



EROSION AU NIVEAU DES PASSES DU BASSIN D'ARCACHON

ELABORATION D'UNE STRATEGIE LOCALE DE GESTION DE LA
BANDE COTIERE
PHASES 1 ET 2 – DIAGNOSTIC RISQUE

PHASE 1



MAIRIE DE LÈGE
CAP FERRET



Ville de
Biscarrosse

BASSIN D'ARCACHON
SYNDICAT INTERCOMMUNAL

ARTELIA EAU ET ENVIRONNEMENT
BRANCHE MARITIME
AGENCE DE BORDEAUX
6-8 avenue des Satellites
33187 Le Haillan France
Tel. : +33 (0) 5 56 13 85 82
Fax : +33 (0) 5 56 13 85 63



8 71 3409 - EROSION AU NIVEAU DES PASSES DU BASSIN D'ARCACHON
ELABORATION D'UNE STRATEGIE LOCALE DE GESTION DE LA BANDE COTIERE
PHASES 1 ET 2 – DIAGNOSTIC RISQUE – Rapport de phase I

Version	Description	Rédaction	Vérfié	Approuvé	Date
V2	Rapport révisé	TSD/ELC	TSD	TSD	03/07/2015
V1	Rapport provisoire	VMD/VLN/TSD/ELC	ELC	TSD	20/03/2015

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE L'ETUDE	2
2. PRESENTATION GENERALE DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON	4
3. ELEMENTS DE CONNAISSANCE DES EMBOUCHURES DES LAGUNES TIDALES	6
3.1. MORPHOLOGIE D'UNE EMBOUCHURE TIDALE - ELEMENTS CONSTITUTIFS DES EMBOUCHURES TIDALES	6
3.1.1. Généralités	6
3.1.2. Approche hydrodynamique	6
3.2. TRANSPORT SEDIMENTAIRE DANS LES EMBOUCHURES TIDALES	8
3.2.1. Types de transport dominants en fonction du type d'embouchure	8
3.2.2. Approche quantitative	9
4. ANALYSE DU CONTEXTE PHYSIQUE ACTUEL DU DEBOUCHE DU BASSIN D'ARCACHON	10
4.1. REFERENTIEL PLANIMETRIQUE ET ALTIMETRIQUE	10
4.2. NIVEAUX D'EAU	10
4.2.1. Marée astronomique	10
4.2.2. Surcotes dépressionnaires et niveaux d'eau extrêmes	11
4.3. POSITION DU TRAIT DE COTE	12
4.3.1. Définition du trait de côte	12
4.3.2. Données disponibles	12
4.3.2.1. LEVES DE TERRAIN	12
4.3.2.2. LOCALISATION PAR LECTURE DES CARTES BATHYMETRIQUES, PHOTOINTERPRETATION ET IMAGERIE SATELLITAIRE	13
4.3.3. Analyse de la dernière situation disponible du trait de côte	15
4.4. TOPOGRAPHIE	16
4.4.1. Données disponibles	16
4.4.1.1. LEVES GENERAUX	16
4.4.1.2. LEVES SPECIFIQUES	16
4.4.2. Analyse de la dernière situation topographique disponible des plages du débouché	17
4.4.2.1. SITE DU CAP FERRET	17
4.4.2.2. SECTEUR DE LA TESTE-DE-BUCH	18
4.5. BATHYMETRIE	19
4.5.1. Données disponibles	19
4.5.1.1. LEVES GENERAUX DES PASSES ET DES BANCS	19
4.5.1.2. BATHYMETRIES ISSUES DE L'INTERPRETATION DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE	20
4.5.1.3. LEVES SPECIFIQUES DE DETAIL	21
4.5.2. Analyse de la dernière situation bathymétrique disponible du débouché	24
4.6. VENTS	28
4.7. COURANTS DE MAREE ET VOLUMES OSCILLANTS	29
4.7.1. Préambule	29
4.7.2. Données et outils disponibles	29
4.7.3. Informations majeures à retenir	30
4.8. ETATS DE MER	32
4.8.1. Données disponibles	32
4.8.1.1. CAMPAGNES DE MESURES SPECIFIQUES	32
4.8.1.2. BOUEES HOULOGRAPHIQUES	32
4.8.1.3. RECONSTITUTION NUMERIQUE DES ETATS DE MER	33
4.8.1.4. BASE DE DONNEES ANEMOC	34
4.8.1.5. BASE DE DONNEES BOBWA	35
4.8.1.6. COMPARAISON DES DIFFERENTES BASES DE DONNEES	36
4.8.2. Impact du changement climatique sur l'évolution des climats de vagues	37
4.8.3. Informations majeures à retenir	39

4.9.	TEMPETES EXCEPTIONNELLES RECENTES	39
4.9.1.	Martin	39
4.9.2.	Klaus	39
4.9.3.	Xynthia	39
4.9.4.	Tempêtes de l'hiver 2013/2014	40
4.10.	CARACTERISTIQUES DES SEDIMENTS	42
4.11.	MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES - TRANSIT LITTORAL	43
4.12.	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	45
4.13.	OUVRAGES CONSTRUITS SUR LE LITTORAL	47
4.13.1.	Wharf de la Salie	48
4.13.2.	Ouvrages de protection contre les érosions du trait de côte	48
4.13.2.1.	SECTEUR DU CAP FERRET	48
4.13.2.2.	SECTEUR DE LA TESTE-DE-BUCH	49
4.13.2.3.	SECTEUR DE BISCARROSSE	49
4.14.	OPERATIONS DE DRAGAGE - RECHARGEMENT DES PLAGES	49
4.14.1.	Site du Cap Ferret	49
4.14.2.	Site de La Teste-de-Buch	49
4.14.2.1.	OPERATION DE RECHARGEMENT MASSIF – 2003	49
4.14.2.2.	OPERATIONS D'ENTRETIEN	50
4.14.3.	Site de Biscarrosse	51
4.15.	PHOTOGRAPHIES AERIENNES	52
4.15.1.	Prises de vue aériennes verticales - orthophotoplans	52
4.15.2.	Prises de vue aériennes obliques	53
5.	DESCRIPTION DES EVOLUTIONS DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON	54
5.1.	FORMATION DU BASSIN D'ARCACHON – CONTEXTE GEOLOGIQUE ANCIEN	54
5.2.	EVOLUTIONS DU SYSTEME DES PASSES	58
5.2.1.	Méthode	58
5.2.2.	Passe nord et passe sud	62
5.2.3.	Chenal du Ferret	64
5.2.4.	Chenal du Pyla	66
5.2.5.	Informations majeures à retenir	68
5.3.	EVOLUTIONS DES BANCS	68
5.3.1.	Méthode et données	69
5.3.2.	Delta de jusant	69
5.3.2.1.	CAP-FERRET-TOULINGUET	69
5.3.2.2.	TOULINGUET	70
5.3.2.3.	ARGUIN	71
5.3.2.4.	PINEAU	73
5.3.3.	Delta de flot : Bernet, Moulleau	76
5.4.	EVOLUTIONS DU TRAIT DE COTE	78
5.4.1.	Presqu'île du Cap-Ferret	78
5.4.1.1.	LE DOMAINE OCEANIQUE	78
5.4.1.2.	LA POINTE	80
5.4.1.3.	LA FAÇADE ORIENTALE (44 HECTARES)	86
5.4.1.4.	LE MIMBEAU	87
5.4.2.	La Teste-de-Buch entre la jetée du Moulleau et la Corniche	94
5.4.2.1.	DONNEES EXPLOITEES	94
5.4.2.2.	RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION	95
5.4.2.3.	INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR	95
5.4.3.	La dune du Pilat	96
5.4.3.1.	DONNEES EXPLOITEES	96
5.4.3.2.	RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION	96
5.4.3.3.	INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR	96
5.4.4.	Le littoral sud de la dune du Pilat : plages du Petit Nice et de la Lagune	97
5.4.4.1.	DONNEES EXPLOITEES	97
5.4.4.2.	RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION	97
5.4.4.3.	INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR	100
5.4.5.	Les plages de La Salie et le wharf	101
5.4.5.1.	DONNEES EXPLOITEES	101
5.4.5.2.	RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION	101

5.4.5.3.	INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR	104
5.4.6.	Littoral de Biscarrosse	104
5.4.6.1.	DONNEES EXPLOITEES	104
5.4.6.2.	RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION	105
5.4.6.3.	INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR	107
5.5.	EVOLUTIONS DE L'ESTRAN ET DE LA DUNE	108
5.5.1.	Secteur Ferret	108
5.5.2.	Secteur des perrés de La Teste-de-Buch	108
5.5.3.	Secteur de la Dune du Pilat	108
5.5.4.	Secteur Petit Nice /La Lagune / La Salie	109
5.5.5.	Secteur de Biscarrosse	109
6.	CONCEPTUALISATION DU FONCTIONNEMENT DU DEBOUCHE DU BASSIN D'ARCACHON	110
6.1.	CLASSIFICATION DU BASSIN D'ARCACHON SELON LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE	110
6.2.	RELATIONS ENTRE L'EVOLUTION DES PASSES ET DES BANCS	111
6.3.	RELATIONS ENTRE LES POSITIONS DES PASSES ET DES BANCS ET LA POSITION DU TRAIT DE COTE	111
6.4.	ETABLISSEMENT DES PARAMETRES ET INDICATEURS PERTINENTS POUR DECRIRE LE FONCTIONNEMENT DE LA ZONE D'ETUDE	112
6.5.	CONCEPTUALISATION DU FONCTIONNEMENT PASSE DE LA ZONE D'ETUDE SUR LA BASE DES ELEMENTS DE L'ANALYSE RETROSPECTIVE	113
6.6.	PROJECTION DU SCHEMA DE FONCTIONNEMENT CONCEPTUEL AUX HORIZONS +5 ANS, +10 ANS ET +30 ANS	115
7.	DEFINITION D'UN PROTOCOLE DE SUIVI D'INDICATEURS PHYSIQUES ET MORPHOSEDIMENTAIRES	118
7.1.	INTRODUCTION	118
7.2.	PASSES	119
7.3.	FLECHE DU CAP FERRET (FAÇADE ORIENTALE ET POINTE)	120
7.4.	MIMBEAU	121
7.5.	LA TESTE-DE-BUCH ENTRE LA JETEE DU MOULLEAU ET LA CORNICHE	122
7.6.	LE PYLA (DUNE)	123
7.7.	PLAGES DU PETIT NICE ET DE LA LAGUNE	124
7.8.	PLAGES DE LA SALIE ET DU WHARF	125
7.9.	BISCARROSSE	126

oOo

TABLEAUX

TABL. 1 - QUANTIFICATION DES MODES DE TRANSPORT DOMINANT ET INFORMATIONS SUR LA STABILITE DE LA SECTION MOUILLEE DU CHENAL	9
TABL. 2 - RELATION ENTRE LE NIVEAU DES PLUS BASSES MERS ET LE ZERO DU NIVELLEMENT TERRESTRE (SOURCE : SHOM, 2013)	10
TABL. 3 - NIVEAUX DE LA MAREE ASTRONOMIQUE (SOURCE : SHOM, 2013)	10
TABL. 4 - SURCOTES ET NIVEAUX DE PLEINE MER EXTREME CALCULES AU MAREGRAPHE D'ARCACHON-EYRAC (SOURCE : SHOM/CETMEF, 2012)	11
TABL. 5 - NIVEAUX D'EAU MESURES AU MAREGRAPHE D'ARCACHON-EYRAC LORS DES DERNIERES TEMPETES REMARQUABLES	12
TABL. 6 - LISTE DES CARTES BATHYMETRIQUES GENERALES DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON	19
TABL. 7 - LISTE DES SPATIO-CARTES (CARTES BATHYMETRIQUES DES PETITS FONDS) DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON	21
TABL. 8 - LISTE DES LEVES BATHYMETRIQUES DISPONIBLES AU NIVEAU DU WHARF DE LA SALIE (LA TESTE-DE-BUCH)	23
TABL. 9 - LISTE DES SPATIO-CARTES (CARTES BATHYMETRIQUES DES PETITS FONDS) REALISEES ENTRE LE WHARF DE LA SALIE ET LE CENTRE D'ESSAIS ET DE LANCEMENT DE MISSILES (BISCARROSSE)	24
TABL. 10 - PRINCIPALES CAMPAGNES DE MESURES COURANTOLOGIQUES REALISEE AU NIVEAU DU BASSIN D'ARCACHON	29
TABL. 11 - VITESSES MAXIMALES DES COURANTS DE MAREE, DANS LES CHENAUX D'ARES, DU PIQUEY ET DU FERRET	30
TABL. 12 - CALCULS DES VOLUMES OSCILLANTS (PRISME TIDAL) DANS LE BASSIN D'ARCACHON	31
TABL. 13 - DONNEES D'ETATS DE MER ET DE COURANTS ACQUISES IN SITU DANS LE SECTEUR D'ETUDE	32
TABL. 14 - INFORMATIONS SUR LES POINTS DE LA BASE DE DONNEES ANEMOC	35
TABL. 15 - INFORMATIONS SUR LES POINTS D'ANALYSE DE LA BASE DE DONNEES BOBWA-H	36
TABL. 16 - COMPARAISON DES BASES DE DONNEES A LA BOUEE HOULOGRAPHIQUE DE BISCARROSSE (HAUTEURS SIGNIFICATIVES)	36
TABL. 17 - COMPARAISON DES BASES DE DONNEES A LA BOUEE HOULOGRAPHIQUE DU CAP-FERRET (HAUTEURS SIGNIFICATIVES)	37
TABL. 18 - LISTE DES PRISES DE VUE AERIENNES VERTICALES DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON	52
TABL. 19 - LISTE DES PRISES DE VUE AERIENNES OBLIQUES DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON	53
TABL. 20 - QUANTIFICATION DES MODES DE TRANSPORT DOMINANT ET INFORMATIONS SUR LA STABILITE DE LA SECTION MOUILLEE DU CHENAL	101

FIGURES

FIG. 1. DESCRIPTION DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON	5
FIG. 2. CLASSIFICATION DE LA MORPHOLOGIE DES EMBOUCHURES (D'APRES DAVIS AND HAYES 1984).	7
FIG. 3. REPRESENTATION DES DIFFERENTES FORMES MORPHOLOGIQUES DES DEBOUCHES ET DES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES ASSOCIES	8
FIG. 4. LOCALISATION DES SITES	10
FIG. 5. STATISTIQUES DES SURCOTES ET NIVEAUX D'EAU DE PLEINE AU MAREGRAPHE D'ARCACHON-EYRAC. GAUCHE : SURCOTES ; DROITE : HAUTEURS DE PLEIN MER (SOURCE : SHOM/CETMEF, 2012)	11
FIG. 6. TRAIT DE COTE 2014	16
FIG. 7. REPRESENTATION DES LEVES DDTM / SIBA DE 2014 SUR LA CARTE OBTENUE PAR INTERPOLATION DES LEVES	25
FIG. 8. ASSEMBLAGE INTERPOLATION DES LEVES BATHYMETRIQUES DE L'EMBOUCHURE EN 2014 (COTES EN M CM)	26

FIG. 9.	CARTE BATHYMETRIQUE REALISEE PAR LA DDTM EN 2013 (COTES EN M CM)	27
FIG. 10.	DONNEES DE VENT AU CAP FERRET DU 01/01/1986 AU 31/12/2005 (SOGREAH, 2008)	28
FIG. 11.	CHAMPS DE COURANT POUR LES VITESSES MAXIMALES AU JUSANT ET AU FLOT –VIVES-EAUX - BATHYMETRIE DE JUIN 2008 (SOURCE SOGREAH, 2008 : ETUDE HYDROSEDIMENTAIRE DU LITTORAL INTRA- BASSIN DE COURLIS A JANE DE BOY – PHASE 1)	30
FIG. 12.	LOCALISATION DES BOUEES HOULOGRAPHIQUES EN AQUITAINE (SOURCE PHOTOGRAPHIE : GOOGLE EARTH)	33
FIG. 13.	LOCALISATION DES POINTS DE LA BASE DE DONNEES ANEMOC (SOURCE : CETMEF / EDF R&D-LNHE 2010/2011)	34
FIG. 14.	DIAGRAMME DE COMPARAISON ENTRE LES DONNEES BOBWA ET ANEMOC AVEC LES MESURES DE LA BOUEE HOULOGRAPHIQUE DE BISCARROSSE (SOURCE : BRGM, 2013)	37
FIG. 15.	DIAGRAMMES BIVARIES DES CONDITIONS DE VAGUES AU NIVEAU DES BOUEES GASCOGNE (EN HAUT) ET BISCARROSSE (EN BAS) POUR LE SCENARIO PRESENT DE REFERENCE (1961-2000) ET DIAGRAMMES DES CHANGEMENTS ENTRE LE SCENARIO PRESENT (1961-2000) ET LE SCENARIO FUTUR A2 (2061-2100) POUR L'HIVER ET L'ETE (D'APRES CHARLES ET AL., 2012).	38
FIG. 16.	(A) VARIATIONS SAISONNIERES DES FLUX SEDIMENTAIRES LONGITUDINAUX COMPARES AUX FLUX ANNUELS ET (B) FLUX SEDIMENTAIRES LONGITUDINAUX FUTURS (2061-2100) POUR 3 SCENARIOS D'EMISSION DE GAZ A EFFETS DE SERRE (B1, A1B, A2) PAR RAPPORT AUX FLUX ACTUELS (D'APRES CHARLES ET AL., 2012)	38
FIG. 17.	VALEURS DE LMAX VALIDEES PAR LE BRGM (13 JANV. 2015)	41
FIG. 18.	CARTOGRAPHIE DES FONDS SEDIMENTAIRES SUPERFICIELS DU SUD GASCOGNE (D'APRES CREOCEAN, 2012)	42
FIG. 19.	REPARTITION, SUR L'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ETUDE, DES MEDIANES GRANULOMETRIQUES DES SEDIMENTS EN 1979 (A) ET 2009 (B) (SOURCE : DE MONTAUDOUIN ET AL., 2009)	43
FIG. 20.	EMPRISE DU PARC NATUREL MARIN D'ARCACHON	46
FIG. 21.	LES ESPACES CLASSES L.146.6. (SOURCE : MANCIET, 2009)	46
FIG. 22.	CARTES DES DIFFERENTES ZONES REGLEMENTEES SUR LE BASSIN D'ARCACHON (SOURCE : MANCIET, 2009)	47
FIG. 23.	BILAN DE L'OPERATION INITIALE DE RECHARGEMENT EN 2003 (SOGREAH, 2009)	50
FIG. 24.	EVOLUTION HOLOCENE DU BASSIN D'ARCACHON (D'APRES MANAUD, 1971 IN CUIGNON, 1984)	55
FIG. 25.	EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE DU BASSIN D'ARCACHON DE -4000 A NOS JOURS (D'APRES FROIDEFOND, 1982)	56
FIG. 26.	EVOLUTION DE LA FLECHE DU CAP FERRET ET DE L'AXE HYDRAULIQUE PRINCIPAL AU COURS DES 300 DERNIERES ANNEES (D'APRES BOUCHET ET AL., 1997). LES ZONES COLOREES EN BLEU REPRESENTENT LES FONDS SUPERIEURS A -5M CM.	57
FIG. 27.	CARTES ANCIENNES NUMERISEES ET RESDRESSEES, LE NIVEAU -5 MCM EST SURLIGNE DE ROUGE	58
FIG. 28.	TRACE DES TRANSECTS UTILISES POUR ANALYSER L'EVOLUTION DES PASSES	59
FIG. 29.	POSITION DE L'ISOBATHE -5M CM LE LONG DU TRANSECT 6 DE L'EVENTAIL NORD-SUD ENTRE 1810 (A GAUCHE DU DIAGRAMME ET 2013 (A DROITE DU DIAGRAMME), LES ZONES PROFONDES (ENTRE 2 INTERSECTIONS ENTRE L'ISOBATHE -5M ET LE TRANSECT) SONT COLOREES EN BLEU.	60
FIG. 30.	DEFINITIONS TYPOLOGIQUES ASSOCIEES A L'ANALYSE DE L'EVOLUTION DES PASSES	61
FIG. 31.	EVOLUTION DE LA PASSE NORD AU NIVEAU DU TRANSECT N°2 DE L'EVENTAIL NORD-SUD	62
FIG. 32.	EVOLUTION DE LA PASSE NORD AU NIVEAU DU TRANSECT N°4 DE L'EVENTAIL NORD-SUD	63
FIG. 33.	EVOLUTION DE LA PASSE NORD AU NIVEAU DU TRANSECT N°6 (PHARE-WHARF) DE L'EVENTAIL NORD-SUD	63
FIG. 34.	EVOLUTION DE LA PASSE NORD AU NIVEAU DU TRANSECT N°8 DE L'EVENTAIL NORD-SUD	64
FIG. 35.	EVOLUTION DU CHENAL DU FERRET AU NIVEAU DU TRANSECT N°10 DE L'EVENTAIL NORD-SUD	65
FIG. 36.	EVOLUTION DU CHENAL DU FERRET ET DU CHENAL DU PYLA AU NIVEAU DU TRANSECT N°1 DE L'EVENTAIL OUEST-EST	65
FIG. 37.	EVOLUTION DU CHENAL DU FERRET DES TRANSECTS N°1 A N°5 DE L'EVENTAIL OUEST-EST	66
FIG. 38.	EVOLUTION DU CHENAL DU FERRET ET DU CHENAL DU PYLA AU NIVEAU DU TRANSECT N°4 DE L'EVENTAIL OUEST-EST	67
FIG. 39.	EVOLUTION DU CHENAL DU FERRET ET DU CHENAL DU PYLA AU NIVEAU DU TRANSECT N°5 DE L'EVENTAIL OUEST-EST	67

FIG. 40.	EVOLUTION DU CHENAL DU FERRET ET DU CHENAL DU PYLA AU NIVEAU DU TRANSECT N°7 DE L'EVENTAIL OUEST-EST	68
FIG. 41.	MIGRATION DES BANCS (COULEURS CHAUDES) ET CHENAUX (COULEURS FROIDES) AU NIVEAU DU DELTA DE JUSANT SUIVANT UNE COUPE NORD (CAP FERRET) SUD (POINTE D'ARCACHON), D'APRES CAPO ET AL. (2013).	69
FIG. 42.	DEFORMATION DU BANC DE TOULINGUET ENTRE 1986 ET 2010 AU NIVEAU DU 0 HYDROGRAPHIQUE	70
FIG. 43.	EVOLUTION DE LA SURFACE DU BANC D'ARGUIN ET DU BANC DU TOULINGUET AU NIVEAU DU ZERO HYDROGRAPHIQUE (DONNEES SATELLITES)	71
FIG. 44.	ILLUSTRATION DES DEFORMATIONS DU BANC D'ARGUIN AU NIVEAU DU ZERO HYDROGRAPHIQUE EXTRAIT PAR TRAITEMENT D'IMAGES SATELLITES	72
FIG. 45.	EXPORTATION DE BANCS MASSIFS DEPUIS L'EXTREMITÉ SUD DU BANC D'ARGUIN VERS LA POINTE D'ARCACHON (LAFON ET SENECHAL, 2006)	72
FIG. 46.	DEFORMATION ET CREATION DE BRECHES DANS LE BANC D'ARGUIN AU NIVEAU DE L'ISOBATHE + 1 M	73
FIG. 47.	(A GAUCHE) : DEPLACEMENT D'UN BANC DE SABLE ENTRE LE COMPLEXE BANC DU CHIEN – BANC D'ARGUIN ET LA POINTE D'ARCACHON	74
FIG. 48.	A DROITE) : MISE EN PLACE D'UNE BARRE SOUS-MARINE DEPUIS LA POINTE D'ARCACHON, EVOLUTION VERS LE SUD ENTRE 2000 ET 2005	74
FIG. 49.	EVOLUTION DU BAS DE PLAGE AU NIVEAU DE LA POINTE D'ARCACHON ENTRE 1986 ET 2010 A PARTIR DE DONNEES SATELLITES	75
FIG. 50.	ESTIMATION DE LA SURFACE DE LA PLAGE ENTRE LE 0 HYDROGRAPHIQUE ET LE TRAIT DE COTE AU NIVEAU DE LA POINTE D'ARCACHON.	76
FIG. 51.	EVOLUTION DE LA SUPERFICIE DU BANC DE BERNET AU NIVEAU DE L'ISOBATHE -2 M.	77
FIG. 52.	EVOLUTION DE LA MORPHOLOGIE DU BANC DE BERNET ENTRE 1986 ET 2010 AU NIVEAU DE L'ISOBATHE – 2 M.	77
FIG. 53.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE LE LONG DE LA FAÇADE OCEANIQUE DU CAP FERRET	79
FIG. 54.	ANALYSE DES DEPLACEMENTS EN VALEUR ABSOLUE POUR LA PERIODE D'ANALYSE (A GAUCHE) ET DE LA MOBILITE EN M/AN (A DROITE) DU PIED DE DUNE AU NIVEAU DE LA FAÇADE OCEANIQUE DU CAP FERRET	80
FIG. 55.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU TRAIT DE COTE (PIED DE DUNE) A LA POINTE DU CAP FERRET	81
FIG. 56.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE L'ESTRAN (LIMITE SABLE SEC / SABLE HUMIDE) A LA POINTE DU CAP FERRET	81
FIG. 57.	ANALYSE DES DEPLACEMENTS EN VALEUR ABSOLUE POUR LA PERIODE D'ANALYSE (A GAUCHE) ET DE LA MOBILITE EN M/AN (A DROITE) DU PIED DE DUNE AU NIVEAU DE LA POINTE DU CAP FERRET	82
FIG. 58.	EVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE DE LA POINTE DU CAP FERRET DEPUIS 1760	83
FIG. 59.	EVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE DE LA POINTE DU CAP FERRET, ZOOM SUR LES DEUX DERNIERS EPISODES DE SEDIMENTATION	84
FIG. 60.	EVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE DE LA POINTE DU CAP FERRET ENTRE 1950 ET 2014	84
FIG. 61.	COMPARAISON DE LA POSITION DE LA COTE – 5 M (CM) ENTRE 1958 ET 2005	85
FIG. 62.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU TRAIT DE COTE – FAÇADE ORIENTALE DU CAP-FERRET	86
FIG. 63.	FAÇADE ORIENTALE DU CAP-FERRET - BATHYMETRIE DE 2012	86
FIG. 64.	EVOLUTION DES FONDS DE LA FAÇADE ORIENTALE DU CAP-FERRET	87
FIG. 65.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU TRAIT DE COTE (PIED DE DUNE) ET DU BAS ESTRAN DE LA FLECHE DU MIMBEAU	88
FIG. 66.	VITESSE ET DIRECTION DES COURANTS DE MAREE MODELISES LE LONG DE LA FAÇADE ORIENTALE DE LA FLECHE DU CAP-FERRET	89
FIG. 67.	SUPERPOSITION DES ORTHO-PHOTOGRAPHIES DE 1947 ET 2011 (EN TRANSPARENCE) DANS LE SECTEUR DU MIMBEAU	90
FIG. 68.	EVOLUTION DU BAS ESTRAN DANS LE SECTEUR DE LA FLECHE DU MIMBEAU	91
FIG. 69.	EVOLUTION DU PIED DE DUNE DANS LE SECTEUR DE LA FLECHE DU MIMBEAU	91
FIG. 70.	PROGRESSION VERS LE NORD DE L'EXTREMITÉ SEPTENTRIONALE DE LA FLECHE DU MIMBEAU (CONTOURS SUCCESSIFS OBTENUS PAR PHOTO-INTERPRETATION)	92
FIG. 71.	TRAJECTOIRE DE L'EXTREMITÉ DE LA FLECHE DU MIMBEAU DANS LES PLANS OUEST-EST (A GAUCHE) SUD-NORD (A DROITE)	92

FIG. 72.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU TRAIT DE COTE (INTERFACE SABLE HUMIDE / SABLE SEC) AU NORD DU MIMBEAU	93
FIG. 73.	RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU TRAIT DE COTE AU NORD DU MIMBEAU (ENTRE LA PLAGE DU PHARE ET BELISAIRE)	94
FIG. 74.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU TRAIT DE COTE DANS LE SECTEUR DE PERRES DE LA TESTE-DE-BUCH	95
FIG. 75.	EVOLUTION DU PIED DE DUNE DU PILAT (EN BLEU : PHOTO-INTERPRETATION, EN ROUGE : DGPS)	96
FIG. 76.	EVOLUTION DE LA PASSE NORD AU NIVEAU DU TRANSECT N°7 DE L'EVENTAIL NORD-SUD	97
FIG. 77.	EFFET DE LA FUSION DES PASSES PRINCIPALES (ACTUELLE PASSE SUD ET PASSE SECOND EMPIRE ENTRE 1947 ET 1958) SUR L'EVOLUTION DES PLAGES DU PETIT NICE ET DE LA LAGUNE	98
FIG. 78.	EVOLUTION DU PIED DE DUNE (EN BLEU) ET DE LA LIMITE DU RIVAGE (EN ROUGE) A PROXIMITE DU PETIT NICE	99
FIG. 79.	EVOLUTION DU PIED DE DUNE (EN BLEU) ET DE LA LIMITE DU RIVAGE (EN ROUGE) ENTRE LA LAGUNE ET LA SALIE NORD	100
FIG. 80.	COMPARAISON DES LIGNES DE RIVAGES A LA SALIE ENTRE 1959 ET 2012	102
FIG. 81.	EVOLUTION DU FRONT D'EROSION ET DE SEDIMENTATION AU NIVEAU DU WHARF DE LA SALIE	102
FIG. 82.	EVOLUTION DU PIED DE DUNE ET DE LA LIGNE DE RIVAGE A LA SALIE	103
FIG. 83.	EVOLUTION DE LA COTE DU FOND A LA PALEE 22 DU WHARF DE LA SALIE	103
FIG. 84.	METHODE D'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU TRAIT DE COTE ENTRE LE WHARF DE LA SALIE A BISCARROSSE	105
FIG. 85.	EVOLUTION DU TRAIT DE COTE ENTRE LE WHARF DE LA SALIE ET LE ROND-POINT NORD DE BISCARROSSE	106
FIG. 86.	EVOLUTION DU TRAIT DE COTE ENTRE LE ROND-POINT NORD DE BISCARROSSE ET LE CENTRE D'ESSAI ET DE LANCEMENT DE MISSILES	107
FIG. 87.	MODELE DE COMPORTEMENT D'EMBOUCHURES TIDALES N°5 : RUPTURE DE LA FLECHE DE PLATE-FORME (SOURCE : FITZGERALD, KRAUS ET HANDS, 2001)	110
FIG. 88.	SCHEMA DE CONCEPTUALISATION DU FONCTIONNEMENT PASSE DE LA ZONE D'ETUDE	115
FIG. 89.	SCHEMA DE CONCEPTUALISATION DU FONCTIONNEMENT ATTENDU DE LA ZONE D'ETUDE A L'HORIZON 2045	117

oOo

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Le littoral des communes de Lège-Cap-Ferret, La Teste-de-Buch et Biscarrosse est sujet à des phénomènes chroniques d'érosion liés à l'action directe de la mer conjuguée aux flux et reflux des marées au niveau des passes, ce qui se traduit par un recul progressif du trait de côte, un abaissement des plages et une érosion des dunes.

Lors des récentes tempêtes (Martin de décembre 1999, Xynthia de février 2010, ...) mais aussi lors des derniers hivers moins marqués par des événements de cette importance les érosions ont entraîné des reculs de l'ordre de plusieurs mètres. A la sortie de l'hiver 2013/14, il a ainsi été observé :

- un recul de 20 m sur la commune de Lège-Cap-Ferret au niveau de la Pointe du Ferret et des blockhaus et sur la commune de La Teste-de-Buch au niveau du plan plage du Petit Nice¹,
- un recul de 15 m sur la commune de Biscarrosse².

Ainsi aujourd'hui, sur le littoral des communes concernées, la situation est telle qu'elle pourrait à court terme mettre en danger les installations littorales (plan plages, habitations, ...) et dégrader la qualité de l'accueil balnéaire.

Par conséquent, la commune de La Teste-de-Buch, Maître d'Ouvrage, les communes de Lège-Cap-Ferret, de Biscarrosse et le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA), partenaires de la démarche, souhaitent mettre en place une stratégie pérenne de gestion de la bande côtière afin de préserver l'attractivité de leurs littoraux. Cette stratégie devra s'inscrire dans le respect de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte ainsi que dans le cadre de la stratégie régionale de gestion de la bande côtière en Aquitaine élaborée par l'Etat, le Conseil Régional, les 3 Conseils Généraux et l'ensemble des intercommunalités réunis au sein du GIP Littoral Aquitain.

Contrairement aux autres stratégies locales réalisées sur le littoral de la côte sableuse où une projection des tendances passées a permis l'élaboration d'une cartographie de l'aléa érosion, la complexité de l'évolution du système des passes impose une approche innovante en termes de caractérisation de l'aléa érosion par la mise en œuvre d'une approche prospective.

Par conséquent, cette étude est consacrée à l'amélioration de la connaissance du fonctionnement des passes, à l'identification pour les années à venir des enjeux menacés et à la création d'un outil de suivi opérationnel du secteur pour les gestionnaires.

Elle s'organise en 2 phases distinctes :

- Phase 1 en tranche ferme décomposée en 4 étapes :
 - Analyse du contexte physique actuel,
 - Description du fonctionnement passé du système,
 - Définition d'un schéma de fonctionnement hydrodynamique et hydrosédimentaire et hypothèses d'évolution,
 - Définition d'un protocole de suivi d'indicateurs physiques et morfo-sédimentaires adaptés à la zone d'étude.
- Phase 2 en tranche conditionnelle qui concerne les étapes suivantes :
 - Définir et cartographier le niveau d'aléa du littoral de son territoire,
 - Identifier et cartographier les enjeux impactés par l'érosion à court et long terme,

¹ Position comparée du TDC GPS 2013 et du levé terrain de 2014.

² Valeur communiquée par les Services Techniques de la ville.

- Mesurer l'importance du risque érosion sur le littoral entre Lège-Cap Ferret, La Teste de Buch et Biscarrosse,
- Identifier les besoins en études complémentaires.

Les autres étapes qui doivent permettre de définir localement un cadre de gestion du trait de côte (scenarii de gestion, analyse coûts-avantages, analyse multicritères...) pourront être réalisées ultérieurement par chacune des collectivités au regard des résultats de la présente étude.

Le présent document constitue le rapport de phase1. Il s'articule autour des chapitres suivants :

- Présentation générale de l'embouchure du bassin d'Arcachon
- Eléments de connaissance des embouchures des lagunes tidales
- Analyse du contexte physique actuel du débouché du bassin d'Arcachon
- Description des évolutions de l'embouchure du bassin d'Arcachon
- Conceptualisation du fonctionnement du débouché du bassin d'Arcachon
- Définition d'un protocole de suivi d'indicateurs physiques et morpho-sédimentaires.

oOo

2. PRESENTATION GENERALE DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON

Le secteur étudié s'étend de la plage de l'Horizon (plage du petit train) jusqu'à la commune de Biscarrosse :

- Lège Cap Ferret : de la plage de l'Horizon côté océan à la jetée de Bélisaire côté bassin soit environ 8,5 km. Cette zone inclut le secteur de la Pointe, les zones enrochées des 44 hectares et la flèche du Mimbeau (partie interne et partie externe),
- La Teste-de-Buch : de la jetée du Moulleau à la limite communale avec Biscarrosse au sud soit un linéaire d'environ 16 km incluant le secteur du wharf de la Salie,
- Biscarrosse : l'ensemble du linéaire côtier de la commune, jusqu'à la limite de terrain militaire



La nomenclature utilisée dans ce rapport pour décrire l'embouchure est détaillée sur la Fig. 1.

