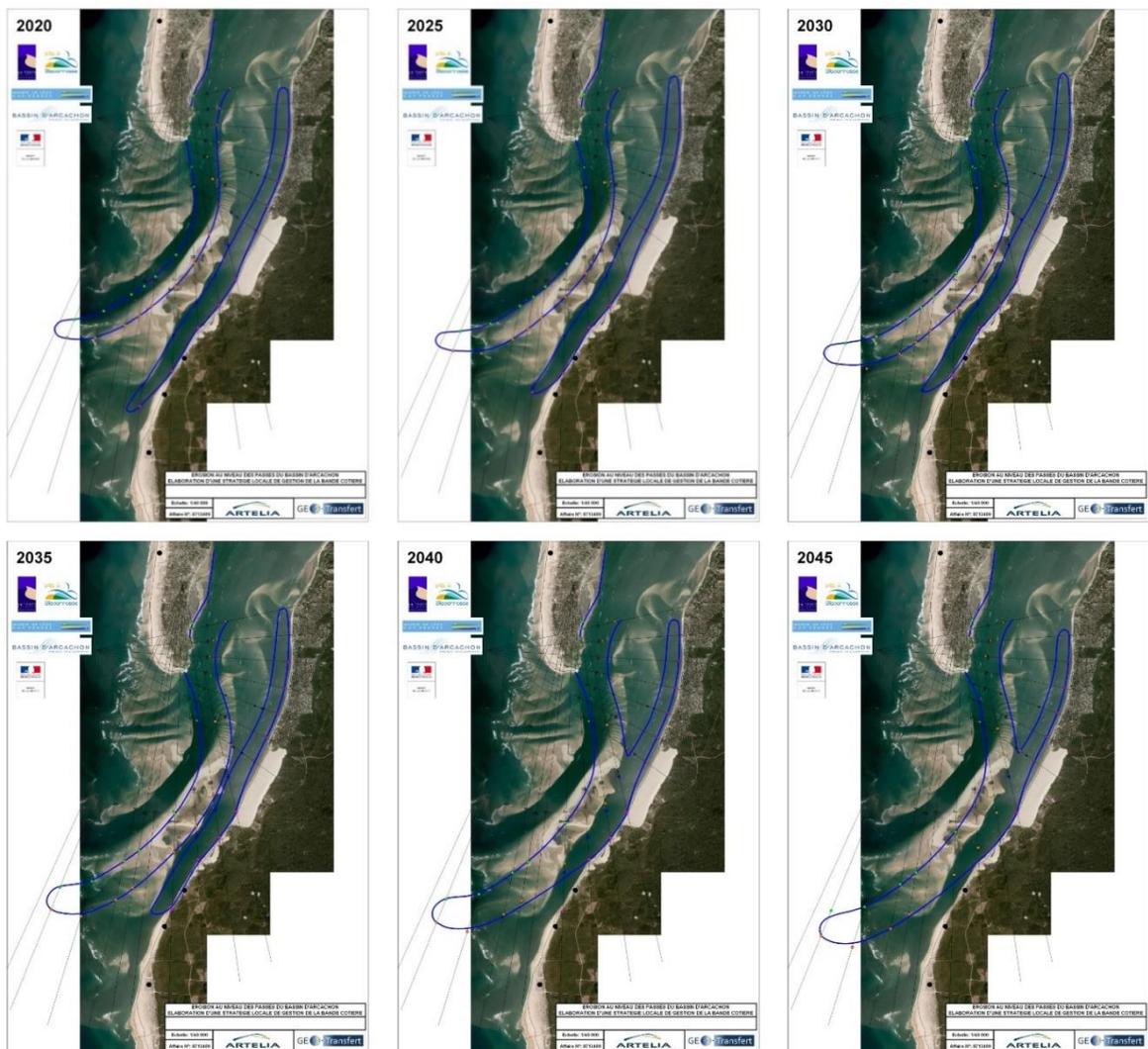


Figure 13. Projections de la position estimée des passes en 2020, 2025, 2030, 2035, 2040 et 2045 sur la base des évolutions passées (source : ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015).

2.3.3. Evolution des bancs du delta de flot

Le delta de flot est constitué des bancs accolés de Bernet et du Moulleau, qui ne découvrent pas à marée de coefficient 90 et sont moins mobile que les massifs sableux du delta de jusant (actuel Toulinguet) ou du banc inter-passe (actuel Arguin). La Figure 14 permet d'appréhender l'évolution morphologique du banc de Bernet entre 1969, 1985, 2005 et 2016.

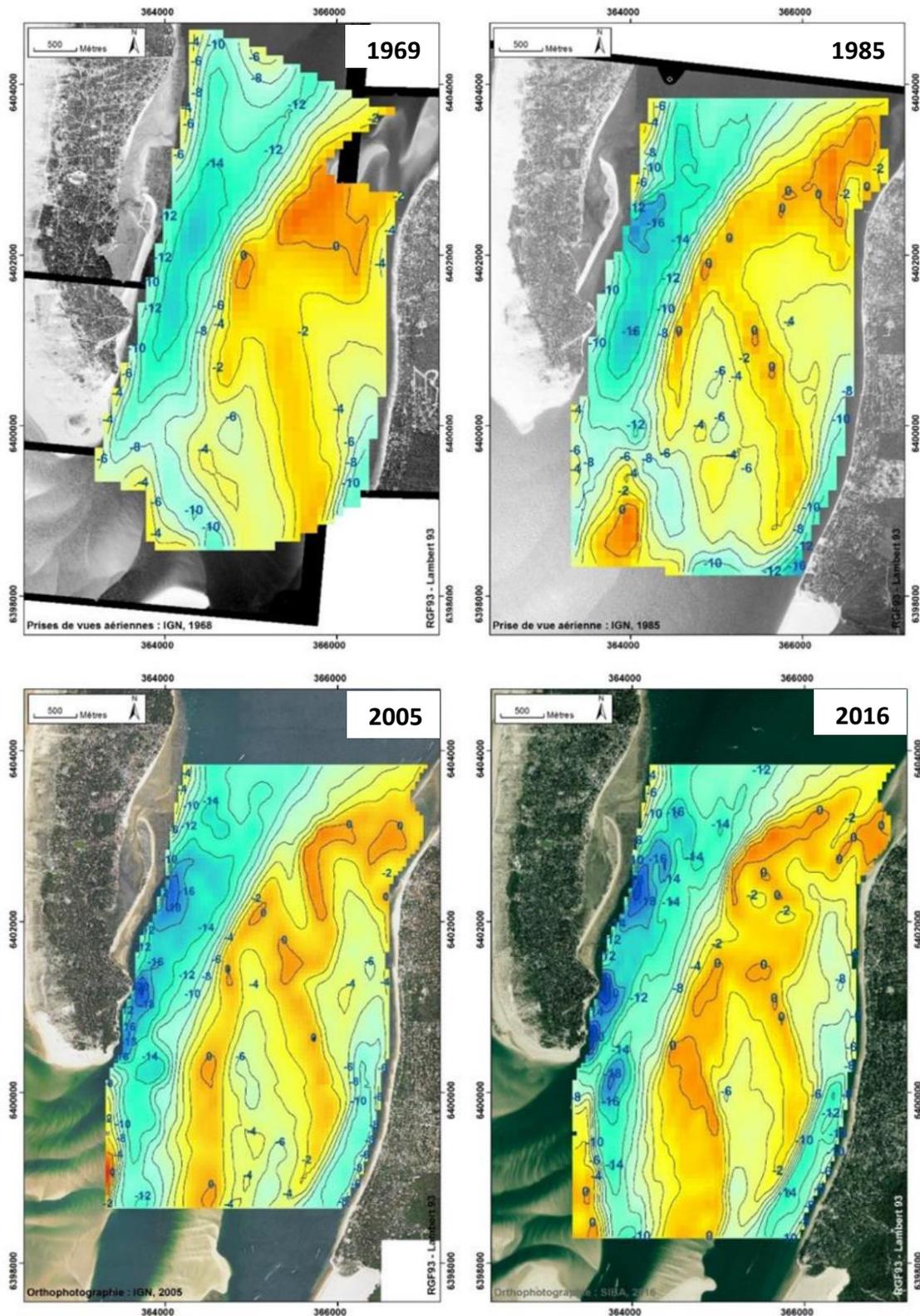


Figure 14. MNT bathymétriques des passes internes du Bassin d'Arcachon (BRGM/RP-68730-FR).

Le chenal traversier qui assure la communication entre le chenal du Ferret et la passe Sud est bien visible en 1969 et 1985. Ce chenal se ferme à partir des années 90, avec la remontée du banc d'Arguin vers le banc de Bernet. La branche méridionale Est du banc de Bernet apparaît stable et perdure pendant toute la période d'observation, sans présenter d'évolution morphologique majeure, à l'exception d'un léger amincissement. La branche méridionale Ouest se met en place progressivement depuis 1969 et atteint en 2016 une largeur (à l'isobathe 5 m) de près d'un kilomètre.

Le calcul du volume de sédiments constituant le banc de Bernet, aux différentes dates et au-dessus de l'isobathe -5 m, révèle des évolutions de quelques millions de mètres cube, avec une tendance à l'augmentation depuis 1985 (BRGM/RP-68730-FR). La superficie du delta de flot a également été analysée au niveau de l'isobathe -2m (Figure 15 et Figure 16, ARTELIA/GEOTRANSFERT, 2015).

A ce niveau particulier, la superficie du delta de flot semble diminuer entre le début des années 1990 et le début des années 2000. Puis sa superficie augmente à nouveau.

Cet accroissement peut vraisemblablement être relié à la migration vers le Nord du banc d'Arguin et la migration rapide vers le Nord des dunes hydrauliques qui forment l'extrémité Nord du banc d'Arguin.

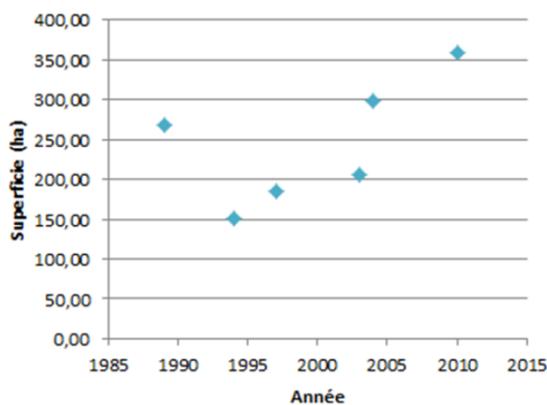


Figure 15. Evolution de la superficie du banc de Bernet au niveau de l'isobathe -2 m.

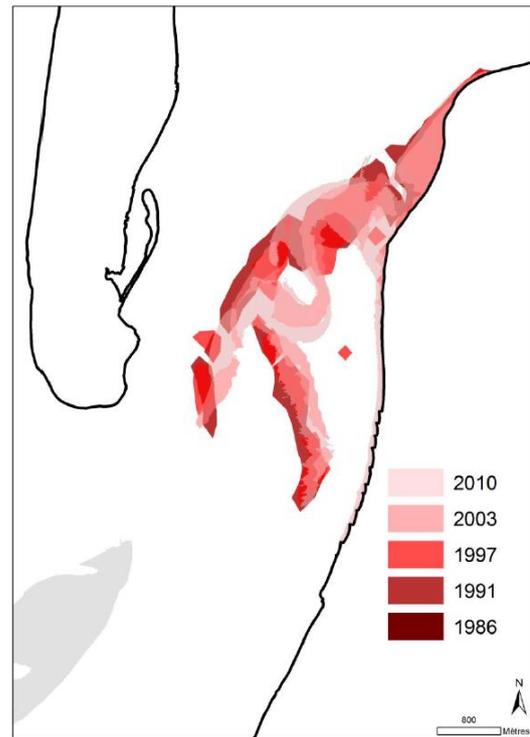


Figure 16. Evolution de la morphologie du banc de Bernet entre 1986 et 2010 au niveau de l'isobathe -2 m.

La Figure 14 permet également d'appréhender l'évolution morphologique des chenaux qui jouxtent le banc de Bernet. A l'Est du banc de Bernet, le chenal du Pyla s'approfondit. On observe une importante remontée des isobathes 4, 6 et 8 m CM vers le Nord, entre 1969 et 2016, période durant laquelle l'extrémité Nord de l'isobathe 6 m s'est notamment déplacée de plus de 1,5 km. A l'Ouest du banc de Bernet, le chenal du Ferret s'approfondit également en direction du Sud, de l'ordre d'un kilomètre, entre 1985 et 2005, et près de 300 mètres entre 2005 et 2016. Dans la partie Nord du banc de Bernet, à la jonction avec le chenal du Teychan, le flanc Ouest du banc est globalement stable. Les positions successives de l'isobathe 12 m indiquent des oscillations autour d'une position d'équilibre.

Bien que moins mobile que les massifs sableux du delta de jusant (Toulinguet et Arguin), l'évolution du banc de Bernet apparaît intimement liée à la dynamique des passes de l'embouchure. La fermeture du chenal traversier, par la remontée du banc d'Arguin vers le banc de Bernet, entraîne une augmentation du courant de flot, identifiée par le creusement de la passe Sud en direction du Nord. L'effet de chasse de ce courant implique une réorganisation des masses sableuses du banc de Bernet (BRGM/RP-68730-FR).

2.4. HISTORIQUE DES TRAVAUX

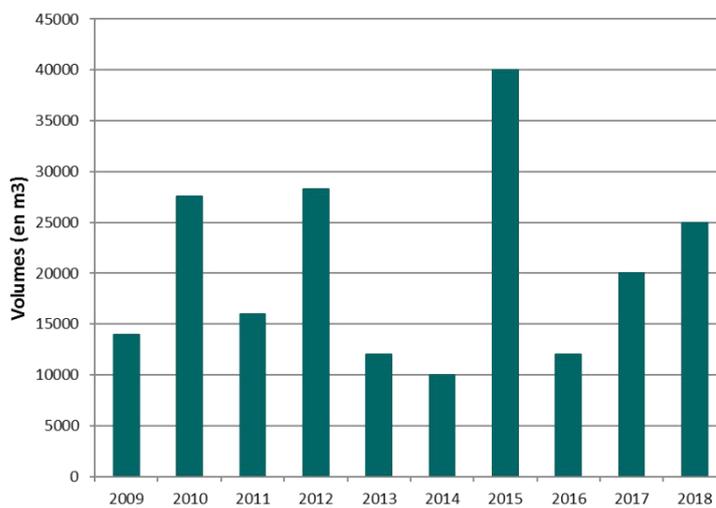
Le SIBA met en œuvre depuis plusieurs années des campagnes annuelles de dragage/ réensablement de façon à maintenir l'accessibilité à la jetée du Moulleau et à préserver les plages adjacentes.

Le tableau ci-dessous synthétise les travaux mis en œuvre depuis 2009 et localise les plages rechargées. En moyenne, 20 000m³ de sable sont dragués annuellement au niveau de la jetée du Moulleau et transférés hydrauliquement vers les plages déficitaires.



Figure 17. Rechargement de la plage des arbousiers en 2014

Tableau 4. Synthèse des travaux de dragage / rechargement réalisés sur le site du Moulleau depuis 2009 (source : compte rendu d'opération du SIBA).



Année	Mois	Lieu de prélèvement	Volume (m³)	Lieu de dépôt/régala
2009	Février	Pointe méridionale Banc de Pereire	9 000	Plage N/S de la jetée (régala)
		Axe N/S autour de la jetée du Moulleau	5 000	Plage du Cercle de Voile
2010	Second Trimestre	Nord jetée du Moulleau	23 100	Plage du Cercle de Voile
		Au droit de la jetée du Moulleau	4 500	Plage du Pyla
				Plage de Péreire / Plage des Arbousiers / Plage du Moulleau
2011	Mai/ juin	Au droit de la jetée du Moulleau	16 000	Plage des Arbousiers / Sud jetée du Moulleau / Plage du Cercle de Voile / Plage du Pyla / Plage du Moulleau
2012	Mai/juin+ février/ avril	Au droit et au sud de la jetée du Moulleau (cf. carte). Deux zones de 25m de large chacune sur 830 et 330 m de long	28 300	De l'avenue du Bassin (350 m au sud de la jetée) à l'avenue des Vendangeurs (575 m au sud de la jetée)
2013	Avril à juin	Au droit et au sud de la jetée du Moulleau (cf. carte). Deux zones de 25m de large chacune sur 830 et 330 m de long	12 000	De l'avenue du Bassin (350 m au sud de la jetée) à l'avenue des Vendangeurs (575 m au sud de la jetée), de l'avenue Montaut (200m au Nord de la jetée) à la place des Arbousiers (500m au nord de la jetée)
2014	Avril à juin	3 passes de 125m/25m	10 000	Cercle de Voile, de l'avenue Montaut (200m au Nord de la jetée) à la place des Arbousiers (500m au nord de la jetée), au sud de la jetée (en moindre quantité)
2015	Mars à juin	Des passes de 125m de longueur et de 25m de large	40 000	Poste de secours plage du Moulleau, entre avenue des Vendangeurs (575 m au sud de la jetée) et avenue de la Jagude (820 m au sud de la jetée)
2016	Mai/juin	3 passes 75 m longueur et 25 m large au droit de la jetée	12 000	Plages Nord jetée du Moulleau
2017	Avril à juin	3 passes de 120 m de longueur et 25m de large au droit de la jetée	20 000	Plage au sud de la jetée (entre avenue des Vendangeurs (575 m au sud de la jetée) et avenue de la Jagude (820 m au sud de la jetée))
2018	Mars à Juin	5 passes de 100 à 130 de longueur au droit de la jetée	25000	Plage Nord du Moulleau (entre la résidence Panoramic et la jetée du Moulleau)

2.5. USAGES DE LA PLAGE

La plage du Moulleau, qui offre une vue magnifique sur le banc d'Arguin et la Dune du Pilat, est le point de rencontre des familles qui mêlent les plaisirs de la baignade à celui des dégustations de glaces.

En termes d'espaces concédés, on trouve :

- 2 clubs de plage : un juste au Nord de la jetée et un au pied du Panoramic ;
- 2 cercles de voile entre la descente à bateau de la place des Arbousiers et la limite Sud de la plage.

Une zone de baignade surveillée, située au Nord de la jetée du Moulleau, est ouverte de mi-juin à mi-septembre.

La commune nettoie la plage de la jetée du Moulleau au Panoramic et en début d'automne, elle constitue un piège à sable (fossé) en pied de perré pour limiter l'ensablement éolien des promenades et jardins.

Les accès pour descendre les engins sur cette portion de plage sont l'allée Montaut, la place des Arbousiers et la cale de Péreire plus au Nord.



Figure 18. Usages de la plage du Moulleau.

3. EXPLOITATION DES DONNEES TOPO-BATHYMETRIQUES DISPONIBLES

3.1. MOYENS ET METHODES

Le Service des Etudes du Pôle Maritime du SIBA est équipé de matériels d'acquisition de données topo-bathymétriques et assure le suivi chantier dont il gère la maîtrise d'œuvre.

Ainsi, 5 relevés topographiques réalisés entre 2015 et 2018 (Figure 25) et 12 sondages bathymétriques réalisés entre 2003 et 2019 (Figure 21) ont été mis à disposition par le SIBA pour être exploités en détail.

Une chaîne de traitement, basée sur l'utilisation conjointe des Systèmes d'Information Géographique (SIG), SURFER 9 et du logiciel de calcul scientifique MATLAB, a été mise en place pour déterminer l'évolution d'indicateurs pertinents au regard des problématiques étudiées.

Ainsi, les positions respectives des iso-cotes 0 m CM (proxi de la position du bas de l'estran) et -1 m CM (proxi de la position des chenaux) ont été analysées le long de 34 profils répartis suivant le calepinage présenté ci-contre.

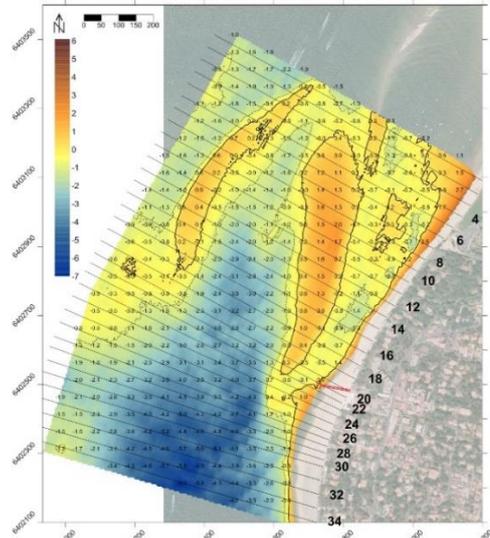


Figure 19. Emprise des données bathymétriques et localisation des profils d'analyse des iso cote 0 et -1mCM.

3.2. BANCS ET CHENAUX

En 2003, les bancs de Pereire et du Moulleau sont séparés par un chenal orienté Nord-Ouest/Sud-Est qui contourne ensuite le banc du Moulleau en longeant le littoral, puis qui s'oriente Nord-Est/Sud-Ouest pour rejoindre l'extrémité Nord du chenal du Pyla. Ce chenal, de largeur homogène (200m), est bien marqué.

Au niveau du profil n°5 (Figure 20a), situé au droit du parking des Arbousiers, le chenal tend à se combler avec une remontée significative des fonds à partir de 2013.

Au niveau du profil n°10 (Figure 20b), situé entre l'allée des Arbousiers et l'avenue de Montaux, le chenal se pince entre 2003 et 2013 sous l'action de la migration vers l'Est du banc du Mouleau.

Au niveau du profil n°20 (Figure 20c), situé au droit de la jetée du Mouleau, le chenal migre vers l'Ouest et la jetée s'ensable.

Au niveau du profil 25 (Figure 20d), la remontée du chenal du Pyla vers le Nord s'observe à partir de 2014.

A partir de 2017, le chenal du Pyla cisaille le banc du Moulleau qui prend alors une forme en Z et se fragmente en deux unités en 2019.

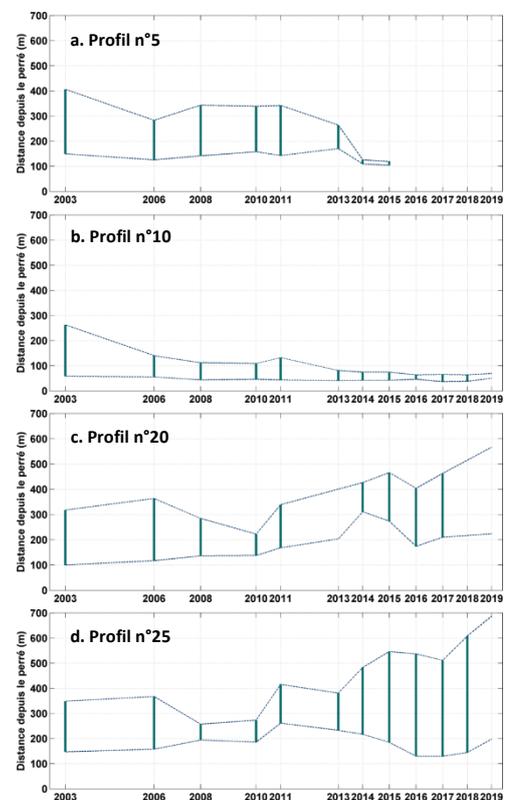
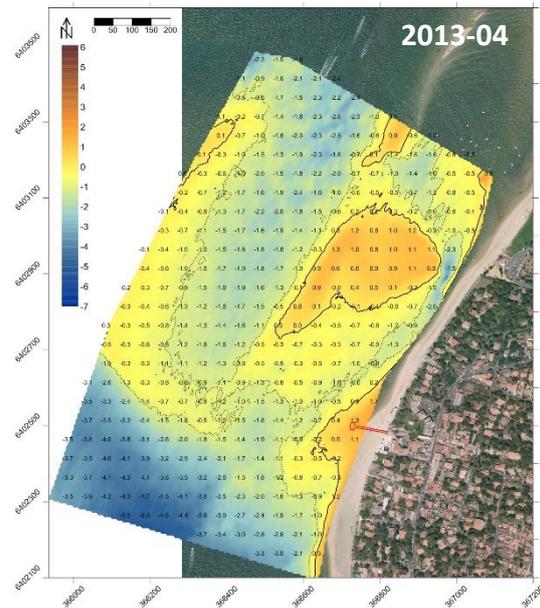
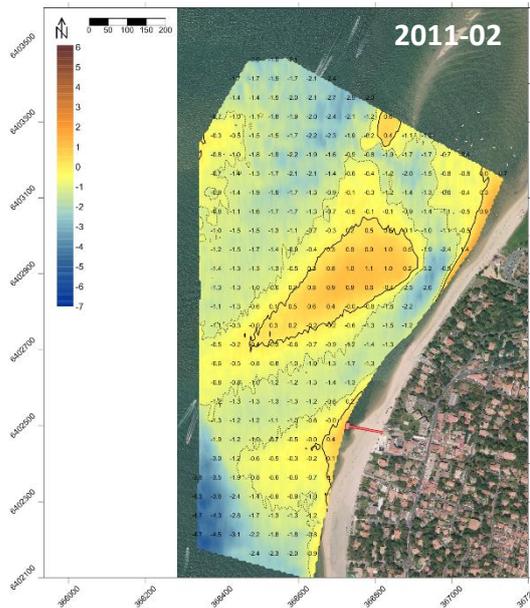
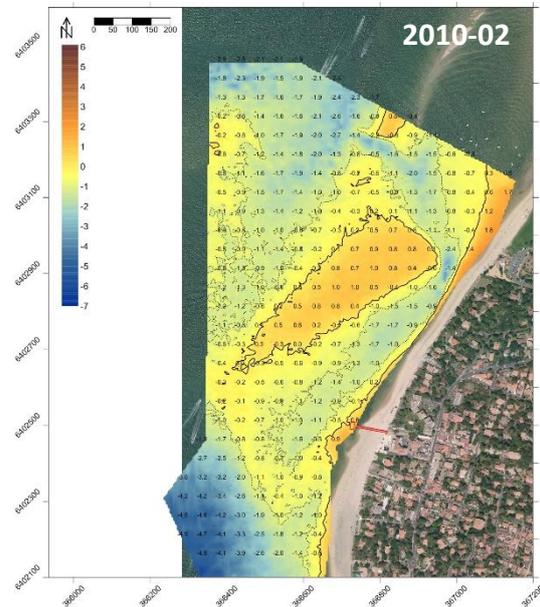
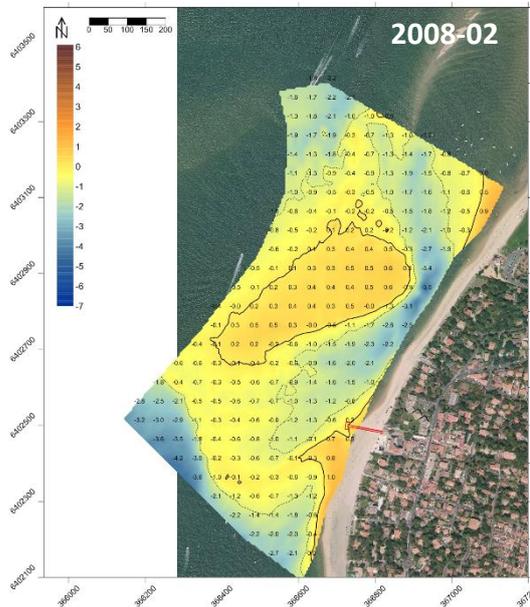
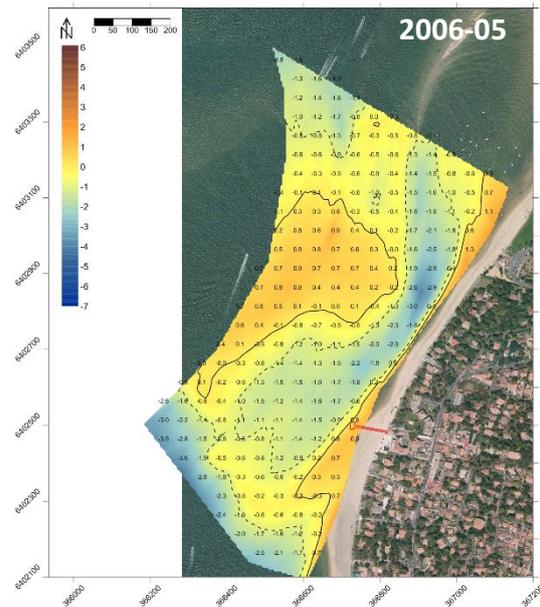
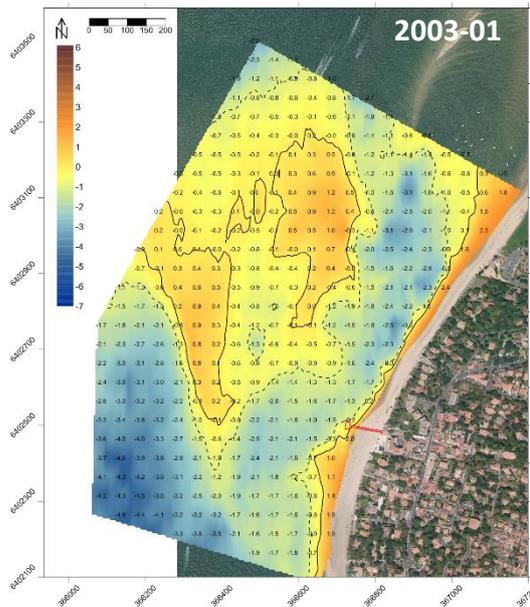


Figure 20. Evolution de la côte -1mCM matérialisant la largeur des chenaux entre le banc du Moulleau et le littoral.



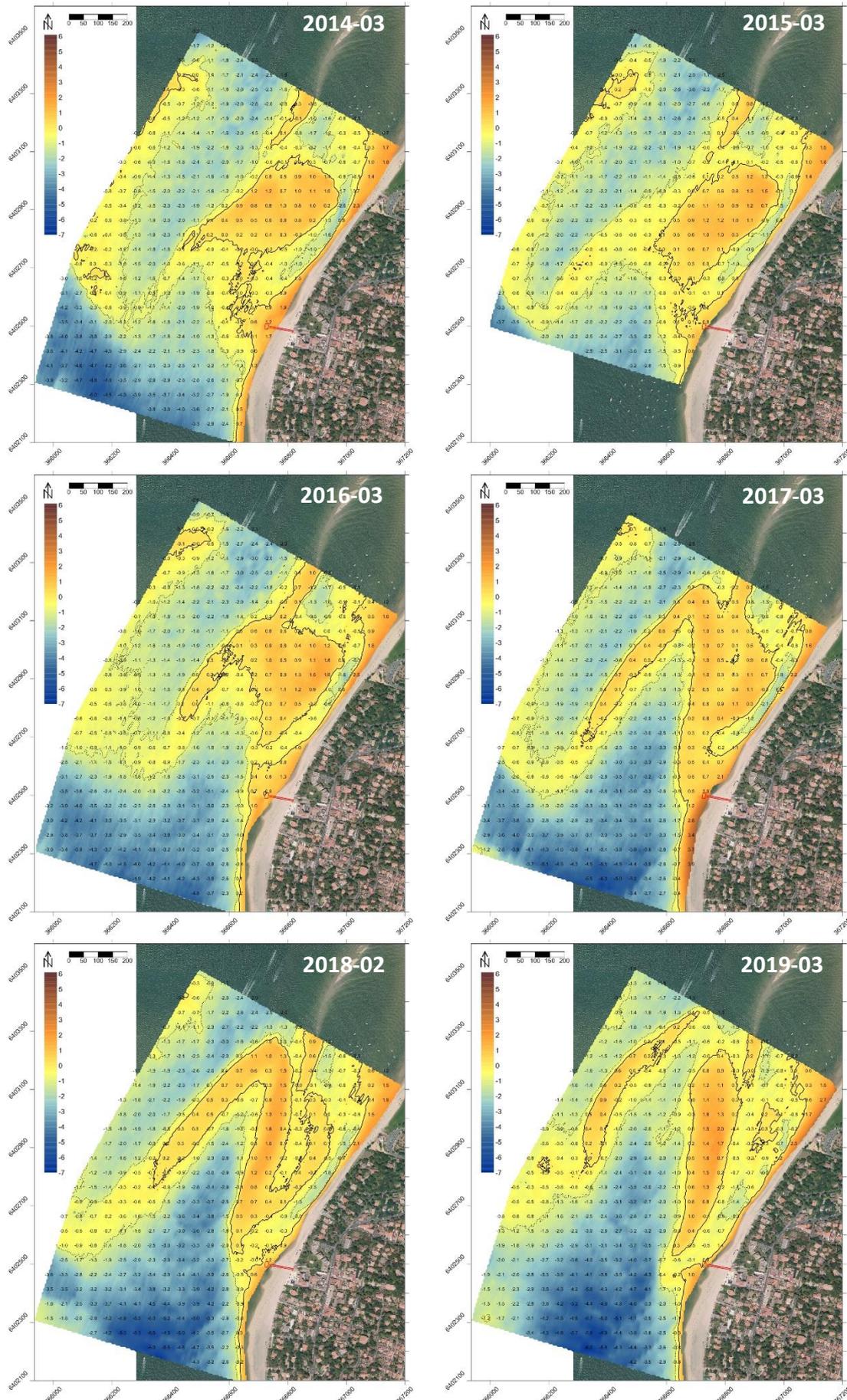


Figure 21. Carte bathymétrique du secteur du Mouleau

3.3. TRAIT DE CÔTE ET PLAGE

Les orthophotographies de 1957, 1968, 1977, 1991, 2000 et 2012 (Figure 22) montrent que la position du trait de côte entre la jetée du Mouleau et la résidence le Panoramic au Nord est figé par l'urbanisation et les ouvrages littoraux (perrés, épis).