Les passes du bassin d'Arcachon sont, au sens strict, les chenaux de vidange de la lagune qui constituent également les seules voies de communication maritime entre l'intérieur et l'extérieur du Bassin. Deux systèmes de passes se distinguent géographiquement dans l'embouchure: les passes externes connectées à l'océan (passes nord et sud à l'heure actuelle) et les passes internes (chenal du Ferret et du Pyla) qui, elles, relient les passes externes à l'intérieur du Bassin. Dans certaines configurations morphologiques, un chenal traversier se développe qui permet une connexion efficace entre le chenal du Ferret à l'extrémité nord de l'embouchure et la passe sud, à l'extrémité méridionale.

Les passes sont séparées par des bancs. Passes et bancs constituent un delta de flot et un delta de jusant au niveau des passes internes et externes, respectivement. Le delta de flot comprend le banc du Moulleau, rattaché à la plage éponyme, et le banc de Bernet qui occupe la partie centrale du delta de flot et de ce fait il joue un rôle significatif dans la dynamique des passes, bien que ce banc de Bernet n'évolue que peu (à noter que son évolution est plutôt à une migration vers l'ouest, depuis le début des années 1970 au nord du banc et des années 1990 au sud du banc).

Dans le delta de jusant, entre le Cap Ferret et la passe nord, plusieurs bancs séparés de passottes coexistent. Le plus important, localisé contre la passe nord est le banc du Toulinguet. Entre la passe nord et la passe sud s'étend le banc d'Arguin. Plus au sud, au niveau de la Pointe d'Arcachon au nord du wharf, on retrouve le banc du Pineau.

Les plages sur lesquelles porte notre analyse sont également localisées sur la Fig. 1 ci-après.



Fig. 1. Description de l'embouchure du Bassin d'Arcachon

3. ELEMENTS DE CONNAISSANCE DES EMOUCHURES DES LAGUNES TIDALES

3.1. MORPHOLOGIE D'UNE EMOUCHURE TIDALE - ELEMENTS CONSTITUTIFS DES EMOUCHURES TIDALES

3.1.1. Généralités

Les embouchures tidales sont caractérisées par de larges corps sédimentaires déposés et conjointement modelés par les courants de marée et les vagues. Une embouchure tidale est formée de trois grandes unités (Bruun, 1978) :

- **la partie océanique (ou maritime)** qui inclue les corps sédimentaires externes et une ou plusieurs passes ou chenaux. Les corps sédimentaires externes sont généralement nommés « delta de jusant » (ebb-tidal delta en anglais).
- **la partie lagunaire** qui inclue les corps sédimentaires internes et un ou plusieurs chenaux. Les corps sédimentaires internes sont nommés « delta de flot » (flood-tidal delta en anglais),
- **la gorge** qui est la partie centrale de l'embouchure entre la partie océanique et lagunaire. Il s'agit généralement de la section mouillée la plus étroite du système et correspond souvent à la partie la plus profonde des chenaux.

3.1.2. Approche hydrodynamique

Hayes (1979) puis Davis et Hayes (1984) ont classé les embouchures tidales en fonction de l'influence relative de la marée et de la houle.

La marée est caractérisée par le marnage moyen local (défini sur une marée moyenne de coefficient 70) avec les classes de valeurs suivantes :

- régimes microtidaux (marnage moyen < 1m),
- régimes mésotidaux modérés (1m < marnage moyen < 2m),
- régimes mésotidaux forts (2m < marnage moyen < 3,5m),
- régimes macrotidaux modérés (3,5m < marnage moyen < 5,5m) (correspond au bassin d'Arcachon),
- régimes macrotidaux forts (marnage > 5,5m).

De même, l'énergie de la houle est considérée comme suit (Hs moyen représentant les hauteurs significatives moyennes au droit de l'embouchure sur la partie océanique) :

- Hs moyen < 0,6 m : régime faible,
- 0,6 m < Hs moyen < 1,5 m : régime modéré (correspond au bassin d'Arcachon),
- Hs moyen > 1,5 m : régime fort.

L'influence relative de ces deux paramètres hydrodynamiques permet de différencier quatre grandes classes d'embouchures tidales avec des caractéristiques clairement identifiables :

- Les embouchures dominées par la houle, qui sont caractérisées par un delta de jusant peu développé, alors que le delta de flot est important et constitué de plusieurs lobes. Les chenaux sont en général peu profonds,

- Les embouchures à énergie mixte néanmoins dominées par la houle présentent un delta de jusant un peu plus développé, mais la majorité des corps sableux reste localisée près de l'embouchure,
- Les embouchures à énergie mixte dominées par la marée présentent un delta de jusant plus développé, et le nombre de passes est important. Pour ces embouchures dites « à énergie mixte », la morphologie et la géométrie des différentes unités sédimentaires sont très variables,
- Les embouchures dominées par la marée sont caractérisées par des deltas de jusant très développés et par la présence de nombreux bancs découvrants de part et d'autre des profonds chenaux de marée.

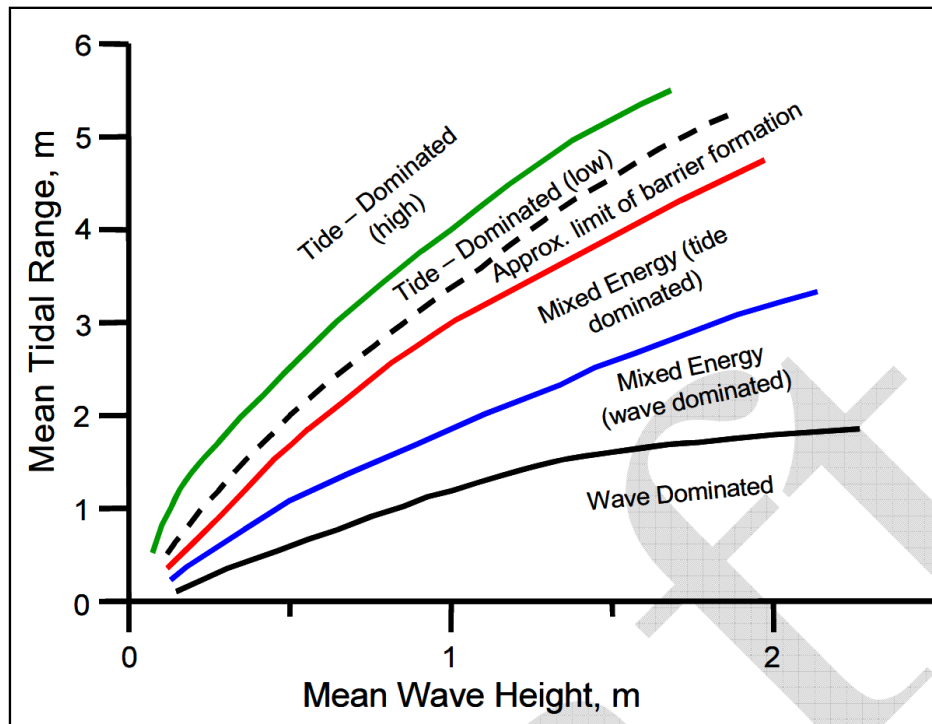


Fig. 2. Classification de la morphologie des embouchures (d'après Davis and Hayes 1984).

3.2. TRANSPORT SEDIMENTAIRE DANS LES EMBOUCHURES TIDALES

3.2.1. Types de transport dominants en fonction du type d'embouchure

Le transport (ou transfert) sédimentaire au niveau des embouchures tidales est généralement conceptualisé en fonction de la classification hydrodynamique des embouchures (cf. paragraphe précédent).

- **Les embouchures dominées par la marée** ont tendance à avoir de larges deltas de jusant avec des chenaux présentant des barres prononcées. Le transfert sédimentaire dominant se fait par les courants de marée : les sédiments entrent d'un côté de l'embouchure lors du flot et une partie retourne à l'extérieur pendant le jusant,
- **Les embouchures dominées par la houle** ont tendance à présenter un delta de jusant semi-circulaire. Le transfert sédimentaire se fait de manière dominante par le déplacement des barres sableuses sous l'action des vagues déferlantes et les courants de dérive ainsi générés. Le delta de flot est généralement très développé car les quantités de sables pénétrant dans la lagune sous l'action des vagues ne peuvent pas être remobilisées vers l'extérieur par les courants de marée trop faibles,
- **Les embouchures mixtes** partagent les caractéristiques des deux embouchures précédemment décrites. Dans ce type d'embouchure, les caractéristiques du delta de jusant peuvent être à la fois expliquées par la marée et les vagues :
 - La taille du delta de jusant et l'extension du lobe terminal sont à ramener à la puissance des courants de marée,
 - La forme, la position et le déplacement des barres sédimentaires et des chenaux sont à ramener à l'intensité des vagues déferlantes.

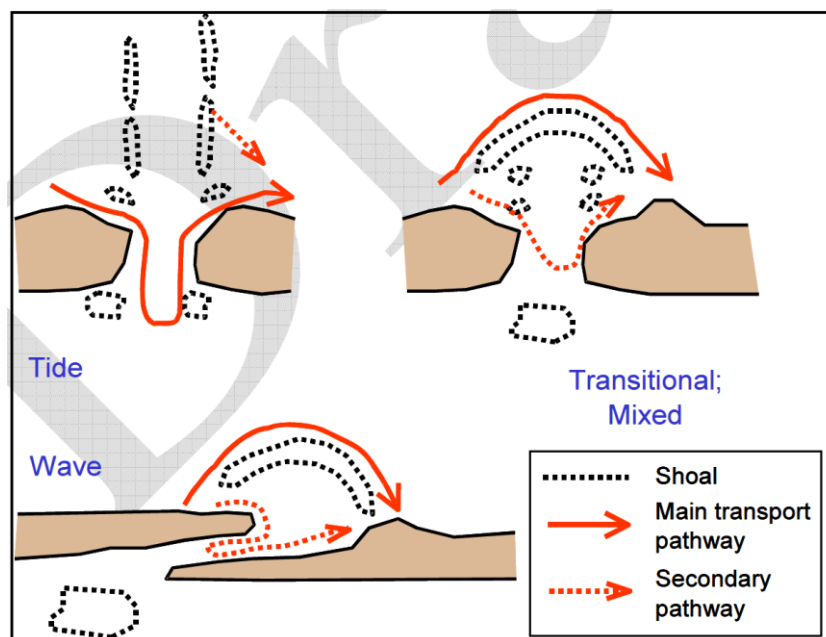


Fig. 3. Représentation des différentes formes morphologiques des débouchés et des transports sédimentaires associés

3.2.2. Approche quantitative

Bruun et Gerritsen (1959) ont défini le paramètre r pour prédire le type de mode de transport sédimentaire présent sur une embouchure tidale :

$$r = \frac{P}{M}$$

où P est le prisme tidal en marée de vives-eaux et M est le transport longitudinal sableux total arrivant dans l'embouchure en une année (= somme des transports sableux alimentant l'embouchure à ses deux côtés).

Le paramètre r exprime la force relative entre les courants de marée qui tendent à évacuer les sédiments de la lagune et celle des vagues qui tendent à faire entrer du sédiment dans l'embouchure.

La classification proposée par les deux auteurs est donnée dans le tableau suivant.

Tabl. 1 - Quantification des modes de transport dominant et informations sur la stabilité de la section mouillée du chenal

Valeur du paramètre r	Mode de transport dominant	Stabilité du chenal
$r < 20$	Migration des barres sédimentaires	Chenal instable. L'embouchure peut se fermer suite au dépôt des sédiments durant une tempête. Pas de chenal de navigation
$r = 20 - 50$	Migration des barres sédimentaires avec présence de barres multiples	Chenal très variable tant en position qu'en aire de sa section mouillée. Présence de chenaux multiples possible. Le maintien d'un chenal navigable passe généralement par la présence de digues et d'opérations de dragage
$r = 50 - 150$	Migration des barres sédimentaires + transport par les courants de marée	Chenal principal clairement identifiable et delta de jusant bien développé
$r > 150$	Transport par les courants de marée	Chenaux stables

o0o

4. ANALYSE DU CONTEXTE PHYSIQUE ACTUEL DU DEBOUCHE DU BASSIN D'ARCACHON

4.1. REFERENTIEL PLANIMETRIQUE ET ALTIMETRIQUE

Le référentiel planimétrique utilisé dans le cadre de cette étude sera le Lambert93. Néanmoins, certaines cartes anciennes peuvent être exprimées en Lambert III sud ou Lambert II étendu.

La relation entre le niveau des plus basses mers (0 m Cote Marine ou Zéro Hydrographique) et le zéro du nivellement terrestre est donnée dans le tableau suivant :

Tabl. 2 - Relation entre le niveau des plus basses mers et le zéro du nivellement terrestre (source : SHOM, 2013)

Nom	Repère fondamental	Organisme	Date	ZH/Réf
Arcachon	O.B.N3-69	IGN	1982	-1,980 m
Cap-Ferret	O.N.C3-41	IGN	1975	-1,981 m

En l'absence d'indications contraires, les cotes dans le présent rapport seront exprimées en mètres cotes marines (m CM).

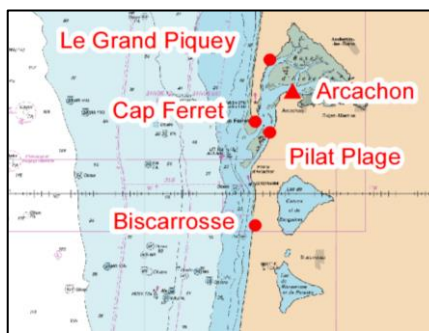


Fig. 4. Localisation des sites

4.2. NIVEAUX D'EAU

4.2.1. Marée astronomique

Les niveaux d'eau induits par la marée astronomique sont donnés ci-après :

Tabl. 3 - Niveaux de la marée astronomique (source : SHOM, 2013)

Nom	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Arcachon	4,91	4,35	3,40	2,48	1,30	0,45	-0,07
Le Grand Piquey	4,65	4,20	3,25	2,37	1,25	0,30	-0,28
Cap-Ferret	4,51	4,20	3,35	2,37	1,40	0,60	0,03
Pilat Plage	4,54	4,05	3,20	2,33	1,30	0,45	-0,09
Biscarrosse	4,91	4,35	3,35	2,49	1,55	0,55	-0,03

PHMA : Plus Hautes Mers Astronomiques (coef. 120)
 PMVE : Pleine Mer de Vives Eaux (coef. 95)
 PMME : Pleine Mer de Mortes Eaux (coef. 45)
 NM : Niveau Moyen

BMME : Basse Mer de Mortes Eaux (coef. 45)
 BMVE : Basse Mer de Vives Eaux (coef. 95)
 PBMA : Plus Basses Mers Astronomiques (coef. 120)

La marée est de type semi-diurne. En vive eau, la marée est quasiment symétrique, avec une durée moyenne du flot de 6 h 20 et de 6 h pour le jusant. En morte eau, la marée est nettement asymétrique, le montant présentant une durée moyenne de 7 h et le descendant durant 5 h 25 en moyenne (L'Yavanc, 1995).

Le marnage lors des marées de vives-eaux (coef. 95) est de 3,60m au niveau du Cap-Ferret ce qui permet de définir le Bassin d'Arcachon comme appartenant au régime mésotidal (marnage de vives-eaux compris entre 2 et 4 mètres).

4.2.2. Surcotes dépressionnaires et niveaux d'eau extrêmes

Les dépressions atmosphériques et le vent peuvent localement générer une augmentation (ou une diminution) du niveau d'eau par rapport à la marée astronomique théorique.

Les surcotes dépressionnaires et les niveaux extrêmes au niveau du marégraphe d'Arcachon situé à la jetée d'Eyrac ont été étudiés par le SHOM et le CETMEF en 2012. Les informations fournies sont reprises ci-dessous :

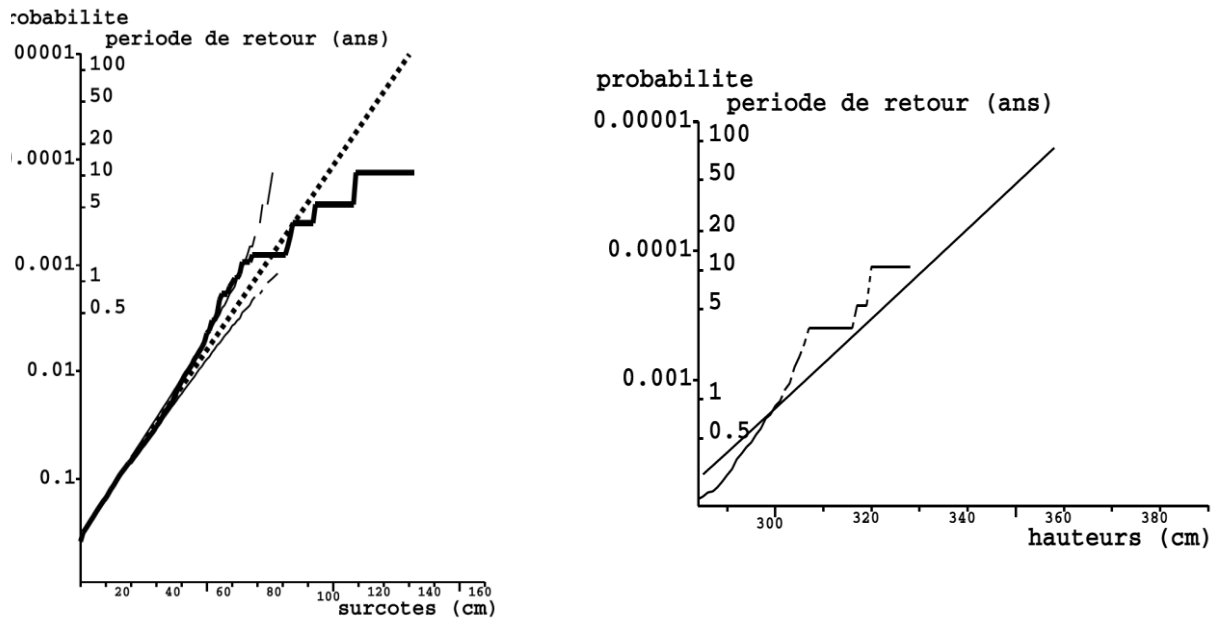


Fig. 5. Statistiques des surcotes et niveaux d'eau de pleine mer au marégraphe d'Arcachon-Eyrac. Gauche : surcotes ; Droite : hauteurs de pleine mer (source : SHOM/CETMEF, 2012)

La lecture de ces deux graphiques donnés précédemment permet de donner les informations suivantes sur les surcotes et niveaux d'eau de pleine mer extrêmes :

Tabl. 4 - Surcotes et niveaux de pleine mer extrême calculés au marégraphe d'Arcachon-Eyrac (source : SHOM/CETMEF, 2012)

Période de retour (ans)	Surcote	Niveau de pleine mer
1	0,7 m	5,03
10	1 m	5,28
20	1,10 m	5,38
50	1,20 m	5,48
100	1,30 m	5,58

Les niveaux d'eau mesurés au niveau du marégraphe d'Arcachon-Eyrac lors des dernières tempêtes remarquables sont donnés dans le tableau suivant :

Tabl. 5 - Niveaux d'eau mesurés au marégraphe d'Arcachon-Eyrac lors des dernières tempêtes remarquables

Nom	Date	Niveau total mesuré (m CM)
Tempête Klaus	24 janvier 2009	5,14
Tempête Martin	28 déc. 1999	Pas de mesure
Tempête Xynthia	28 fév. 2010	4,89
Tempête hiver 2014	9 fév. 2014	5,04

4.3. POSITION DU TRAIT DE COTE

4.3.1. Définition du trait de côte

Le trait de côte est par définition la ligne d'intersection de la surface topographique avec le niveau des plus hautes mers astronomiques (définition du SHOM) et par extension, la limite entre la mer et la terre (MEEDDM, 2010).

Sur les côtes méso à macro-tidales sableuses, il est préconisé de définir le trait de côte comme la limite entre la dune et la plage qui correspond selon la configuration géomorphologique à l'un et/ou l'autre des indicateurs suivants (Aubié et al., 2011) :

- Le pied de falaise dunaire (rupture de pente topographique) ;
- Le pied d'ouvrage ;
- La crête de dune (ou abrupt de la dune) ;
- La ligne de débris (trace de tempête passée) et laisse de mer ;
- la limite de la berme (zone d'accumulation de sédiments en haut de plage, liée au déferlement) ;
- la première barre d'avant-côte (due au déferlement des vagues) ;
- la limite de végétation dunaire.

Dans cette étude, les indicateurs de références sont : le pied de dune, marqué soit par une rupture morphologique franche dans les zones en érosion soit par le développement de la végétation pionnière (dune embryonnaire), ou, le cas échéant, le pied d'ouvrage ou la laisse de pleine mer lorsque le pied d'ouvrage est non découvert. Ils sont levés sur le terrain ou obtenu par photo-interprétation et analyse d'image satellite. Parfois, il a été nécessaire de compléter notre analyse en considérant des indicateurs moins académiques mais toutefois utiles : la limite sable humide / sable sec et la largeur de la plage (distance entre le pied de dune et l'interface eau / sédiment).

4.3.2. Données disponibles

4.3.2.1. LEVES DE TERRAIN

Pour caractériser la position du trait de côte, les levés de terrain utilisés pour cette étude proviennent de l'OCA, du BRGM, du laboratoire EPOC, des collectivités, et de GEO-Transfert. Ils sont présentés dans les tableaux de l'ensemble de la section 4.3.2, compilés avec les données obtenues par d'autres moyens d'observation.

4.3.2.2. LOCALISATION PAR LECTURE DES CARTES BATHYMETRIQUES, PHOTOINTERPRETATION ET IMAGERIE SATELLITAIRE

4.3.2.2.1. **Cap-Ferret**

A. Façade Océanique et pointe

Cartes bathy papier anciennes	Rapport de Lavergne 1985	Photointerprétation sur la base des rapports de 1997 et 2003 sur le Ferret	Photointerprétation provenant du BRGM	Levés DGPS partiels BRGM, OCA, EPOC, GEO-Transfert	Interprétation satellitaire Travaux Lafon et al. (2010, 2014), Mallet et al. (2007).
1768	1848	1947	1966	2010	2007
1810	1875	1950	1985	2011	2008
1826	1964	1964	1998	2012	2009
1835	1973	1968	2000	2013	2010
1854	1979	1991	2006	2014	2012 (partiel)
1865	1980	1996	2007		2013 (partiel)
1872	1982	2004	2008		
1909	1984	2005	2009		
1920	1985	2011			
1936					
1958					
1959					
1968					

B. Mimbeau

Rapport de Lavergne, 1985	Photointerprétation sur la base des rapports de 1997 et 2003 sur le Ferret	Interprétation satellitaire Travaux Lafon et al. (2010, 2014),	Lidar / topo
1964	1947	2013	2003
1973	1950		2005
1979	1959		2008
1980	1964		2012
	1968		
	1973		
	1979		
	1982		

4.3.2.2.2. **La Teste-de-Buch**

Au niveau des perrés (de la corniche au Moulleau), on considère le pied du perré comme trait de côte. On observe une morphologie dunaire à l'arrière du perré, mais le pied de dune n'est pas repérable. L'indicateur pied de dune n'est donc pas adapté pour analyser l'évolution de ce secteur du littoral.

A. Dune du Pilat

Photo-interprétation	Photointerprétation provenant du BRGM	Levés DGPS BRGM, OCA, EPOC	Interprétation satellitaire Travaux Lafon et al. (2010, 2014)
1945	1966	2010	2010
1947	1985	2011	2012
1950	1998	2012	2013
1957	2000	2013	
1959	2006	2014	
1964	2007		
1973	2008		
2004	2009		
2005			

B. Sud dune du Pyla jusqu'à la plage de la Lagune

Photo-interprétation	Photointerprétation provenant du BRGM	Levés DGPS BRGM, OCA, GEO-Transfert (partiels)	Interprétation satellitaire Travaux Lafon et al. (2010, 2014)
1945	1966	2011	2010
1947	1985	2012	2012
1950	1998	2013	2013
1957	2000	2014	
1959	2006		
1964	2007		
1973	2008		
1979 (sable sec/humide)	2009		
1991 (sable sec/humide)			
1996 (sable sec/humide)			
2004			
2005			

C. Plages de La Salie, secteur du wharf jusqu'à la limite communale avec Biscarrosse

Photo-interprétation	Photo-interprétation provenant du BRGM	Levés DGPS BRGM, OCA, GEO-Transfert (Partiels)	Interprétation satellitaire Travaux Lafon et al. (2010, 2014)
1945	1966	2010 de part et d'autre du wharf	2010
1947	1985	2011 de part et d'autre du wharf	2012
1950	1998	2012 de part et d'autre du wharf	2013
1957	2000	2013 de part et d'autre du wharf	
1959	2006	2014 de part et d'autre du wharf	
1964	2007		
1973	2008		
2004	2009		
2005			

4.3.2.2.3. **Biscarrosse**

Photo-interprétation	Photo-interprétation provenant du BRGM	Levés DGPS GEO-Transfert	Interprétation satellitaire Travaux Lafon et al. (2010, 2014), Mallet et al. (2007).
1996	2007	2014	2012
2000	2008		
2004	2009		
2011	2010		

4.3.3. Analyse de la dernière situation disponible du trait de côte

Le trait de côte 2014, produit par le BRGM, est présenté sur la Fig. 6.



Fig. 6. Trait de côte 2014

Ce trait de côte (littoral parcouru au quad et pied de dune levé au GPS, OCA, 2014) sera utilisé comme trait de côte initial (trait de côte de référence) pour les projections 2020, 2025 et 2045 (phase 2 de l'étude).

4.4. TOPOGRAPHIE

4.4.1. Données disponibles

4.4.1.1. LEVES GENERAUX

Trois levés lidar ont été acquis en 2005, 2012 et 2014 qui couvrent le Bassin d'Arcachon.

4.4.1.2. LEVES SPECIFIQUES

4.4.1.2.1. Cap-Ferret

Des profils sont réalisés par l'OCA (BRGM/ONF) depuis 2002 à l'échelle annuelle.

Dans le secteur plage 44 Hectares/Mimbeau, outre les deux levés lidar de 2005 et 2012, trois levés topographiques ont été réalisés en mai 2003, avril 2007 et mars 2008.

4.4.1.2.2. La Teste-de-Buch

Les levés topographiques dans ce secteur sont nombreux ; pour l'essentiel, ils ont été réalisés lors des opérations de rechargement de la plage (depuis 2003).

Date	Commentaires
Oct. 2000	SM DDE33
Février 2003	SODRANORD après travaux initiaux de 1,1 million m ³
Sept. 2003	SIBA
Avril 2004	SIBA
Juillet 2004	SIBA
Oct. 2004	SIBA
Déc. 2004	SIBA
Février 2005	DRAFLUMAR après entretien 1 de 150 000 m ³ . Entreprise : DRAFLUMAR
Sept. 2006	SIBA
Janvier 2007	
Février/Mars 2007	SIBA Compagnie Armoricaïne de navigation 160 000 m ³ du musoir Corniche à Place Meller"
Juillet 2008	SIBA
Janvier 2009	SIBA
Février 2009	SIBA après entretien 3 de 106 800 m ³ . Entreprise SDI
Sept. 2009	SIBA + suivis topo et bathy
Mars 2010	SIBA : SDI : 150 000 m ³ du musoir Corniche à Place Meller
2011	SIBA : - plage du Pyla entre l'avenue des vendangeurs et l'avenue du Figuier-plage du Moulleau 16 000 m ³
Mars 2012	SIBA : SDI : 150 000 m ³ du musoir Corniche à Place Meller
Juillet 2013	SIBA : suivi
Février 2014	SIBA Compagnie Armoricaïne de navigation 150 000 m ³ du musoir Corniche à Place Meller
Mars 2014	SIBA : suivi de 8 profils "plage"

4.4.1.2.3. Biscarrosse

Date	Commentaires
1998	Levé de la plage centrale de Biscarrosse (Bergès)
Mars 2000 à août 2003	Levé de la plage centrale de Biscarrosse
2005, 2011, 2012, 2013, 2014	Levé de la plage centrale de Biscarrosse au niveau de 5 profils (Mairie)

4.4.2. Analyse de la dernière situation topographique disponible des plages du débouché

4.4.2.1. SITE DU CAP FERRET

Au niveau de la Pointe du Cap-Ferret, sur la façade océanique, à partir du pied de la dune littorale, la plage, large de 150 à 200 m, présente un profil convexe d'accumulation, puis concave d'érosion, évoluant saisonnièrement. Le bas de plage est bordé par des bancs discontinus de quelques centaines de mètres de long qui délimitent avec lui des dépressions infra-littorales dénommées baïnes (ou bâches).

Le cordon dunaire qui borde la plage est large de plus d'une centaine de mètres en moyenne. Sa hauteur décroît progressivement depuis le Nord de la zone d'étude (environ 12 m) jusqu'à l'extrême pointe Sud (hauteur d'environ 5 m).

Au niveau de cette dernière, la largeur de la plage se réduit progressivement pour atteindre environ 80 m en limite des ouvrages implantés côté est.

Le littoral interne du Cap-Ferret est maintenant complètement artificialisé au droit de la zone des 44 Hectares, l'enrochement qui borde cette zone ayant été conforté après les dommages intervenus lors des tempêtes qui ont sévi durant l'hiver 2013/14.

Au nord de cette zone des 44 Hectares s'étale la flèche du Mimbeau qui abrite une zone dépressionnaire (la Conche du Mimbeau).

La flèche du Mimbeau repose sur un socle sédimentaire relativement plat et plus ou moins développé vers l'est. Ce socle se prolonge par un talus très abrupt (pentes pouvant atteindre 25 à 30%) pour ensuite atteindre le chenal du Ferret avec des profondeurs variant entre -15 et -25m CM.

L'extension de la flèche est de 1 700 m environ vers le nord et sa largeur varie entre son enracinement (entre 50 et 60 m), sa partie centrale (40 à 90 m) et son lobe extrémal maintenant végétalisé (90 à plus de 170 m). Sur les premiers 200 m depuis l'enracinement, la cote de la crête est plus basse ; elle peut varier entre +4,5m CM (au niveau des brèches qui peuvent se former) et +6,0m CM. La partie la plus élevée se trouve au niveau du corps central. Sur les 700 derniers mètres, les cotes retombent sous +6,0m CM.

La conche du Mimbeau présente un chenal principal d'alimentation en entrée se séparant en deux chenaux d'alimentation à environ 450 m au sud de l'entrée. Sa superficie est d'environ 3,4 ha et les profondeurs varient entre +1,0 et +1,5m CM à l'entrée et entre +3,0 et +4,0m CM en fond de conche.

Le littoral au nord du Mimbeau (jusqu'au droit de la jetée Bélisaire), comporte :

- une zone dite de plage, parfois étroite et immergée à pleine-mer, elle est souvent bordée sur le haut par des perrés de protection,
- un estran caractérisé par une sédimentation plus fine, où sont installés les parcs à huîtres, il s'agit d'une zone plane, relativement large dans ce secteur, la largeur se réduisant progressivement vers le nord : 370 m environ au droit du chenal d'alimentation de la conche du Mimbeau, 170 m au niveau de la jetée Bélisaire.

4.4.2.2. SECTEUR DE LA TESTE-DE-BUCH

Sur le secteur de La Teste de Buch, les caractéristiques du littoral au niveau des perrés sont influencées par les multiples interventions humaines visant à tenter de fixer le littoral (épis, perrés, rechargements en sable périodiques, ...). Cette partie du littoral oriental du bassin présente :

- Un haut de plage d'altitude généralement comprise entre +4,5 et +5 m CM au niveau des faces « chargées » des épis (faces sud) et entre +3,5 et +4 m CM sur leur face nord (soit un niveau inférieure au niveau de pleine mer de vive-eau),
- Une plage supérieure au niveau moyen de la mer de largeur variant entre 10 à 30 m, présentant une pente douce, de l'ordre de 5 à 7%, la plage s'enfonçant ensuite rapidement vers le chenal de flot avec des pentes plus fortes d'environ 10%.

Au sud de la zone des perrés, s'étend la dune du Pilat, massif dunaire le plus important de la côte aquitaine (altitude oscillant entre 100 et 115 m au-dessus du niveau de la mer) ; elle s'étend sur 500 m d'est en ouest et sur 2,7 km du nord au sud et constitue un stock sédimentaire d'environ 60 millions de m³ de sable. Du fait de sa lente progression vers l'intérieur du pays, la pente de ce massif dunaire est plus forte côté forêt que côté océan.

Plus au Sud, le littoral du Petit Nice à La Lagune est constitué d'une plage sèche de faible largeur (en moyenne inférieure à 60 m) qui suit l'orientation du chenal du Pyla. Un important cordon dunaire borde la plage ; son altitude décroît progressivement du nord (50 m) vers le sud (en moyenne 15 m). En progressant vers La Salie l'estran sableux s'élargit, pour atteindre une largeur maximale au nord immédiat du wharf (autour de 500 m) et décroître vers le sud. Le bas estran est

parcouru, comme au Nord sur la façade océanique du Cap Ferret, de bancs discontinus et de baïnes. La dune est large et son altitude moyenne est de 10 à 12 m ; son couvert végétal est peu dense par rapport à la dune bordière située plus au nord. Au nord immédiat du wharf, une avant-dune est en phase de formation (et de végétalisation) ; son altitude ne dépasse pas 5 à 6m.

4.5. BATHYMETRIE

4.5.1. Données disponibles

4.5.1.1. LEVES GENERAUX DES PASSES ET DES BANCS

Un important jeu de données bathymétriques est disponible sur les passes et chenaux de l'embouchure du Bassin d'Arcachon. La liste des cartes disponibles est fournie dans le tableau suivant. Des commentaires sont fournis pour chacune des cartes car elles ne couvrent pas toutes le même secteur et, pour certaines, ne font mention que des quelques isobathes spécifiques.

Finalement, certaines cartes très détaillées peuvent être utilisées plus localement sur des secteurs très particuliers telles que les fosses du Cap-Ferret ou le wharf de la Salie. Cette information est aussi reprise dans le tableau ci-après.