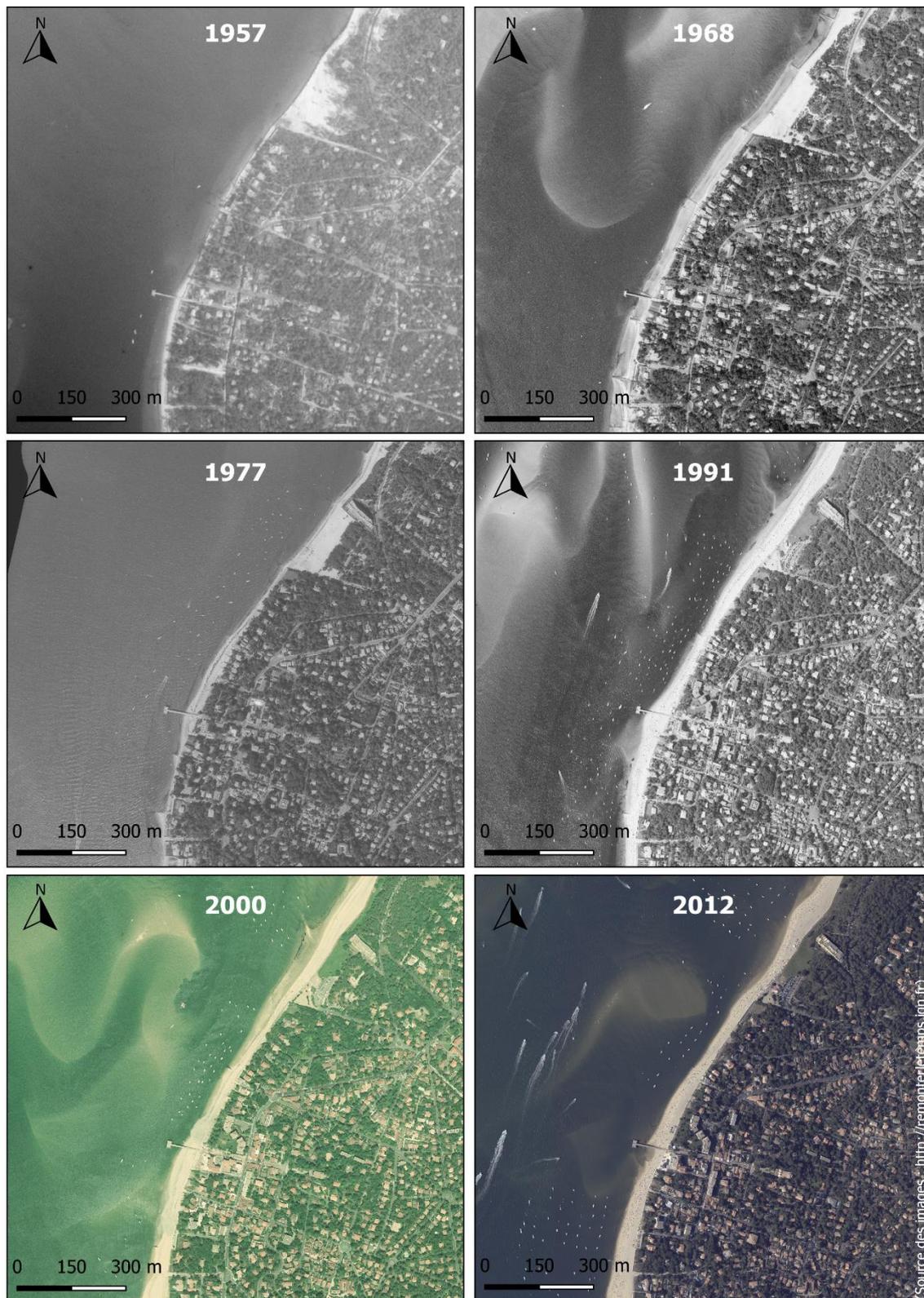


Figure 22. Evolution du trait de côte du secteur du Mouleau entre 1957 et 2012.

La figure ci-dessous présente l'analyse de la position de l'iso-cote 0 m CM entre 2003 et 2019. L'axe des ordonnées matérialise les numéros de profils (Figure 19), l'axe des abscisses correspond à la date et la couleur matérialise la distance de l'iso-cote 0 m CM par rapport au perré (couleur bleue : estran étroit / couleur rouge : estran large).

Entre le parking des arbousiers (Profil 5) et la jetée du Moulleau (Profil 20), l'estran est étroit (< 50 m) et relativement stable au cours de la période suivi à l'exception de la jetée qui l'ensable fortement à partir de 2013. Au Nord du parking des arbousiers, l'estran s'élargie (100 à 150m) avec une légère tendance à l'accrétion à partir de 2015. Au Sud de la jetée, l'estran présente un bombement qui migre vers le Nord depuis 2010 sous l'effet probable de la remonté du chenal du Ferret. Ce processus est à l'origine de l'augmentation de l'ensablement de la jetée du Moulleau.

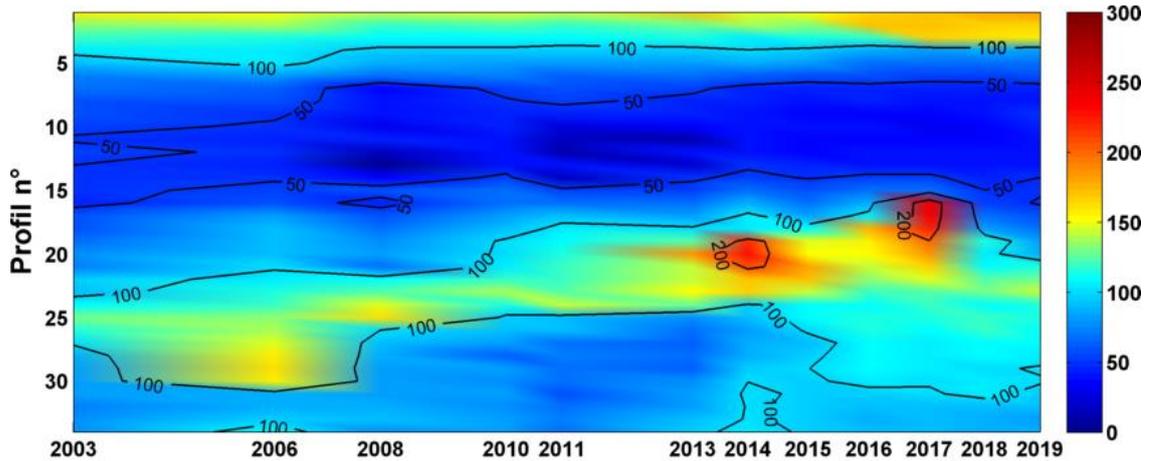


Figure 23. Evolution de la côte -0m CM matérialisant la largeur de l'estran du secteur du Moulleau.

Pour appréhender l'évolution de la topographie de la plage et disposer d'informations pour le dimensionnement des épis dans le chapitre suivant, les suivis de rechargement de 2015 à 2018 (Figure 25) ont été analysés (Figure 24). Les profils localisés au Nord (profil n°1 à n°4) offrent la plus grande largeur de plage et fluctuent beaucoup. Les profils centraux, beaucoup plus raides, fluctuent peu et offrent une largeur de plage très limitée. Les profils n° 16 et n°17, proches de la jetée, fluctuent peu et offrent une largeur de plage proche de celle observée au niveau des profils Nord.

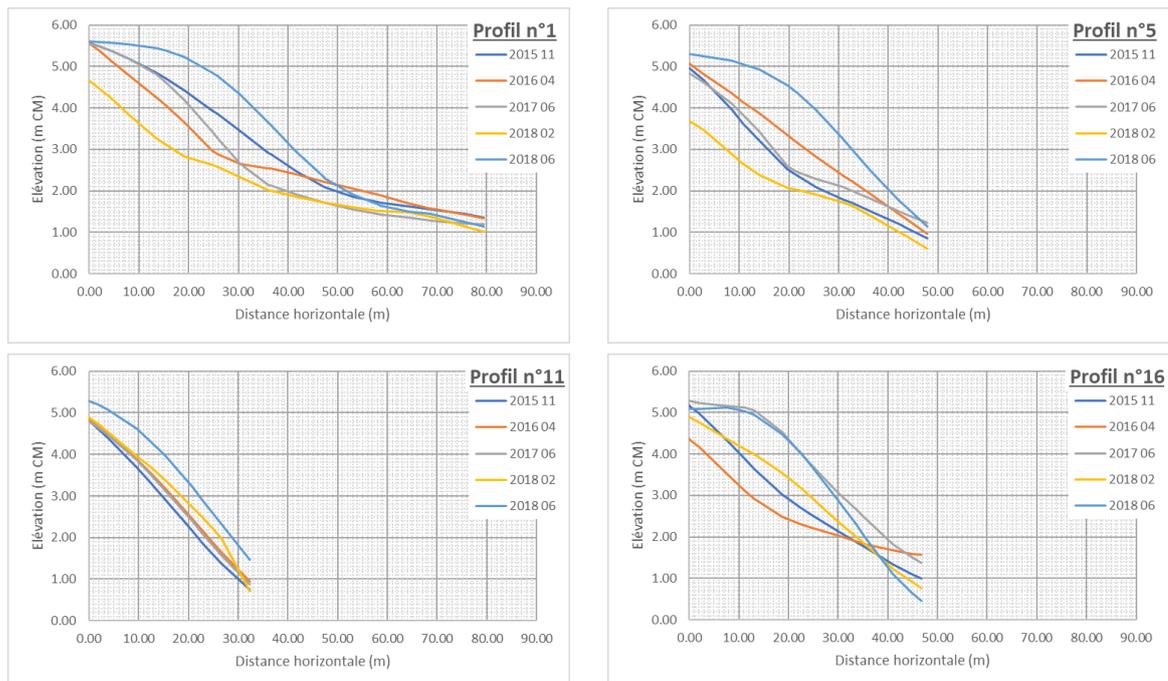


Figure 24. Topographie de la plage au droit de la résidence Panoramic (Profil 1), au droit du parking des Arbousiers (Profils 5), au Sud de l'avenue de Montaut (Profil 11) et au Nord de la Jetée du Moulleau (profil 16).

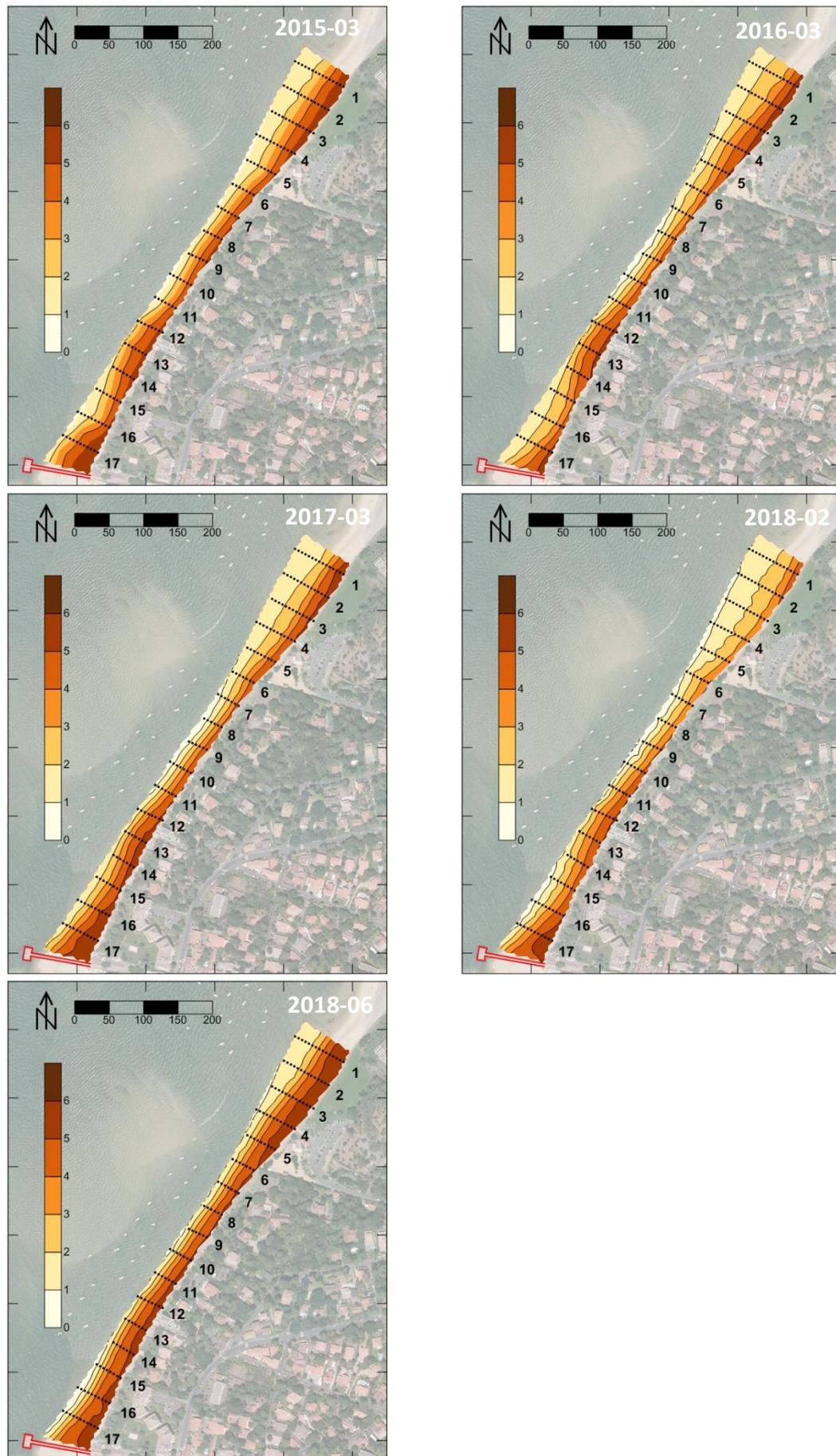


Figure 25. Topographie de la plage entre les Arbousiers et la jetée du Moulleau.

4. CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTAIRE

4.1. PRESENTATION DU MODELE HYDRODYNAMIQUE

4.1.1. Code de calcul

Le modèle créé repose sur les codes de calcul de la suite de logiciels Telemac-Mascaret de © EDF.

TELEMAC-2D résout les équations de Saint-Venant régissant les écoulements bidimensionnels à surface libre. La méthode des éléments finis sur laquelle repose TELEMAC, associée à un maillage de calcul constitué de facettes triangulaires de tailles et de formes variables, permet un découpage adapté de la topographie et donc la prise en compte des géométries complexes de la zone d'étude. Elle autorise de densifier le maillage et donc d'affiner les résultats fournis par le modèle dans les zones d'intérêt (par exemple au droit des ouvrages et des zones sensibles).

Afin de prendre en compte le phénomène de houle, le code de calcul TELEMAC-2D utilisé est couplé avec celui de TOMAWAC également de la suite de logiciel Telemac-Mascaret. Le logiciel de modélisation des états de mer TOMAWAC est un modèle dit de "troisième génération" qui résout l'équation d'évolution en espace et en temps de la densité spectro-angulaire d'action d'onde.

Ce couplage de code de calcul permet la prise en compte d'un grand nombre de phénomènes physiques comme la marée astronomique, le déferlement, le moutonnement ou la dissipation par frottement sur le fond de la houle.

4.1.2. Maillage et données topo-bathymétriques

L'emprise du domaine d'étude comprend le système hydraulique du Bassin d'Arcachon. Elle comprend une partie océanique allant jusqu'à une profondeur de -100 m CM qui s'étend au Sud jusqu'à Biscarrosse et au Nord jusqu'au Grand Crohot.

Différentes sources de données topo-bathymétriques ont été utilisées pour constituer le Modèle Numérique de Terrain :

- Large :
 - MNT ATLANTIQUE (SHOM) ;
- Proche côtier (trois bathymétries) :
 - Bathymétrie du bassin (2016) ;
 - Bathymétrie du banc du Bernet (juin 2018) ;
 - Bathymétrie du Mouleau (février 2018) ;
- Lidar 2012 et topo du Mouleau (juin 2018) pour la côte.