Tabl. 6 - Liste des cartes bathymétriques générales de l'embouchure du Bassin d'Arcachon

Date	Format	Commentaire
1768	Papier	1 passe extérieure + passe interne (Levé M. KERNEY)
1810	Papier	1 passe + passe Nord en formation + passe interne (Levé M. RAOUL)
1813	Papier	1 passe + passe Nord en formation + passe interne (Levé M. RAOUL)
1826	Papier	1 passe + passe Nord en formation + passe interne (Levé M. BEAUTEMPS ET BEAUPRE)
1835	Papier	Passe Nord, Passe Sud et Passe interne complètes (Levé M. MONNIER)
1854	Papier	1 passe extérieure + passe interne (Levé M. SAWICZ)
1865	Papier	1 passe extérieure + passe interne (Levé M. BOUQUET DE LA GRYE ET M. CASPARI)
1872	Papier	1 passe extérieure + passe interne (Levé M. CASPARI)
1896	Papier	1 passe extérieure + passe interne
1903	Papier	1 passe extérieure + passe interne
1905	Papier	Passe Nord, passe Sud et passe interne
1909	Papier	Passe Nord, passe interne, manque levé passe Sud
1912	Papier	Passe Nord, passe Sud et passe interne
1916	Papier	Passe Nord, passe Sud
1920	Papier	Passe Nord, passe Sud
1922	Papier	Passe Nord, passe Sud et passe interne
1923	Papier	Passe Nord, passe Sud
1926	Papier	Passe Nord, passe Sud
1928	Papier	Passe Nord, passe Sud
1932	Papier	Passe Nord, passe Sud et passe interne
1936	Papier	Passe Nord, passe Sud et passe interne
1954	Papier	1 passe externe Sud
1958	Papier	1 passe externe Sud, chenal traversier et passe interne
1959	Papier	passe externe Sud, chenal traversier et passe interne
1960	Papier	1 passe externe Sud, chenal traversier et passe interne
1961	Papier	1 passe externe Sud, chenal traversier et passe interne
1962	Papier	1 passe externe Sud, chenal traversier et passe interne
Décembre 1968	Papier	Passes sud et nord (Source : PAB) Carroyage avec valeurs PAS SCANNEE
Juillet 1969	Papier	Passe sud (passe d'entrée), chenal traversier, fosses ferret (Source : PAB)
Juin 1970	Papier	Passe sud (passe d'entrée) partie nord et sud (partie centrale manquante), chenal traversier, partie sud des fosses ferret (Source : PAB)
Juillet 1971	Papier	Passe sud (passe d'entrée), chenal traversier, fosses ferret (Source : PAB)
Juin + Août 1972	Papier	Passe sud (passe d'entrée), chenal traversier, fosses ferret + zone nord (brisants du ferret) (Source : PAB)

Juin 1973 + mars 1974	Papier	Passes sud (passe d'entrée), chenal traversier, fosses ferret. Extrémité de la passe sud levée en mars 1974 (Source : PAB)
Mai 1975	Papier	Passes sud (passe d'entrée), chenal traversier, fosses ferret (Source : PAB)
Juin 1976	Papier	Juste extrémité passe sud (Source : PAB)
Juin 1977	Papier	Juste extrémité passe sud (Source : PAB)
Juin 1978	Papier	Juste extrémité passe sud (Source : PAB)
Mai + juin 1979	Papier	Carte complète avec noms des bancs Toulinguet, Arguin, Bernet (Source : PAB)
Mai 1980	Papier	Chenal traversier + passe sud entière (Source : PAB)
Mai 1981	Papier	Passes sud (passe d'entrée) partie nord et sud (partie centrale manquante), chenal traversier, partie sud des fosses ferret + début de la formation de la passe nord (Source : PAB)
Mai 1982	Papier	Passes sud, chenal traversier + formation passe nord (Source : PAB)
Juin 1983	Papier	Toute la zone complète (Source : PAB)
Juin 1984	Papier	Passes sud, chenal traversier + formation passe nord (Source : PAB)
Mai/Juin + Octobre 1985	Papier	Zone complète (Source : PAB)
Juin 1986	Papier	Ferret, chenal traversier, passe sud + relevé de la laisse de PM au Ferret (Source : PAB)
Mai/Juin 1987	Papier	Zone complète avec ouverture complète de la passe nord (Source : PAB)
Juin 1988	Papier	Zone complète (Source : PAB)
Mai-Octobre 1989	Papier	Actualisation partielle du levé de juin 1988. 1989 : chenal traversier, passe nord, nord de la passe sud et sud de la passe sud (Source : PAB)
Mars Avril Mai 1990	Papier	Zone complète (légende dit que complétée grâce à images SPOT) (Source : PAB)
Mars Mai 1991	Papier	Les 2 passes (pas les bancs). On voit bien la fermeture de la passe sud et la présence du gros banc du Pineau (Source : PAB)
Mars / Juillet 1995	Papier	Passes sud entière, passe nord incomplète manque la partie centrale (Source : PAB)
2001	Numérique	Extrémité large Passes Nord (Source : DDTM 33)
2003	Numérique	Passes Nord, Passes sud sauf partie centrale (dune du Pyla), passe interne (Source : DDTM 33)
2004	Numérique	Passes Nord complètes sauf Toulinguet, Passes Internes, début Passes Sud côté bassin (Source : DDTM 33)
2005	Numérique	Passes Nord et Passes Sud complètes sauf extrémité Passes Sud (Source : DDTM 33)
2006	Numérique	Passes Nord sauf Toulinguet, extrémité Passes Sud (Source : DDTM 33)
2007	Numérique	Passes Nord, Sud et interne complètes (Source : DDTM 33)
2008	Numérique	Passes Nord jusqu'au Ferret, extrémités de la passe Sud (Source : DDTM 33)
2009	Numérique	Passes Nord jusqu'au Ferret, Passes Sud jusqu'à la Corniche (Source : DDTM 33)
2010	Numérique	Extrémités large et bassin Passes Nord et Passes Sud (Source : DDTM 33)
2011	Numérique	Passes Nord jusqu'au Ferret et Passes Sud (sauf secteur Petit Nice – Lagune) (Source : DDTM 33)
2012	Numérique	Passes Nord jusqu'au Ferret (sauf secteur Toulinguet) et Passes Sud (sauf secteurs Lagune et Corniche) (Source : DDTM 33)
2013	Numérique	Passes Nord jusqu'au Ferret (sauf secteur Toulinguet) et Passes Sud (sauf Corniche et Pyla-sur-Mer) (Source : DDTM 33)
2014	Numérique	Passes Nord jusqu'au Ferret, secteurs Corniche et Petit Nice (Source : DDTM 33)

4.5.1.2. BATHYMETRIES ISSUES DE L'INTERPRETATION DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE

En complément de ces données, nous avons utilisé des spatio-cartes, *i.e.* des cartes générées par traitement d'images satellites. Nous avons utilisé l'analyse réalisée par Capo et al. (2013), complétée des shapes extraits des travaux de Lafon et Froidefond entre 1999 et 2012 (passes externes et internes). Ces cartes sont livrées avec une estimation de l'erreur faite sur la profondeur de 50 cm en moyenne. Sur le plan horizontal, cette erreur faite sur l'estimation de la profondeur a une influence variable en fonction de la pente des bancs de sable. Dans la zone de l'embouchure, suivant une section nord-sud, ces pentes sont comprises entre 0,33° et 5°, ce qui influence le positionnement d'une isobathe de près de 90 m (pour les pentes faibles) à une valeur inférieure à la résolution du pixel (pente de 5°) pour une RMS maximale de 50 cm. La comparaison de deux contours peut donc dans le pire des cas générer une erreur de l'ordre de 200 m. Il convient donc d'analyser les déplacements sur les pentes de chenaux avec prudence. L'ensemble des cartes utilisées ici sont reportées dans le Tabl. 7 - .

Tabl. 7 - Liste des spatio-cartes (cartes bathymétriques des petits fonds) de l'embouchure du Bassin d'Arcachon

Date	Format	Commentaire
1986	Numérique	Lafon (1999)
1989	Numérique	Lafon (1999)
1991	Numérique	Lafon (1999)
1994	Numérique	Lafon (1999)
1995	Numérique	Lafon (1999)
1997	Numérique	Lafon (1999)
2002	Numérique	Froidefond et Castaing (2002)
2003	Numérique	Froidefond et Castaing (2003)
2004	Numérique	Froidefond et Castaing (2004)
2005	Numérique	Froidefond et Castaing (2005)
2006	Numérique	Froidefond et Castaing (2006)
2007	Numérique	Froidefond et Castaing (2007)
2008	Numérique	Froidefond et Castaing (2008)
2009	Numérique	Froidefond et al. (2009)
2010	Numérique	Lafon et al. (2010)

4.5.1.3. LEVES SPECIFIQUES DE DETAIL

4.5.1.3.1. Les fosses au droit des 44 hectares (Cap-Ferret)

La liste des données et levés spécifiques sur la zone des fosses du Ferret est donnée dans le tableau suivant.

Rapports expertise Cap Ferret (1997 & 2003)	Levés DDTM33 complémentaires récents
1972 : carte bathy du Piquey-Ferret digitalisée	2003 juin
1987 : carte bathy du Piquey-Ferret digitalisée	2004 juin
1994 : carte locale du 05/1994	2005 septembre
1995 : carte locale du 03/1995	2006 février
1996 : carte locale du 09/1996 + carte locale du 10/1996	2007 mars
1997 : carte locale du 01/1997 + : carte locale du 03/1997 + : carte locale du 10/1997	2009 mars
1998 : carte locale du 09/1998	2010 mars
1999 : carte locale du 07/1999	2012 juin
2001 : carte bathy du Piquey-Ferret digitalisée + : carte locale du 07/2001	2013 février
2002 : carte locale du 06/2002 + carte locale du 09/2002	2014 janvier/février

4.5.1.3.2. La conche du Mimbeau (Cap-Ferret)

Les levés spécifiques sur la zone du Mimbeau sont ceux de 1999, 2004, mars 2006, avril 2008 et 2012 (DDTM/SIBA).

4.5.1.3.3. **Le Moulleau (La Teste-de-Buch)**

Sur le secteur du Moulleau, les levés disponibles sont précisés dans le tableau ci-après.

Date	Commentaires
2000-2001	SM DDE33
Mai 2006	SIBA
Février/mars 2008	SIBA
Mars 2009	SIBA

Il convient également d'ajouter les levés réalisés tous les 2 ans environ pour le suivi du banc du Bernet (zone d'extraction des sables pour le rechargement des plages du secteur perrés - SIBA).

4.5.1.3.4. **La Corniche et les perrés (La Teste-de-Buch)**

Les levés bathymétriques dans ce secteur ont été réalisés, pour l'essentiel, à l'occasion des opérations de rechargement de la plage.

Date	Commentaires
Oct. 2000	SM DDE33
Février 2003	SODRANORD après travaux initiaux de 1,1 million m ³
Janvier 2004	DRAFLUMAR
Déc. 2004	SIBA
Février 2005	DRAFLUMAR après entretien 1 de 150 000 m ³ . Entreprise : DRAFLUMAR
Sept. 2006	SIBA
Juillet 2008	SIBA
Janvier 2009	SIBA
Sept. 2009	Avant et après travaux
Mars 2010	SDI avant après travaux
Août 2010	suivis topo et bathy
2011	suivis topo et bathy
Mars 2012	Avant et après travaux
Juillet 2013	suivis topo et bathy
Février 2014	Avant et après travaux

4.5.1.3.5. **Le wharf de la Salie (La Teste-de-Buch)**

La liste des levés spécifiques sur la zone du wharf de la Salie est donnée dans le tableau suivant.

Tabl. 8 - Liste des levés bathymétriques disponibles au niveau du wharf de la Salie (la Teste-de-Buch)

Date	Observations
1968 (décembre)	Carte bathymétrique globale de l'embouchure du Bassin d'Arcachon. Présence des isobathes -3, -5, -7, -10, -20 m CM au droit du wharf de la Salie et de part et d'autre
1972	Levé spécifique s'étendant 1 km au nord et au sud du wharf. Présence des isobathes de 0 à -10m CM tous les mètres puis -15 et -20m CM
POUR MEMOIRE : Construction du wharf en 1973 et mise en service en avril 1974 et mise en place de la protection en enrochements suite à l'hiver 1978/1979	
1973	Relevé des fonds sous chacune des 22 palées du wharf
1979 (octobre)	Levé spécifique s'étendant 1 km au nord et au sud du wharf. Présence des isobathes de 0 à -10m CM tous les mètres puis -15 et -20m CM
1982 (juillet)	Carte bathymétrique globale de l'embouchure du Bassin d'Arcachon. Couverture s'arrêtant au niveau du wharf. Présence des isobathes de 0 à -10m CM tous les mètres puis -15 et -20m CM
1983	Suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1984	Suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1985 (mai-juin)	Levé spécifique s'étendant 3 km au nord du wharf et 1 km au sud. Plan mentionnant les cotes des sondes et les isobathes de 0 à -10m CM tous les mètres puis -15 et -20m CM + suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1986	Suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1987	Suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1988	Suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1989	Suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1990	Suivi mensuel des fonds au niveau du wharf (information donnée sous chacune des 22 palées)
1991 (mars-mai)	Carte bathymétrique globale de l'embouchure du Bassin d'Arcachon. Couverture s'arrêtant à 1 km au sud du wharf. Présence des isobathes de 0 à -10m CM tous les mètres puis -15 et -20m CM
1995 (mars-juillet)	Carte bathymétrique globale de l'embouchure du Bassin d'Arcachon. Couverture s'arrêtant à 1,3 km au sud du wharf. Présence des isobathes de -4 à -10m CM tous les mètres puis -15 et -20m CM. Seule l'extrémité du wharf couverte en raison de la sédimentation
2001	Profils bathymétriques s'étendant de 3,5 km au nord du wharf à 1,5 km au sud. Profils espacés de 200 m environ allant de -1 à -15m CM au droit du wharf
2003 (juillet)	Profils bathymétriques s'étendant de 4,6 km au nord du wharf à 1,6 km au sud. Profils espacés de 200 m environ allant de -1,5 à -20m CM au droit du wharf
2006 (octobre)	Profils bathymétriques s'étendant de 8,5 km au nord du wharf à 1,5 km au sud. Profils espacés de 200 m environ allant de -1 à -20m CM au droit du wharf
2007 (septembre)	Profils bathymétriques s'étendant de 3,3 km au nord du wharf à 1,6 km au sud. Profils espacés de 200 m environ allant de -0,5 à -21m CM au droit du wharf
2008 (novembre)	Profils bathymétriques s'étendant de 1,6 km au nord du wharf à 1,6 km au sud. Profils espacés de 250 m environ allant de -1,5 à -22m CM au droit du wharf
2009 (juin-juillet)	Semis de points (10m x 10m) s'étendant de 2,6 km au nord du wharf à 1,8 km au sud. Profondeur au droit du wharf allant de -2,5 à -12m CM
2010 (avril-mai)	Profils bathymétriques s'étendant de 7,4 km au nord du wharf à 1,6 km au sud. Profils espacés de 200 m environ allant de -2,5 à -22m CM au droit du wharf
2011 (juin)	Semis de points (5m x 5m) s'étendant de 3,4 km au nord du wharf à 1,7 km au sud. Profondeur au droit du wharf allant de -1,2 à -21m CM
2012	Profils bathymétriques s'étendant de 1,7 km au nord du wharf à 1,4 km au sud. Profils espacés de 200 m environ allant de -0,5 à -22m CM au droit du wharf
2013	Profils bathymétriques s'étendant de 7,8 km au nord du wharf à 1,8 km au sud. Profils espacés de 200 m environ allant de -3,0 à -19m CM au droit du wharf

4.5.1.3.6. **Le front de mer de Biscarrosse**

A l'instar des travaux réalisés dans les passes, des cartes de la topographie des petits fonds ont également été réalisées entre le Wharf de la Salie et la zone militaire de Biscarrosse dans le cadre des études financées par la commune de Biscarrosse et réalisées par Lafon et Sénéchal. Les cartes fournies ont des caractéristiques similaires à celle réalisées dans les passes. L'ensemble des données utilisées sont synthétisées dans le Tabl. 9 - .

Tabl. 9 - Liste des spatio-cartes (cartes bathymétriques des petits fonds) réalisées entre le wharf de la Salie et le Centre d'Essais et de Lancement de Missiles (Biscarrosse)

Date	Format	Commentaire
2000	Num	Lafon et Sénéchal (2005)
2002	Num	Lafon et Sénéchal (2005)
2005	Num	Lafon et Sénéchal (2005)
2007	Num	Lafon et Sénéchal (2008)
2008	Num	Lafon et Sénéchal (2009)
2009	Num	Lafon et Sénéchal (2010)
2010	Num	Lafon et Sénéchal (2011)
2011	Num	Lafon et Sénéchal (2012)

4.5.2. Analyse de la dernière situation bathymétrique disponible du débouché

Les sondages réalisés en 2014, finalisés au cours du dernier trimestre n'ont pu être intégrés à l'analyse, ils ont toutefois été rapidement traités pour être présentés ici.

Ces sondages sont intéressants dans le sens où ils montrent une importante couverture spatiale presque exhaustive sur le secteur de l'embouchure (Fig. 7 ci-après). Les sondages ont été interpolés (krigeage) afin de restituer une grille continue. La carte en résultant est présentée sur la Fig. 8. Elle montre en plus grand détail que la carte réalisée en 2013 (rappelée par la figure 9) plusieurs caractéristiques morphologiques des passes dans la configuration actuelle :

- La continuité au niveau -2,5m CM entre le nord du banc d'Arguin et le sud du banc de Bernet ;
- L'existence d'un important dépôt sédimentaire au nord du wharf de la Salie séparé de la zone du wharf par une zone profonde ; le banc émerge maintenant à basse mer ;
- La présence d'une double barre très développée au large du wharf, la barre externe est en 2014 directement reliée au dépôt sédimentaire du nord de la Salie, lui-même montrant une continuité morphologique spatiale avec le banc d'Arguin par le seuil de la passe sud.

Ces différents indicateurs montrent la mise à disposition du stock sableux d'Arguin pour alimenter le littoral sud mais sans doute aussi le banc de Bernet.

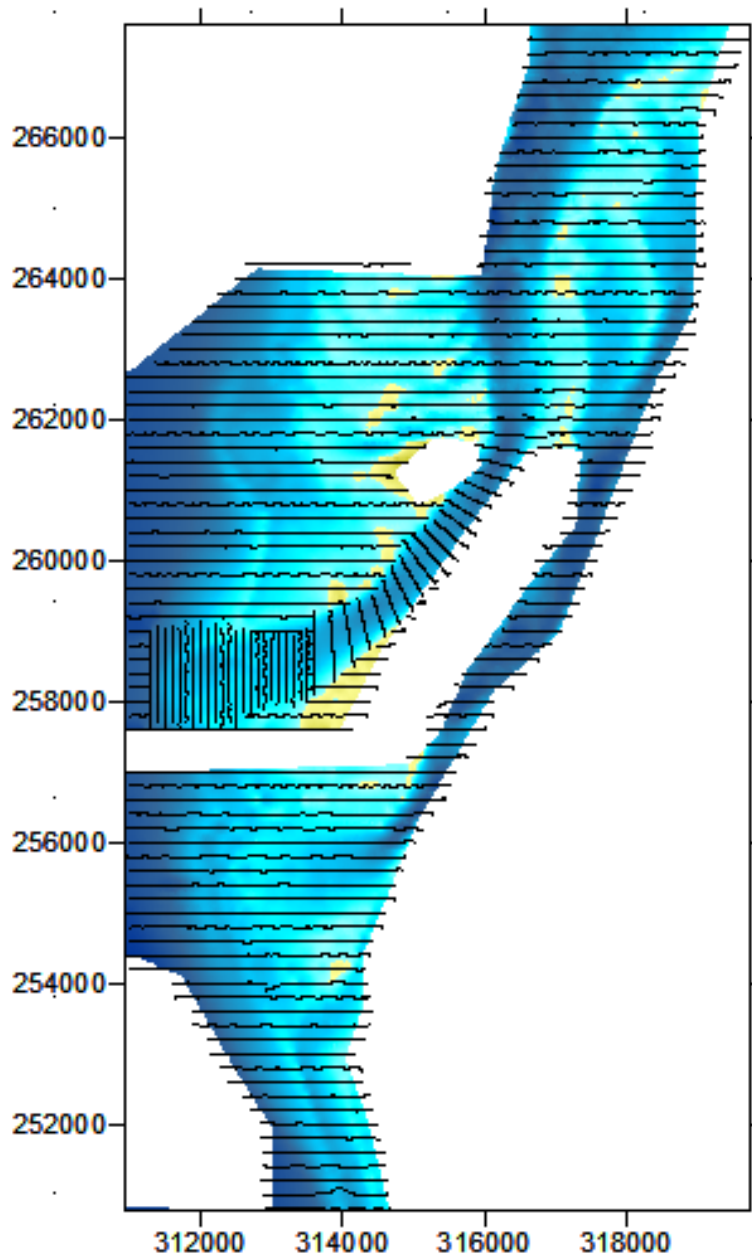


Fig. 7. *Représentation des levés DDTM / SIBA de 2014 sur la carte obtenue par interpolation des levés*

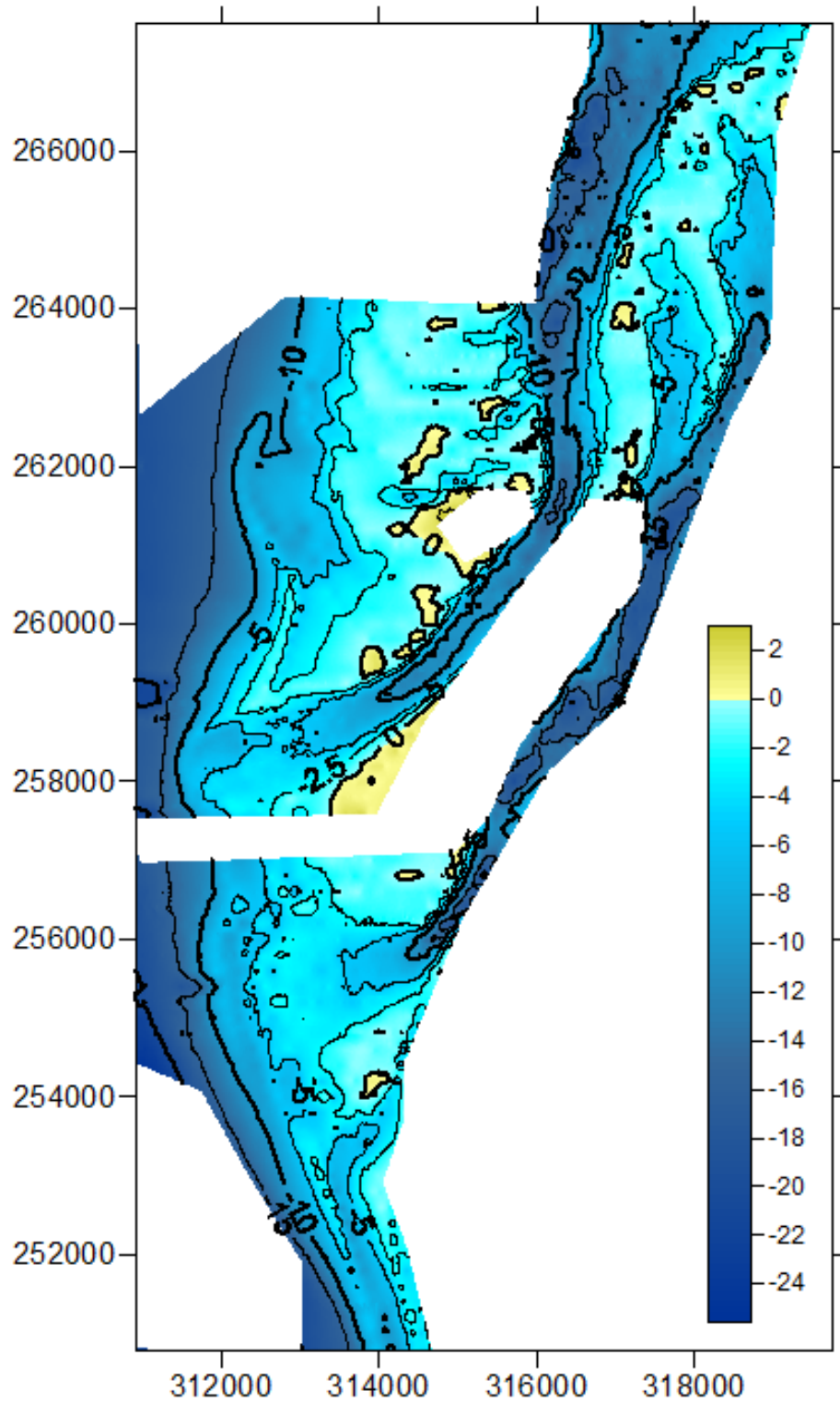


Fig. 8. *Assemblage interpolation des levés bathymétriques de l'embouchure en 2014 (cotes en m CM)*

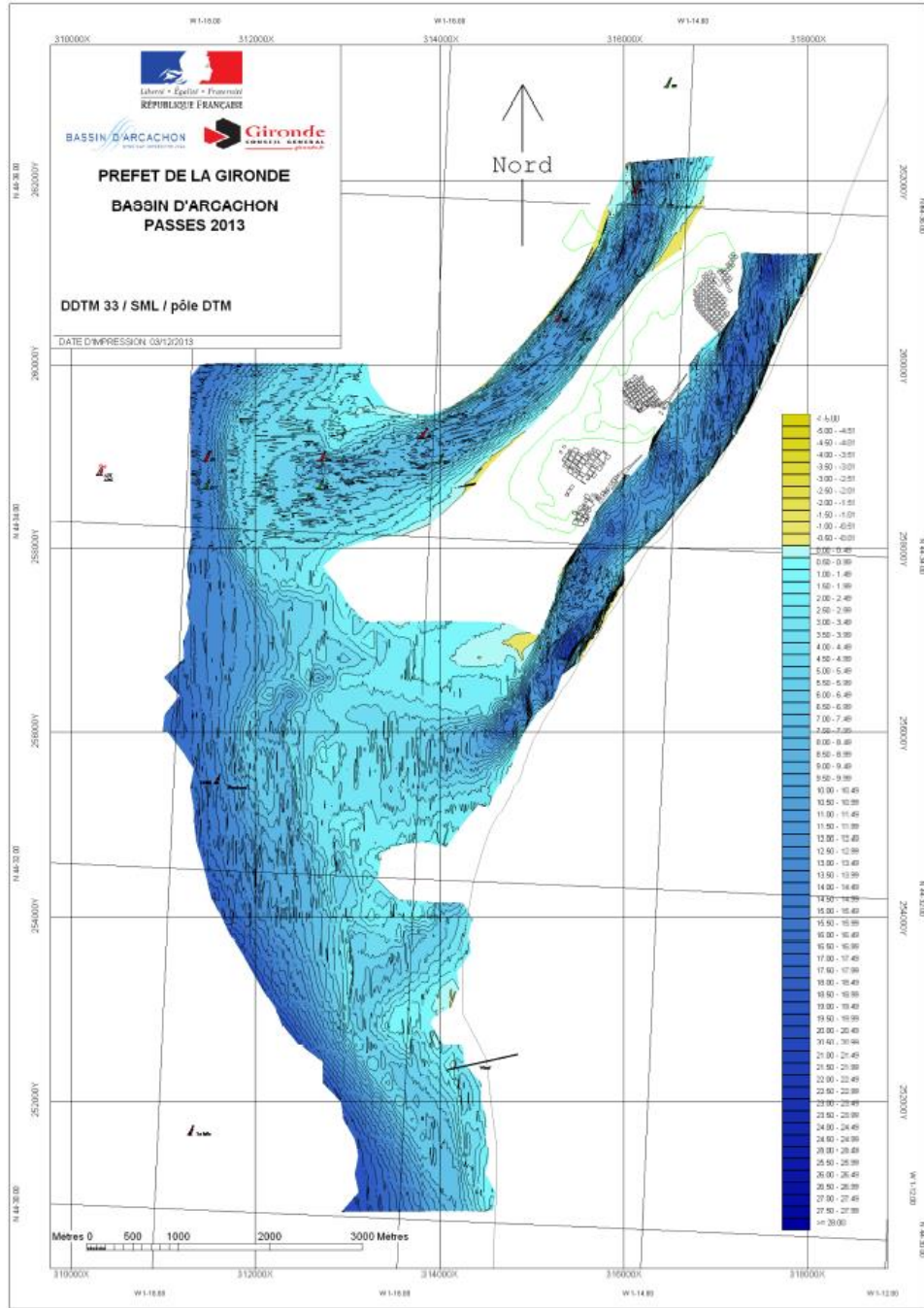


Fig. 9. Carte bathymétrique réalisée par la DDTM en 2013 (cotes en m CM)

De plus, entre les deux levés, on remarque :

- Une remontée des fonds au niveau de l'exutoire de la passe sud ;
- Une déformation du débouché de la passe nord, sous forme d'un approfondissement marqué depuis l'extérieur de l'embouchure vers l'intérieur du chenal.

4.6. VENTS

Les vents sont un facteur important dans les caractéristiques du milieu, puisqu'ils sont générateurs de vagues, courants, fluctuations du niveau d'eau et de transport éolien. Les données de vents disponibles dans le cadre de l'étude proviennent de la station météorologique du Cap-Ferret. Les données retenues correspondent aux données quotidiennes : vitesse maximale journalière (moyennée sur 10 min afin d'éviter les rafales) et direction associée, pour une période allant du 1er janvier 1986 au 31 décembre 2005.

Les roses des vents (voir figure ci-dessous) montrent une prédominance des vents d'Ouest-Sud-Ouest à Nord-Nord-Ouest (N240 à N340), tant en fréquence (54 % des vents annuels) qu'en intensité. Du point de vue des intensités, l'analyse montre que :

- 73 % des vents sont inférieurs à 10 m/s,
- 25 % des vents sont compris entre 10 et 20 m/s,
- 2 % des vents sont supérieurs à 20 m/s.

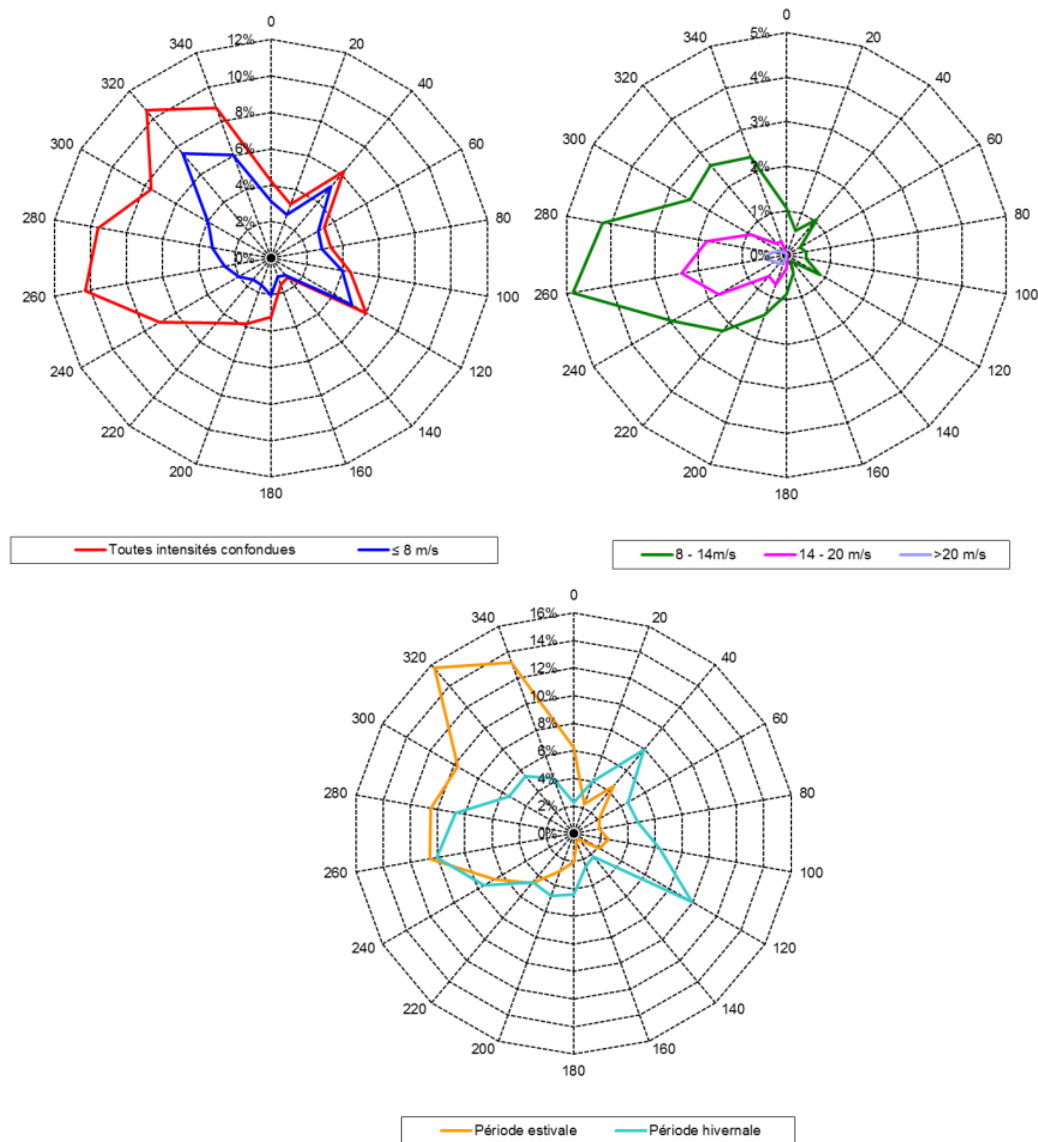


Fig. 10. Données de vent au Cap Ferret du 01/01/1986 au 31/12/2005 (SOGREAH, 2008)

Les vents les plus forts (vitesse supérieure à 15 m/s) correspondent aux passages des flux dépressionnaires en provenance de l'Atlantique Nord.

Une analyse saisonnière a été menée sur les données en séparant la période estivale (avril à septembre) de la période hivernale (octobre à mars) :

- Les vents d'Ouest sont présents toute l'année. En revanche, en été il y a une prédominance des vents marins de secteur Nord-Ouest à Nord-Nord-Ouest.
- En hiver, les vents secteur Nord-Est à Sud-Est et Sud sont plus fréquents, mais ils sont plus faibles que les vents allant du secteur Sud-Ouest à Nord-Ouest.

4.7. COURANTS DE MAREE ET VOLUMES OSCILLANTS

4.7.1. Préambule

La connaissance de la dynamique des courants de marée au niveau du débouché du Bassin d'Arcachon peut se faire au travers :

- de mesures ponctuelles réalisées lors de campagnes spécifiques,
- des résultats fournis par les modélisations numériques hydrauliques disponibles.

L'objectif de ce paragraphe est de mentionner les données et informations disponibles et de mentionner les résultats majeurs au niveau du débouché du Bassin d'Arcachon.

4.7.2. Données et outils disponibles

Les données disponibles relatives aux courants de marée et aux volumes oscillants³ ont pour origine les mesures de terrain, les résultats des modélisations numériques (en général calés et validés sur les mesures in situ).

Pour les premières, les principales campagnes de mesures sont :

Tabl. 10 - Principales campagnes de mesures courantologiques réalisée au niveau du Bassin d'Arcachon

Organisme	Secteur	Caractéristiques de la campagne
BRGM	Ferret	NC
UMR5805-EPOC	Passe sud : -20 m CM Passe nord : -9 m CM	Janvier à février 2007
UMR5805-EPOC	Passe sud	Depuis juin 2011*
SIBA	Au droit du wharf	en cours

* Conjointement avec des mesures de houles

Pour les modélisations numériques, on citera les modèles de l'IFREMER, du SHOM (PREVIMER), du BRGM et d'ARTELIA/SOGREAH.

La figure ci-après donne, à titre illustratif, les champs de courant pour les vitesses maximales au jusant et au flot en marée de vives-eaux (bathymétrie des fonds du bassin de juin 2008) issus du modèle hydrodynamique du bassin d'Arcachon mis en œuvre par SOGREAH (modélisation TELEMAC) et validé dans le cadre de nombreuses études, réalisées notamment pour le compte du SIBA.

³ Le volume oscillant (ou prisme tidal) correspond au volume d'eau qui pénètre en flot dans un estuaire sous l'influence de la marée.

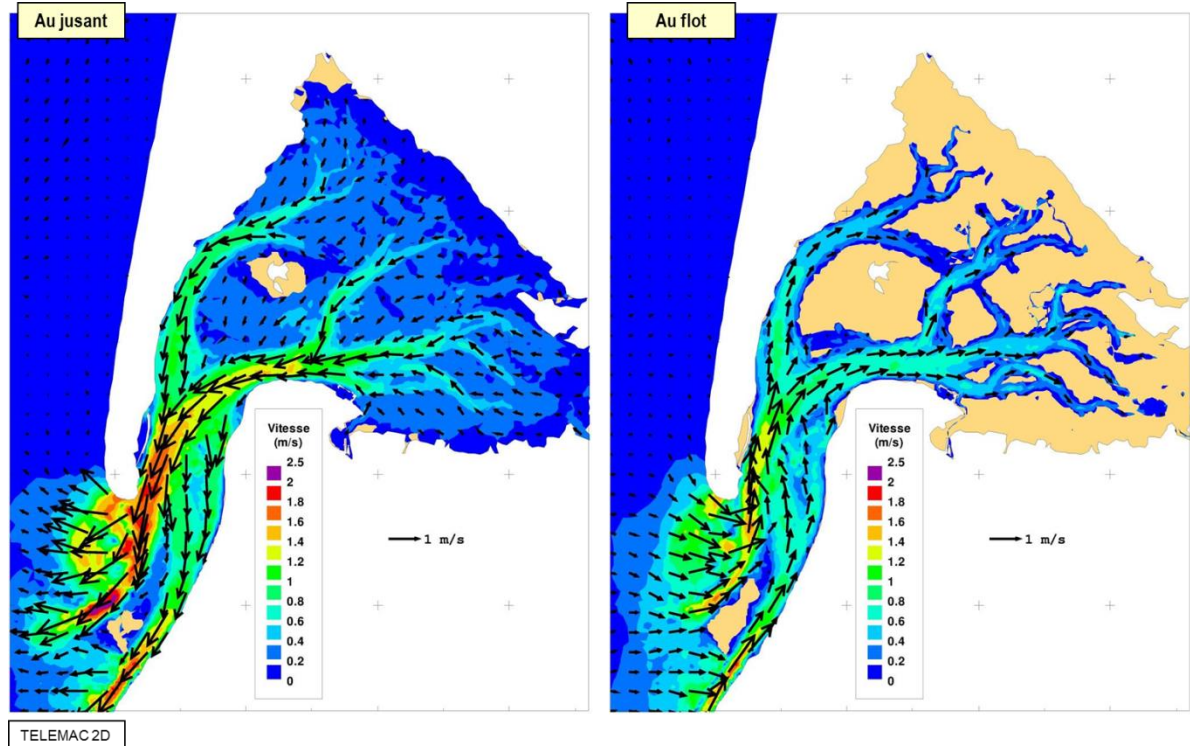


Fig. 11. Champs de courant pour les vitesses maximales au jusant et au flot – Vives-eaux - Bathymétrie de juin 2008 (source SOGREAH, 2008 : Etude hydrosédimentaire du littoral intra-bassin de Courlis à Jane de Boy – Phase 1)

4.7.3. Informations majeures à retenir

Les courants sont faibles au large du Bassin et dans le fond du Bassin mais dans les chenaux des passes et de la partie médiane ils atteignent des vitesses supérieures à 1 m/s.

- Le remplissage et la vidange du Bassin d’Arcachon par la marée induisent des courants alternatifs de flot et de jusant.

Sur l’estran, ces courants sont faibles, mais dans les chenaux, ils sont très importants.

Les vitesses maximales, observées dans les chenaux longeant le littoral sont résumées dans le tableau ci-dessous (issues de la modélisation numérique TELEMAC) :

Tabl. 11 - Vitesses maximales des courants de marée, dans les chenaux d’Ares, du Piquey et du Ferret

	Marée de vives-eaux		Marée de mortes-eaux	
	Flot	Jusant	Flot	Jusant
Chenal d’Arès	0,85 m/s	0,8 m/s	0,45 m/s	0,5 m/s
Chenal du Piquey	1,0 m/s	1,1 m/s	0,6 m/s	0,7 m/s
Chenal du Ferret	1,2 m/s	1,65 m/s		
Chenal du Pyla	1,2 m/s	1,4 m/s		

Dans la configuration des passes de 2008, les courants dans les chenaux d’Arès et du Piquey sont orientés parallèlement à l’axe longitudinal du chenal. Dans le chenal du Ferret, les écoulements du Teychan viennent à la rencontre de ceux du Piquey (qui évacue moins d’eau que le Teychan). Du fait de la faible section hydraulique du chenal du Ferret, les vitesses y sont très importantes et la résultante des courants est dirigée vers le littoral lors du jusant. Ces courants induisent des évolutions morphologiques des chenaux, la formation de fosses et un déplacement du chenal du

Ferret vers l'Ouest. Remplissage et vidange se font également par le chenal Sud du Pyla, mais avec des intensités globalement plus faibles.

Les volumes oscillants dans le Bassin d'Arcachon sont les suivants (le méridien du Cap Ferret définit pour ce calcul la limite du Bassin) :

Tabl. 12 - Calculs des volumes oscillants (prisme tidal) dans le Bassin d'Arcachon

	Marée de mortes-eaux (C45)	Marée moyenne (C70)	Marée de vives-eaux (C95)	Plus haute marée astronomique (C120)
IFREMER (Plus et al., 2009)	264 Mm ³	384 Mm ³	492 Mm ³	-
ARTELIA	295 Mm ³	-	531 Mm ³	665 Mm ³

Aux courants de marée viennent s'ajouter les courants liés à l'agitation. Les vagues arrivant sur le littoral intra-bassin du Ferret sont susceptibles de provoquer la mise en mouvement des sédiments sur les plages. On distingue :

- les courants longitudinaux : du fait de l'obliquité des vagues par rapport au rivage, il se crée un courant parallèle à la côte (susceptible de transporter les sédiments), dont le sens et l'intensité dépendent de la direction et de la hauteur des vagues,
- les courants transversaux : liés aux vagues arrivant perpendiculairement à la côte et engendrent des échanges dans le profil. Lors des tempêtes, le sable est mobilisé vers le large, et il se crée un abaissement du profil de plage. Ce phénomène est particulièrement accentué par les ouvrages de protection du haut de plage, qui offrent une surface réfléchissante pour les vagues et facilitent la remise en suspension des sables de l'estran et contribue à l'amaigrissement des plages.

4.8. ETATS DE MER

4.8.1. Données disponibles

4.8.1.1. CAMPAGNES DE MESURES SPECIFIQUES

L'ensemble des mesures d'états de mer disponibles est résumé dans le Tabl. 13 - .

Tabl. 13 - Données d'états de mer et de courants acquises in situ dans le secteur d'étude

	localisation	profondeur	période	Type de mesures	source/référence
BRGM	Passe Nord		2005		R. Pedreros (JNGCGC06/08 ? BRGM)
EPOC	Passe Nord Passe Sud	-9 m -20 m	Janvier à février 2007	courants	Salles et al. (sous presse)
ECORS Biscarrosse	Plage centrale de Biscarrosse	-10 m	Juin 2007	vagues	Bruneau et al (2010)
ECORS Truc Vert		-54 m	Février à avril 2008	vagues	Sénéchal et al (2008) Almar et al (2010)
OSQUAR	Passe sud		Depuis juin 2011	courants et vagues	Nadia Sénéchal (EPOC)
SIBA	Passe Sud au large du Petit Nice	-15 m	Mars à avril 2014	Courants et vagues	ACTIMAR & GEO-Transfert (2014). Modélisation de la dispersion des effluents du wharf de la Salie. SIBA
EPOC	Passes Nord et Sud		17-18 Juin 2014	courants	Arnaud Doré (thèse EPOC en cours)

4.8.1.2. BOUEES HOULOGRAPHIQUES

Les bouées houlographiques enregistrant actuellement les paramètres des états de mer au droit du littoral aquitain sont les suivantes (Fig. 12) :

- La bouée « Gascogne » n°62001 située au large du littoral girondin (45°12'2" N 5°0'0" W). Elle fait l'objet d'une coopération entre l'Office Météorologique du Royaume-Uni (UKMO) et Météo-France. Les mesures peuvent être consultées en temps réel http://www.ndbc.noaa.gov/station_page.php?station=62001.
- La bouée « Cap-Ferret » n°03302 gérée par le CETMEF en partenariat avec l'Université de Bordeaux I. La bouée est en place depuis le 28/08/2001. Les mesures peuvent être consultées en temps réel <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte/>.
- La bouée Anglet n°06402 gérée par le CETMEF en partenariat avec l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. La bouée est en place depuis le 24/11/2009. Les mesures peuvent être consultées en temps réel <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte/>.

Par ailleurs, une bouée houlographique était présente entre 1980 et 1998 au large de Biscarrosse.

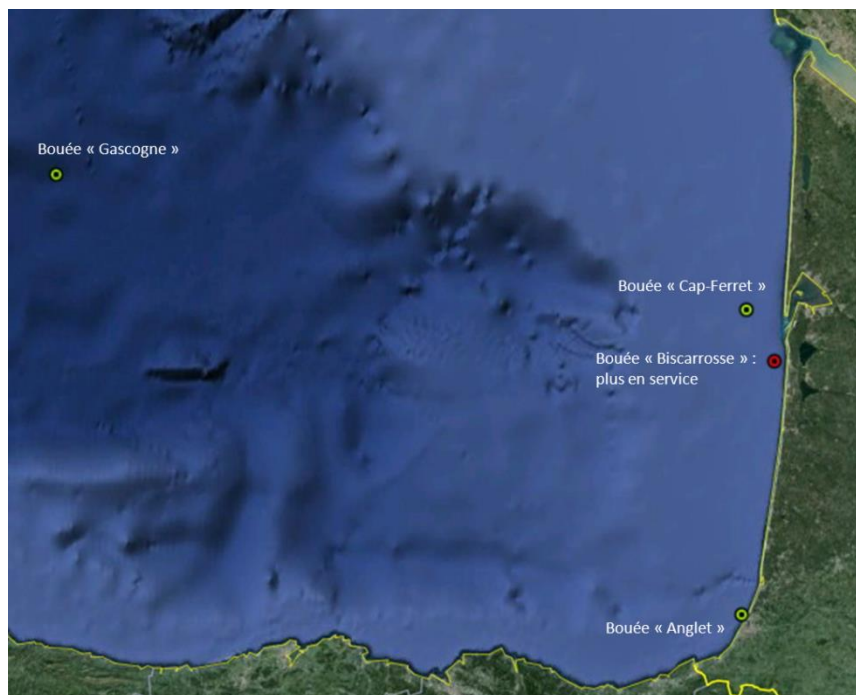


Fig. 12. Localisation des bouées houlographiques en Aquitaine (source photographie : Google Earth)

L'université de Bordeaux a mené des travaux de recherche dans les années 2000 visant à caractériser les climats de vagues sur le littoral aquitain en s'appuyant sur l'analyse des séries temporelles des bouées houlographiques, en particulier au niveau de la bouée Biscarrosse (Butel et al., 2002 ; Dupuis et al., 2006). En particulier, Butel et al. (2002) ont caractérisé les climats de vagues à partir des mesures non directionnelles de houle sur la période 1980-2000. A Biscarrosse, la hauteur significative moyenne annuelle des vagues est de 1,36 m. La hauteur moyenne hivernale des vagues est de 1,6 m (75 % des vagues sont inférieures à 2 m) tandis que l'été la hauteur moyenne des vagues est de 1,1 m. Les conditions de vagues hivernales sont caractérisées par des houles longues âgées, peu cambrées, ayant voyagé depuis les centres dépressionnaires où les vagues se forment localement par le vent. A partir de cette même base de données, Dupuis et al (2006) ont ensuite montré une relation directe entre les fluctuations de la période des vagues à Biscarrosse et les conditions climatiques régionales dans le Golfe de Gascogne, avec des vagues globalement plus courtes à la bouée Biscarrosse lors des épisodes d'Oscillation Nord Atlantique négative (NAO - : trajectoire des tempêtes plus méridionale et plus proche de la côte aquitaine), et à l'inverse des vagues plus longues lors des épisodes de NAO positive (trajectoire des tempêtes plus septentrionale, plus éloignée). Aucune relation entre variation de la hauteur significative des vagues et fluctuations climatiques interannuelles de la NAO n'a cependant été détectée. Sur la période considérée (1980-2000), l'étude conclut à une sensible baisse de la hauteur significative moyenne des vagues à la bouée Biscarrosse (-1,5 cm par an), ce qui est conforme aux résultats d'autres travaux régionaux dans l'Atlantique du Nord Est (WASA group, 1998) et le Golfe de Gascogne (Charles et al., 2012).

4.8.1.3. RECONSTITUTION NUMERIQUE DES ETATS DE MER

Les reconstitutions des états de mer (ou « hindcast » en anglais) sont des bases de données de simulations numériques de génération et de propagation d'états de mer sur une zone donnée. Elles sont calibrées sur des mesures de type bouées houlographiques (cf. paragraphe précédent) ou satellitaires.

Les informations fournies en suivant sur les bases de données d'états de mer existantes sur la façade océanique Aquitaine sont extraites du rapport BRGM RP/61-661651-FR « Projet Climats de houle phase 1 : Intercomparaison de simulations rétrospectives et prospectives dans le Golfe de Gascogne » de Mars 2013.

4.8.1.4. BASE DE DONNEES ANEMOC

4.8.1.4.1. Description

La base de données ANEMOC (Atlas Numérique d'Etats de Mer Océanique et Côtier) est développée conjointement par EDF R&D LNHE et le CETMEF. Il s'agit de simulations numériques rétrospectives couvrant une période de 23 ans et 8 mois allant du 01/01/1979 au 31/08/2002.

Les points disponibles sont consultables sur le site <http://anemoc.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte2/>.

4.8.1.4.2. Méthode de calibration/validation

Les deux emprises du modèle ont été validées et calibrées à partir des mesures de houlographes de la base de données CANDHIS de 1999 à 2000. Deux bouées directionnelles (Minquiers et Ile d'Yeu) et deux bouées non directionnelles (Ouessant et Le Havre) ont été utilisées.

A ce titre, cette base de données n'a pas été spécifiquement calibrée sur les données des bouées houlographiques aquitaines.

4.8.1.4.3. Points d'analyse disponibles

Les points disponibles au niveau du Bassin d'Arcachon sont au nombre de 4 :

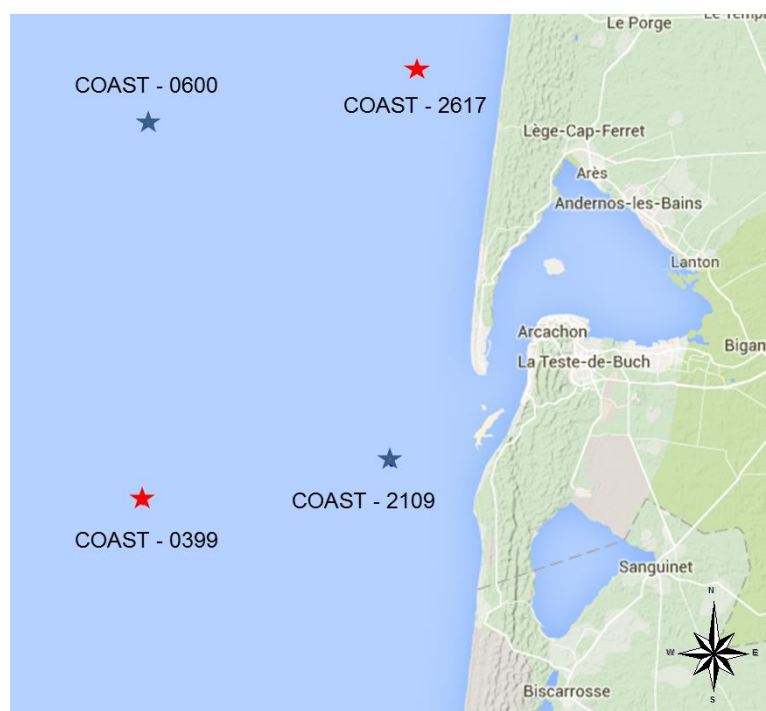


Fig. 13. Localisation des points de la base de données ANEMOC (source : CETMEF / EDF R&D-LNHE 2010/2011)

Tabl. 14 - Informations sur les points de la base de données ANEMOC

DESIGNATION DU POINT	INFORMATIONS DISPONIBLES
COAST - 0399	LONGITUDE : 1°35.400' W LATITUDE : 44°31.800' N PROFONDEUR : 97 m
COAST - 0600	LONGITUDE : 1°34.920' W LATITUDE : 44°48.000' N PROFONDEUR : 86 m
COAST - 2109	LONGITUDE : 1°20.400' W LATITUDE : 44°33.420' N PROFONDEUR : 38 m
COAST - 2617	LONGITUDE : 1°18.780' W LATITUDE : 44°50.220' N PROFONDEUR : 29 m

4.8.1.5. BASE DE DONNEES BOBWA

4.8.1.5.1. Description

La base de données BOBWA (Bay of Biscay Wave Atlas – Hindcast. Site internet : <http://bobwa.brgm.fr/>) a été constituée dans le cadre d'un projet de recherche associant le BRGM et CNRM-GAME (URA1357 ; CNRS-Météo-France) au travers de la thèse d'Elodie Charles, bénéficiaire d'une bourse de doctorat du Fonds AXA pour la recherche, et co-encadrée par P. Delecluse et D. Idier. Le projet a bénéficié de l'appui scientifique et technique de F. Ardhuin (IFREMER) et des données produites par l'équipe ERA-40 (<http://www.ecmwf.int/research/era/do/get/era-40>).

Cette base de données a été obtenue à partir d'une simulation rétrospective (hindcast) sur une période de 44 ans et 8 mois, du 10/01/1958 au 31/08/2002. Les simulations ont été effectuées avec le modèle de vagues de 3ème génération WAVEWATCH III™ (WW3), modèle spectral permettant de calculer les caractéristiques des vagues (spectre directionnel d'énergie, hauteurs, périodes, directions etc...) sur des domaines océaniques à côtiers.

4.8.1.5.2. Méthode de calibration/validation

Une première analyse sur le vent ERA-40 a montré que celui-ci sous-estimait l'intensité du vent au niveau de la bouée Gascogne. Aussi, la calibration a été effectuée au niveau de la bouée Gascogne en modulant l'altitude du vent en entrée (afin d'augmenter artificiellement sa force). L'altitude choisie (4,5 m) correspond à la comparaison optimale en termes de vagues au niveau de la bouée Gascogne.

Le modèle a également été validé avec neuf bouées (Biscarosse, Cap Ferret 1, Cap Ferret 2, Gascogne, Saint Nazaire, Minquiers, Cayeux, Yeu 2 et Yeu 3) sur la période 1998-2002. Cette validation a mis en évidence trois limites du modèle mis en place :

- la marée et les courants de marée n'étant pas pris en compte, les vagues ne sont pas correctement reproduites dans la Manche. Il est recommandé de se limiter à la région du Golfe de Gascogne pour l'exploitation de la base de données ;
- les périodes moyennes des vagues sont surestimées d'environ 1 s sur la majorité des bouées à proximité de la côte ;
- la résolution spatio-temporelle des champs de vent en entrée du modèle de vagues (Dt = 6h et Dx; Dy = 1:125) ne permet pas de représenter correctement la mer de vent.

4.8.1.5.3. **Points d'analyse disponibles**

Les points disponibles au droit du Bassin d'Arcachon sont au nombre de 2.

Tabl. 15 - Informations sur les points d'analyse de la base de données BoBWA-H

DESIGNATION DU POINT	INFORMATIONS DISPONIBLES
Gascogne_10	LONGITUDE : -1.6°E LATITUDE : 44.7°N PROFONDEUR : 85 m Distance à la côte : 28 km
Gascogne_11	LONGITUDE : -1.45°E LATITUDE : 44.65°N PROFONDEUR : 51 m Distance à la côte : 15 km

Les informations disponibles en chacun de ces points sont :

- La hauteur spectrale Hmo,
- La période Tm-10,
- La direction moyenne Dm,
- La fréquence de pic : fp,
- L'étalement directionnel : Dp.

4.8.1.6. **COMPARAISON DES DIFFERENTES BASES DE DONNEES**

Le rapport BRGM RP/61-661651-FR « Projet Climats de houle phase 1 : Intercomparaison de simulations rétrospectives et prospectives dans le Golfe de Gascogne » de Mars 2013 donne accès à une comparaison des différentes bases de données par rapport aux informations fournies par les bouées houlographiques.

Au niveau de la bouée de Biscarrosse (données omnidirectionnelles allant de 1980 à 1998), la base de données BoBWA montre les meilleures performances. La base IOWAGA NORGASUG n'a pas été comparée car la période de couverture ne correspond pas (elle n'est donc pas mentionnée ici).

Tabl. 16 - Comparaison des bases de données à la bouée houlographique de Biscarrosse (hauteurs significatives)

Bouée	Base de données	Paramètres de comparaison sur les hauteurs significatives			
		R ²	Biais	Rmse	SI
Biscarrosse	BoBWA	0,95	0,11	0,28	0,21
	ANEMOC	0,94	0,26	0,45	0,33

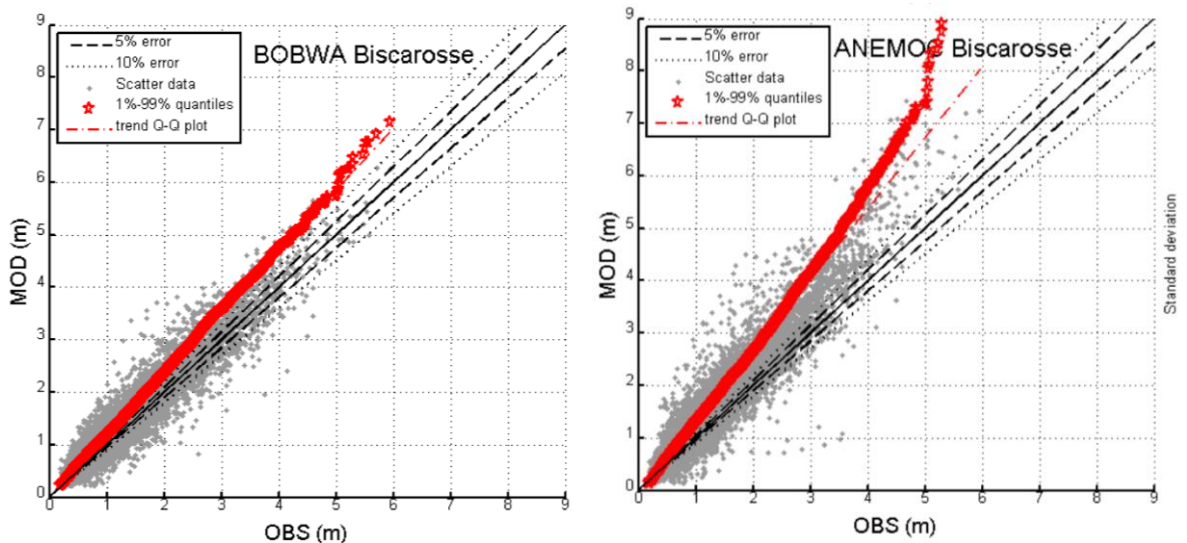


Fig. 14. Diagramme de comparaison entre les données BoBWA et ANEMOC avec les mesures de la bouée houlographique de Biscarrosse (source : BRGM, 2013)

Au niveau de la bouée houlographique du Cap-Ferret, la comparaison est la suivante.

Tabl. 17 - Comparaison des bases de données à la bouée houlographique du Cap-Ferret (hauteurs significatives)

Bouée	Base de données	Paramètres de comparaison sur les hauteurs significatives			
		R ²	Biais	Rmse	SI
Cap-Ferret	BoBWA	0,97	-0,18	0,32	0,17
	ANEMOC	0,96	0,00	0,30	0,16

4.8.2. Impact du changement climatique sur l'évolution des climats de vagues

La base de données BoBWA élaborée au cours des travaux de thèse d'Elodie Charles (BRGM) a permis de dresser un historique des conditions de vagues dans le Golfe de Gascogne et sur le littoral aquitain sur la période 1961-2000 et de réaliser des projections futures sur la période 2061-2100. La base de données fournit les conditions de vagues (hauteur, période, direction) pour un scénario de référence présentant les mêmes conditions de concentration en gaz à effet de serre que sur la période 1961-2000 et pour 3 scénarii futurs (A2, A1B, B1) sur la période 2061-2100.

L'analyse des futures conditions de vagues dans le Golfe de Gascogne et le long du littoral aquitain (Fig. 15) met en évidence une diminution généralisée des hauteurs de vagues et une rotation horaire de l'ensemble des vagues estivales et houles hivernales par rapport au climat actuel (Charles et al., 2012). Ces changements sont plus marqués dans le Golfe de Gascogne que sur le littoral aquitain au niveau de la bouée Biscarrosse. Ces changements résulteraient en une diminution des flux sédimentaires longitudinaux (et donc de la dérive littorale) de l'ordre de 10 % au niveau de la plage de Biscarrosse (Fig. 16). Ces résultats, valables en un point du littoral aquitain, ne permettent pas de conclure à une tendance à l'érosion ou à l'accrétion sur ce segment de littoral, l'érosion ou l'accrétion étant liés aux variations spatiales de flux de sédiments. Cependant, ces résultats permettent de conclure que les changements de climats de vagues à l'horizon 2060-2100 sont suffisamment significatifs pour modifier la dérive littorale le long du littoral aquitain.

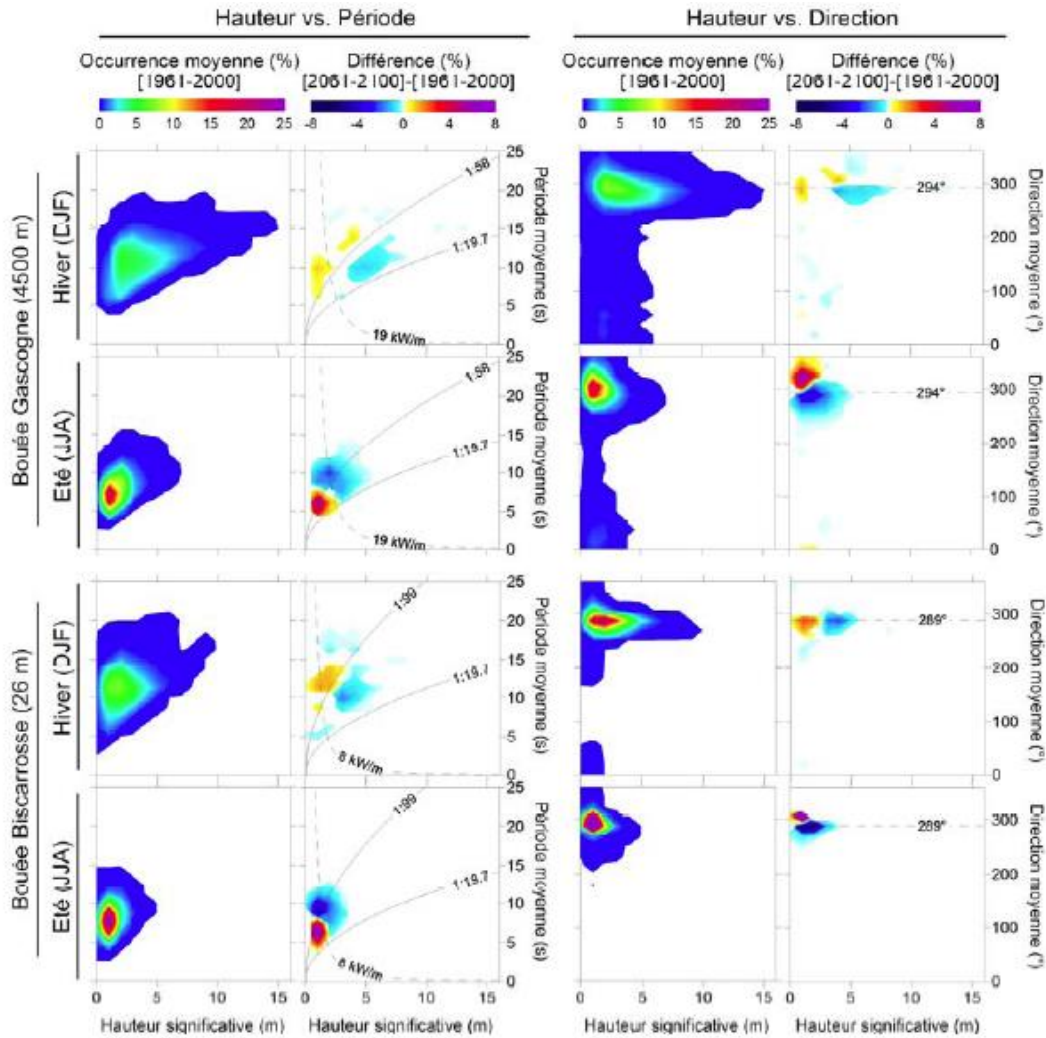


Fig. 15. Diagrammes bivariés des conditions de vagues au niveau des bouées Gascogne (en haut) et Biscarrosse (en bas) pour le scénario présent de référence (1961-2000) et diagrammes des changements entre le scénario présent (1961-2000) et le scénario futur A2 (2061-2100) pour l'hiver et l'été (d'après Charles et al., 2012).

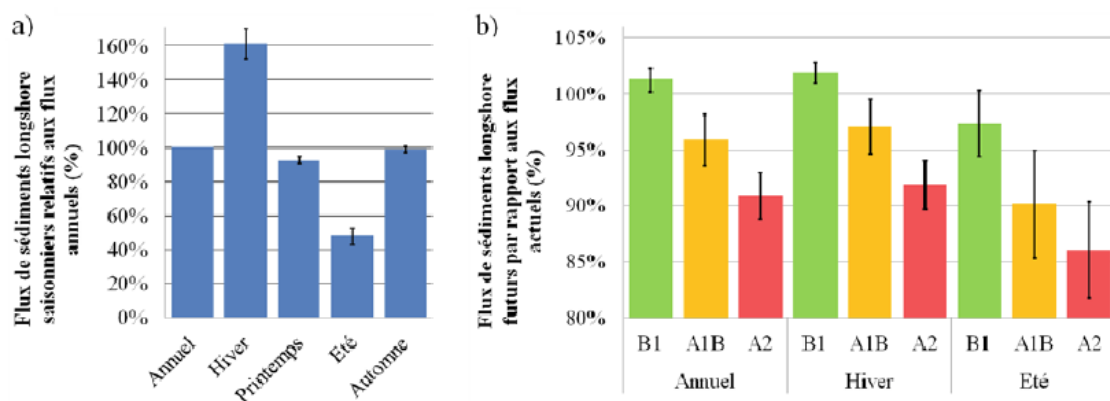


Fig. 16. (a) Variations saisonnières des flux sédimentaires longitudinaux comparés aux flux annuels et (b) flux sédimentaires longitudinaux futurs (2061-2100) pour 3 scénarios d'émission de gaz à effets de serre (B1, A1B, A2) par rapport aux flux actuels (d'après Charles et al., 2012)

4.8.3. Informations majeures à retenir

Ce que nous connaissons factuellement des états de mers est analysé à partir des mesures houlographiques. D'après la bouée de Biscarrosse, la hauteur significative annuelle des vagues est de 1,36 m et la période de 6,5 s. La hauteur moyenne hivernale des vagues est de 1,6 m (75 % des vagues sont inférieures à 2 m) tandis que l'été la hauteur moyenne des vagues est de 1,1 m. Pour la période 1980-2000, on a pu montrer une relation directe entre les fluctuations de la période des vagues à Biscarrosse et les conditions climatiques régionales dans le Golfe de Gascogne (vagues globalement plus courtes lors des épisodes d'Oscillation Nord Atlantique négative. Sur cette même période, les enregistrements montrent une sensible baisse de la hauteur significative moyenne des vagues à la bouée Biscarrosse (-1,5 cm par an), ce qui est conforme aux résultats d'autres travaux régionaux dans l'Atlantique du Nord Est.

L'analyse des futures conditions de vagues dans le Golfe de Gascogne et le long du littoral aquitain, possible grâce à des reconstructions d'états de mer sur de longues périodes met en évidence une diminution généralisée des hauteurs de vagues et une rotation horaire de l'ensemble des vagues estivales et houles hivernales par rapport au climat actuel. Ces changements sont plus marqués dans le Golfe de Gascogne que sur le littoral aquitain au niveau de la bouée Biscarrosse. Ces changements résulteraient en une diminution des flux sédimentaires longitudinaux (et donc de la dérive littorale) de l'ordre de 10 % au niveau de la plage de Biscarrosse. Ces résultats n'impliquent pas directement une tendance érosive, même sur cette portion du littoral. Cependant, ces résultats permettent de conclure que les changements de climats de vagues à l'horizon 2060-2100 sont suffisamment significatifs pour modifier la dérive littorale le long du littoral aquitain.

4.9. TEMPETES EXCEPTIONNELLES RECENTES

Depuis 1960, une cinquantaine de fortes tempêtes marines ont atteint le littoral aquitain en y provoquant parfois des dommages conséquents. On peut citer le cyclone tropical Hortense en 1984, les tempêtes Martin les 27/28 décembre 1999, Klaus le 24 janvier 2009 ou encore Xynthia le 28 février 2010. Cette dernière a notamment provoqué d'importants dégâts dus à des phénomènes de submersion marine dans le Bassin d'Arcachon et d'érosion côtière sur le littoral girondin. Les impacts étaient néanmoins localisés jusqu'ici. Les tempêtes de l'hiver 2013-2014 se distinguent par leur taux d'érosion élevé et par leur caractère généralisé à l'ensemble du littoral sableux.

4.9.1. Martin

Lors de la tempête Martin fin décembre 1999 (abordant le littoral quelques heures après la tempête Lothar), la surcote a été de 2 mètres (rafales à 166 km/h à Biscarrosse).

4.9.2. Klaus

La tempête Klaus est une cyclogénèse (développement ou l'intensification d'une circulation cyclonique dans l'atmosphère qui mène à la formation d'une dépression) à caractère exceptionnel qui a principalement touché le sud-ouest de la France entre le 23 et le 25 janvier 2009 (rafales à 172 km/h à Biscarrosse et au Cap Ferret).

Elle est considérée comme étant la plus destructrice en France depuis les tempêtes de 1999.

4.9.3. Xynthia

Lors de la tempête Xynthia des 27 et 28 février 2010, le réseau d'observateurs de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (ONF, BRGM, SIBA) s'est mobilisé pour initier un état des lieux du littoral aquitain.

Si Xynthia n'atteint pas l'intensité des tempêtes de décembre 1999 en termes de vitesses maximales instantanées de vent, elle a pourtant engendré des phénomènes de submersion et

d'érosion exceptionnels sur les côtes aquitaines notamment. Le passage de la tempête a, en effet, coïncidé avec une marée haute de coefficient 102 et des fortes houles comprises entre 6 à 7 m (d'après PREVIMER <http://www.previmer.org>). Le niveau de marée prédit par le SHOM était de 4,55 m. Le niveau maximum enregistré par le marégraphe d'Eyrac est de 5,46 m avec une surcote de 0,90 m.

Au niveau du Bassin d'Arcachon, les principaux impacts constatés sont la submersion marine, une érosion du linéaire et des dommages sur les ouvrages côtiers ; c'est ainsi que le rapport du BRGM d'avril 2010 relate les événements et constatations suivantes :

- Secteur de la Pointe du Cap-Ferret : amaigrissement de la plage, érosion de l'avant-dune avec présence d'une falaise vive ; sur la propriété du Conservatoire du littoral, l'érosion est particulièrement forte à l'extrême pointe du Cap-Ferret sur environ 400 m de long avec un recul de l'ordre de 15/20 mètres lors de la tempête ;
- Partie interne de la flèche du Ferret : submersion des enrochements protégeant le « Domaine des 44 Hectares » : la totalité des villages ostréicoles de la flèche du Ferret a subi une submersion marine plus ou moins importante selon les endroits ;
- Commune de la Teste-de-Buch : submersion marine dans le quartier de l'Aiguillon. Des hauteurs d'eau de 45 cm dans la zone ostréicole et de 25 cm dans les rues ont été mesurées. Au niveau du secteur des Prés Salés Ouest, la digue a été partiellement submergée ce qui a entraîné des dégradations sur le talus interne de l'ouvrage ;
- Secteur Petit Nice / Lagune : fort abaissement du niveau de la plage face au Petit Nice ; au plus fort de la tempête, la falaise d'érosion marine était de l'ordre de 2 m, puis la falaise s'est accentuée le lundi avec une hauteur de 4 m environ. Cette reprise d'érosion lors des forts coefficients (116) de lundi est exceptionnelle, liée à la situation particulière de ce secteur en bordure du chenal de vidange du Bassin, en lien certainement avec la progression d'un banc vers le sud. Au sud du Petit Nice (la Lagune), la tendance à l'accrétion n'est pas remise en cause par la tempête ;
- Sud Wharf de la Salie : présence d'une falaise marine ravivée lors de la tempête, du Trencat au nord de Biscarrosse (le recul de l'ordre de 5 mètres pendant l'hiver résulterait pour moitié de cette tempête) ;
- A Biscarrosse Plage : pas de recul sur la plage centrale ni au droit du rond-point Nord. L'érosion déjà en cours au pied du blockhaus et du bâtiment côté Sud s'est accentuée.