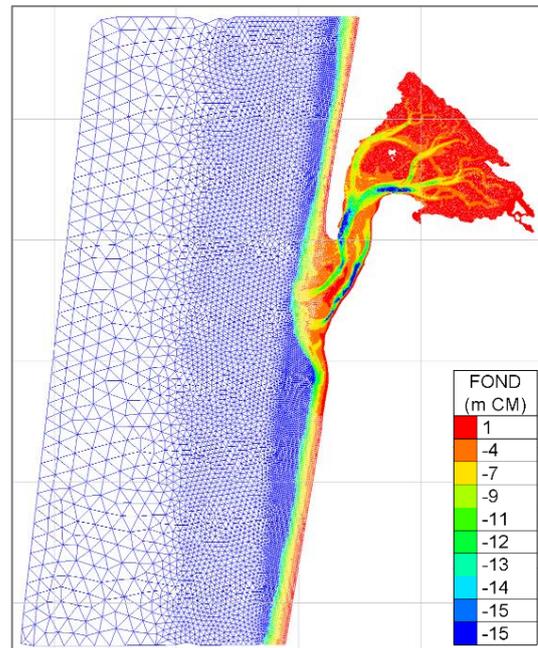


Figure 26 : Maillage du modèle numérique

Le maillage (Figure 26) utilisé comprend 73 000 nœuds de calculs soit environ 140 000 éléments. La taille des mailles varie de 2 500 m au large à 100 m dans les zones plates du bassin, et est au plus raffinée à 10 m au droit des zones d'étude.

4.2. RESULTATS

Les courants de marée de vive-eau et de morte-eau sont respectivement représentés sur la Figure 28 et la Figure 29. Les principaux résultats ressortant dans le cadre de la présente étude sont : l'asymétrie jusant / flot au niveau du chenal Nord du Moulleau (Figure 27a), la symétrie au droit de la jetée (Figure 27b) et l'asymétrie flot / jusant dans le chenal du Pyla (Figure 27c).

Tableau 5. Vitesses maximales des courants de marée de vive eau au niveau des 3 points d'extraction au droit du secteur d'étude.

Zone	Vitesse (m/s)
Jetée du Moulleau	1,20 m/s
Chenal au Nord du Moulleau	1,08 m/s
Chenal du Pyla	1,67 m/s

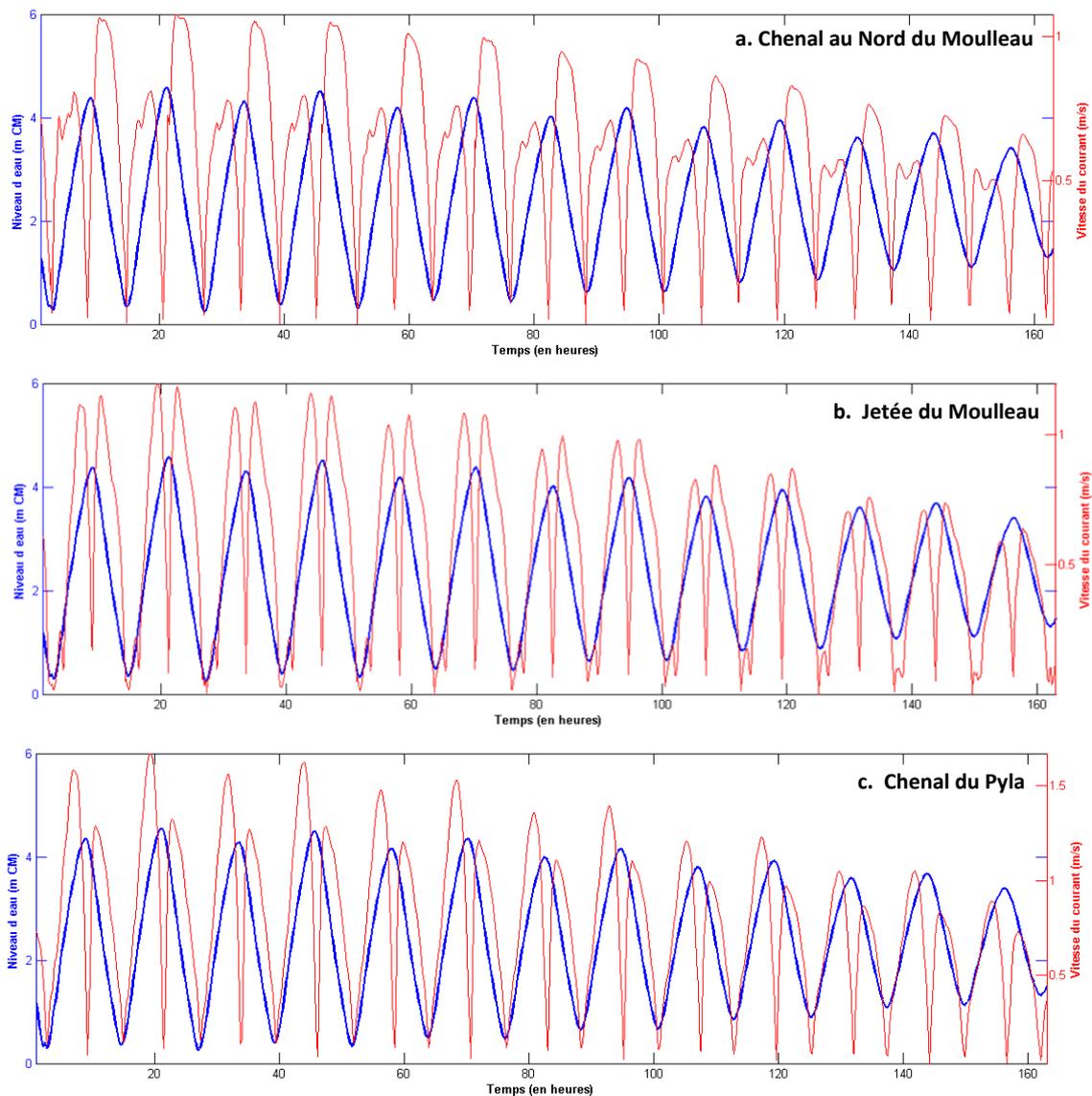



Figure 27. Courant de marée de vive eau au niveau des 3 points d'extraction au droit du secteur d'étude.

Condition de modélisation

MAREE SEULE

Marée : VE coefficient 95

- 1 – PM
- 2 – PM +2
- 3 – PM +4
- 4 – BM
- 5 – BM +2
- 6 – BM +4

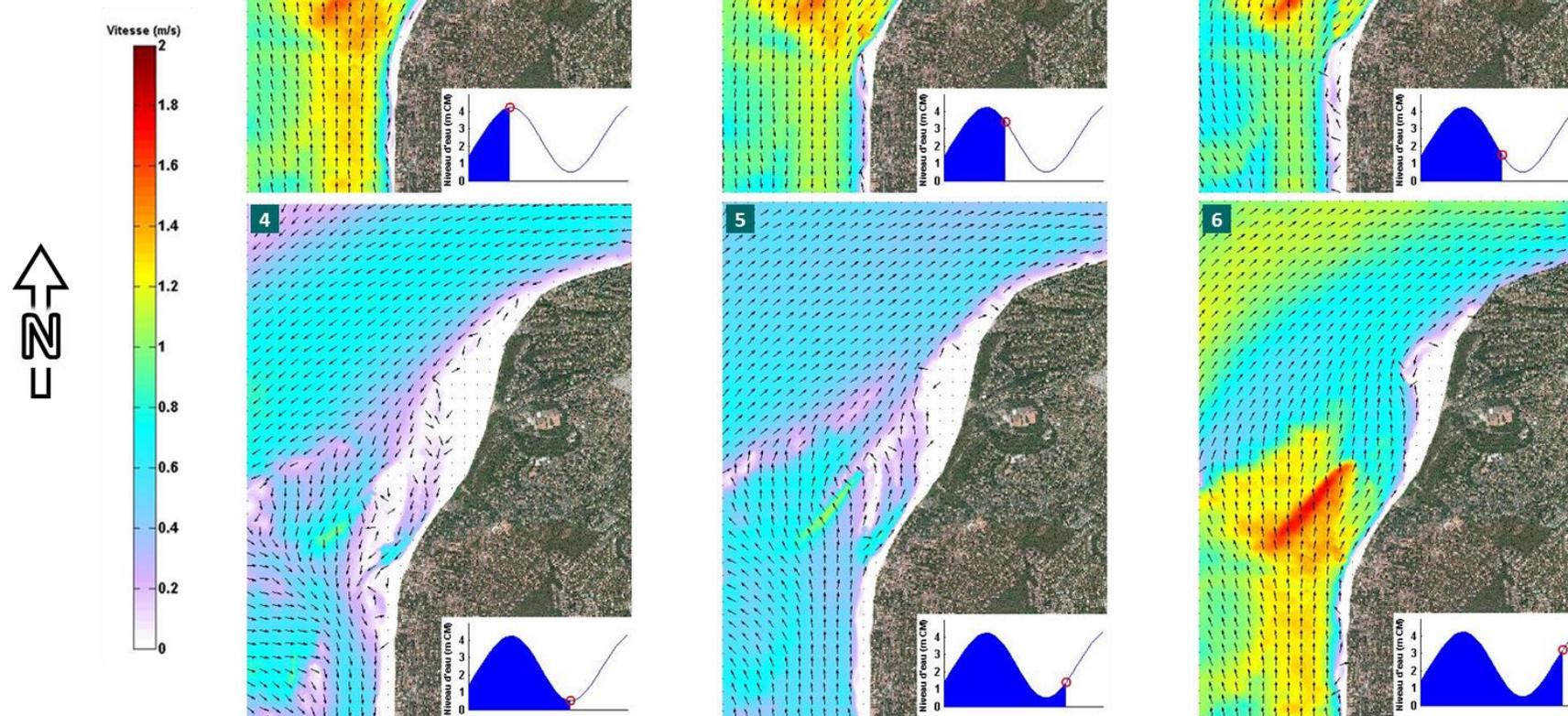


Figure 28. Courant de marée (Vive Eau - Coefficient 95).

Condition de modélisation

MAREE SEULE

Marée : ME coefficient 45

- 1 - PM
- 2 - PM +2
- 3 - PM +4
- 4 - BM
- 5 - BM +2
- 6 - BM +4

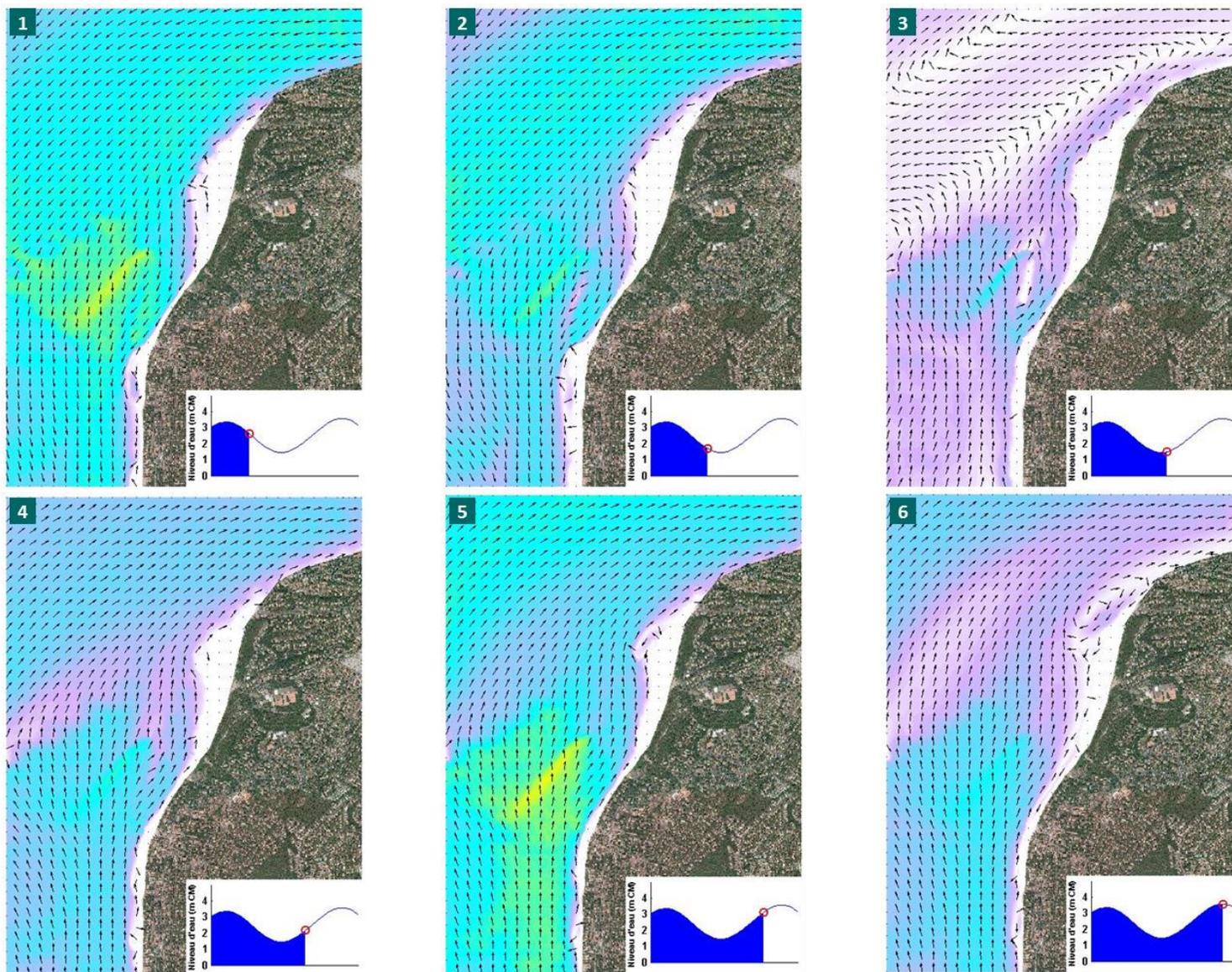
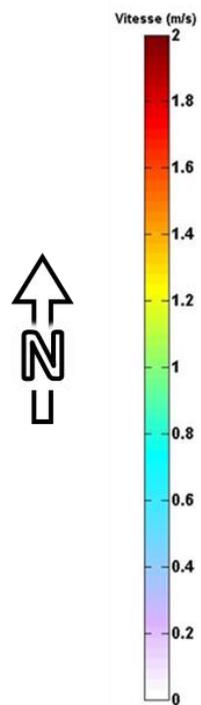


Figure 29. Courant de marée (Morte Eau - Coefficient 45).

4.3. ÉTABLISSEMENT D'UN SCHEMA DE FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTAIRE

L'analyse des données bathymétriques acquises de 2003 à 2019 conduit aux conclusions suivantes :

- L'évolution actuelle des passes provoque la migration du chenal du Pyla vers le Nord.
- Cette migration contraint le banc du Moulleau à venir se plaquer à la côte et entraîne le pincement du chenal du Moulleau Nord.
- Ce phénomène engendre un déficit chronique de sédiment entre la jetée du Moulleau et le banc de Pereire.
- Un exhaussement du fond au niveau de la jetée du Moulleau est observé depuis plusieurs années.

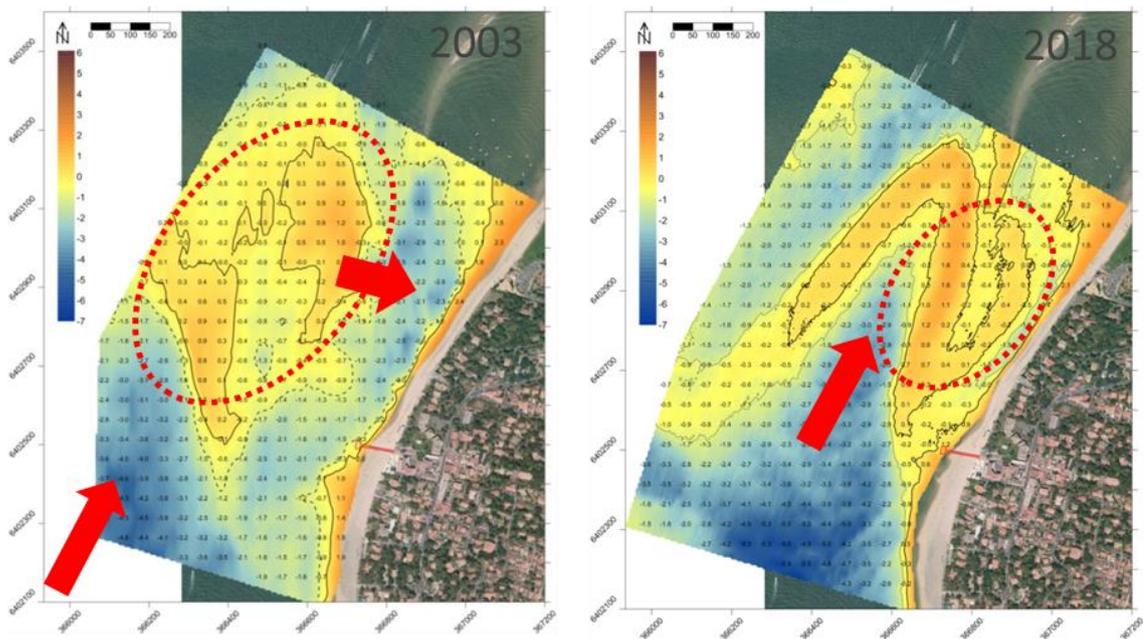


Figure 30. Synthèse des évolutions bathymétriques entre 2003 et 2018.

D'après l'étude des courants de marée par les simulations numériques, l'asymétrie flot/jusant au droit de la zone d'étude contribue à l'ensablement de la jetée du Moulleau.

En effet le courant de flot dominant dans le chenal du Pyla et le courant de jusant prédominant au Nord de la jetée engendre une zone d'accumulation qui se traduit par un bombement du trait de côte.

Positionné au Sud de la jetée en 2003, ce bombement migre vers le Nord sous l'effet de la remonté du Chenal du Pyla et engendre un ensablement important au niveau de la jetée.



Figure 31. Schéma de principe de l'asymétrie des courants de marée au Nord et au Sud de la jetée du Moulleau.

5. PERTINENCE DE LA MISE EN PLACE D'ÉPIS

5.1. OUVRAGES EXISTANTS

Les informations disponibles concernant les épis proviennent majoritairement des orthophotographies historiques ainsi que des photographies anciennes sur la zone d'étude. Quelques photographies historiques sont présentées dans les figures suivantes.



Figure 32. Photographie du Mouleau au Sud de l'ancienne jetée avec épis bois au niveau de la villa Kypris (source : arcachon-nostalgie.com).



Figure 33. Photographie des épis du Mouleau au Sud de l'ancienne jetée avec épis bois au niveau la villa Kypris (source : bassindarcachon.com).



Figure 34. Photographie de « la plage » du Mouleau dans les années 1950 (source : leonc.fr de Noël Courtaigne).



Figure 35. Photographie de l'épi au Nord du Grand-Hôtel du Mouleau dans les années 1950 (source : arcachon-nostalgie.com).



Figure 36. Photographie aérienne historique du Mouleau (source : geneanet.org).



Figure 37. Photographie de la construction de la jetée du Mouleau actuelle dans les années 1970 (Source : leonc.fr de Noël Courtaigne).

L'analyse des orthophotographies historiques montre que de nombreux ouvrages ont été réalisés dans la zone étudiée (entre la jetée et la résidence « le Panoramic ») entre l'année 1952 et aujourd'hui. Les ouvrages identifiés sont localisés devant la protection côtière dont le tracé n'a pas évolué depuis. En outre, ces ouvrages sont de dimension et de nature variable.

Toutefois, les orthophotographie retenues sont celles permettant de visualiser au mieux les ouvrages sans pour autant garantir une vision exhaustive qui dépend du niveau de sable au moment de la prise de vue. Des orthophotographies historiques sont présentées dans la Figure 38.

Le tableau suivant permet de synthétiser les caractéristiques des ouvrages observés sur les orthophotographies historiques de 1952, 1968, 1980 et 2015. obtenues sur le site « remonter le temps » d'IGN.

Tableau 6. Caractéristiques des ouvrages observés sur les orthophotographies historiques

Ouvrage	Longueur (m) / Point métrique (PM) à partir de l'ouvrage n° 1 (m)			
	1952	1968	1980	2015*
N°1	22 / PM 0	30 / PM 0	80 / PM 0	110 / PM 0
N°2	20 / PM 230	20 / PM 230	35 / PM 230	40 / PM 230
N°2bis	-	-	-	25 / PM 280
N°3	10 / PM 335	-		
N°4	10 / PM 380	-		
N°5	20 / PM 430	-		
N°6	40 / PM 475	40 / PM 475	40 / PM 475	40 / PM 475
N°6bis	-	40 / PM 495	-	40 / PM 495
N°7	25 / PM 520	-	-	-
N°8	25 / PM 565	-	-	-
N°9	25 / PM 605	-	-	-
N°10	22 / PM 655	-	-	-
N°10bis	-	40 / PM 665	-	-
N°11	15 / PM 700	-	-	-
N°11bis	-	40 / PM 710	-	-

*Information complétée avec la vue Google Earth 2015

Sur la base des orthophotographies, il est difficile de caractériser précisément la nature des ouvrages. Toutefois, ceux identifiés en 1952 sont peu larges et semblent correspondre à des ouvrages bois tels qu'observables sur les photographies historiques du site (Figure 32 à Figure 37). Lors de leur mise en place, ces ouvrages jouaient certainement un rôle d'épi et permettaient de stabiliser les plages alors accessibles uniquement à marée basse.

Les ouvrages réalisés ultérieurement sont dans la majorité des cas composés d'enrochements ou de maçonnerie. Bien que leur rôle ne puisse pas clairement être identifié sur la base des orthophotographies, ces ouvrages ont dû être mis en place afin de :

- Stabiliser et maintenir les sables sur la plage.
- Evacuer les eaux pluviales en jouant le rôle d'émissaire.

L'analyse des photographies et orthophotographies historiques ne semblent cependant pas montrer d'effet significatif de ces ouvrages sur la stabilisation et la rétention des sables.

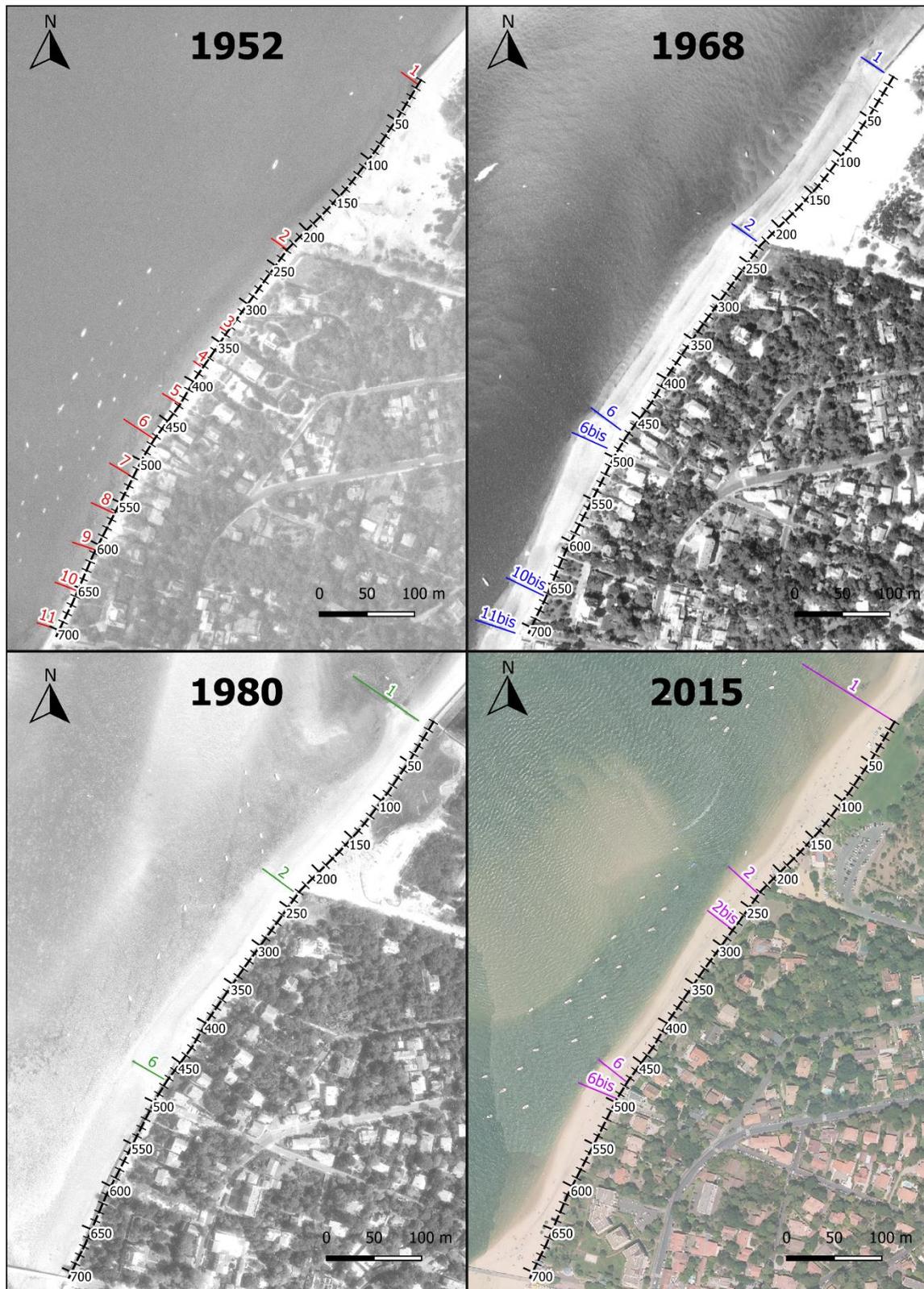


Figure 38. Localisation et caractérisation des épis pour les orthophotographies de 1952, 1968, 1980 et 2015

5.2. OBJECTIF DES EPIS

Le fonctionnement hydrosédimentaire du site (Figure 39) ne fait pas apparaître clairement d'orientation préférentielle du transit littoral. La modélisation montre que les courants de marée les plus forts sont observés au jusant (Nord-Sud) au droit du site d'étude. Les clapots dans la zone d'étude sont majoritairement de provenance Sud-Ouest à Ouest-Nord-Ouest ayant pour conséquence de générer un transit littoral orienté Sud-Nord. De plus, l'agitation résiduelle atteignant la zone d'étude est uniquement de provenance Sud-Ouest engendrant également un transit Sud-Nord.

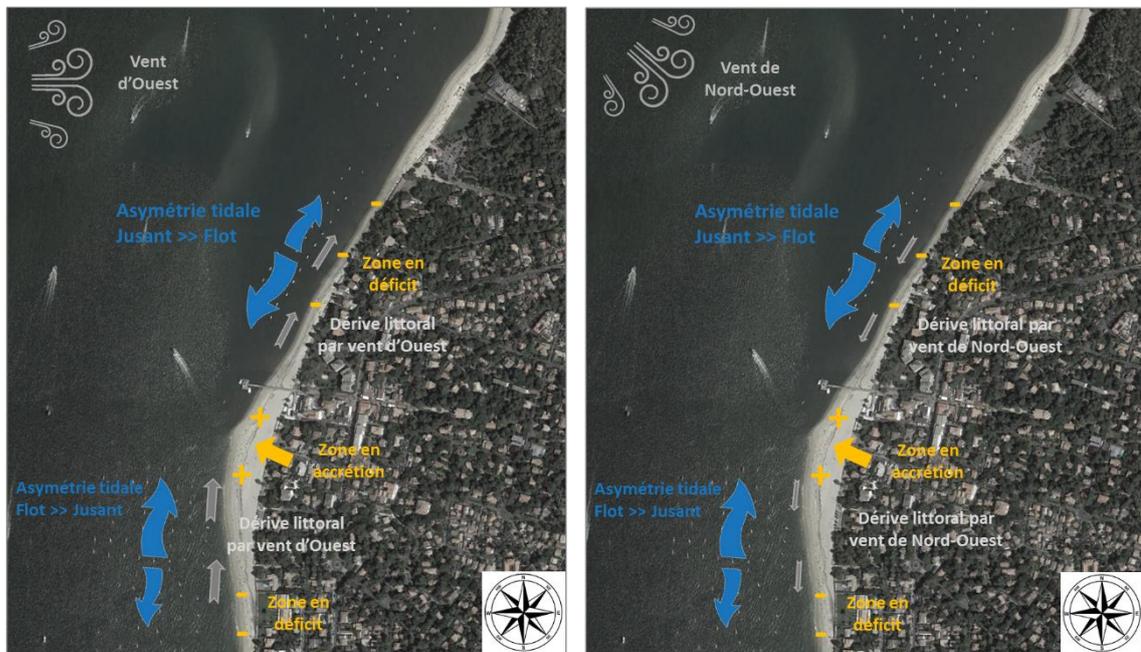


Figure 39. Schéma de fonctionnement hydro sédimentaire

Les orthophotographies et photographies historiques confirment que les épis ayant été réalisés dans la zone d'étude ne bloquent pas un transit spécifique et ne présentent pas une accumulation de sable sur l'une des faces.

Dans ces conditions les épis auront pour objectifs de maintenir des casiers de sable en haut de plage et non le blocage d'un transit littoral spécifique.

Il est à noter que la zone d'étude est soumise à des évolutions des fonds sableux de grandes ampleurs liées à l'évolution des bancs et des chenaux (Figure 40). Les ouvrages de type épis ne permettront pas d'influencer ces phénomènes et risquent même de les subir.

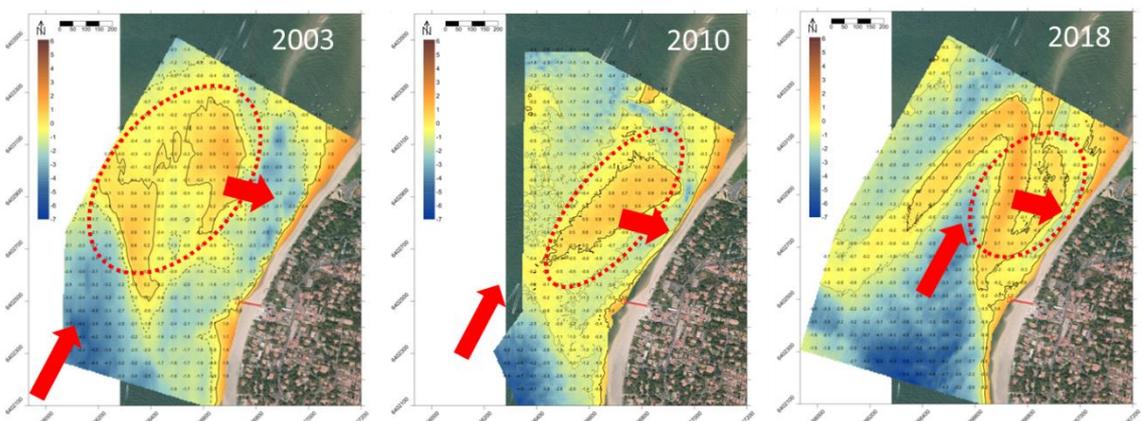


Figure 40. Synthèse des évolutions bathymétriques entre 2003 et 2018.

5.3. DEFINITION DES EPIS

5.3.1. Introduction

Afin de créer les casiers de maintien des sables, il est important de réaliser des ouvrages peu espacés les uns des autres. Deux solutions techniques, inspirées des solutions historiquement mises en œuvre dans le bassin d'Arcachon ont été retenues :

- Une solution avec des épis en enrochements.
- Une solution avec des épis en bois.

5.3.2. Scénario n°1 : épis en enrochements

Les épis sont définis en considérant les contraintes suivantes :

- Niveaux de sable et profils de sable observés sur le site (niveau haut, niveau bas et pente).
 - Le niveau de crête de l'ouvrage a été retenue afin de dépasser de 0,5 à 1,0 m par rapport aux profils de plage estivaux ;
 - Le niveau de fondation en fonction des niveaux bas afin de limiter le risque d'affouillement en pied d'ouvrage ;
 - La longueur de l'ouvrage est également fonction de la pente des profils afin de limiter les travaux en eaux ;
 - Les Figure 41 et Figure 42 permettent de visualiser les niveaux de sables maximums et minimums le long des profils topographiques étudiés (Figure 25 / § 3.3). L'analyse des figures montrent que :
 - Les 4 profils localisés au Nord offrent la plus grande largeur de plage mais fluctuent beaucoup plus que les autres profils ;
 - Les profils centraux fluctuent peu, sont beaucoup plus raides et offrent une largeur de plage très limitée ;
 - Le profil 17, le plus proche de la jetée, fluctue peu et offre une largeur de plage proche de celle observée au niveau des profils Nord.

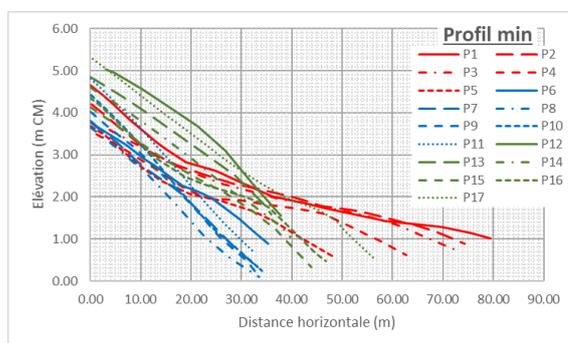


Figure 41. Niveaux de sable minimums au niveau des profils de plage étudiés.