4.9.4. Tempêtes de l'hiver 2013/2014

Deux périodes de conditions météo-marines agitées ont été relevées entre décembre 2013 et janvier 2014⁴ :

- « La période du 23 au 27 décembre 2013 correspond à une dépression qui a généré des vents d'orientation Sud/Sud-Ouest atteignant 100 km/h en Aquitaine ainsi que des hauteurs significatives de houle atteignant 6,5 m au Cap-Ferret. Les dommages observés sur le littoral à l'issue de cette dépression survenue en période de faibles coefficients de marée (44 le 26/12/2013), sont faibles.
- La période du 3 au 7 Janvier 2014 correspond à une dépression majeure « Hercules » qui a généré des houles de hauteurs significatives oscillant entre 6 et 7 m et atteignant 9 m dans la nuit du 6 au 7 janvier. Des dommages majeurs ont été observés sur le littoral à la suite de cette seconde dépression survenue en période de forts coefficients de marée (108 le 03/01/2014) et à l'issue d'une succession d'évènements extrêmes.

⁴ Extrait du compte-rendu des observations post tempêtes sur le littoral aquitain (décembre 2013 – janvier 2014) - Rapport final BRGM/RP-63182-FR, Janvier 2014.

D'une manière générale, l'ensemble de la côte sableuse aquitaine a été fortement érodée à l'issue de ces dépressions (recul du trait de côte dépassant 10 m sur de nombreux sites). Les plages se sont fortement abaissées et aplanies, limitant ainsi leur résistance aux assauts de l'océan. Cette fragilité est renforcée par la disparition temporaire des barres sableuses intertidales. Des submersions marines de faibles emprises se sont également produites.

En Gironde, l'érosion marine a été la plus forte (recul du trait de côte atteignant 10 m, voire les dépassant par endroit) ; c'est le cas sur le littoral Sud (Pointe du Cap Ferret et La-Teste-de-Buch, avec un recul qui a pu atteindre localement 20 m). Une généralisation de falaises vives de grande hauteur et de très forte pente a été constatée ainsi que la destruction des accès de plage et l'altération des ouvrages côtiers (perrés, enrochements, promenade, etc.).

À l'intérieur du Bassin d'Arcachon, il n'y a pas eu de trace de submersion marine constatée en zone urbaine. En revanche, les plages ont subi une érosion et un abaissement dont l'amplitude n'a pas été estimée. La flèche du Mimbeau a été particulièrement impactée (6 brèches et 11 entailles d'érosion marine). Les dégâts sur les ouvrages et bâtis (cabanes ostréicoles notamment) côtiers n'ont pas été expertisés de manière exhaustive sur l'ensemble du Bassin. En revanche, il a été constaté que le mauvais état de certains perrés, quais et enrochements a pu par endroit, être accentué ».

Ces éléments nous ont conduits à préciser les valeurs moyennes de recul maximal ponctuel, lié à un événement tempétueux exceptionnel ou à une succession de quelques belles tempêtes hivernales.

Les valeurs de recul maximal (notion de L_{max}) retenues pour cette étude (et qui seront considérée dans la phase 2 de l'étude ode l'aléa) ont été validées par le BRGM en janvier 2015. C'est ainsi qu'un recul de -20 m et un recul de -10 m ont été considérés pour les zones exposées et pour les zones abritées, respectivement. Ces valeurs sont précisées sur la figure ci-après :

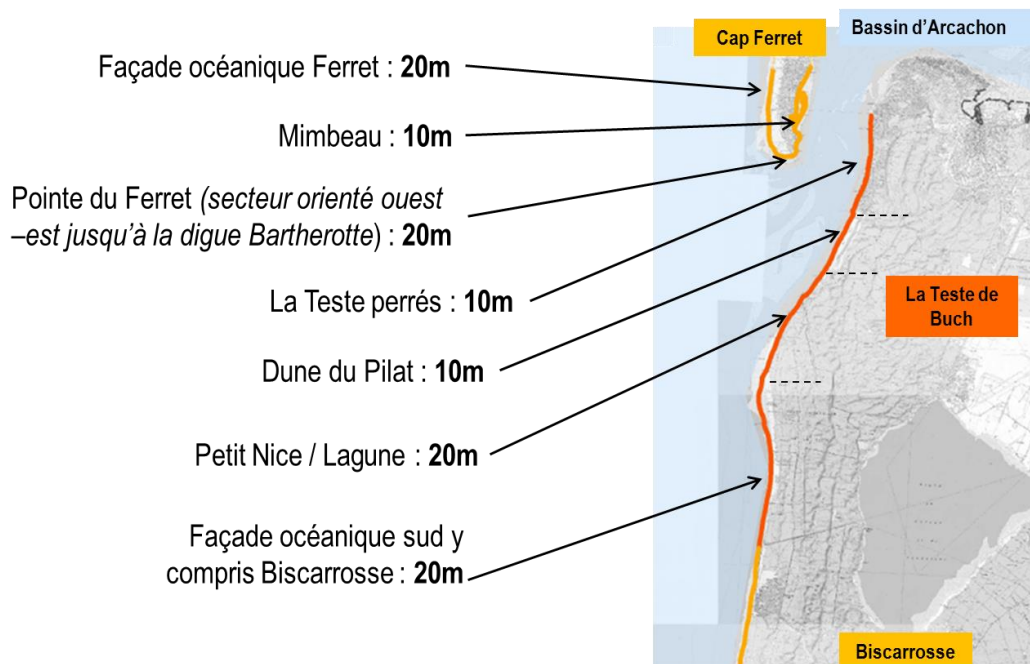


Fig. 17. Valeurs de L_{max} validées par le BRGM (13 janv. 2015)

4.10. CARACTERISTIQUES DES SEDIMENTS

Les différentes données granulométriques (Weber, 1978 ; Koffi Koffi, 1981) indiquent l'homogénéité du stock sédimentaire sur toute la frange littorale aquitaine (dune, plage, plage sous-marine) : ce sont des sables moyens dont les diamètres médians sont compris entre 200 et 315 μm .

Des compilations de sondages ont permis de réaliser une première carte sédimentologique exhaustive dès 1991 (Bouchet, 1991). De cette première carte ont été produits des analyses dans des documents de synthèse qui mettent en valeur la distribution de la nature et de la taille des sédiments de surface (Bouchet et al., 1997, Manciet, 2009, CREOCEAN, 2012⁵). Dans les passes, on retrouve des sables moyens dunaires formant les bancs et, mélangés à ceux-ci, des sables grossiers et graviers qui tapissent les chenaux (Fig. 18).

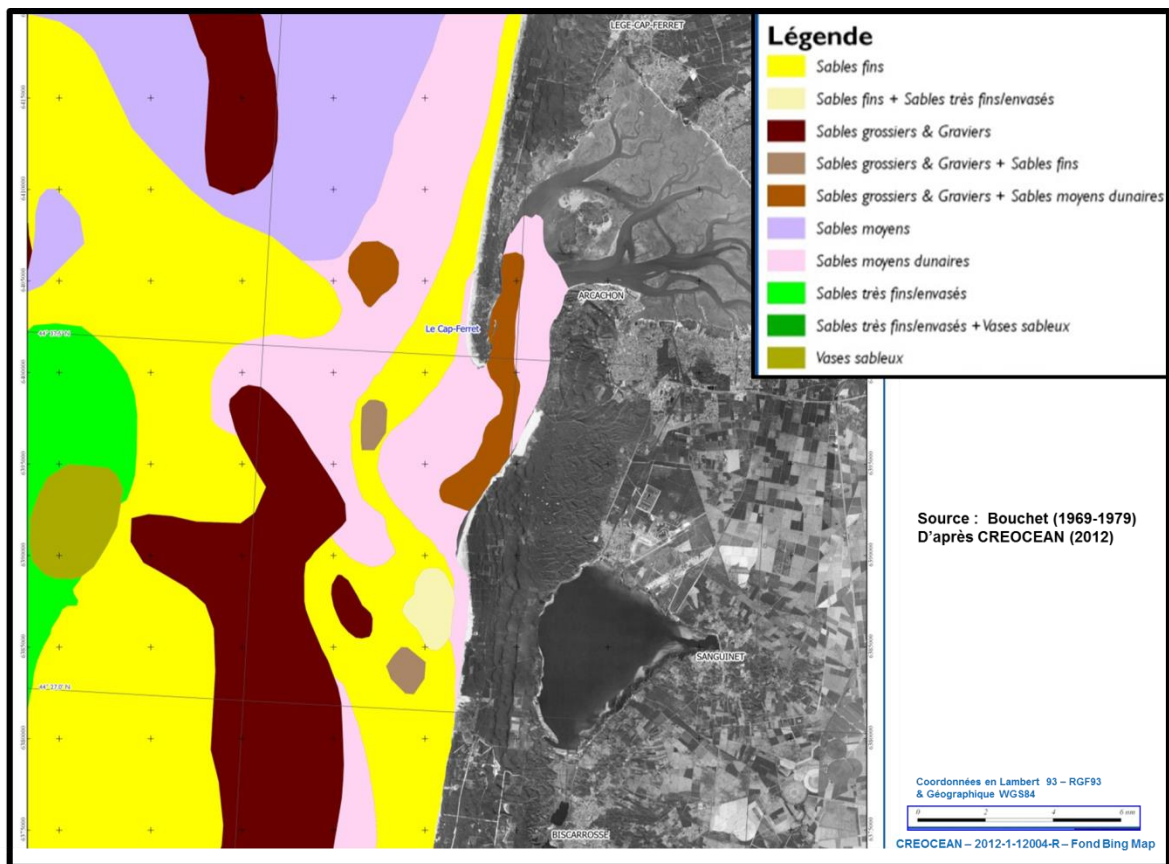


Fig. 18. *Cartographie des fonds sédimentaires superficiels du Sud Gascogne (d'après CREOCEAN, 2012)*

Des études, par secteur permettent de préciser ces éléments généraux, de nord au sud, nous retrouvons dans la littérature des références à :

- La plage du Truc Vert dont la zone intertidale est constituée de sables siliceux moyens à grossiers, avec une granulométrie moyenne allant de 300 à 400 μm (Pedreros et al., 1996) ;
- Les passes internes ont été décrites par Thauront (1994) grâce à de nombreux prélèvements. La synthèse de ces prélèvements est globalement bien représentée sur la Fig. 18, à quelques détails près. Nous notons en particulier la présence de sédiments fins

⁵ Potentialité et faisabilité de création de récifs artificiels, secteur Arcachon. Phase 1 : Etude d'opportunité - CDP MEM 33. CREOCEAN, 2012

dans la rade d'Eyrac (Cap Ferret), relativement abritée, en proportion plus large que dans le reste des passes internes. On retrouve également des sables moyens fin et fins dans le chenal traversier ;

- La flèche du Cap Ferret correspond à l'accumulation de sables éoliens édifiés en trois générations de dunes sur un substrat de sables grossiers (Gassiat, 1989) ;
- A la Salie, une succession d'études synthétisées par de Montaudouin et al. en (Fig. 19) a permis de montrer des changements importants de la granulométrie des sédiments. En 1979, l'émissaire lui-même s'étendait sur des sables dont la médiane était comprise entre 200 et 300 μm (sables plutôt moyens), le diffuseur (extrémité du Wharf) était proche de sables dont la médiane était comprise entre 160 et 200 μm tandis que des sables fins (110-160 μm) étaient trouvés à moins de 500 m au large du diffuseur (Fig. 19). En 2009, la granulométrie des sables est nettement en faveur de sables plus grossiers puisque des sédiments de médiane 300-500 μm ont été échantillonnés sur toute la zone du Wharf, les sédiments du large (dans la zone prospectée) ayant aussi une médiane supérieure à 200 μm (Fig. 19).

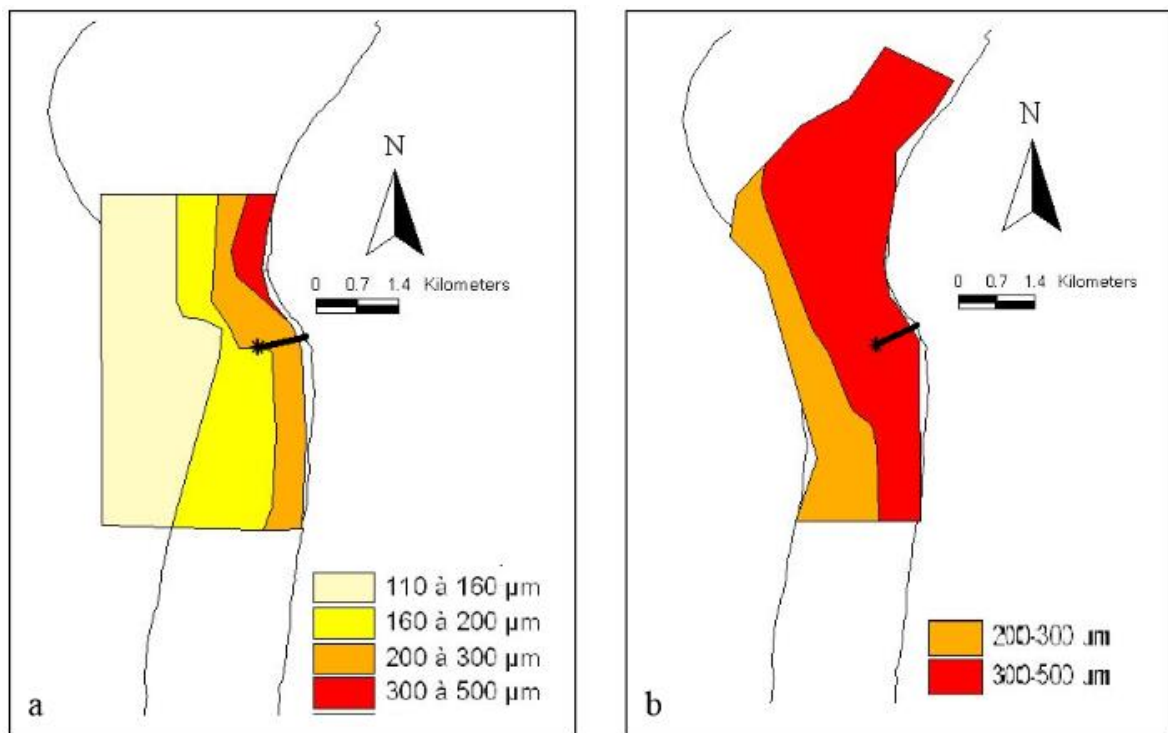


Fig. 19. Répartition, sur l'ensemble de la zone d'étude, des médianes granulométriques des sédiments en 1979 (a) et 2009 (b) (Source : de Montaudouin et al., 2009)

4.11. MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES - TRANSIT LITTORAL

Le transit littoral (ou dérive littorale) exprime la quantité de sable transporté annuellement sur un site donné sous l'action des courants de déferlement des vagues.

Le LCHF (1979) a estimé les valeurs du transit littoral au niveau de la presqu'île du Cap-Ferret (façade océanique) comme suit (calculs faits sur une période de 2 ans de 1966 à 1968) :

- Transport résiduel : 630 000 m^3/an orienté du nord vers le sud,
- Transport total nord \rightarrow sud : 740 000 m^3/an ,
- Transport total sud \rightarrow nord : 110 000 m^3/an ,
- Transport total toutes directions confondues : 850 000 m^3/an .

A la pointe du Cap Ferret, un transit de 40 000 m³/an en moyenne a été mesuré par GASSIAT (1989) entre 1985 et 1987, une partie de ce sable étant dispersé dans le chenal du Ferret ; le bilan annuel réalisé à cette époque sur le pourtour de la flèche montre que "malgré des mouvements sédimentaires de grande ampleur (de l'ordre de la centaine de milliers de m³ pour 1000 m de linéaire de côte) le secteur océanique de la pointe reste pratiquement en équilibre".

Des mesures par traçage fluorescent montrent l'existence d'une dérive littorale importante, orientée vers le sud et déplaçant environ 680 000 m³ de sédiment par an à l'échelle de la plage de la Salie (Michel and Howa, 1994 ; Michel, 1997).

Idier et al. (2013) ont actualisé cette étude sur la base des données de la série temporelle d'états de mer BoBWA (cf. § 4.8.1.5) sur la période allant de 1966 à 2000 (35 ans). Les résultats sont les suivants :

- Transport résiduel : 657 000 m³/an orienté du nord vers le sud,
- Transport total nord→sud : 659 000 m³/an,
- Transport total sud→nord : 2 000 m³/an,
- Transport total toutes directions confondues : 661 000 m³/an.

A l'intérieur du bassin d'Arcachon, l'atténuation des vagues par le déferlement sur les bancs et l'orientation variable du trait de côte conduisent à des différences importantes sur les valeurs estimées du transit littoral :

- Le long de la façade orientale (côté bassin) de la presqu'île du Cap-Ferret, d'après les analyses du LCHF et de SOGREAH, la flèche du Mimbeau s'est formée au XIX^{ème} siècle (entre 1854 et 1876), alimentée par les sables transitant du sud vers le nord le long de la face orientale du Cap-Ferret, sous l'action des houles diffractées et des clapots générés localement. Avant les années 1950, le transit littoral était estimé à 10 000 m³/an (SOGREAH, 2008). Les ouvrages de protections situés entre l'extrémité du Cap-Ferret et Hortense ont eu pour effet d'interrompre l'alimentation en sable de la flèche ; il n'y a aujourd'hui pratiquement plus de plages au niveau de la façade orientale du Cap-Ferret et les quantités de sables qui remontent vers le nord dans le secteur Mimbeau – Bélisaire sont devenues négligeables.
- Le long du littoral de la Teste-de-Buch au niveau des perrés en enrochements depuis l'ouvrage de la corniche : le transit littoral résiduel est orienté sud→nord comme en atteste les accumulations de sables sur les faces sud des épis implantés sur cette partie du littoral. Les déplacements sédimentaires sont le fait des houles résiduelles, des clapots générés localement et des courants de flot qui longent la rive. La part due aux vagues est a priori plus faible actuellement que ce qu'elle a pu être, dans la mesure où autrefois la plage au droit de la corniche était alignée avec celle bordant la dune du Pyla. Actuellement, la migration vers le Nord du chenal du Pyla et l'érosion du flanc Est du chenal de flot ont pour effet de rétrécir l'estran et donc de favoriser les pertes de sédiments dans le profil par l'action des vagues. De plus, la diminution, voire l'arrêt, de l'alimentation par les sables dunaires de la dune du Pyla transitant depuis le sud contribue au fait que les pertes en sables dans le profil sont de moins en moins compensées par des apports.
- La zone La Teste Pyla – Petit Nice – Pointe d'Arcachon, située au droit des passes, est particulière dans la mesure où les houles sont fortement influencées dans leur propagation par la morphologie des passes et la présence des bancs sableux émergents ; dans sa partie nord, la résultante des transports sédimentaires est généralement orientée au nord alors que dans sa partie sud, elle est dirigée plutôt vers le sud.

Au Sud, au niveau de la zone de La Teste Pointe d'Arcachon – Biscarrosse, l'orientation des baïnes et l'étalement des accumulations sableuses résultant de l'accolement des bancs à la côte attestent d'un transit littoral résultant dirigé vers le sud ; les tendances érosives observées sur cette zone traduisent un manque d'alimentation en sable depuis le nord (effet d'épi « hydraulique » des passes) et d'une capacité de transport croissante au fur et à mesure que l'on descend vers le sud.

On peut ainsi noter que pour la côte des Landes, ORGERON (LCHF, 1974) annonçait une résultante vers le Sud de 700 000 m³/an pour un transit global à 1 million m³/an.

En termes de déflation éolienne, le vent agit par érosion du sable sec des plages. La quantité de sable pris à la plage sèche (et apporté à la dune littorale par les vents marins) dépend de la vitesse du vent et de sa durée d'action, de l'étendue de la plage exposée à l'effet du vent, de la température ambiante et de la pluviosité.

Cette quantité de sable transportée par le vent (*transport éolien) est une fonction cubique de la vitesse de celui-ci : ainsi un vent de vitesse 18 m/s transporterait environ cinq fois plus de sable dans un temps donné qu'un vent de 12 m/s et dix fois plus qu'un vent de 10 m/s. En pratique, la presque totalité du transport s'effectue dans une couche de 20 cm de hauteur au-dessus du sol.

Les résultats obtenus par JOHNSON (1966) à l'aide de la formule de BAGNOLD appliquée aux vents observés à CAZAUX dans la période 1961-1965 donne un transport annuel moyen de 20,8 m³ par mètre linéaire de côte (mini : 11,1 ; maxi : 48,0).

4.12. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Le contexte environnemental dans lequel s'insère le Bassin d'Arcachon est particulièrement riche, d'autant plus qu'il se situe dans le contexte d'un Parc Naturel Marin (Fig. 20) qui peut apporter une vision globale et une gestion intégrée, nécessaire à la conservation du patrimoine et à sa gestion durable. Outre ce dispositif, la lagune et son embouchure comptent diverses zones de protection comme :

- Les espaces à préserver au titre de l'article L 146.6 du Code de l'Urbanisme (application de la loi littoral) (Fig. 21) ;
- les ZNIEFF (Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique, Fig. 22, à droite) qui prennent une valeur juridique comme expertise écologique à travers la jurisprudence ;
- les ZICO (Zones d'importance communautaire pour les oiseaux, Fig. 22, à droite) qui n'imposent pas de contraintes réglementaires mais qui doivent être prises en compte ;
- Natura 2000 (sites d'importance communautaire, Fig. 22, à gauche) afin de protéger la diversité biologique ;
- le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) qui préconise de gérer et de protéger les milieux aquatiques et littoraux ;
- le SMVM (Schéma de Mise en Valeur de la Mer) du Bassin d'Arcachon qui stipule les orientations à suivre pour la mise en valeur de l'espace marin et littoral.



Fig. 20. *Emprise du Parc Naturel Marin d'Arcachon*

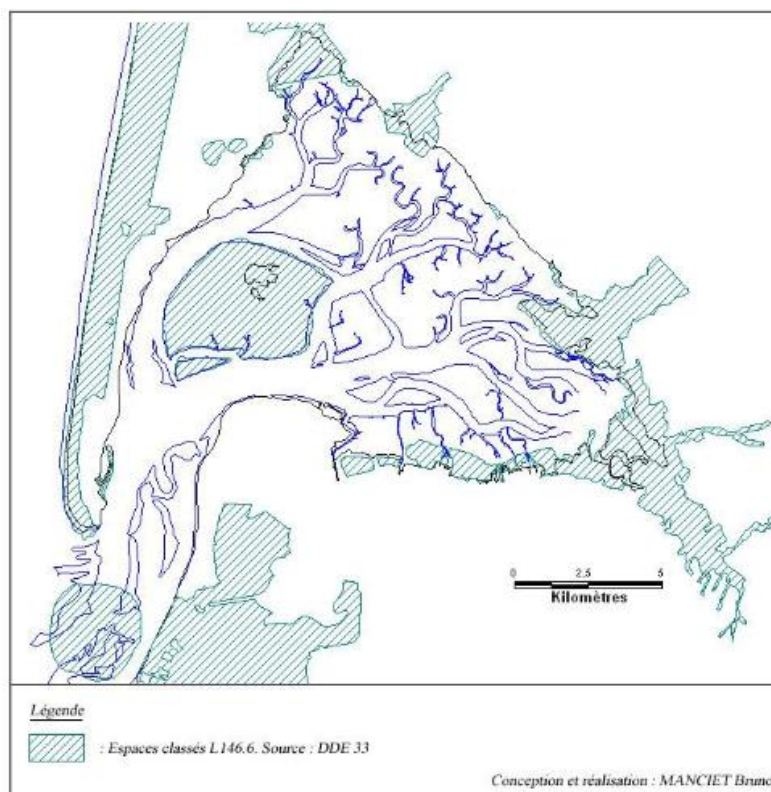


Fig. 21. *Les espaces classés L.146.6. (Source : Manciet, 2009)*

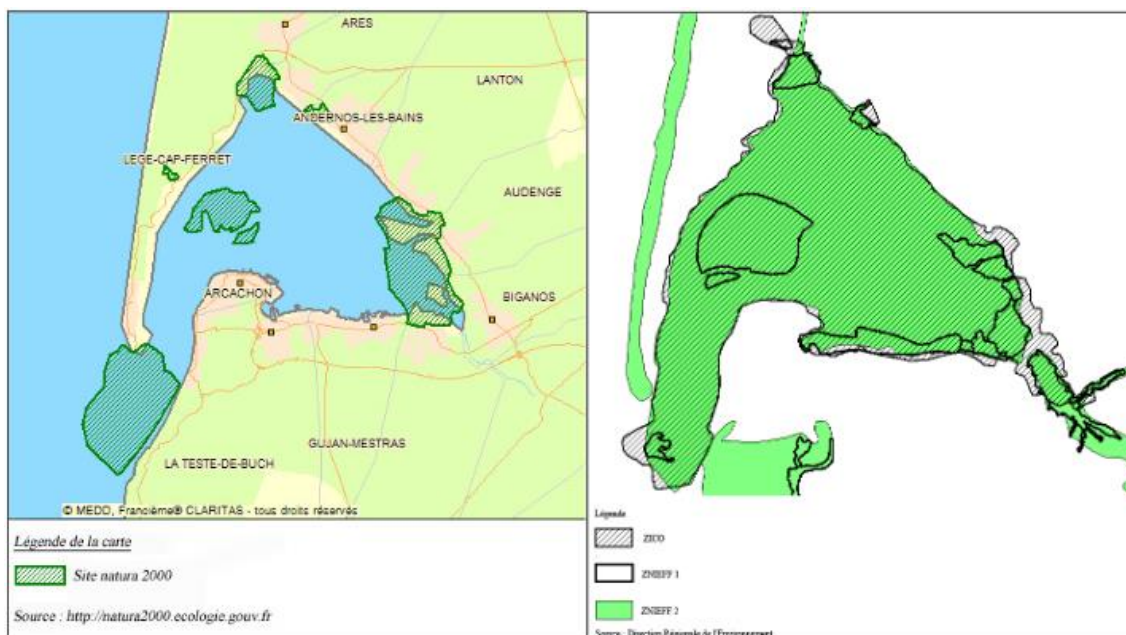


Fig. 22. Cartes des différentes zones réglementées sur le Bassin d'Arcachon
(Source : Manciet, 2009)

4.13. OUVRAGES CONSTRUITS SUR LE LITTORAL

Second ensemble important d'ouvrages de défense de la côte girondine après Le Verdon, l'équipement du Bassin d'Arcachon a répondu à l'urbanisation balnéaire des rivages et non, à des impératifs de stabilité des chenaux de navigation.

Le pourtour du Bassin d'Arcachon est défendu soit par des digues (côtes basses et marais de l'intérieur) construites depuis le XVIII^{ème} siècle, soit par une grande variété de perrés (sur le linéaire exposé) continuellement complétés depuis le milieu du XIX^{ème} siècle.

A la pointe du Cap Ferret, les ouvrages qui se sont développés à partir des années 1950 pour pallier l'érosion provoquée jusqu'au Mimbeau par l'affaiblissement de l'axe hydraulique parallèle du bassin Ouest (Piquey) au bénéfice de l'axe hydraulique incident du Teychan, ont répondu à leur objectif en maintenant globalement le rivage sur sa position.

On remarque, par contraste, le recul, non seulement de la flèche du Mimbeau, mais de tout l'estran à l'extrémité Nord de la ligne de défense. Ce recul a pu être accentué par l'interruption progressive de la dérive sédimentaire contournant la Pointe du fait des ouvrages. En effet, dans ce secteur, le sable ne peut pénétrer dans le Bassin que par l'estran (LORIN et al., 1969) qui, de fait, n'existe plus.

Sur la Côte Arcachon-La Teste, une ligne continue de perrés fixe le linéaire : commencée à Arcachon vers 1840 par ou à la demande des propriétaires des terrains bordiers, puis au Moulleau voici un siècle, elle s'est développée finalement jusqu'à Pyla-Plage, complétée par de nombreux épis.

A mesure de l'abaissement de l'estran dû au déplacement latéral du chenal de Moulleau-Pyla, ces perrés ont dû être constamment exhausés en sous-œuvre pour pallier à leur déchaussement.

Au sud de la zone urbanisée, le recul de la côte naturelle de la dune du Pyla crée un décalage avec le linéaire fixé qui s'amplifie depuis les années 1960.

Les principaux ouvrages construits sur le littoral d'étude concernent les secteurs :

- du Ferret (Pointe et façade Mimbeau-Bélisaire) :
- de La teste-de-Buch nord ; perrés, épis,
- de Biscarrosse : front de mer,

pour ce qui est des « ouvrages de protection », auquel il convient d'ajouter le wharf réalisé sur le site de La Salie.

Pour les détails on se référera aux fiches données en annexe.

4.13.1. Wharf de la Salie

Le 28 mars 1966, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France donne un avis favorable à la réalisation d'un collecteur permettant d'intercepter les rejets de la papeterie de Factice (dont les eaux industrielles se déversaient jusqu'à alors en fond du Bassin d'Arcachon via la Leyre) et les eaux usées des quatre communes du Teich, Gujan-Mestras, La Teste-de-Buch et Arcachon (dont la population est estimée alors de 200 000 habitants) puis à les rejeter en mer par l'intermédiaire d'un émissaire en mer au niveau de la plage de La Salie.

Devant ces difficultés d'exécution des travaux de l'émissaire en mer, le Comité Interministériel d'Action pour la Nature et l'Environnement impose, le 6 décembre 1972, la construction de stations d'épuration, les effluents urbains et industriels devant subir un traitement primaire avant d'être rejetés en mer.

La solution de l'émissaire court à 800 m de long sur pilotis (« wharf ») était adoptée lors de la réunion interministérielle du 16 janvier 1973. Ainsi, l'ouvrage construit en acier soudé est composé d'un tuyau de 1,50m de diamètre surmonté d'une passerelle de 3 m de large placée au-dessus des plus hautes vagues. Le chantier s'est déroulé de juin à décembre 1973. Les installations fonctionnent depuis avril 1974.

Les palées ont été renforcées par des enrochements fin des années 1970 / début des années 1980.

L'analyse des photos aériennes confirment que l'ouvrage en lui-même, de par sa constitution, n'a pas d'effet d'épi, à savoir pas de blocage du transit littoral.

4.13.2. Ouvrages de protection contre les érosions du trait de côte

4.13.2.1. SECTEUR DU CAP FERRET

Le système de protection est constitué :

- Site 1 : Pointe du Cap Ferret : 5 épis constitués de pieux bois en quinconce (linéaire variant de 20 à 100 m, construction 2003). Une grande partie de ces épis sont ensevelis (visite ARTELIA février 2015) et n'assure donc plus leur rôle de blocage d'une partie du transit ;
- Site 2 : Façade Est de la Pointe du Cap Ferret : les propriétaires ont réalisé des protections essentiellement en enrochements sur un linéaire de 750 m environ ;
- Site 3 : Façade Mimbeau (enracinement de la flèche) : 4 épis constitués essentiellement de pieux bois en juxtaposition sur un linéaire de 30-40 m chacun. L'enracinement est en forme de V. Ils sont espacés de 50 à 60 m. D'après l'analyse sur site et la comparaison des photographies aériennes, ces ouvrages semblent avoir peu d'effets sur le blocage du transit littoral et sur la tenue de la plage. Le SIBA effectue régulièrement un rechargement en sable de cette zone.

4.13.2.2. SECTEUR DE LA TESTE-DE-BUCH

Le secteur de la Corniche jusqu'à la jetée du Moulleau (linéaire 4,5 km environ) est protégé par :

- Des protections longitudinales type perré (béton, maçonné...) ;
- Des protections transversales type épis (enrochements, bois...), au nombre de 17, présentant une longueur unitaire comprise entre 40 et 70 m. L'analyse sur site et la comparaison des photographies aériennes permettent de constater que ces ouvrages semblent contenir une partie du transit littoral.

4.13.2.3. SECTEUR DE BISCARROSSE

Le front de mer « protégé » de Biscarrosse est composé des 4 ouvrages suivants, du Nord vers le Sud :

- Protection longitudinale provisoire en géotextile, mise en place par la Mairie en 2000 sur un linéaire de 350 m afin de protéger la dune communale paysagée : ce géotextile est en état de ruine depuis l'hiver 2014 ;
- Protection longitudinale en enrochements Nord, mise en place par les propriétaires privés de la parcelle protégée (restaurant), dont la date de construction et le linéaire ne sont pas connus (ouvrage non visible car recouvert de sable lors de l'inspection de terrain du 28 janvier 2015) ;
- Ouvrage en plaques de béton, mis en place par les propriétaires privés de la parcelle protégée (hôtel) en 1974, sur un linéaire d'environ 70 m ;
- Protection longitudinale en enrochements Sud, mise en place par les propriétaires privés des parcelles protégées (chalets), sur un linéaire d'environ 70 m (date de construction non connue).

4.14. OPERATIONS DE DRAGAGE - RECHARGEMENT DES PLAGES

4.14.1. Site du Cap Ferret

En 2003 - 2004, des travaux de dragage ont été réalisés par le SIBA à l'entrée de la conche du Mimbeau, afin de recalibrer le chenal (modification de l'axe et de la profondeur).

De plus, des prélèvements sur la face nord du lobe terminal de la flèche du Mimbeau sont effectués régulièrement depuis 2008. Les matériaux sont acheminés par tombereaux et déposés à l'enracinement de la flèche du Mimbeau (opération de back-passing).

Les volumes prélevés et déposés sont précisés dans le tableau ci-après :

Date	Volume prélevés et déposés
2008	2 000m ³
2009	6 300 m ³
2010	14 000 m ³
2011	11 500 m ³
2012	12 000 m ³
2013	10 000m ³

4.14.2. Site de La Teste-de-Buch

4.14.2.1. OPERATION DE RECHARGEMENT MASSIF – 2003

Une large opération de ré-ensablement des plages a été réalisée pendant l'hiver 2002/2003, intéressant des volumes de près de 1,1 million de m³ de sable. La répartition des volumes a mis en place est décrit sur la figure suivante.