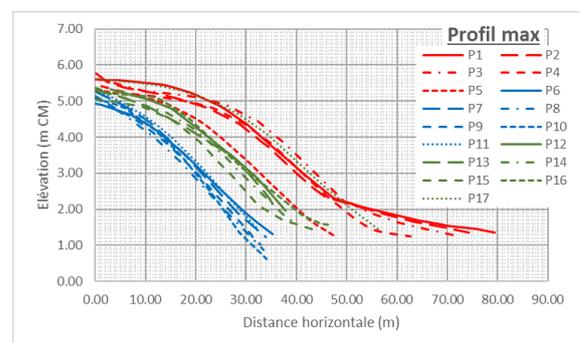


Figure 42. Niveaux de sable maximums au niveau des profils de plage étudiés.

- Le marnage influence également le choix du niveau de fondation afin de limiter les travaux d'excavation en eau qui sont toujours plus délicat à réaliser ;
- Les conditions de houles et de clapots sont prises en considération pour s'assurer de la catégorie d'enrochements nécessaire pour stabiliser les ouvrages. Dans le cas des carapaces en enrochements les formules communément admises sont celles développées par Van Der Meer. Les formules sont présentées ci-dessous :

- En eau profonde :

- Déferlement plongeant $\xi_m < \xi_{cr}$:

$$\frac{H_s}{\Delta \times D_{n50}} = 6,2 \times P^{0,18} \times \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \times \xi_m^{-0,5}$$

- Déferlement gonflant $\xi_m \geq \xi_{cr}$:

$$\frac{H_s}{\Delta \times D_{n50}} = 1,0 \times P^{-0,13} \times \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \times \xi_m^p$$

- En eau peu profonde :

- Déferlement plongeant $\xi_m < \xi_{cr}$:

$$\frac{H_s}{\Delta \times D_{n50}} = 8,4 \times P^{0,18} \times \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \times \left(\frac{H_s}{H_{2\%}}\right) \times \xi_m^{-0,5}$$

- Déferlement gonflant $\xi_m \geq \xi_{cr}$:

$$\frac{H_s}{\Delta \times D_{n50}} = 1,3 \times P^{0,18} \times \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0,2} \times \left(\frac{H_s}{H_{2\%}}\right) \times \xi_{s-1,0}^p$$

Avec :

- N (-) Nombre de vagues incidentes, fonction de la durée de l'état de mer ;
- Hs (m) Hauteur significative de la houle incidente en pied d'ouvrage (H1/3) la valeur retenue est de l'ordre de 1,2 m selon l'étude de SOGREAH de 2010 concernant la jetée du Moulleau ;
- H2% (m) Hauteur de la houle dépassée par 2% des vagues ;
- ξ_m (-) Paramètre de déferlement calculé à partir de la période moyenne de la houle, Tm (s), en accord avec une analyse dans le domaine temporel ;
- $\xi_{s-1,0}$ (-) Paramètre de déferlement calculé à partir de la période moyenne de la houle, Tm-1,0 (s), en accord avec une analyse dans le domaine spectral ;
- α (°) Angle du talus ;
- Dn50 (m) Diamètre nominal médian ;
- M50 (kg) Masse médiane d'une catégorie d'enrochement ;
- Δ (-) Densité relative déjaugée ;
- Ps (kg/m³) Masse volumique du solide, ici la roche ;
- Pw (kg/m³) Masse volumique de l'eau ;
- P (-) Paramètre de perméabilité nominale de l'ouvrage ;

- S_d (-) Paramètre de dommage adimensionnel $S_d = \frac{A_e}{(D_{n50}^2)}$; A_e étant la surface érodée d'un profil en enrochement. Les valeurs de S_d caractéristiques pour une pente de talus de 3/2 sont les suivantes :

- $S_d = 2,0$ début de dommage ;
- $S_d = 3,0 - 5,0$ dommage intermédiaire ;
- $S_d = 8,0$ rupture.

Le début de dommage ($S_d = 2,0$) correspond à un pourcentage d'enrochements déplacés compris entre 0 et 5% ;

- Dans les parties spécifiques de l'ouvrage telles que le musoir, l'utilisation d'enrochements plus lourds de 50 % peut être souhaitable ;

Pour les calculs, nous considérons un paramètre de dommage de 2,0 et une masse d'enrochement de 50 % supérieure au calcul théorique limitant ainsi les interventions d'entretien sur l'ouvrage.

- Les courants au niveau du musoir des ouvrages peuvent être accélérés et ainsi générer des affouillements en pied d'ouvrage. Dans ces conditions le tapis anti-affouillement sera élargi au musoir afin de limiter les affouillements et leurs possibles effets.

Pour la solution en enrochements un espacement entre ouvrages de 100 m est considéré en essayant de majorer la longueur des ouvrages. Ce qui implique la réalisation de 7 épis sur le linéaire de la zone d'étude.

Sur la base des contraintes définies ci-dessus, deux types d'épis ont été définis :

Tableau 7. Caractéristiques de la solution « épis en enrochements ».

Désignation	Epis type A : (2 épis Nord)	Epis type B : (5 épis Sud)
Longueur (m)	50,00	30,00
Niveau de crête à l'enracinement (m CM)	6,00	5,75
Niveau de crête au musoir (m CM)	4,00	3,50
Niveau de fondation à l'enracinement (m CM)	2,25	2,25
Niveau de fondation au musoir (m CM)	1,50	1,00
Largeur de crête (m)	2,00	2,00
Largeur du tapis à l'enracinement (m)	1,50	1,50
Largeur du tapis au musoir (m)	3,25	3,25
Pente de talus (Horizontal / Vertical)	3/2	3/2
Catégorie d'enrochements de carapace (t)	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0
Catégorie d'enrochements de noyau et de tapis (t)	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5
Ration espacement / longueur d'ouvrage	2,50	2,80

La distance de 100 m entre les épis est égale à 2,5 ou 2,8 fois la longueur de l'épis. Ces valeurs sont donc cohérentes avec les recommandations standards de 1 à 3 fois.

La figure suivante permet d'illustrer un épi en enrochements de type A.

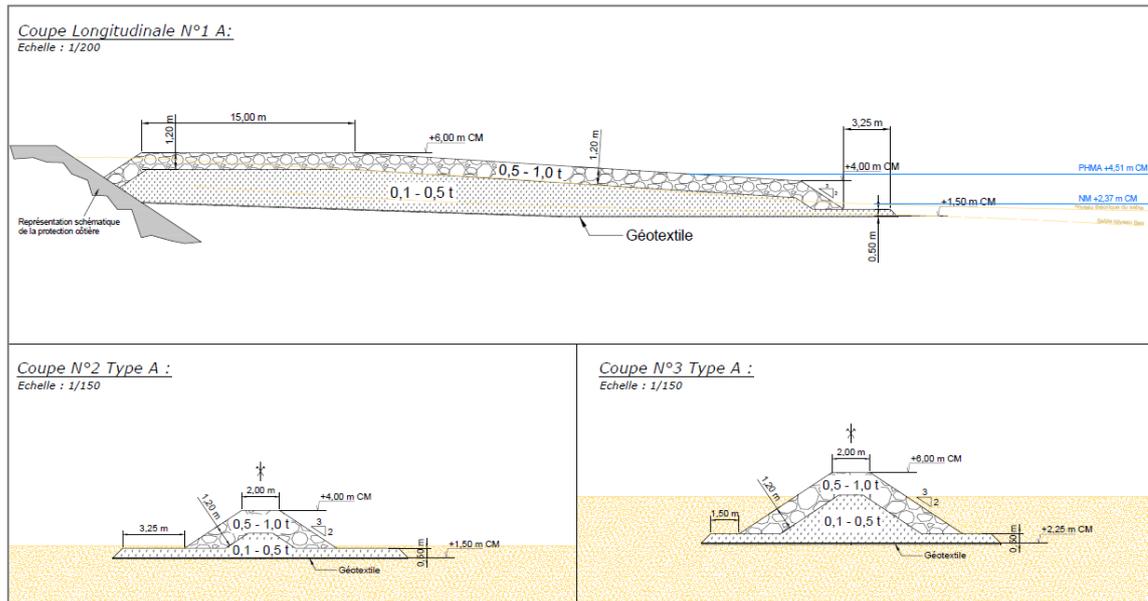


Figure 43. Coupes types d'un épi en enrochements type A

Les vues en plan et les coupes types attachées à la fin de ce document (Annexe 1) permettent de visualiser l'implantation et la géométrie des ouvrages.

Les quantités de matériaux nécessaires à la réalisation des épis sont les suivantes :

- Enrochements de 0,5 – 1,0 t : 2 600 m³ ;
- Enrochements de 0,1 – 0,5 t : 3 100 m³ ;
- Géotextile : 3 800 m².

La réalisation des épis nécessitera également l'excavation de 9 500 m³ de sable.

Le coût associé à la réalisation des épis est de l'ordre de 1 250 € / ml. Le montant préliminairement défini pour la réalisation des épis en enrochements apparaît dans le tableau suivant :

Tableau 8. Coûts associés à la réalisation du scénario n°1 : épis en enrochements

Désignation	Montant € HT
Réalisation des travaux estimation préliminaire (250 m d'épis) [1]	312 500,00
Frais complémentaires 20 % (études, installation de chantier) [2]	62 500,00
Aléas et incertitudes associés au niveau d'étude 30 % [3]	93 750,00
Total [1 + 2 +3]	468 750,00

5.3.3. Scénario n°2 : épis en bois

Les épis sont définis en considérant les contraintes suivantes :

- Niveaux de sable et profils de sable observés sur le site (niveau haut, niveau bas et pente) :
 - Le niveau de crête de l'ouvrage a été retenue afin de dépasser de 0,5 à 1,0 m par rapport aux profils de plage estivaux ;
 - Le niveau de la fiche nécessaire en fonction des niveaux bas. Pour les pieux composant les épis bois une fiche minimale de 1,5 x la hauteur libre du pieux est considérée ;
 - La longueur de l'ouvrage est également fonction de la pente des profils afin de limiter les travaux en eaux ;

Une analyse des niveaux de sable est réalisée dans le paragraphe 5.3.2.

- Les courants au niveau du musoir des ouvrage peuvent être accélérés et ainsi générer des affouillements au droit de l'ouvrage. Dans le cas des épis bois la fiche des pieux semble offrir une marge de sécurité suffisante. Toutefois, si jugé nécessaire une structure bois, permettant de coiffée les pieux, pourra être mise en place en extrémité d'ouvrage afin de solidariser les pieux entre eux.

Pour la solution en bois un espacement entre les ouvrages de 50 m est considéré en conservant des longueurs d'ouvrage raisonnables. Cela implique la réalisation de 14 épis sur le linéaire de la zone d'étude.

Sur la base des contraintes définies ci-dessus deux types d'épis ont été définis et sont présentés dans le Tableau 9 en page suivante.

Tableau 9. Caractéristiques de la solution épis en enrochements

Désignation	Epis type A : (3 épis Nord + 4 épis Sud)	Epis type B : (7 épis centraux)
Longueur (m)	25,00	20,00
Niveau de crête à l'enracinement (m CM)	6,00	5,75
Niveau de crête au musoir (m CM)	4,00	3,50
Longueur des pieux bois (m)	5,00	5,00
Diamètre des pieux bois (m)	0,15	0,15
Ration espacement / longueur d'ouvrage	2,00	2,50

La distance de 50 m entre épis est égale à 2,0 ou 2,5 fois la longueur de l'épis. Ces valeurs sont cohérentes avec les recommandations standards de 1 à 3 fois.

De manière préliminaire le scénario épis bois est inspiré des épis historiquement réalisés dans la zone d'étude consistant à foncer des pieux bois dans le sable avec un espacement minimum.

Afin d'améliorer l'efficacité des épis en les rendant moins poreux et en solidarissant les pieux entre eux, il pourra être jugé utile de coiffer les ouvrages. Cette structure complémentaire éventuelle n'est pas présentée dans les plans et coupes types. Toutefois, le surcote associé est défini au niveau du chiffrage du scénario



Figure 44. Photographie d'épis en bois (source : bassindarcachon.com).

La réalisation des épis nécessite la mise en œuvre de 1 575 pieux en bois de 5,0 m de long.

Le coût associé à la réalisation des épis est de l'ordre de 550€/ ml plus un cout forfaitaire de 1 000 € pour la connexion avec l'ouvrage de protection côtière existant. Le montant préliminairement défini pour la réalisation des épis en bois apparait dans le tableau suivant :

Tableau 10. Coûts associés à la réalisation du scénario n°1 : épis en bois.

Désignation	Montant € HT
Réalisation des travaux estimation préliminaire (315 m d'épis) [1]	187 250,00
Frais complémentaires 20 % (études, installation de chantier) [2]	37 450,00
Aléas et incertitudes associés au niveau d'étude 30 % [3]	56 175,00
Total [1 + 2 +3]	280 875,00

Le surcout associé à une structure bois complémentaire permettant de coiffer les pieux bois est estimée à 150 €/ml ce qui implique un surcout de l'ordre de 71 000 € (incluant les frais complémentaires et les aléas).

La figure suivante illustre les épis type A et B.

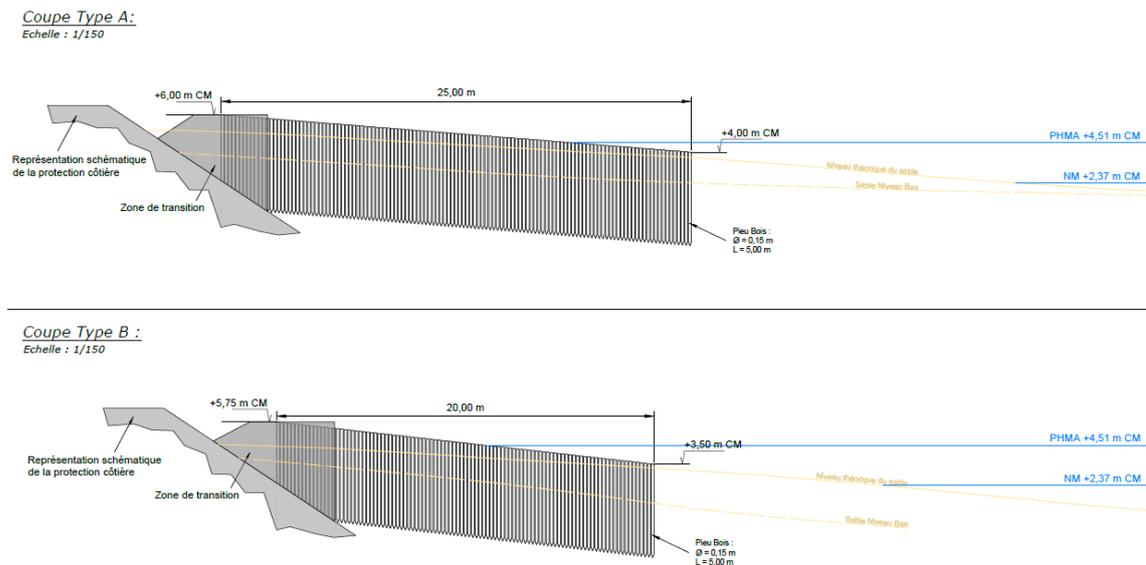


Figure 45. Coupes types d'un épi en bois de type A et B

Les vues en plan et les coupes types attachées à la fin de ce document (Annexe 2) permettent de visualiser l'implantation et la géométrie des ouvrages.

5.4. COMPARAISON DES SCENARIOS

Une analyse préliminaire permet de faire ressortir les avantages suivants pour chaque scénario :

Les avantages associés au scénario « épis en enrochements » préliminairement identifiés sont les suivants :

- Les enrochements offrent une meilleure durabilité, du fait du caractère inerte du matériau ;
- Les épis en enrochements constituent des ouvrages robustes ne nécessitant pas de technicité spécifique pour leur exécution ;
- L'espacement entre les épis offre des linéaires de plage plus importants ;
- La connexion avec l'ouvrage de protection côtière existant peut être réalisée de manière simple en s'adaptant aux différentes géométries pouvant être rencontrées ;
- Les talus en enrochements permettent une meilleure atténuation des vagues que les solutions verticales pleines. De ce fait, les épis en enrochements semblent être plus efficaces pour stabiliser le sable des plages.

Les avantages associés au scénario « épis en bois » préliminairement identifiés sont les suivants :

- L'exécution des épis en bois ne réclame pas d'excavation ce qui peut fortement simplifier la réalisation des ouvrages en zone de marnage ;
- Les matériaux nécessaires à la réalisation des ouvrages peuvent être trouvés localement et sont considérés comme renouvelables ;
- Le coût des épis bois est inférieur, ce qui permet la réalisation d'un plus grand nombre d'épis et ainsi réduire la largeur des casiers et potentiellement améliorer l'efficacité du système de stabilisation.

Pour les deux solutions, il sera nécessaire de réaliser une analyse précise des ouvrages existants afin de s'assurer des possibles interactions problématiques. Dans le cas des épis en enrochements, il est nécessaire de réaliser une excavation, ce qui peut déstabiliser un ouvrage existant tel qu'un émissaire. En ce qui concerne les épis bois, le fonçage des pieux nécessite de purger le sable de la présence d'éléments durs provenant par exemple des ouvrages historiques. Ainsi, la localisation précise des épis pourra être amenée à évoluer en fonction de reconnaissances de terrain permettant de mieux caractériser le site et les ouvrages s'y trouvant.

Enfin, de nombreux usages coexistent sur la plage du Moulleau (baignade, clubs de plage, cercles de voile) et la commune procède fréquemment à des opérations de nettoyage et de retroussage pour limiter l'ensablement éolien des promenades et jardins. L'implantation d'épis compartimentera la plage et limitera (voir empêchera) la circulation des engins.

6. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

La zone d'étude, située entre la jetée du Moulleau et la résidence le Panoramic au Nord, est sujette à des phénomènes d'érosion chroniques qui se traduisent par un abaissement des plages. Par ailleurs, la zone du banc du Moulleau, delta de flot du Bassin d'Arcachon, est une zone très active d'un point de vue hydrosédimentaire avec des changements permanents de la configuration des fonds. Ainsi, le SIBA met en œuvre depuis plusieurs années des campagnes annuelles de dragage/ réensablement de façon à maintenir l'accessibilité à la jetée du Moulleau et à préserver les plages. Dans ce contexte, le SIBA a souhaité étudier la pertinence de la mise en place d'épis sur le secteur dans le but de stabiliser le trait de côte et ainsi de limiter le réensablement.

Dans un premier temps, la revue bibliographique et l'analyse des données bathymétriques acquises de 2003 à 2019 ont conduit aux conclusions suivantes :

- L'évolution actuelle des passes provoque la migration du chenal du Pyla vers le Nord ;
- Cette migration contraint le banc du Moulleau à venir se plaquer à la côte et entraîne le pincement du chenal du Moulleau Nord ;
- Ce phénomène engendre un déficit chronique de sédiment entre la jetée du Moulleau et le banc de Pereire ;
- Un exhaussement du fond au niveau de la jetée du Moulleau est observé depuis plusieurs années.

Cette analyse, couplée à une modélisation hydrodynamique 2DH permet de caractériser le fonctionnement hydro sédimentaire du secteur :

- Le courant de flot est dominant dans le chenal du Pyla et le courant de jusant est prédominant au Nord de la jetée. Cette asymétrie engendre une zone d'accumulation qui se traduit par un bombement du trait de côte ;
- Positionné au Sud de la jetée en 2003, ce bombement migre vers le Nord sous l'effet de la remontée du Chenal du Pyla et engendre un ensablement important au niveau de la jetée.

A partir de 2017, le chenal du Pyla cisaille le banc du Moulleau qui prend alors une forme en Z et se fragmente en deux unités en 2019. Si cette tendance se poursuit, le banc du Moulleau pourrait s'accoler au littoral.

Dans l'hypothèse contraire d'un non accollement du banc, la pertinence de la mise en place d'épis sur le secteur dans le but de stabiliser le trait de côte a ensuite été étudiée. Deux solutions techniques, inspirées des solutions historiquement mises en œuvre dans le bassin d'Arcachon ont été appréhendées :

- Une solution avec des épis en enrochements ;
- Une solution avec des épis en bois.

Si la solution bois ressort de l'analyse multicritère (AMC) présentée ci-après, le recourt à ce type d'aménagement sur le littoral compris entre la jetée du Moulleau et la résidence Panoramic apparaît peu pertinent au regard du fonctionnement hydrosédimentaire de ce secteur et du retour d'expérience associé aux ouvrages existants. En effet, en l'absence de courant de dérive marqué, une grande partie des mouvements s'effectuent dans le profil et des ré-ensablements resteront nécessaires pour garantir les activités balnéaires sur ces plages. Aussi, il est préconisé de renforcer les suivi topographiques (2 fois par an en dehors des récolements post rechargement) pour optimiser les stratégies de rechargement.

Note	
1	Mauvais
2	Moyen
3	Bon

Catégorie	Scénario 1 "Epis en enrochement"	Note	Scénario 2 "Epis en bois"	Note
Performance/efficacité	Bonne atténuation des vagues permettant une stabilisation efficace des plages	2	Efficacité du système de stabilisation fonction du nombre d'épis	2
Technicité de la mise en oeuvre	Mise en œuvre simple mais difficulté potentielle du fait des excavations dans la zone de marnage	2	Mise en œuvre nécessitant des techniques particulières	2
Interaction avec les ouvrages existant	Réalisation simple (enrochements posés au contact de la protection de front de mer ou autres ouvrages)	3	Nécessite une très bonne connaissance des ouvrages existants et certaines adaptations en terme d'implantation	2
Excavation de sable préalablement nécessaire	Oui, de l'ordre de 9 500m ³	1	Non, pas d'excavation préalablement nécessaire	3
Quantité de matériaux à approvisionner et à mettre en œuvre	Important, volume significatif d'enrochements	1	Apport de matériau limité	3
Pérennité des ouvrages	Plutôt bonne (matériaux inertes)	3	Limitée dans le temps	2
Retour d'expérience	Présence d'ouvrages maçonnés et/ou enrochements sur le secteur	2	Solution inspirée de ce qui a été fait historiquement	2
Empreinte environnementale	Transport par camion et équipements lourds nécessaires	2	Matériau local et renouvelable	3
Impact paysager	Fort	1	Modéré	2
Impact sur les usages	Fort	1	Fort	1
Coûts	478 750 € HT	1	280 875 € HT (351 875 € HT si coiffage des poteaux)	3
	Moyenne	1,7		2,3

Figure 46. Analyse Multicritère des 2 scénarios d'aménagements étudiés.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARTELIA/GEOTRANSFERT (Juillet 2015) : Erosion au niveau des passes du bassin d'Arcachon élaboration d'une stratégie locale de gestion de la bande côtière phases 1 et 2 – Diagnostic risque. Rapport de Phase 1 n° 871 3409 / V2. Etude réalisée pour les communes de Lège-Cap Ferret, La Teste de Buch et Biscarosse.

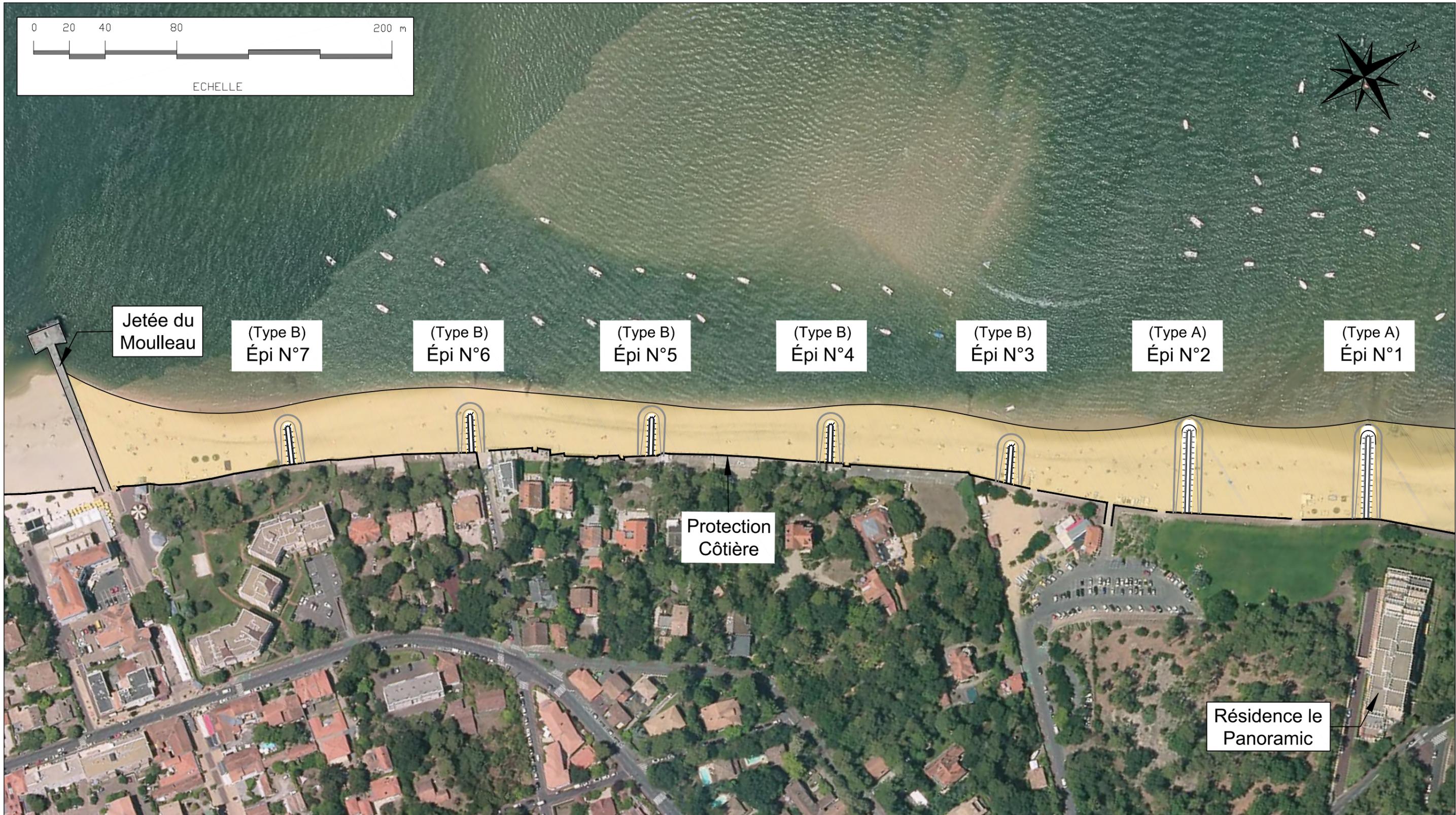
Bernon N., Jude F., Nicolae Lerma A., Gayer C. (2019) - Etat des connaissances sur la dynamique hydrosédimentaire à l'embouchure du Bassin d'Arcachon en lien avec les actions de lutte active souple à la Pointe du Cap Ferret. Rapport final. BRGM/RP-68730-FR, 46 p., 29 fig., 4 tab., 1 ann.

SOGREAH (Janvier 2010). Etude sur l'amélioration des conditions d'accès à la jetée du Moulleau à Arcachon (N° 4311458-URB)

CETMEF / CIRIA / CUR (2009). Guide Enrochements – L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques.

8. ANNEXES

8.1. ANNEXE 1. SCENARIO N°1 : EPIS EN ENROCHEMENTS



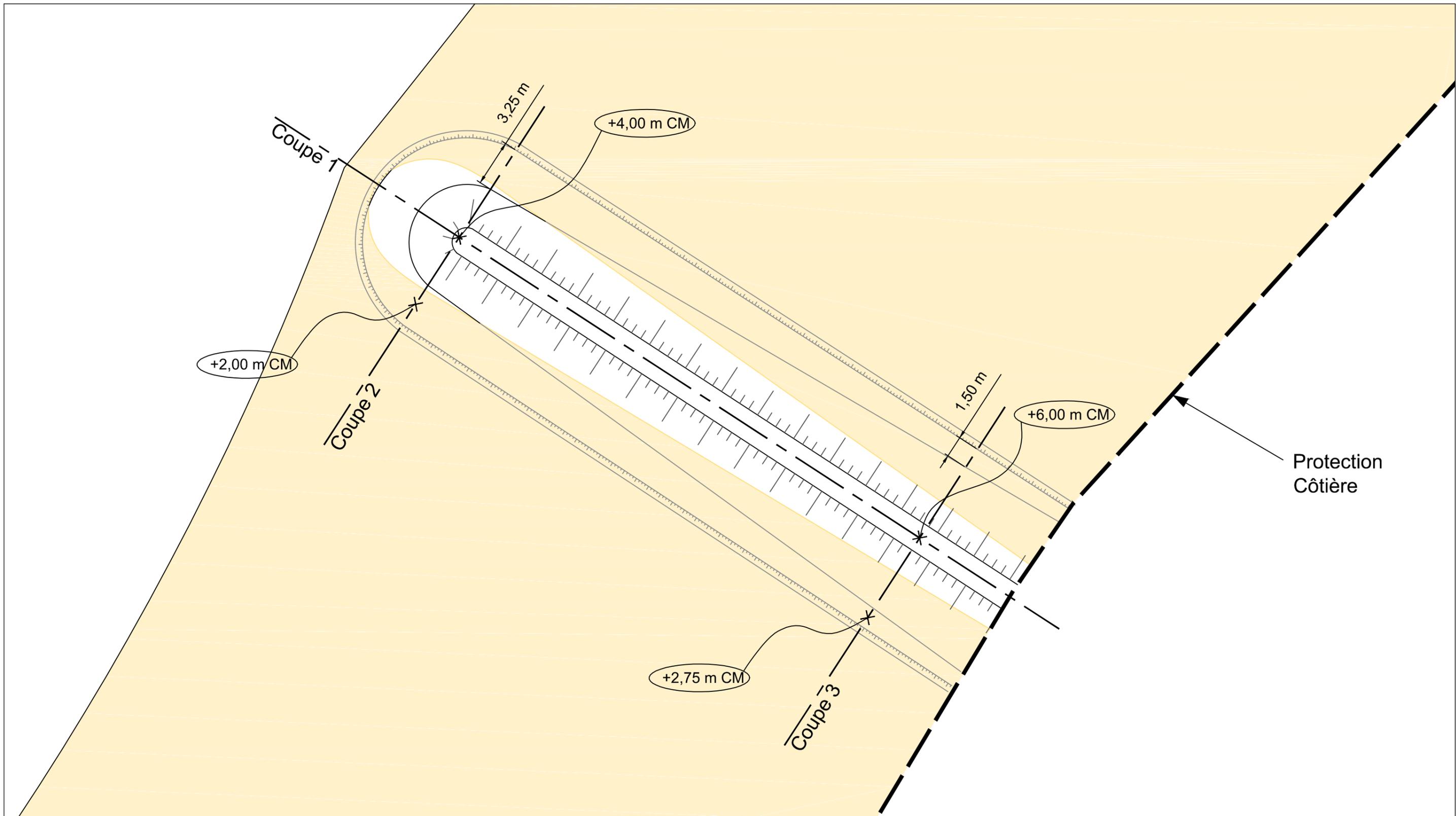
Coordonnées planimétriques : Système RGF93 - Projection Lambert 93
 Altimétrie rattachée au Niveau CM ou ZH

Echelle : 1/2000

CASAGEC INGENIERIE
 Zone de Maignon - 18 rue Maryse Bastié - 64600 - ANGLET
 Tel : 33(0)5 59 45 11 03 Fax : 33(0)5 59 45 11 03
 Email : contact@casagec.fr



	Maître d'Ouvrage : Syndicat Intercommunal Bassin d'Arcachon	Rev	Date	Désignation	Dessiné par	Vérifié par	Validé par	
		0	24/04/2019	Première Version	TVL	ASY	DRY	
Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau - Vue en plan des épis (Scénario N°1)							CI-18077	Plan n° 100



Coordonnées planimétriques : Système RGF93 - Projection Lambert 93
 Altimétrie rattachée au Niveau CM-IGN69

Echelle : 1/250

CASAGEC INGENIERIE

Zone de Maignon - 18 rue Maryse Bastié - 64600 - ANGLET
 Tel : 33(0)5 59 45 11 03 Fax : 33(0)5 59 45 11 03
 Email : contact@casagec.fr