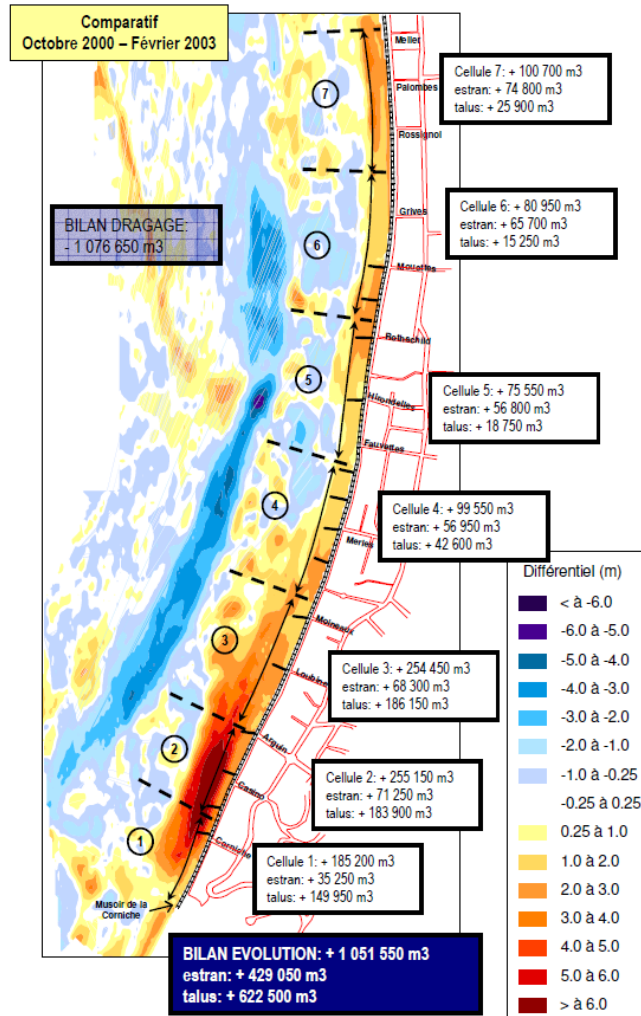


Fig. 23. Bilan de l'opération initiale de rechargement en 2003 (SOGREAH, 2009)

4.14.2.2. OPERATIONS D'ENTRETIEN

Des opérations d'entretien ont été réalisées régulièrement entre 2005 et 2015, aux mois de janvier-février :

- 2005 : 150 000 m³ ;
- 2007 : 162 000 m³ ;
- 2009 : 108 000 m³ ;
- 2010 : 150 000 m³ ;
- 2012 : 150 000 m³ ;
- 2014 : 153 000 m³.

Le volume rechargé en 2009 a été réduit pour des raisons budgétaires. Le retard pris sur les entretiens a ensuite été rattrapé en réalisant l'opération suivante 1 an plus tôt que prévu initialement.

Le sable est prélevé sur le banc du Bernet par une drague hydraulique et refoulé sur la plage par rainbowing.

4.14.3. Site de Biscarrosse

Des transferts de sable ont été réalisés en pied d'ouvrage par la Mairie de Biscarrosse suite aux tempêtes de l'hiver 2013-2014, qui avaient engendré un fort abaissement de la plage menaçant la stabilité de ces ouvrages.

Par ailleurs, des opérations régulières de ré-ensablement sont effectuées par la Mairie au droit de la dune paysagée depuis 2001, après la période hivernale, pour assurer la couverture en sable du géotextile et ainsi éviter de l'exposer à diverses attaques (action de la houle, détérioration par les ultraviolets, actes de vandalisme,...).

Les volumes ainsi apportés sont les suivants (source : Services Techniques de la Mairie) :

- 2001 : 15 000 m³,
- 2002 : 20 000 m³,
- 2003 : 4 500 m³,
- 2004 : 7 000 m³,
- Depuis 2004 : environ 6 000 à 7 000 m³/an.

Pour ces apports d'entretien, le sable est prélevé au moyen de pelles mécaniques sur l'estran au Sud de Biscarrosse, à la limite de la zone militaire, puis acheminé par camions jusqu'à la dune paysagée. L'accès des engins de travaux publics sur l'estran se fait au Sud immédiat des chalets.

4.15. PHOTOGRAPHIES AERIENNES

4.15.1. Prises de vue aériennes verticales - orthophotoplans

De nombreuses campagnes aériennes couvrent tout ou partie de la zone d'étude. La plupart des clichés sont dorénavant téléchargeables sur le site <http://www.geoportail.gouv.fr/>.

La difficulté d'avoir des jeux de photographies aériennes complets sur l'ensemble de la zone d'étude provient de la présence des terrains militaires au sud immédiat de Biscarrosse qui ne peuvent pas être survolés. Par conséquent, il existe peu de jeux permettant de couvrir l'intégralité du front de mer de Biscarrosse.

Les années les plus intéressantes pour avoir une couverture globale sont les suivantes : 1947, 1968, 1977 (campagne IPLI⁶), 1979, 1991, 1996, 2000 et 2011/2012 (IGN + SIBA). Ces années sont surlignées de gris dans le Tabl. 18 - , lequel présente l'ensemble des couvertures photographiques disponibles.

Tabl. 18 - Liste des prises de vue aériennes verticales de l'embouchure du Bassin d'Arcachon

Date	Pointe du Cap-Ferret	La Teste-de-Buch	Biscarrosse
1927	-	X (Moulleau)	-
1945	-	X (sud Petit Nice)	X (front de mer incomplet)
1946	x	X (excepté sud dune du Pyla)	-
1947	x	x	X (front de mer incomplet)
1949	x	-	-
1950	x	x	-
1952	-	X (excepté sud dune du Pyla)	-
1957	x	x	-
1959	x (excepté secteur Bélisaire)	x	-
1964	x	x	-
1965	-	X (Moulleau)	-
1968	x	x	X (front de mer incomplet)
1970	-	-	X (jusqu'à la limite sud du front de mer)
1972	x	X (Moulleau)	-
1973	x	x	-
1977	x	x	X (front de mer incomplet)
1979	x	x	X (front de mer incomplet)
1980	X (façade orientale)	X (nord dune du Pyla)	-
1982	x	x	-
1984	x	x	-
1985	x	x	-
1991	x	x	X (front de mer incomplet)
1992	-	X (sud Petit Nice)	X (front de mer incomplet)
1993	x	x	-
1995	-	X (sud dune du Pyla)	-
1996	x	x	X (jusqu'à la limite sud du front de mer)
1998	x	X (excepté le Moulleau)	X (jusqu'à la limite sud du front de mer)
2000	x	x	X (front de mer incomplet)
2002	-	X (sud dune du Pyla)	-
2004	x	x	-
2005 SIBA	x	x	X
2007 SIBA	x	x	X
2009	x	x	X (Zone urbaine non couverte)
2011 ORTHOLITTORALE	x	x	x
2012 SIBA	x	x	X

⁶ IPLI : Inventaire Permanent du Littoral.

4.15.2. Prises de vue aériennes obliques

La BRGM a acquis une importante collection de photographies obliques aériennes réalisées par Michel Le Collen dont les caractéristiques sont reportées dans le Tabl. 19 - .

Tabl. 19 - Liste des prises de vue aériennes obliques de l'embouchure du Bassin d'Arcachon

Période	Littoral	Lagune
Septembre 2009	X	
Avril 2011	X	
Mai 2012	X	X
Juin 2013	X (nord Bassin d'Arcachon)	
Août 2013	X (sud Bassin d'Arcachon)	

oOo

5. DESCRIPTION DES EVOLUTIONS DE L'EMBOUCHURE DU BASSIN D'ARCACHON

5.1. FORMATION DU BASSIN D'ARCACHON – CONTEXTE GEOLOGIQUE ANCIEN

Le Bassin d'Arcachon se situe sur la zone de flexure celtaquitaine, accident majeur de la région avec la faille de La Leyre qui est responsable de l'orientation de la bordure nord-est du Bassin. Avant d'être le Bassin d'Arcachon, la lagune était un estuaire, celui de La Leyre. Son évolution s'est opérée ces 15 000 dernières années au cours desquelles la transgression marine produit une élévation spectaculaire du niveau des océans de 550 m. Au cours de cette période, l'estuaire de la Leyre se transforme en lagune d'Arcachon. Ce contexte transgressif global à l'échelle de la planète forcé par les variations climatiques naturelles, la tectonique et l'isostatisme, perdure actuellement associé à une phase de réchauffement climatique (+1 à +1,5 mm/an sur le dernier siècle).

Différents auteurs ont proposé une reconstitution paléogéographique s'appuyant sur l'étude d'enregistrements sédimentaires retraçant les étapes de l'histoire holocène du Bassin d'Arcachon (Manaud, 1971 ; Bouchet, 1974 ; Penin, 1980 ; Feniès, 1984 ; Cuignon, 1984). Une mise en lumière récente de ces travaux a été réalisée par Allard et al. (2009) en interprétant de nouvelles carottes sédimentaires collectées dans la partie interne du Bassin d'Arcachon.

Ainsi, l'histoire de la lagune d'Arcachon s'inscrit au cours de la transgression post-würmienne 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 des forçages météorologiques (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. Retraçons l'évolution de l'estuaire de la Leyre au travers des temps géologiques.

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).

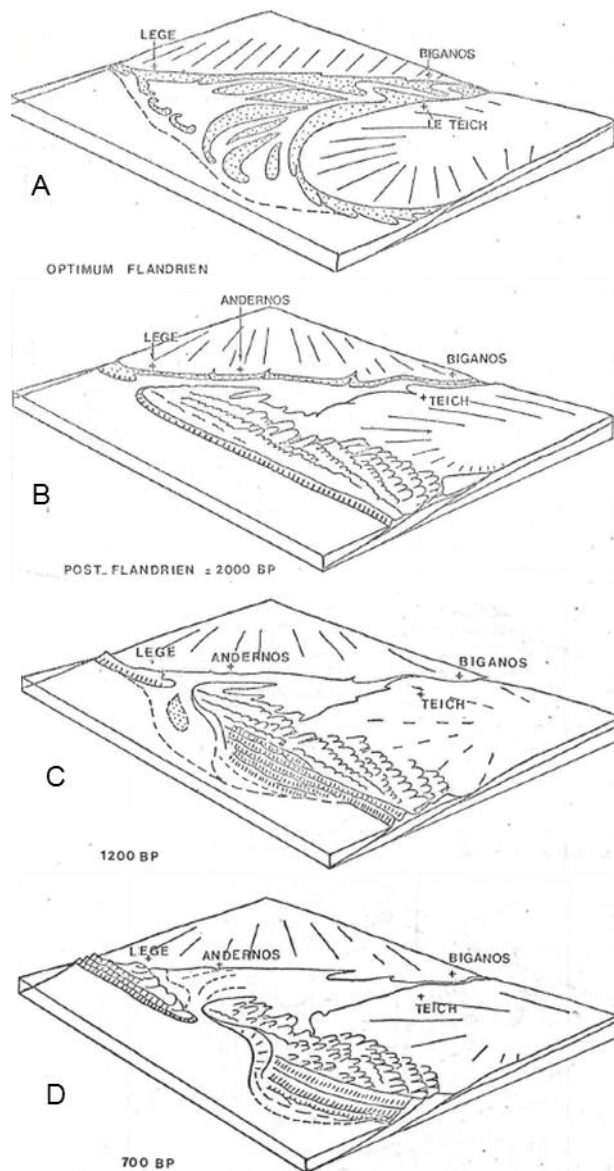


Fig. 24. Evolution holocène du Bassin d'Arcachon (d'après Manaud, 1971 in Cuignon, 1984)

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 (Fig. 24 C-D). 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.

Le maintien ou non de l'ouverture dépend du rapport de force entre la dérive littorale (qui engendre une accumulation de sédiments à l'embouchure) et le pouvoir de chasse du volume d'eau oscillant à chaque marée, et de ses variations dans le temps.

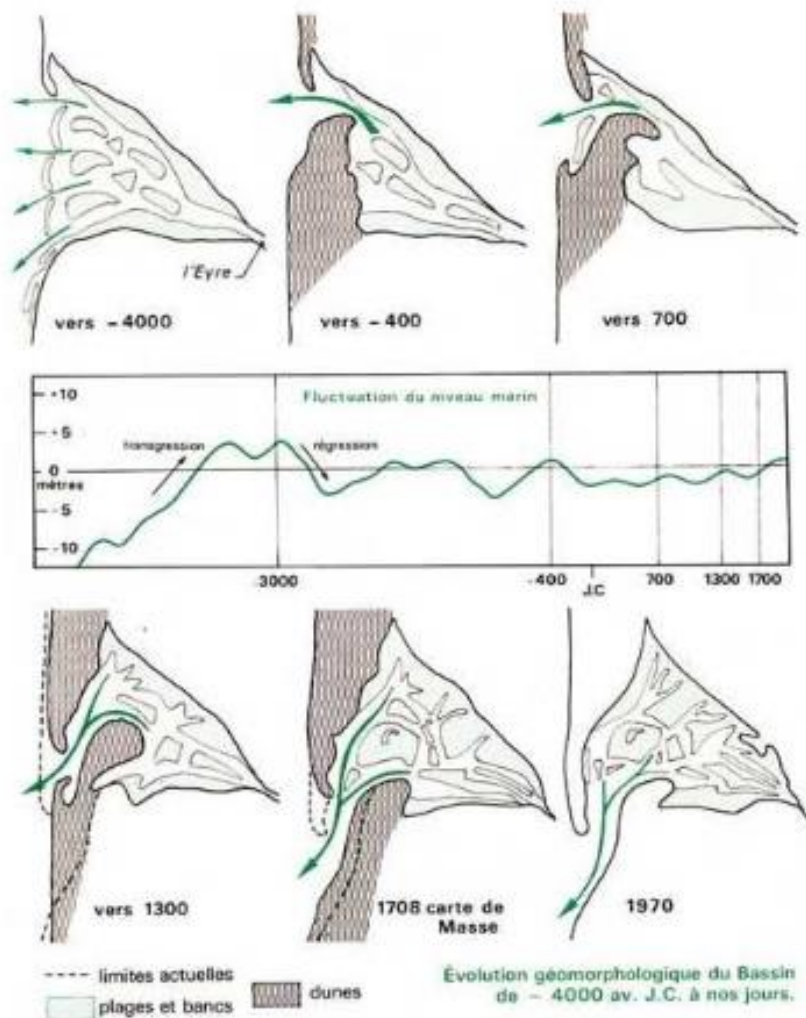


Fig. 25. Evolution géomorphologique du bassin d'Arcachon de -4000 à nos jours (d'après Froidefond, 1982)

Au Moyen Age (à partir de 1300, XIV^{ème} siècle) : l'île aux Oiseaux se détache de la côte sud de la lagune par creusement du chenal du Teychan (Fig. 25).

Durant les 300 dernières années, l'extension minimale et maximale de la flèche du Cap Ferret a varié de 8 km et réduit la largeur de l'embouchure jusqu'à atteindre seulement 0,3 km en 1826 (thèse Gassiat, 1989 repris dans Allard 2009). L'étude des cartes bathymétriques de 1826 à 1993 révèle deux phases majeures d'accrétion et d'érosion. Elle a permis de mettre en évidence un cycle de 80 ans ...

L'évolution historique de la flèche du Cap Ferret depuis le début du 18^{ème} siècle (cartes de C. Masse et de Beautemps-Beaupré datées respectivement de 1708 et 1826) est reprise dans la synthèse d'IFREMER (1997) sur la base des travaux de Gassiat (1989) (Fig. 26).

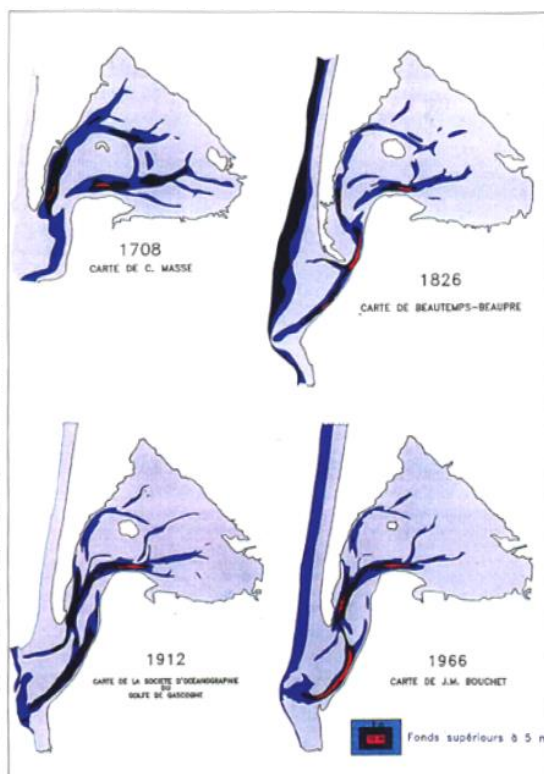


Fig. 26. Evolution de la flèche du Cap Ferret et de l'axe hydraulique principal au cours des 300 dernières années (d'après Bouchet et al., 1997). Les zones colorées en bleu représentent les fonds supérieurs à -5m CM.

Un épisode d'obturation partielle en 1826 caractérisé par un allongement exceptionnel de la presqu'île du Cap Ferret entre 1800-1826. La zone des passes s'en trouve très réduite jusqu'à ne plus représenter qu'un goulet de 750 m de large (30 m de profondeur). Le phénomène est attribué à une conjonction de plusieurs processus naturels et actions anthropiques :

- La prédominance de l'action des houles pendant une période de 20 ans au début du 18^{ème} siècle qui provoqua un apport massif de sédiment par la dérive littorale ;
- l'ouverture de la passe sud à l'embouchure de l'estuaire de la Gironde entre 1785 et 1842 (destruction du banc du Chevrier) qui provoqua un apport très important de sables par la dérive amont ;
- Les aménagements hydrauliques réalisés dans le Bassin entre 1770 et 1795 par la création de salines par endiguement (polders) ayant pour effet de diminuer le volume oscillant de marée ;
- L'ensemencement et le drainage des landes du sud du Bassin ayant pour conséquence un apport sédimentaire par drainage et le colmatage des rivières côtières par les alluvions.

Malgré leur action localisée dans le Bassin, les aménagements pourraient avoir accéléré l'allongement naturel de la flèche induit par l'intensification de la dérive littorale associée à une diminution du volume oscillant dans les passes. Cette situation du passé, bien

qu'exceptionnelle, rend légitime la question d'une fermeture possible du Bassin, les lacs médocains s'étant eux fermés.

5.2. EVOLUTIONS DU SYSTEME DES PASSES

Afin de préciser le cycle de 80 ans entre phases d'érosion et sédimentation et entre embouchure présentant une à deux passes, l'ensemble des cartes bathymétriques disponibles (1810-2013) a été réexploité, notamment pour valider spatialement l'existence de cycles différents de celui de 80 ans, ou au contraire, des tendances à plus long terme.

5.2.1. Méthode

Les cartes bathymétriques papiers ont été digitalisées, géoréférencées et projetées en Lambert 93. Les cartes numériques ont été le cas échéant reprojetées en Lambert 93. Nous avons focalisé notre analyse sur l'évolution spatio-temporelle de l'isobathe -5m CM (ex. Fig. 27).

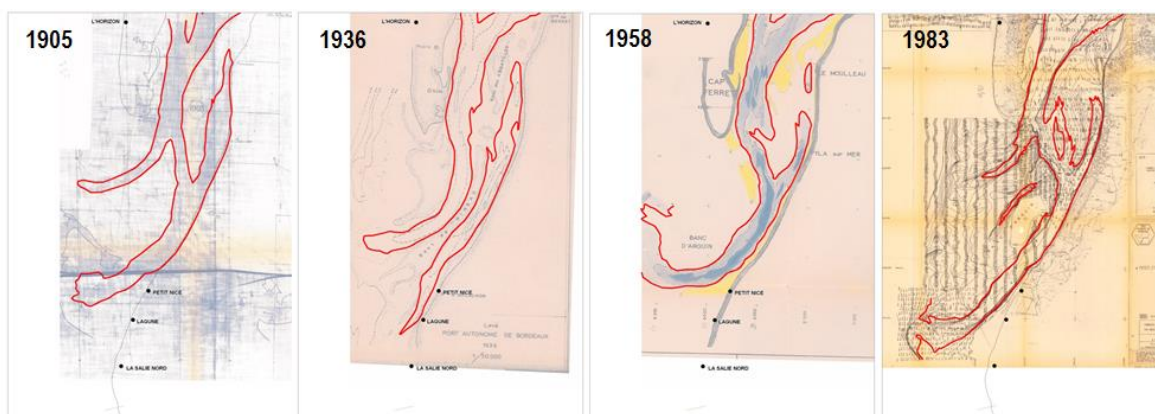


Fig. 27. Cartes anciennes numérisées et resdressées, le niveau -5 mCM est surligné de rouge

Pour rendre compte de son évolution, nous avons tracé dans l'embouchure deux faisceaux de transects et relevé la position géographique des intersections entre les faisceaux et l'isobathe -5m CM. Les deux faisceaux ont été tracés en éventail autour d'un axe nord sud (transects bleus, Fig. 28) et ouest-est (transects orange, Fig. 28).

Ainsi, pour chacun des transects, on obtient une chronique, détaillant l'évolution des zones les plus profondes dans l'embouchure. Une exemple de résultats est présenté sur la Fig. 29. Le diagramme montre une succession de barres grises qui représentent chacune une année de mesure. Le long de la barre une passe est représentée lorsque deux intersections proches entre le transect et l'isocontour sont relevés. Ce diagramme montre donc une succession de phases « passe unique » et « deux passes ». Le déplacement des passes vers le sud dans le temps est également clairement mis en évidence et montre toutes les étapes de la vie des passes dans l'embouchure depuis leur naissance jusqu'à leur disparition. Afin de faciliter la compréhension de l'évolution des passes, une typologie particulière a été définie et un nom particulier a été donné à chaque passe successivement apparue (Fig. 30) : une passe « ancien régime », « second empire », la passe sud actuelle et, enfin, la passe nord actuelle. Lorsque deux passes coexistent, elles sont séparées par d'importants bancs de sables connus sous les noms de « Matoc », « Pineau » (récemment connus au niveau de la pointe d'Arcachon) puis, actuellement, « Arguin ». Le banc du Toulanguet est à l'heure actuelle localisé au nord de l'actuelle passe nord. En encart sur la Fig. 30, la carte de 1905 est présentée ; elle montre les passes en situation : l'actuelle passe sud occupant la place de l'actuelle passe nord et la passe « Ancien régime » celle de l'actuelle passe sud.

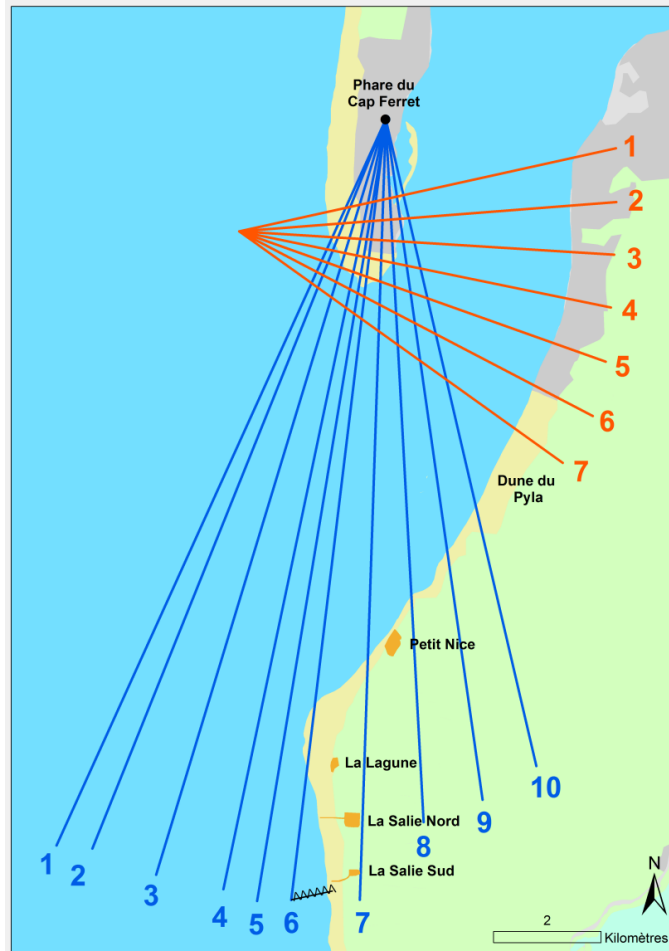


Fig. 28. *Tracé des transects utilisés pour analyser l'évolution des passes*

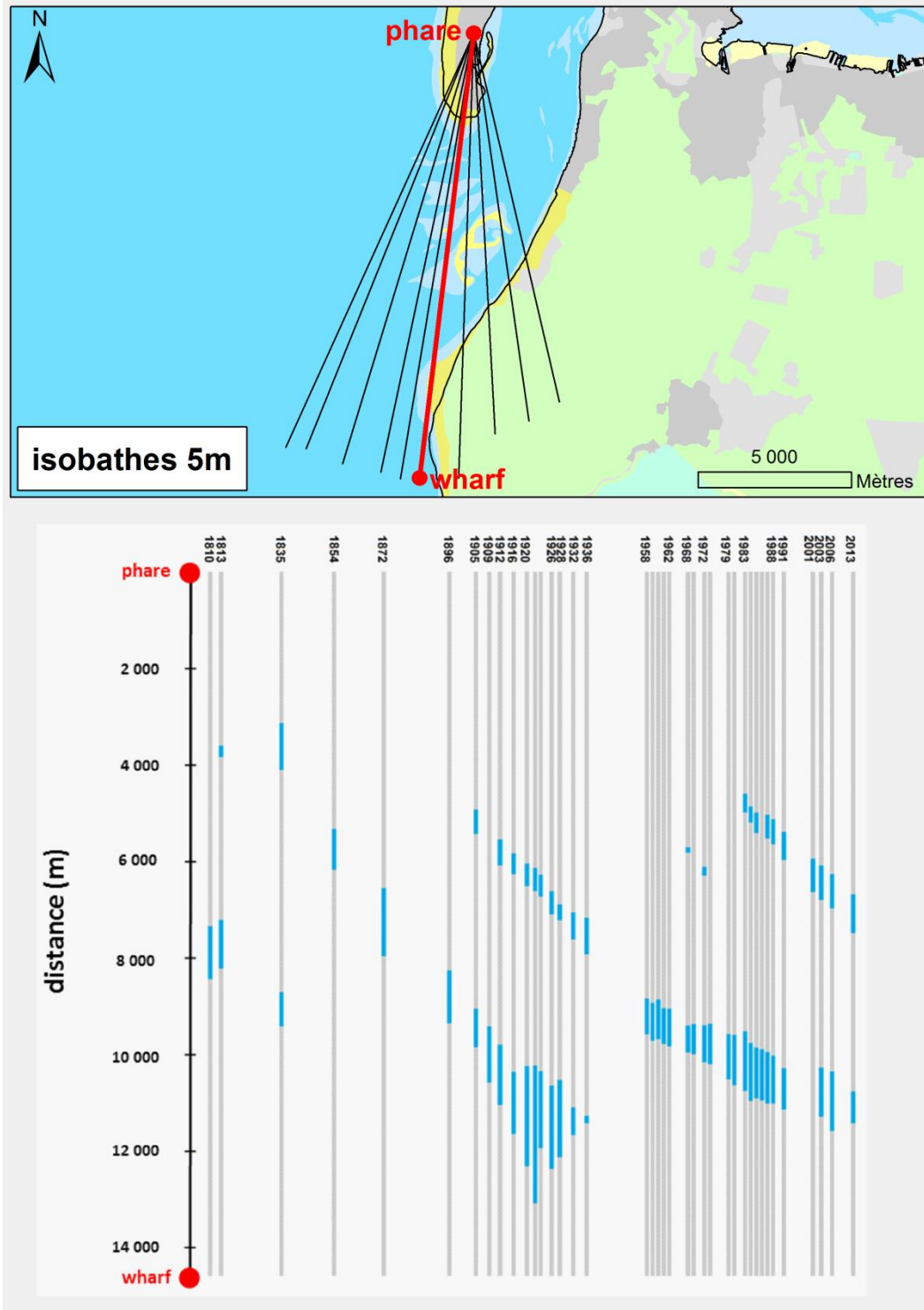


Fig. 29. Position de l'isobathe -5m CM le long du transect 6 de l'éventail nord-sud entre 1810 (à gauche du diagramme et 2013 (à droite du diagramme), les zones profondes (entre 2 intersections entre l'isobathe -5m et le transect) sont colorées en bleu.

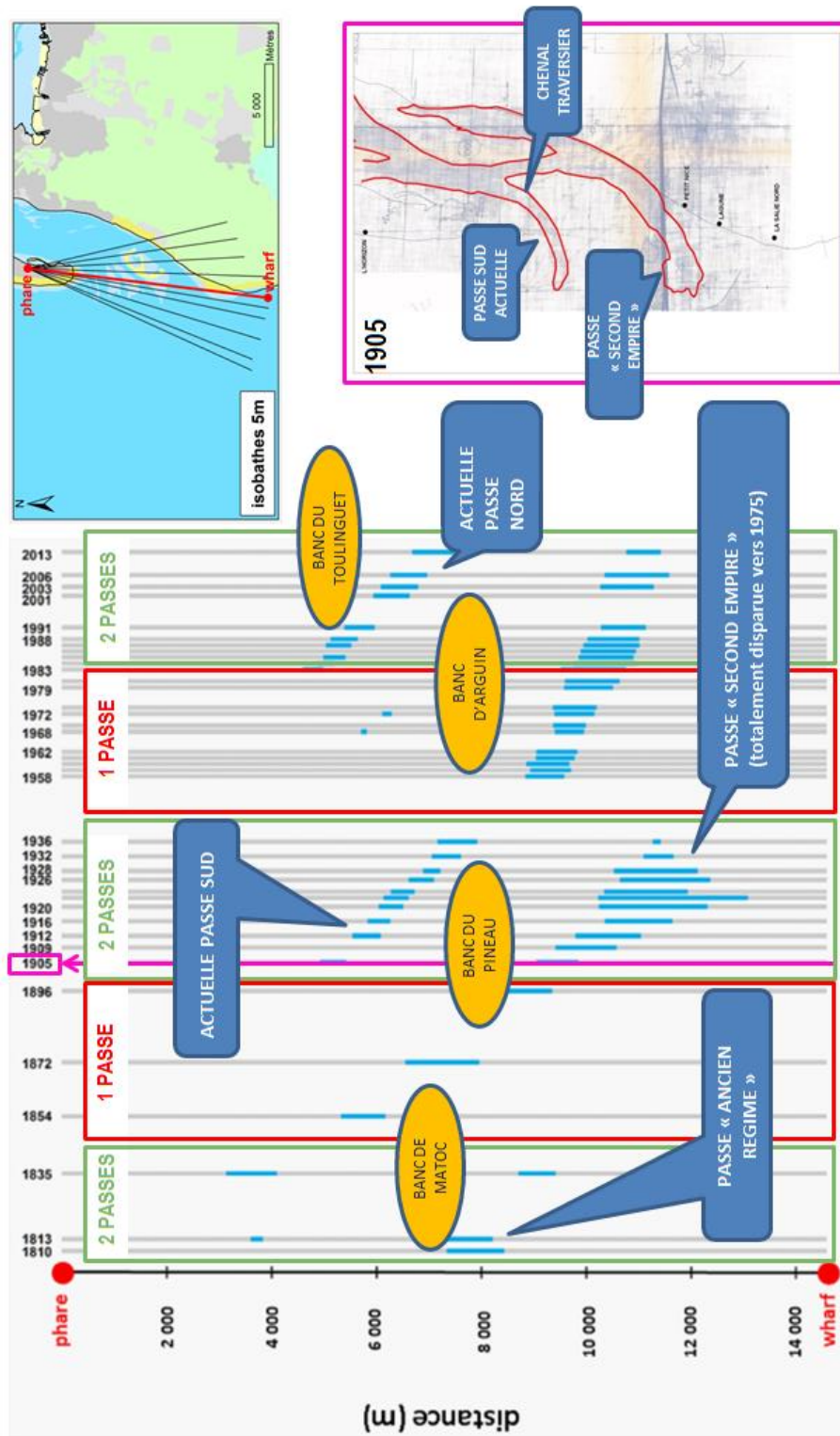


Fig. 30. Définitions typologiques associées à l'analyse de l'évolution des passes

Enfin, pour analyser ces graphiques et calculer les vitesses de migration des passes, en différenciant les deux rives, nous avons extrait la distance entre chaque intersection et l'origine du faisceau, transect par transect. Puis ces distances sont reportés sur une graphique qui permet, le cas échéant, de déduire des lois décrivant les tendances de migration des deux passes nord et sud, ainsi que des chenaux du Ferret et du Pyla. Ce sont ces résultats qui sont présentés et analysés dans cette section.

5.2.2. Passe nord et passe sud

Au niveau de l'exutoire de la passe nord (éventail nord-sud, transect 2, Fig. 31), un chenal est visible par intermittence au niveau -5 m CM. Ce sont trois phases successives qui marquent cette évolution, dont les deux dernières ont vu l'apparition, la migration et la disparition de l'actuelle passe sud (visible entre 1920 et 1970) puis l'apparition en 1988 et la migration de l'actuelle passe nord, toujours visible à l'heure actuelle. La pente des droites, calculée par régression linéaire, indique le taux de migration de chacune des rives des passes. Le coefficient de corrélation de ces régressions (R^2), toujours supérieur à 0,9, démontre la grande régularité du déplacement des passes du nord vers le sud dans la zone des passes externes. Les taux de migration des deux rives de l'actuelle passe nord (1988-2013) et, par le passé (1920-1970) de l'actuelle passe sud, sont très comparables : 69 m/an puis 81 m/an pour la rive nord et 83 puis 91 m/an pour la rive sud (cf. Fig. 31). Au cours de la précédente phase, la passe observée était plus large que la passe nord actuelle. Toutefois, un schéma cyclique est perceptible au niveau du transect n°2, avec une période de retour, sur un seul cycle, de l'ordre de 70 ans.

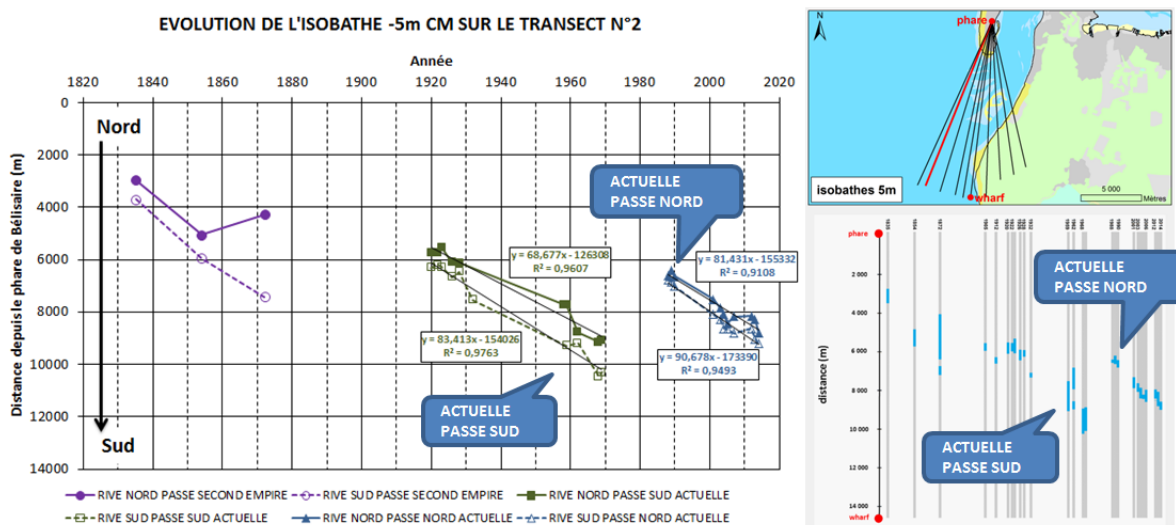


Fig. 31. Evolution de la passe nord au niveau du transect n°2 de l'éventail nord-sud

On retrouve des cyclicités identiques au niveau du transect n°4 (Fig. 32) où on trouve trois phases successives :

- Apparition (~1835), migration puis disparition de la passe dite « second empire » (~ 1936), avec des vitesses de migration des rives de 86 m/an environ, au nord comme au sud de la passe ;
- Apparition (~1905), migration puis disparition de la passe sud actuelle (1991), avec des vitesses de migration de la rive nord de la passe de 76 m/an et de la rive sud de 84 m/an ;
- Apparition (1981) et migration de la passe nord actuelle, avec des vitesses de migration de la rive nord de la passe de 75 m/an et de la rive sud de 92 m/an.