**Maître d'Ouvrage : Syndicat Intercommunal
 Bassin d'Arcachon**

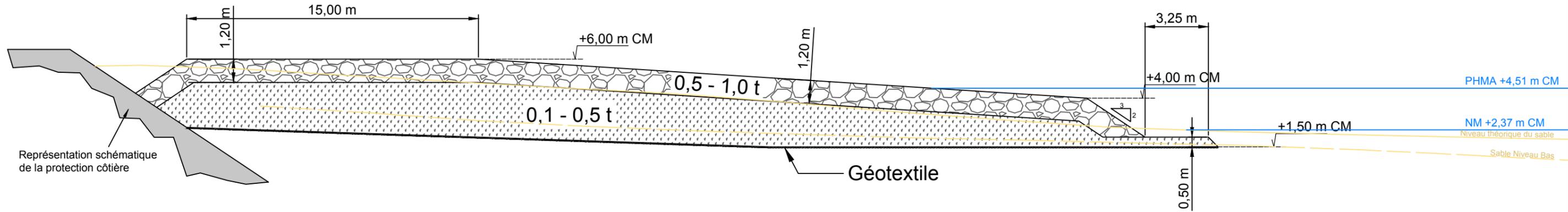
Rev	Date	Désignation	Dessiné par	Vérifié par	Validé par
0	24/04/2019	Première Version	TVL	ASY	DRY

Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau - Vue en plan d'un épi de type A - L= 50 m (Scénario N°1)

CI-18077
 Plan n° 110

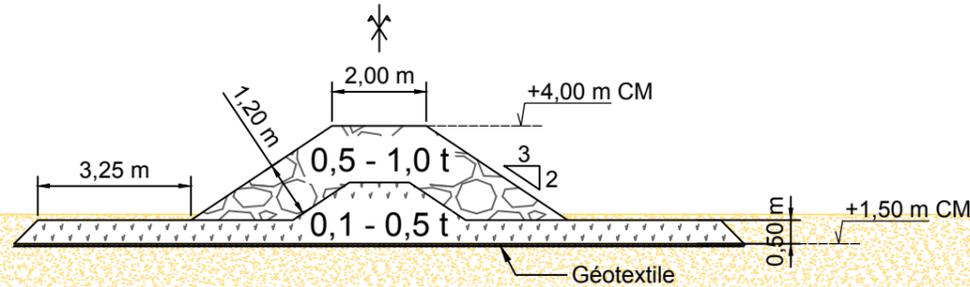
Coupe Longitudinale N°1 A:

Echelle : 1/200



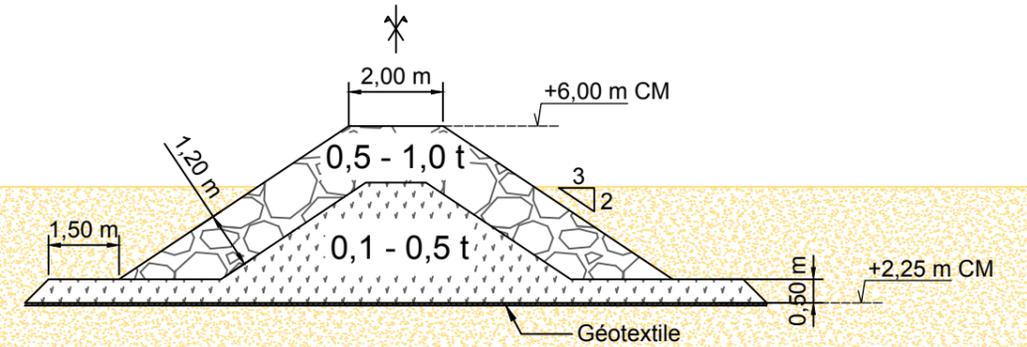
Coupe N°2 Type A :

Echelle : 1/150



Coupe N°3 Type A :

Echelle : 1/150



Coordonnées planimétriques : Système RGF93 - Projection Lambert 93
 Altimétrie rattachée au Niveau CM ou ZH

CASAGEC INGENIERIE

Zone de Maignon - 18 rue Maryse Bastié - 64600 - ANGLLET
 Tel : 33(0)5 59 45 11 03 Fax : 33(0)5 59 45 11 03
 Email : contact@casagec.fr

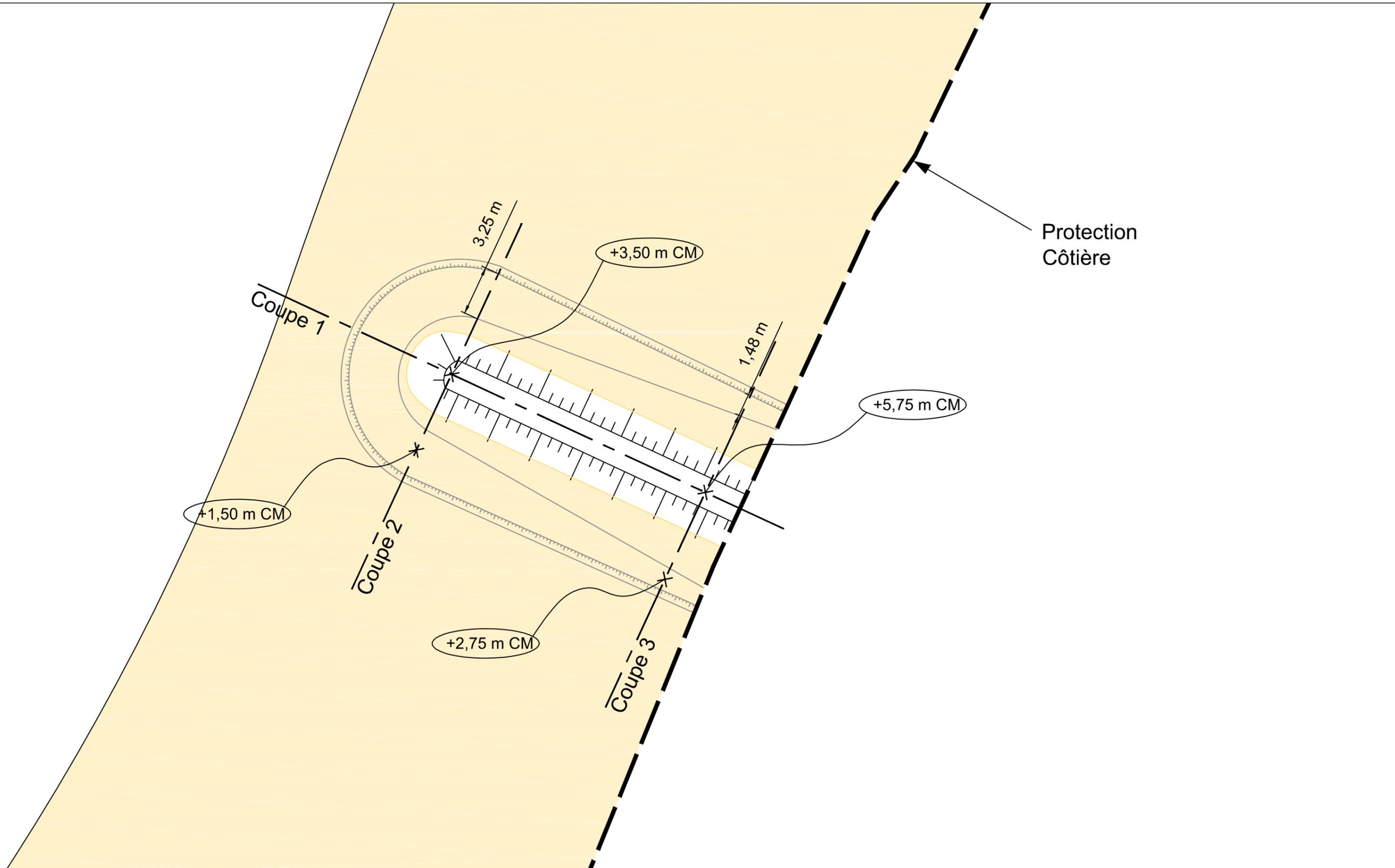


Maître d'Ouvrage : Syndicat Intercommunal
 Bassin d'Arcachon

Rev	Date	Désignation	Dessiné par	Vérifié par	Validé par
0	24/04/2019	Première Version	TVL	ASY	DRY

Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau - Coupes Types d'un épi type A - L= 50 m (Scénario N°1)

CI-18077
 Plan n°
 111



Coordonnées planimétriques : Système RGF93 - Projection Lambert 93
 Altimétrie rattachée au Niveau CM-IGN69

Echelle : 1/250

CASAGEC INGENIERIE

Zone de Maignon - 18 rue Maryse Bastié - 64600 - ANGLET
 Tel : 33(0)5 59 45 11 03 Fax : 33(0)5 59 45 11 03
 Email : contact@casagec.fr



Maître d'Ouvrage : Syndicat Intercommunal
 Bassin d'Arcachon

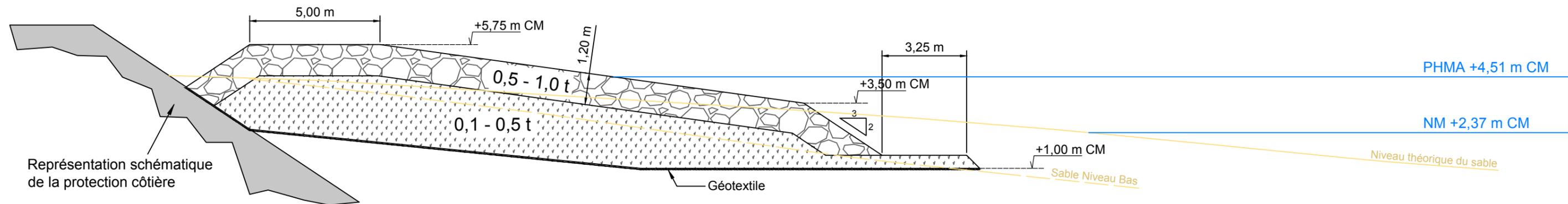
Rev	Date	Désignation	Dessiné par	Vérifié par	Validé par
0	24/04/2019	Première Version	TVL	ASY	DRY

Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau - Vue en plan d'un épi de type B - L= 30 m (Scénario N°1)

CI-18077
 Plan n°
 120

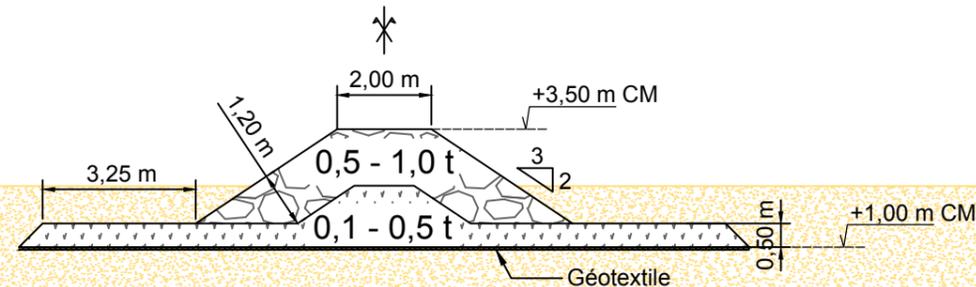
Coupe Longitudinale N°1 B:

Echelle : 1/150



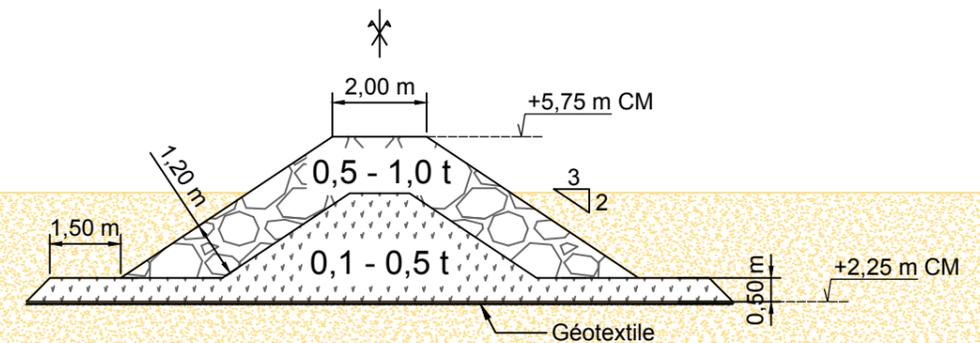
Coupe N°2 Type B :

Echelle : 1/150



Coupe N°3 Type B :

Echelle : 1/150



Coordonnées planimétriques : Système RGF93 - Projection Lambert 93
 Altimétrie rattachée au Niveau CM ou ZH

CASAGEC INGENIERIE

Zone de Maignon - 18 rue Maryse Bastié - 64600 - ANGLET
 Tel : 33(0)5 59 45 11 03 Fax : 33(0)5 59 45 11 03
 Email : contact@casagec.fr



Maître d'Ouvrage : Syndicat Intercommunal
 Bassin d'Arcachon

Rev	Date	Désignation	Dessiné par	Vérifié par	Validé par
0	24/04/2019	Première Version	TVL	ASY	DRY

Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau - Coupes Types d'un épi type B - L= 30 m (Scénario N°1)

CI-18077
 Plan n°
 121

8.2. ANNEXE 2. SCENARIO N°2 : EPIS EN BOIS



Coordonnées planimétriques : Système RGF93 - Projection Lambert 93
 Altimétrie rattachée au Niveau CM ou ZH

Echelle : 1/2000

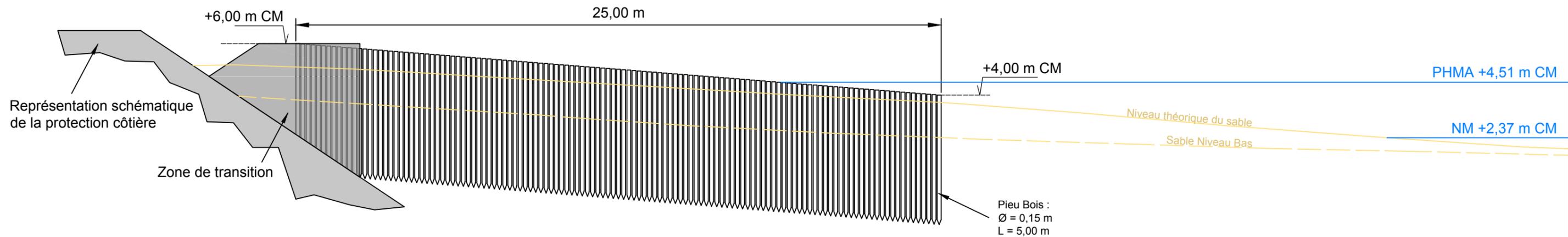
CASAGEC INGENIERIE
 Zone de Maignon - 18 rue Maryse Bastié - 64600 - ANGLLET
 Tel : 33(0)5 59 45 11 03 Fax : 33(0)5 59 45 11 03
 Email : contact@casagec.fr



	Maître d'Ouvrage : Syndicat Intercommunal Bassin d'Arcachon	Rev	Date	Désignation	Dessiné par	Vérifié par	Validé par
		0	29/04/2019	Première Version	TVL	ASY	DRY
Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau - Vue en plan des épis en bois (Scénario N°2)							CI-18077 Plan n° 200

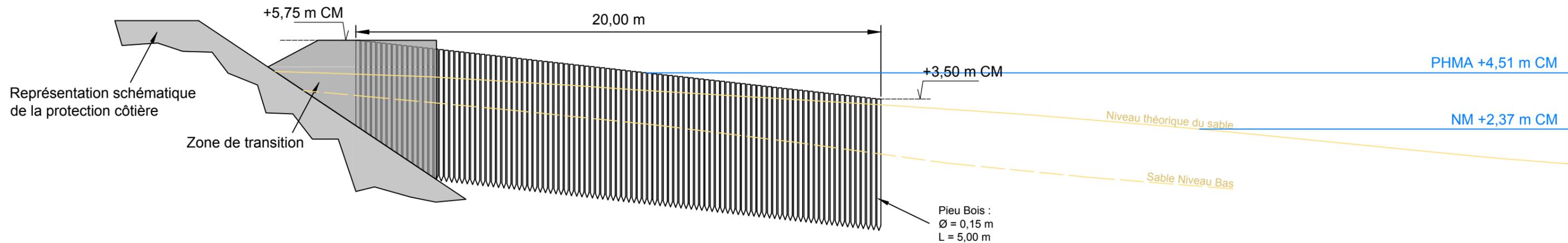
Coupe Type A:

Echelle : 1/150



Coupe Type B :

Echelle : 1/150



Coordonnées planimétriques : Système RGF93 - Projection Lambert 93
 Altimétrie rattachée au Niveau CM ou ZH

CASAGEC INGENIERIE

Zone de Maignon - 18 rue Maryse Bastié - 64600 - ANGLLET
 Tel : 33(0)5 59 45 11 03 Fax : 33(0)5 59 45 11 03
 Email : contact@casagec.fr



Maître d'Ouvrage : Syndicat Intercommunal
 Bassin d'Arcachon

Rev	Date	Désignation	Dessiné par	Vérifié par	Validé par
0	29/04/2019	Première Version	TVL	ASY	DRY

Étude sur la pertinence de mettre en place des ouvrages de type épis sur les plages du secteur du Moulleau - Coupes Types des épis en bois - Épi type A et B

CI-18077
 Plan n° 210