Ainsi, dans le delta de jusant, on retrouve une cyclicité bien marquée quant au rythme d'apparition des nouvelles passes. Une fois apparue, la passe présente une tendance évolutive dans le temps très reproductible : déplacement vers le sud avec des taux de migration très proches d'une période à l'autre. Les mêmes tendances sont retrouvées jusqu'au transect n°6 (3), où on perçoit le mécanisme de fermeture de la passe sud par formation d'un seuil sur une période courte de 10 à 15 ans environ. Enfin, on retrouve sur les transects 6 et 7 de l'éventail ouest-est la cyclicité typique de 75 ans de l'apparition d'une nouvelle passe au nord de l'embouchure.

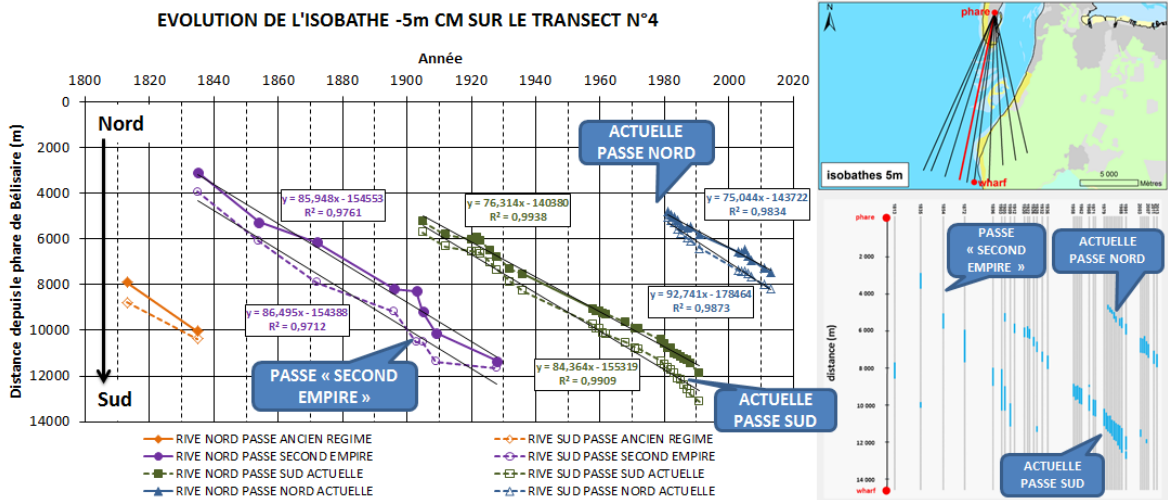


Fig. 32. Evolution de la passe nord au niveau du transect n°4 de l'éventail nord-sud

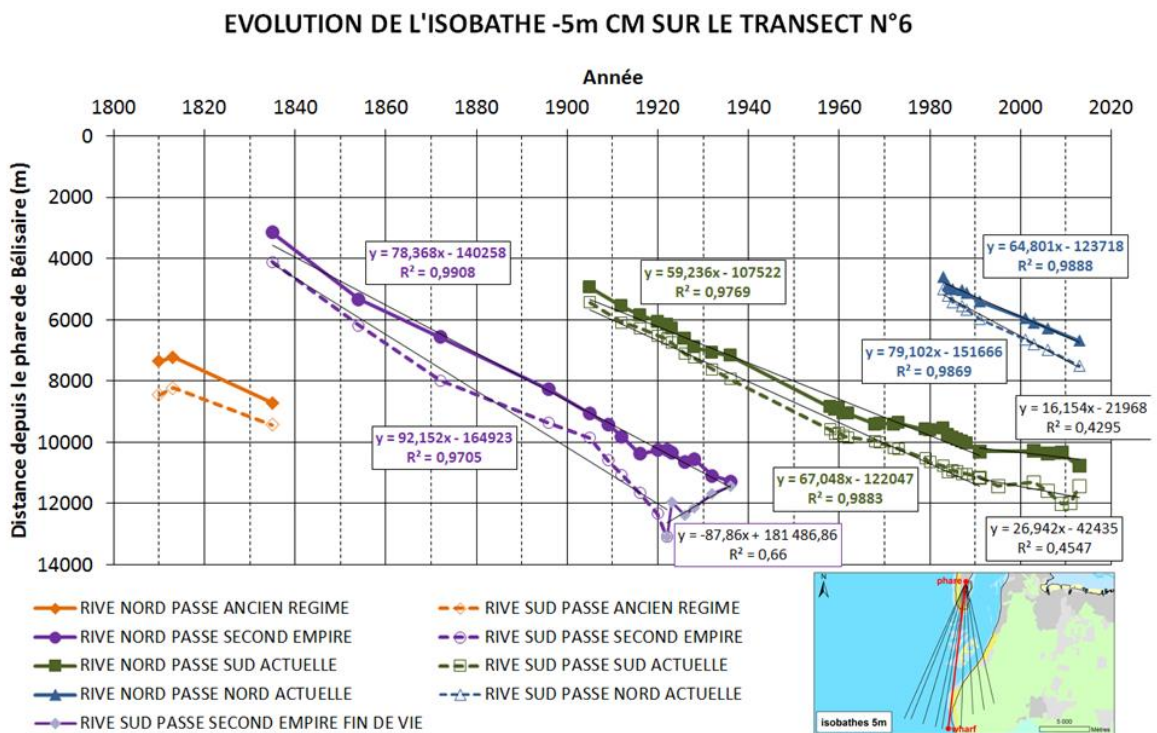


Fig. 33. Evolution de la passe nord au niveau du transect n°6 (phare-wharf) de l'éventail nord-sud

A partir du transect n°7, on perçoit pour chacune des passes, deux stades distincts au cours de l'évolution. Ces stades sont illustrés sur la Fig. 34 : apparition d'une passe au nord de l'embouchure, migration de cette passe vers le sud, puis fusion de cette passe (assimilable à la passe nord actuelle) avec un chenal pérenne, assimilable à la passe sud actuelle et dont la position dans le temps semble relativement peu variable. Ce mécanisme de fusion est particulièrement marqué jusqu'au transect n°10. Il semble se reproduire tous les 80 ans. Il n'est que peu détaillé sur les cartes anciennes, car la dernière fusion s'est produite pendant la seconde guerre mondiale, période pour laquelle nous ne disposons pas d'observations.

La Fig. 34 et la Fig. 35 montrent (transects n°8 et n°10 de l'éventail nord-sud) montrent enfin l'évolution des deux rives des passes « Second Empire » et « Sud actuelle » au sud de la dune du Pilat. On voit depuis 1880 l'existence dans ce secteur d'un chenal profond, large d'une centaine de

mètres, particulièrement stable, voire présentant une tendance au rapprochement du littoral à un rythme d'un à deux mètres par an depuis le début des années 1960.

EVOLUTION DE L'ISOBATHE -5m CM SUR LE TRANSECT N°8

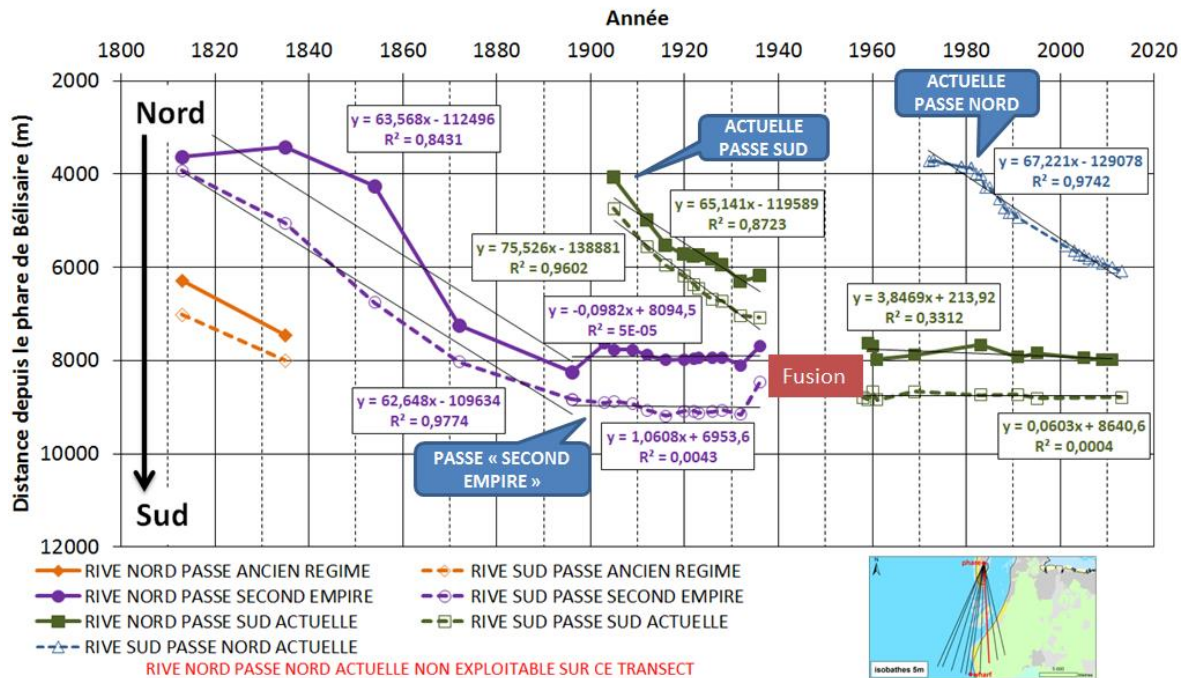


Fig. 34. Evolution de la passe nord au niveau du transect n°8 de l'éventail nord-sud

5.2.3. Chenal du Ferret

L'évolution du chenal du Ferret peut être analysée tant sur l'éventail nord-sud (cf. Fig. 35), qu'est-ouest (Fig. 36). Dans les deux cas, et pour toute la période pour laquelle des observations sont disponibles (1903 – 2014 pour l'éventail nord-sud et 1835 – 2008 pour l'éventail ouest-est), nous constatons une unique tendance : le retrait vers le nord et vers l'ouest de l'isobathe -5m CM de la rive ouest du chenal du Ferret, c'est-à-dire son repli vers le Cap Ferret. Le repli vers l'est se chiffre en moyenne à -4 m/an sur les transects 1 à 5. Cette tendance n'est toutefois pas uniforme. Trois phases se distinguent :

- Avant 1960 : tendance au recul avec des moyennes comprises entre 3 et 5 m ;
- Entre 1960 et 1970 ou 1980 : tendance au recul avec des moyennes comprises entre 9 et 11 m ;
- Depuis 1970 ou 1980 : tendance au recul avec des moyennes comprises entre 1 et 3 m.

La rive est du chenal du Ferret a une dynamique relativement complexe que l'on retrouve sur les transects n°1 à n°5 de l'éventail ouest-est. Les transects n°1 (cf. Fig. 36) et n°4 (Fig. 38) montrent en effet des phases successives de déplacements vers l'ouest, puis vers l'est et à nouveau vers l'ouest de la rive est du Ferret. Ainsi, par périodes, le chenal s'élargit au détriment du banc de Bernet. Au niveau du transect n°4, c'est entre les années 1930 et 1970 que cet élargissement ce produit. Or, c'est à cette même période que se produit la fusion entre les passes nord et sud, menant à la constitution d'un chenal traversier qui coupe les transits sédimentaires entre le delta de jusant et le delta de flot. On peut supposer que ce dernier, moins alimenté, est, de plus, érodé sur son flanc ouest par les courants du Teychan. Le transect n°5 (Fig. 39) est affecté un peu plus tardivement par cette même dynamique : le banc de Bernet est érodé entre 1960 et 1985, simultanément à l'élargissement du chenal du Ferret. Depuis le début des années 1990, le banc de Bernet a tendance, dans ce secteur, à migrer à nouveau vers l'ouest.

Une autre argument en faveur de la diminution des transports sédimentaires sud nord dans le delta de flot est trouvé au niveau du chenal du Pyla qui perd de la largeur depuis la fin des années 1930 et disparaît au niveau du transect n°1 vers le début des années 1960 (cf. Fig. 36).

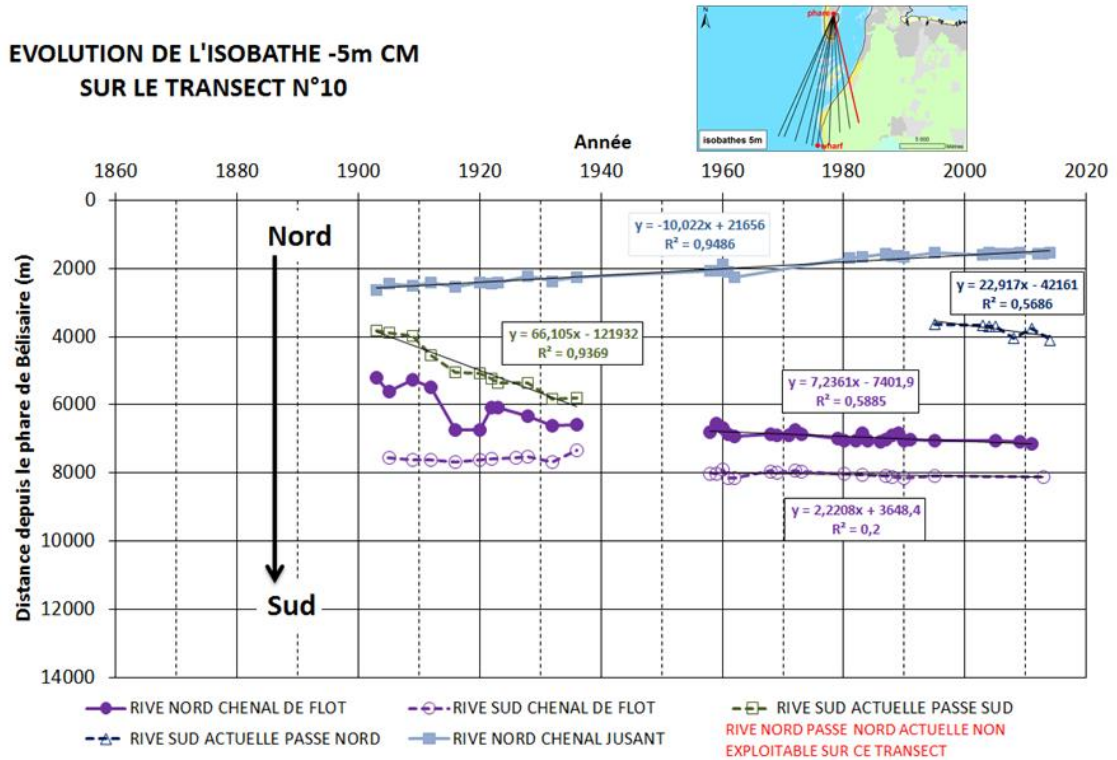


Fig. 35. Evolution du chenal du Ferret au niveau du transect n°10 de l'éventail nord-sud

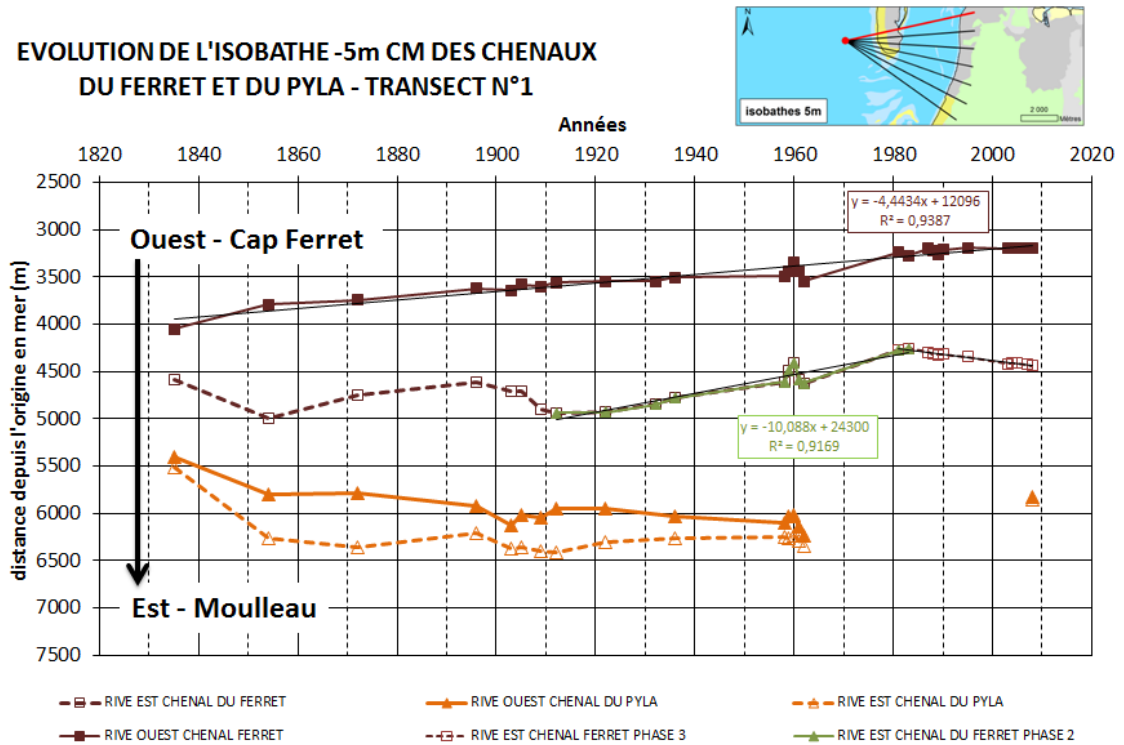


Fig. 36. Evolution du chenal du Ferret et du chenal du Pyla au niveau du transect n°1 de l'éventail ouest-est

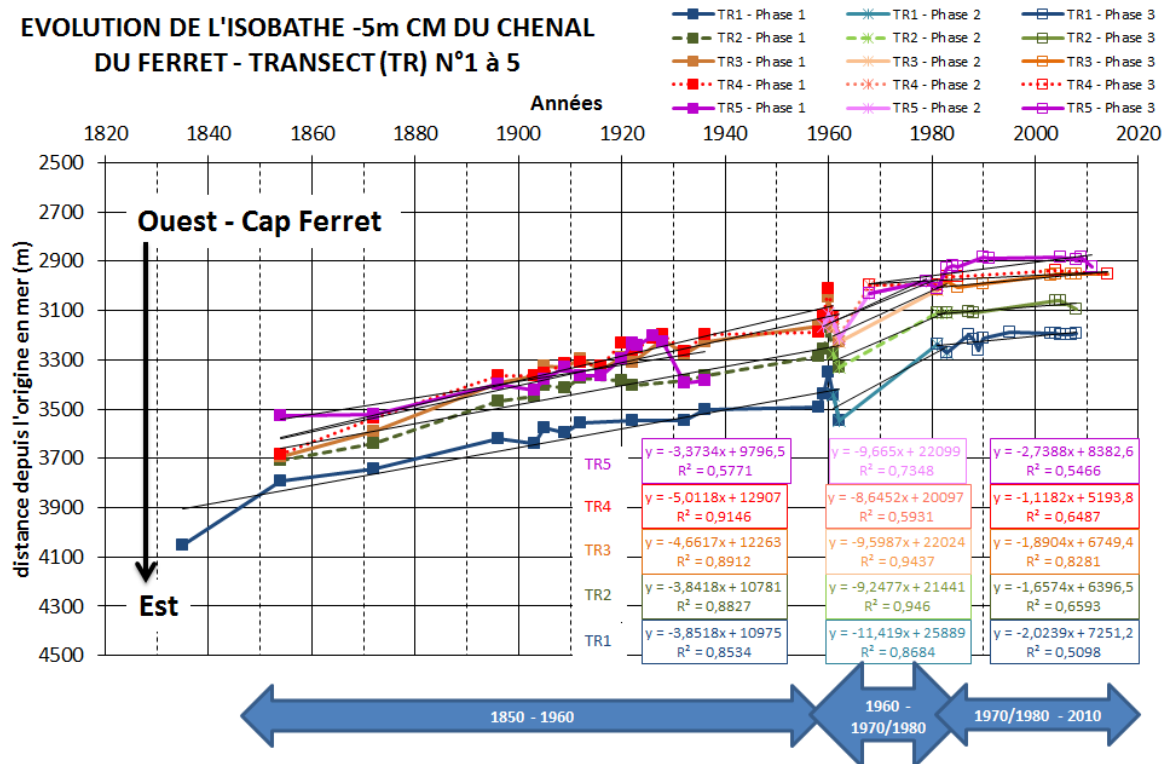


Fig. 37. Evolution du chenal du Ferret des transects n°1 à n°5 de l'éventail ouest-est

5.2.4. Chenal du Pyla

L'évolution spatio-temporelle du chenal du Pyla apparait sur l'ensemble des transects de l'éventail ouest-est, mais, comme le montrent les Fig. 36 et Fig. 38, le chenal et ses deux rives évoluent en fonction du secteur de façon distincte.

Par exemple, on constate que le chenal du Pyla, remonte plus ou moins vers le nord en fonction de la période considérée. Ainsi, il atteint le transect n°1 (cf. Fig. 36) jusque dans les années 1960, puis il ne réapparaît que vers la fin des années 2000. On remarque que le chenal du Pyla n'atteint pas le transect n°2 entre 1960 et 1985 et enfin, on le voit sur le transect n°3, mais sous forme très étroite entre 1960 et 1970. Le chenal du Pyla est plus stable au niveau du transect n°4, il est toutefois moins large à partir de 1960 que dans la configuration précédente. Le début des années 1960 semble être une période clé, elle se place juste après la fusion entre l'ancienne passe « Second Empire » et passe sud actuelle. Ce bouleversement morphologique semble conduire à une diminution d'énergie des courants de flot dans le chenal du Pyla expliquant sa disparition temporaire. Dès les années 1980, alors qu'une nouvelle passe s'ouvre au nord, cette tendance s'inverse à nouveau conduisant à une remontée vers le nord du chenal du Pyla.

Ces changements importants se traduisent par un rapprochement entre la rive est du chenal du Pyla et le rivage (Jetée du Moulleau, plage Daniel Meller), rapprochement inférieur à 1 m/an depuis les années 1980 au niveau du transect n°3. A l'opposée, dès le transect n°4, on perçoit plutôt un écartement entre le rivage et la rive est du chenal du Pyla, éloignement compris entre environ 1,5 m (transect n°4, cf. Fig. 38) et 2,5 m (transect n°7).

**EVOLUTION DE L'ISOBATHE -5m CM DES CHENAUX
 DU FERRET ET DU PYLA - TRANSECT N°4**

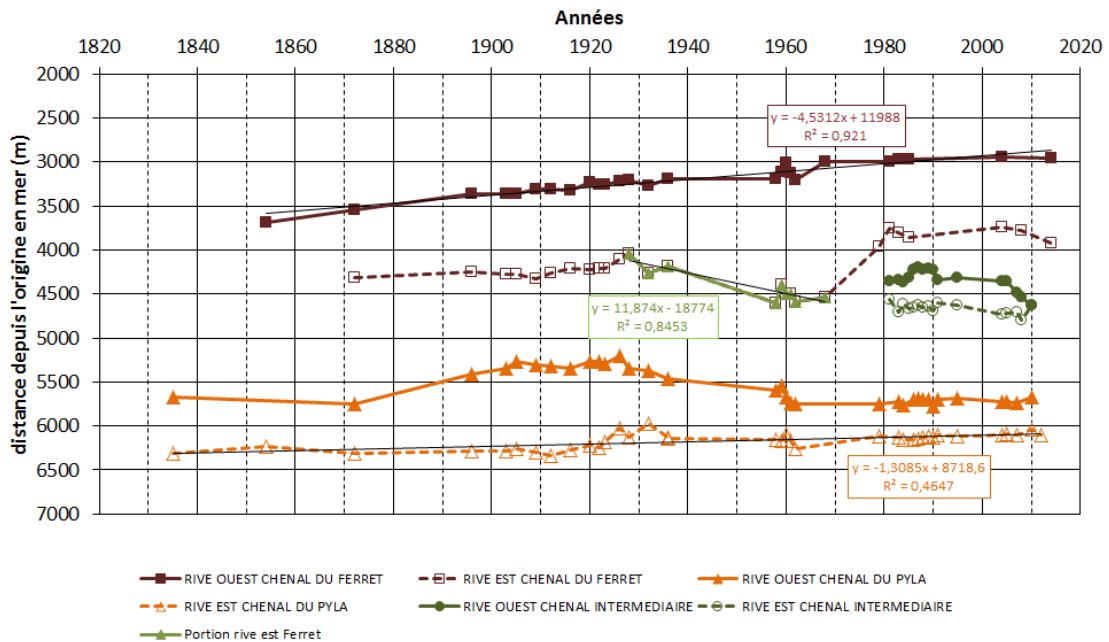


Fig. 38. Evolution du chenal du Ferret et du chenal du Pyla au niveau du transect n°4 de l'éventail ouest-est

La rive ouest du chenal du Pyla a une dynamique beaucoup plus complexe. Depuis la fin des années 50, une tendance au déplacement de la rive ouest du Pyla vers l'ouest apparaît au niveau des transects n°5 (cf. Fig. 39) et n°6. Les taux de migration y atteignent respectivement 3,6 et 6,9 m/an. Cette rive est naturellement profondément modifiée par les fusions passe nord passe sud, comme le montre par exemple la Fig. 40.

**EVOLUTION DE L'ISOBATHE -5m CM DES CHENAUX DU FERRET ET DU PYLA -
 TRANSECT N°5**

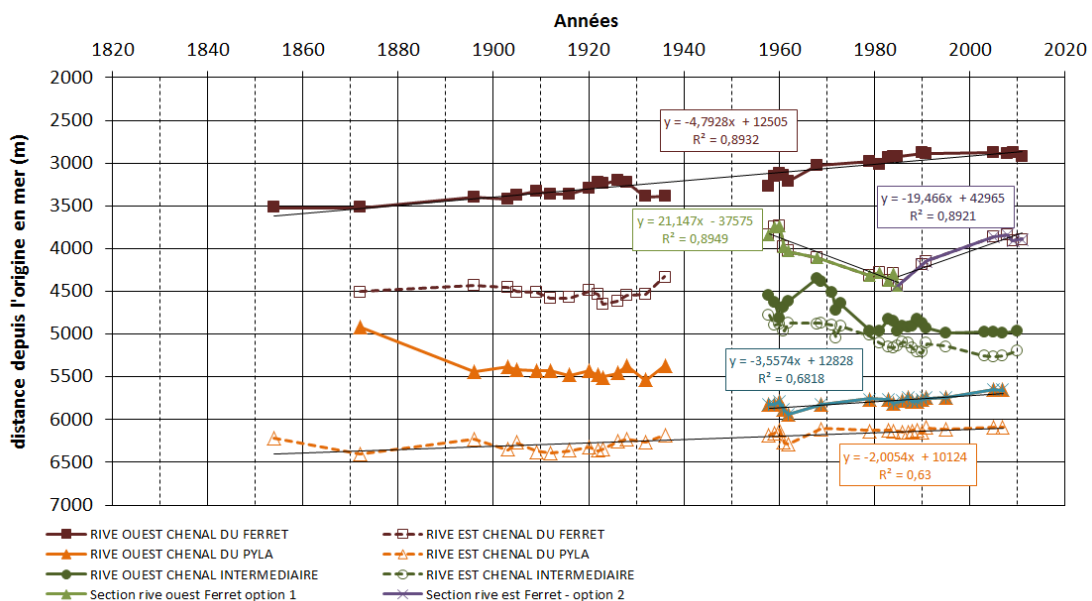


Fig. 39. Evolution du chenal du Ferret et du chenal du Pyla au niveau du transect n°5 de l'éventail ouest-est

**EVOLUTION DE L'ISOBATHE -5m CM DES CHENAUX DU FERRET ET DU PYLA -
 TRANSECT N°7**

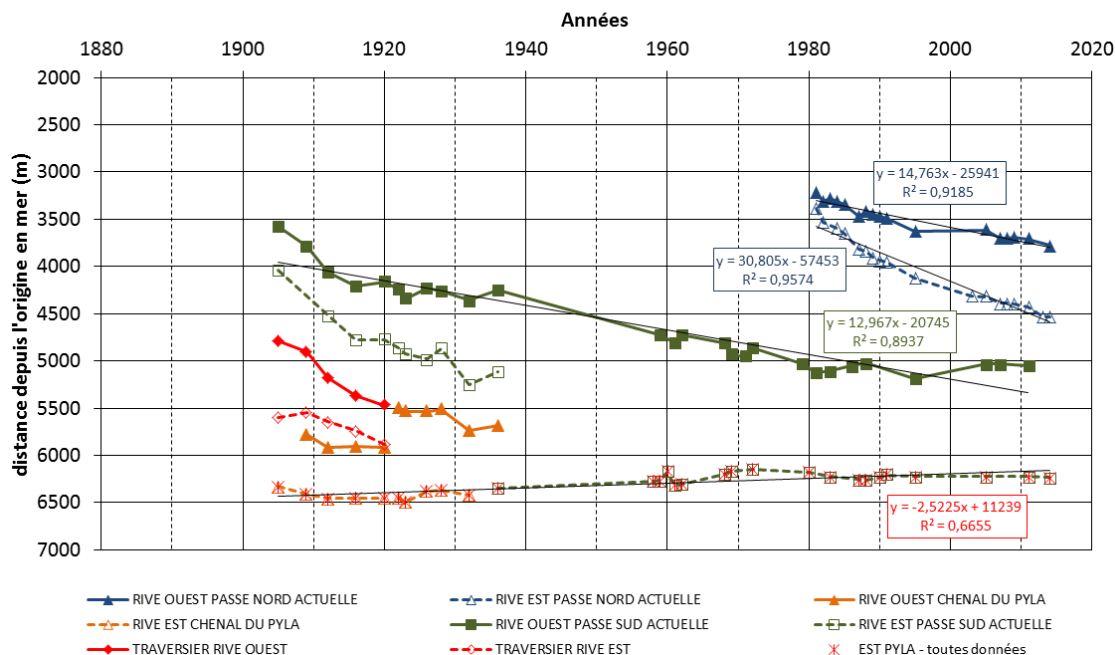


Fig. 40. Evolution du chenal du Ferret et du chenal du Pyla au niveau du transect n°7 de l'éventail ouest-est

5.2.5. Informations majeures à retenir

Secteur occidental des passes externes : apparition d'une nouvelle passe tous les 70 à 75 ans, migration de la passe vers le sud de 70 à 90 m/an, plus rapide sur la rive sud que la rive nord de la passe, conduisant à son élargissement. Cette passe en migrant vers le sud pivote et disparaît rapidement alors qu'une nouvelle passe apparaît au nord, la passe nord devenant une passe centrale puis sud. Ainsi, on trouve alternativement une passe unique ou deux passes qui coexistent. La rive sud de la passe sud au niveau de la dune du Pilat semble relativement stable, voire depuis le début des années 1960, marqué par un déplacement modéré (1 à 2 m/an) vers le sud.

Secteur oriental des passes externes :

- Dans ce secteur, face à la dune du Pilat, nous observons, comme décrit dans la littérature, la fusion d'une passe « nord » et d'une passe « sud » à un rythme d'environ 80 ans ; cette fusion conduit à la disparition temporaire du banc sableux séparant les deux passes ;
- La rive ouest du chenal du Ferret migre vers l'ouest à un rythme de 1 à 3 m/an depuis le début des années 1970 à 1980 ; la rive est du chenal est, elle, soumise à des phases de déplacement vers l'ouest puis vers l'est suivant, semble-t-il, la configuration morphologique à une ou deux passes de l'embouchure : élargissement du chenal vers l'est pour une passe et retrait de la rive est vers l'ouest lorsque en configuration deux passes.

5.3. EVOLUTIONS DES BANCS

De nombreuses études financées en particulier par le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon ont permis de préciser la morphodynamique des passes et bancs constituant le bassin d'Arcachon, en se basant sur des données d'observation de la Terre (Capo et al., 2013 ; Froidefond et Castaing, 2000, 2001, 2005, 2006 ; Froidefond et Lafon, 2009, 2012 ; Lafon, 1999 ; Lafon et Froidefond, 2010 ; Lafon et al., 2000, 2002 ; Manciet, 2010).

Basées sur un principe de surveillance et d'analyse diachronique des changements entre deux prises de vue, ces études ont permis de mieux caractériser l'évolution de l'embouchure d'Arcachon, de proposer des modèles conceptuels d'évolutions et de définir une ensemble de couches SIG utilisées ici pour synthétiser les évolutions perçues depuis 1986, année de lancement du satellite SPOT 1 pour laquelle les premières vues des passes ont été réalisées.

Ces analyses récentes et récurrentes complètent les travaux menés par Gassiat (1989), Babin (1990), Thauront (1994) et Michel (1997) qui se sont attachés à décrire l'évolution de l'embouchure à l'échelle séculaire. Celles-ci démontrent l'existence de cycles de vie des chenaux dans l'embouchure, ainsi que du banc du Pineau au sud de l'embouchure, comme le confirment les analyses menées sur la série de cartes bathymétrique présentée dans le cadre de cette étude.

5.3.1. Méthode et données

Entre le Cap Ferret et le Banc du Toulinguet, une section a été choisie pour montrer à partir des spatio-cartes l'évolution dans le temps des petits fonds et montrer le rythme de formation des bancs et passotes dans ce secteur. Puis, pour analyser l'évolution et en particulier la déformation des principaux bancs les isobathes 0 et -2 ont été extraites de la série d'images satellites par inversion de la couleur de l'eau suivant l'approche de Lafon *et al.* (2002), dont la précision est estimée à 20% sur la verticale, quand la position XY des contours est précise à 1 pixel près au pire (soit 20 m pour Spot1 à 4, 2,5 m pour spot 5 et 2 m pour Formosat). Des images SPOT et Formosat-2, acquises entre 1986 et 2013, sont exploitées.

5.3.2. Delta de jusant

5.3.2.1. CAP-FERRET-TOULINGUET

Les travaux de Capo et al (2013) et Lafon (1999) permettent de préciser les rythmes de création et de migration des passotes au nord de l'embouchure.

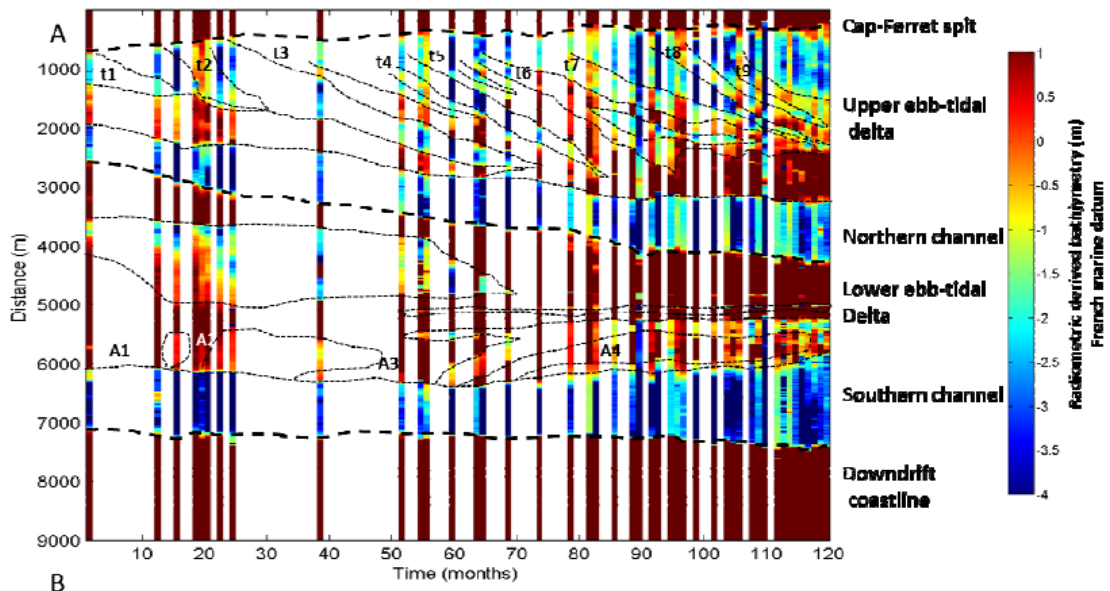


Fig. 41. Migration des bancs (couleurs chaudes) et chenaux (couleurs froides) au niveau du delta de jusant suivant une coupe nord (Cap Ferret) sud (Pointe d'Arcachon), d'après Capo et al. (2013).

Au cours des vingt dernières années d'observation (Fig. 41) neuf bancs ont été créés successivement au nord de la passe nord. Ceux-ci alimentent le banc du Toulinguet, bordé par la passe nord, par bypass des passottes. Plusieurs bancs coexistent parfois séparés par de petits chenaux entraînés vers la passe nord en même temps que les bancs. La dynamique dans ce secteur est donc très rapide, les déplacements moyens pour les structures dans ce secteur atteignent 300 m/an (Lafon, 1999 ; Capo et al., 2013). Plus au sud, les chenaux et bancs continuent de migrer vers le sud à une vitesse par exemple pour le banc d'Arguin de 70 m/an.

5.3.2.2. TOULINGUET

L'évolution de la morphologie du Toulinguet est illustrée sur la Fig. 42.

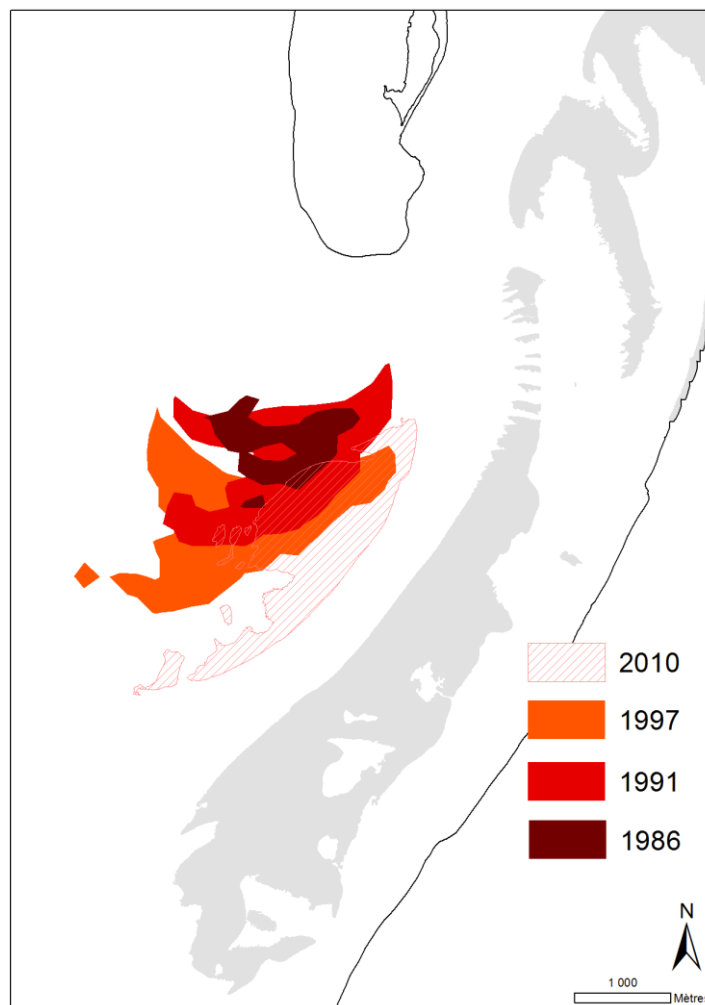


Fig. 42. *Déformation du banc de Toulinguet entre 1986 et 2010 au niveau du 0 hydrographique*

Le banc du Toulinguet apparaît vers la fin des années 1990, il est de petite dimension en 1986. Au départ sa croissance est très rapide (Fig. 43) et son extension se fait préférentiellement vers le nord jusqu'en 1991 par captage du sable exporté depuis le littoral du Cap Ferret (cf. Fig. 42). Entre 1991 et 1995, alors que la passe nord est en train de s'approfondir et de s'élargir, la superficie du Toulinguet reste stable (cf. Fig. 43) et on observe la migration vers le sud du banc. Puis, à partir de 1995, le banc connaît une nouvelle phase de croissance importante, qui se manifeste par un exhaussement et un étalement du banc vers le nord. Le transit littoral n'est vraisemblablement pas augmenté au cours de cette période mais sans doute bloqué par l'ouverture franche de la passe nord. Enfin, le Toulinguet est scindé au niveau du 0 hydrographique en deux entités par

approfondissement d'une passotte. Le banc poursuit alors une déformation par rotation et compression entre deux zones profondes. Ce dernier mécanisme explique la diminution de sa superficie ces 10 dernières années, le sable exporté migre vers le sud par bypass pour alimenter le banc d'Arguin.

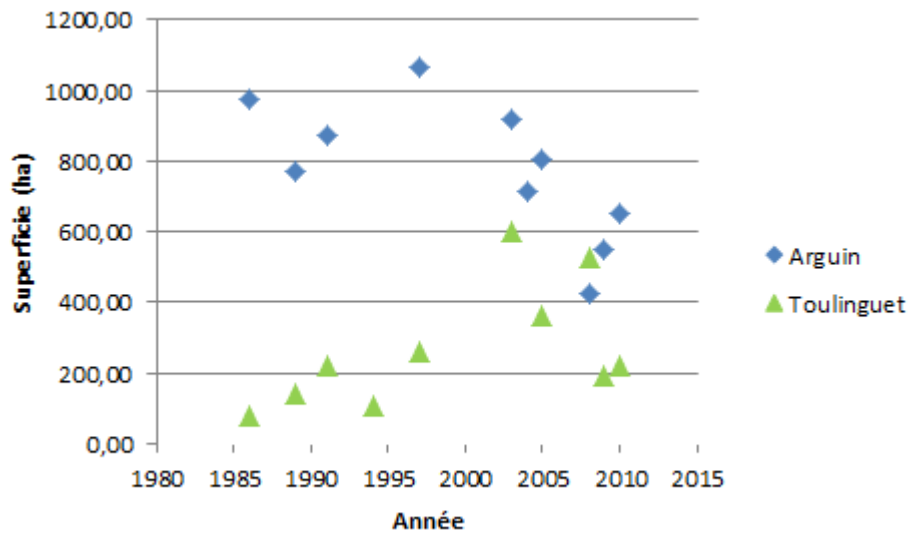


Fig. 43. Evolution de la surface du banc d'Arguin et du banc du Toulinguet au niveau du zéro hydrographique (données satellites)

5.3.2.3. ARGUIN

L'évolution du banc d'Arguin à l'embouchure d'Arcachon est illustrée par la Fig. 44. En 1986, deux bancs s'individualisaient : le banc des Chiens à l'ouest et le banc d'Arguin à l'est pris depuis les années 2000 dans un processus de fusion. La migration vers le sud de la rive nord du banc est bien plus rapide que celle de la rive sud conduisant à une déformation profonde du banc d'Arguin, assimilable à un mouvement de rotation, par rapport à un centre situé au nord du banc. La compression du banc d'Arguin se manifeste par un changement de superficie (cf. Fig. 43) mais également par un allongement du banc vers le nord et vers le sud, suivant des mécanismes différents.

Vers le nord, de petites dunes hydrauliques se créent sous l'effet des courants de flot dominant. Ces dunes migrent rapidement vers le nord (120 m/an d'après les estimations de Capo et al. en 2013). Ce mouvement entraîne un rapprochement de l'extrémité nord du delta de jusant à l'extrémité sud du delta de flot, comme le montre la position relative des bancs d'Arguin et de Bernet en 2010.

Vers le sud, le banc s'étire également mais suivant une morphologie plus massive et sinusoïdale. L'extrémité sud d'Arguin exporte des bancs vers la Pointe d'Arcachon au nord du wharf de la Salie comme le montre la série d'isobathes pour la période 2000-2005, ce mécanisme explique en partie l'alimentation progressive du littoral sud abordée dans la section 5.3.2.4.

Si le banc d'Arguin est vraisemblablement alimenté depuis le banc du Toulinguet par un mécanisme de bypass de la passe nord, et malgré l'étirement du banc au nord et au sud, la superficie totale du banc d'Arguin semble très affectée par la compression qu'il subit entre les deux passes. En effet, au niveau du zéro hydrographique, la surface du banc tend à diminuer d'un facteur 2 entre 1997 et 2010 (cf. Fig. 43), alors qu'elle semblait avant cela relativement stable, voire en augmentation. L'ouverture franche de la passe nord au début des années 1990 est à l'origine d'une perte d'alimentation entraînant l'important démaigrissement du banc d'Arguin. Celui-ci affecte également les zones élevées du banc qui montrent ces dernières années l'ouverture de brèches lors des tempêtes hivernales (Fig. 46).

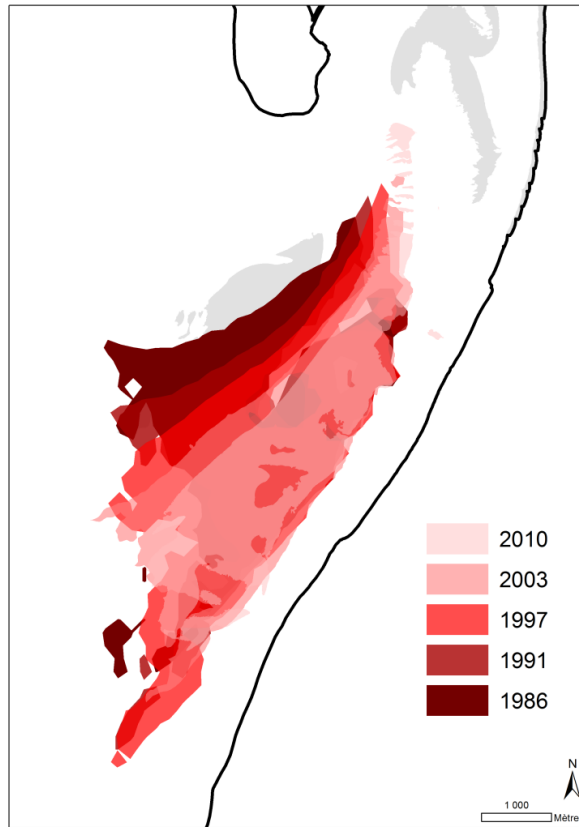


Fig. 44. Illustration des déformations du banc d'Arguin au niveau du zéro hydrographique extrait par traitement d'images satellites

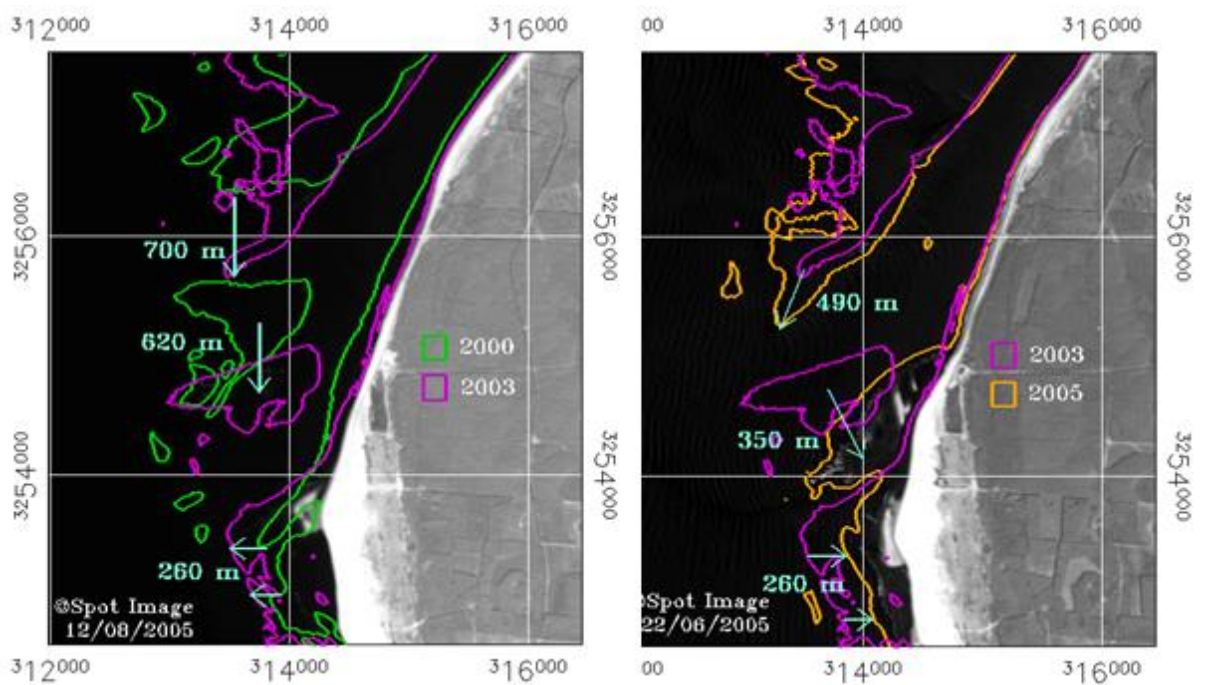


Fig. 45. Exportation de bancs massifs depuis l'extrémité sud du banc d'Arguin vers la Pointe d'Arcachon (Lafon et Sénéchal, 2006)

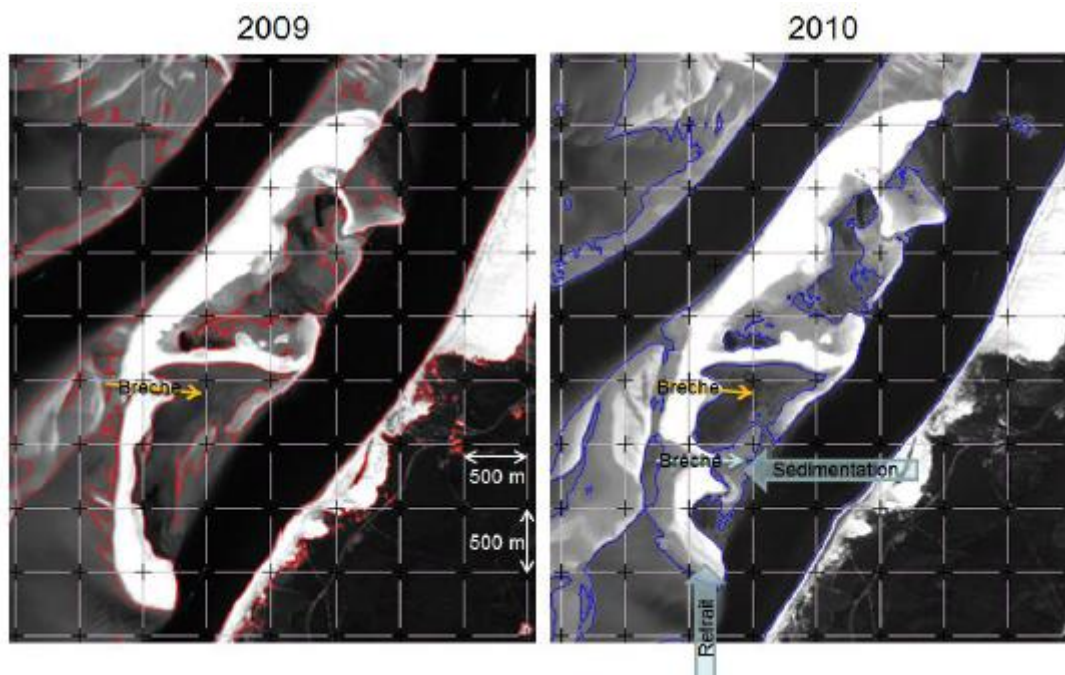


Fig. 46. Déformation et création de brèches dans le banc d'Arguin au niveau de l'isobathe + 1 m

5.3.2.4. PINEAU

Six études financées par la commune de Biscarrosse (Lafon et Sénéchal, 2006; 2007; 2009; 2010 ; 2011) ont permis de préciser, grâce aux données satellites, les principaux traits de la morphodynamique du littoral compris entre la Salie et Biscarrosse à l'échelle interannuelle, en particulier l'état d'alimentation du banc du Pineau, et plus généralement de la Pointe d'Arcachon. Là encore, les comparaisons portent sur la morphologie des petits fonds, extraite par inversion de la couleur de l'eau suivant l'approche de Lafon *et al.* (2002), la morphologie du bas de plage ainsi que la position du trait de côte (pied de dune).

L'ensemble des études menées depuis 2000 montre que, dans la configuration géomorphologique actuelle des passes, le littoral situé au sud des passes du Bassin d'Arcachon est régulièrement alimenté en sédiments depuis l'embouchure de la lagune. Les mécanismes de transports (sous forme de bancs massifs et apports liés à la dérive littorale) sont facilités par la morphologie du seuil de la passe sud : étroit et relativement peu profond. La Fig. 47 illustre le glissement d'un banc d'une surface de plusieurs hectares depuis le sud du complexe banc du Chien – Banc d'Arguin jusqu'à la Pointe d'Arcachon.

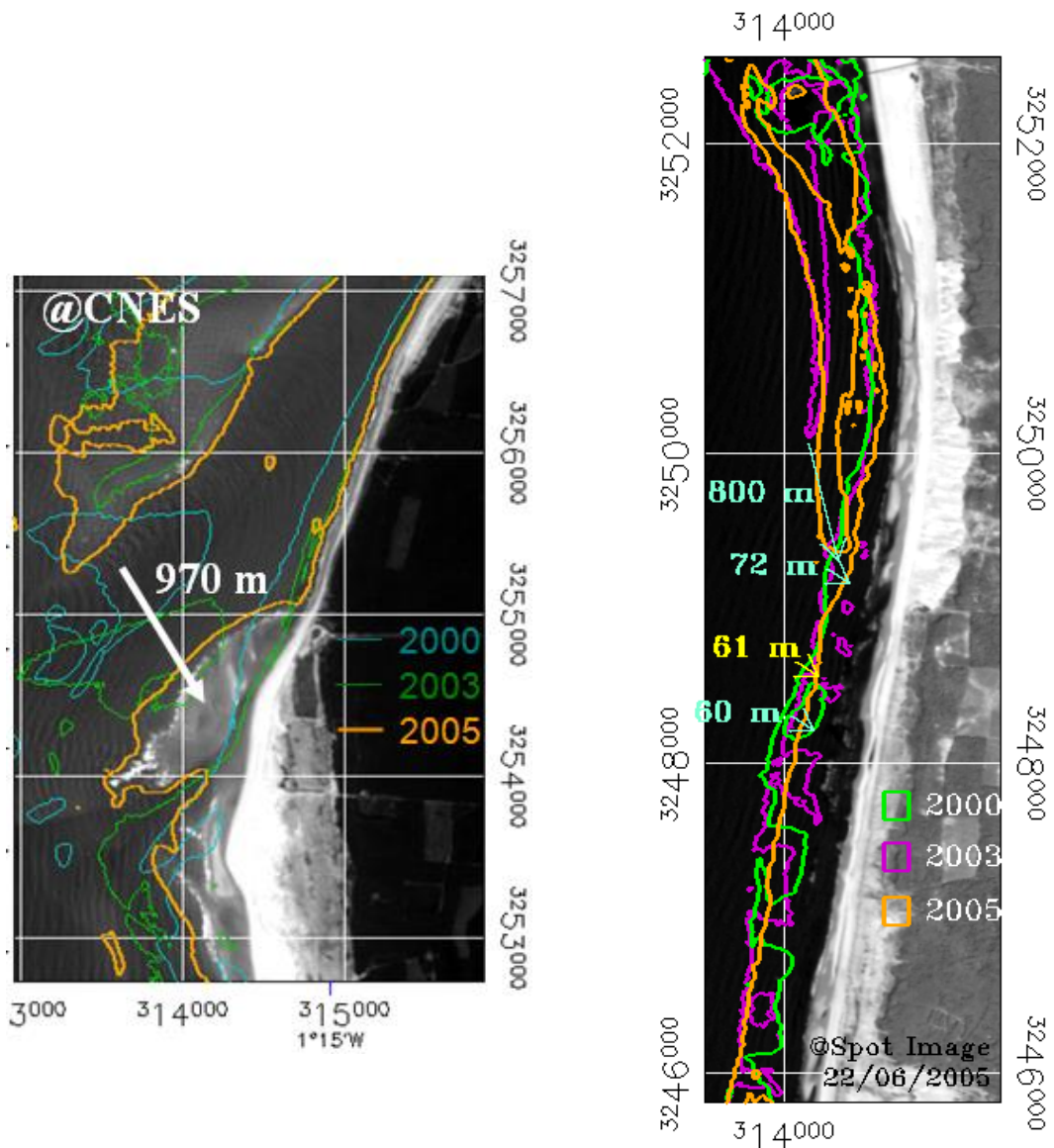


Fig. 47. (à gauche) : Déplacement d'un banc de sable entre le complexe Banc du Chien – Banc d'Arguin et la Pointe d'Arcachon

Fig. 48. à droite) : Mise en place d'une barre sous-marine depuis la Pointe d'Arcachon, évolution vers le sud entre 2000 et 2005

Une fois le sable capté par le littoral sud, sur forme de banc ou flux continu, il peut continuer de se déplacer vers le sud sous l'effet de la dérive littorale. Ces transports influencent profondément la morphologie de la plage sous-marine et aérienne de la Salie.

En domaine sous-marin, La dynamique du banc du Pineau au niveau de l'isocontour « -2 » mérite une attention particulière. La Fig. 48 présente l'évolution spatio-temporelle de ce contour entre 2000 et 2005.

Accrochée à des niveaux plus ou moins profonds à la pointe d'Arcachon, nous constatons l'apparition d'une flèche sableuse rectiligne à la fin des années 1990 (Dehouck et al., 2009). Son

apparition est contemporaine du rehaussement du seuil de la passe sud et de l'ouverture à la navigation de la passe nord. Cette barre s'étire vers le sud depuis le nord du wharf de la Salie sur une distance de 2 100 m en 2003. Ce banc, détaché de la côte apparaît à près de 400 m au large des barres littorales et présente une largeur, au niveau de l'isocontour « -2 », qui décroît de 630 m à 70 m du nord au sud.

En 2005, la physionomie de ce banc est largement transformée. En premier lieu, le banc s'est décroché du littoral de La Salie au nord. Ce décrochement, qui marque la limite orientale du banc au niveau de l'isocontour « -2 », se poursuit sur 1 230 m vers le sud. Puis les isocontours « -2 » au large de la plage et du banc se rejoignent sur une distance d'environ 240 m. Enfin, la pointe méridionale du banc reste séparée du littoral par une distance moyenne de 274 m. La Pointe sud du banc s'est déplacée vers le sud de 800 m entre 2003 et 2005. De plus, en 2005, cette même pointe sud ne se trouve plus qu'à une vingtaine de mètres de l'isocontour « -2 » qui longe la côte. En 2005, ce banc mesure 3 170 m de long et 192 m de large en moyenne.

Depuis 2005, cette barre relie directement la Pointe d'Arcachon aux plages sous-marines sud arcachonnaises. Si cette barre semble pérenne dans l'espace et dans le temps et marque un transit sédimentaire vers le sud soutenu, en revanche, sa forme, sa profondeur et sa position par rapport au bas de plage se modifie très rapidement : rectiligne ou au contraire festonnée, montrant un nombre de feston variable d'une année à l'autre. La profondeur de la barre ainsi que sa position varie vraisemblablement avec le climat de houles et offre une protection naturelle aux plages et au cordon dunaire qui montrent des variations d'ampleur moindre.

Au niveau de la Pointe d'Arcachon dès 1986, un banc de sable très développé vers le nord-ouest, au nord de la Pointe, était bien visible au niveau du 0 hydrographique (Fig. 49). Entre 1986 et 1997, ce banc préminent vers le nord se rapproche de la côte en s'étendant de plus en plus vers le sud. Dès 1994, la courbe de niveau, au zéro hydrographique, est presque parallèle au trait de côte (cf. trait de côte en noir). En 1997, un banc de sable vient alimenter la Pointe, puis à partir de 2005, un nouveau banc vient construire à nouveau le littoral au nord de la Pointe. Dans ces deux cas, le littoral, au niveau du zéro hydrographique tend à recouvrir un tracé parallèle au trait de côte. Les stocks sableux qui s'accrochent à la Pointe d'Arcachon, l'alimentent, le nouveau banc semblant se réaligner sur le trait de côte, comme le démontrait le modèle conceptuel de Michel (1997).

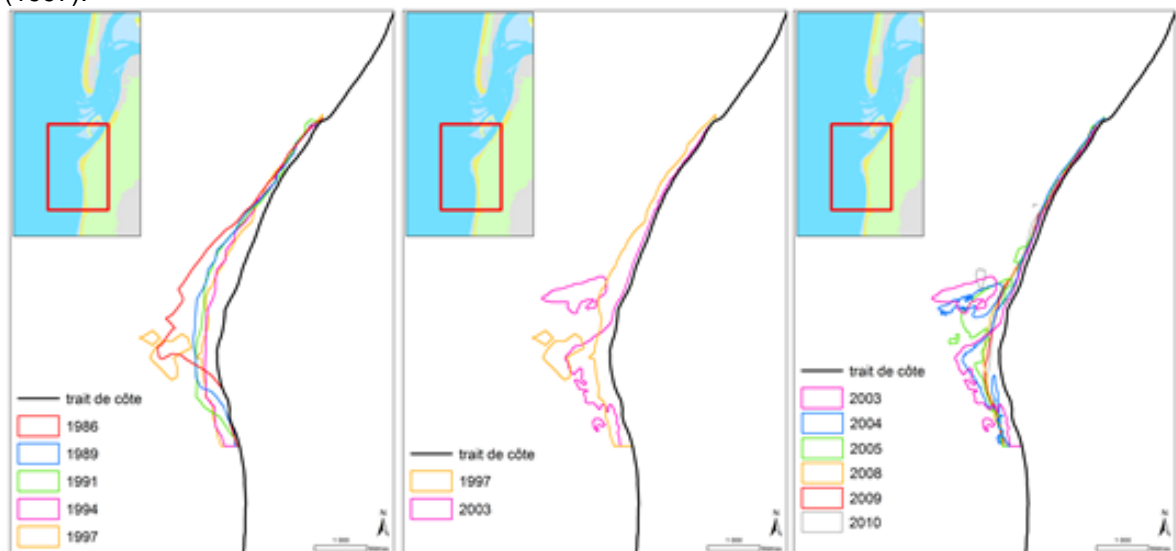


Fig. 49. *Evolution du bas de plage au niveau de la Pointe d'Arcachon entre 1986 et 2010 à partir de données satellites*

Malgré l'alimentation régulière de la Pointe d'Arcachon depuis 1986, on constate une diminution globale du stock sableux au niveau de la Pointe, révélée par l'évolution de la surface du banc au niveau du 0 hydrographique (Fig. 50) en se basant sur l'emprise des cartes de la Fig. 49.

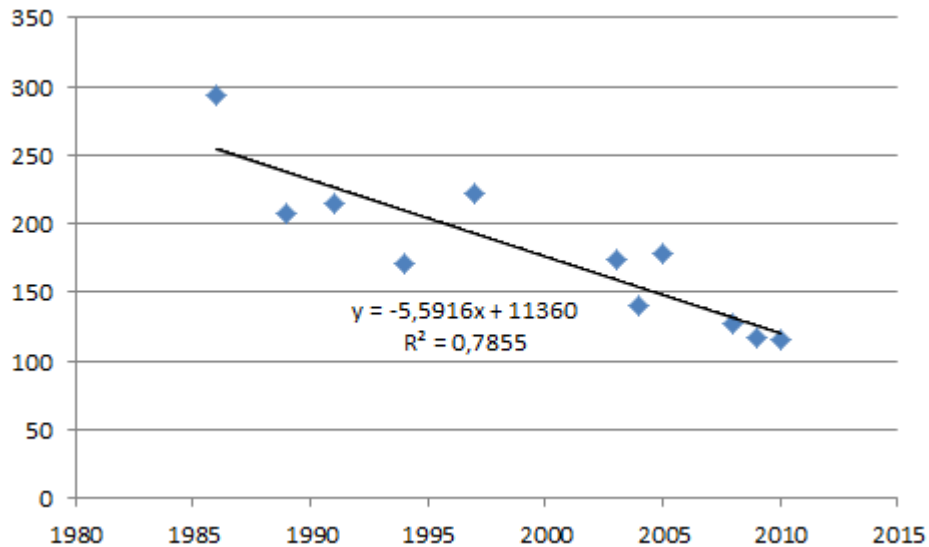


Fig. 50. Estimation de la surface de la plage entre le 0 hydrographique et le trait de côte au niveau de la Pointe d'Arcachon.

5.3.3. Delta de flot : Bernet, Moulleau

La superficie du delta de flot est analysée au niveau de l'isobathe -2m (Fig. 51). Au niveau 0, le banc est moins visible. 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. Au cours de la période analysée 1986-2010, la morphologie du banc de Bernet évolue peu (Fig. 52). Une tendance est toutefois marquée : le déplacement vers l'est des deux branches méridionales du banc. Pourtant au niveau -5 m, on note plutôt à l'heure actuelle une migration de Bernet vers l'ouest et ce depuis le début des années 1970 au nord du banc à 90 au sud du banc. Ces informations apparemment contradictoires peuvent simplement traduire une réorganisation morphologique du banc, dont l'altitude moyenne a tendance à légèrement diminuer alors que le banc paraît globalement s'étoffer, en particulier au sud, ce du fait des apports dont Bernet bénéficie depuis Arguin.

La rive est du chenal du Ferret a une dynamique relativement complexe que l'on retrouve sur les transects n°1 à n°5 de l'éventail ouest-est. Les transects n°1 (cf. Fig. 36), n°4 (Fig. 38) montrent en effet des phases successives de déplacements vers l'ouest, puis vers l'est et à nouveau vers l'ouest de la rive est du Ferret. Ainsi, par périodes, le chenal s'élargit au détriment du banc de Bernet. Au niveau du transect n°4, c'est entre les années 1930 et 1970 que cet élargissement ce produit. Or, c'est à cette même période que se produit la fusion entre les passes nord et sud, menant à la constitution d'un chenal traversier qui coupe les transits sédimentaires entre le delta de jusant et le delta de flot. On peut supposer que ce dernier, moins alimenté, est, de plus, érodé sur son flanc ouest par les courants du Teychan. Le transect n°5 (Fig. 39) est affecté un peu plus tardivement par cette même dynamique : le banc de Bernet est érodé entre 1960 et 1985, simultanément à l'élargissement du chenal du Ferret. Depuis le début des années 1990, le banc de Bernet a tendance, dans ce secteur, à migrer à nouveau vers l'ouest.

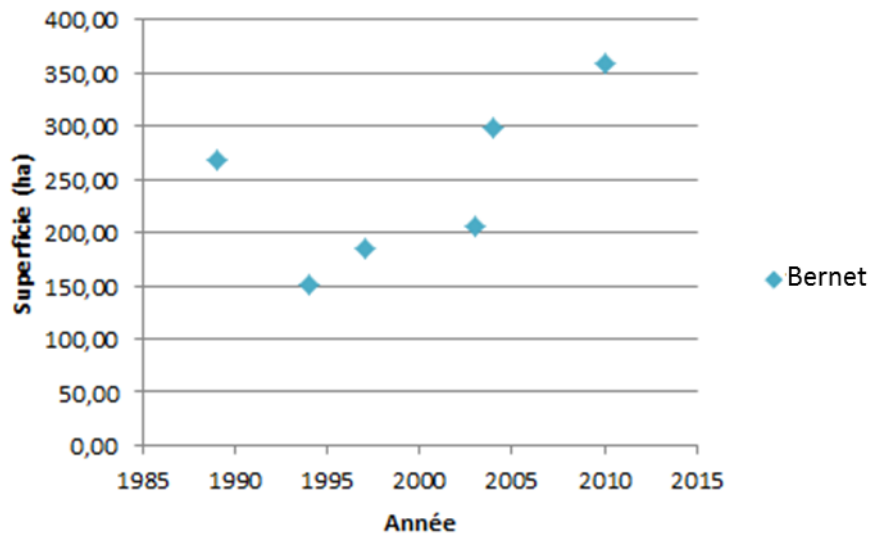


Fig. 51. Evolution de la superficie du banc de Bernet au niveau de l'isobathe -2 m.

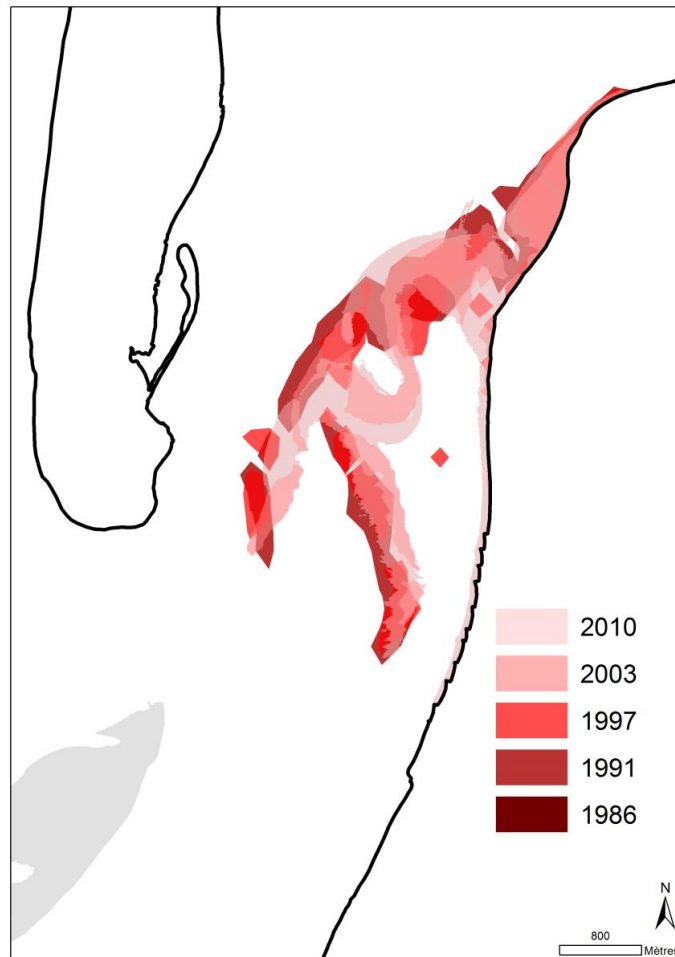


Fig. 52. Evolution de la morphologie du banc de Bernet entre 1986 et 2010 au niveau de l'isobathe - 2 m.

5.4. EVOLUTIONS DU TRAIT DE COTE

Dans les paragraphes suivants, nous exploiterons le pied de dune comme indicateur du trait de côte. Toutefois, lorsque cela s'avèrera nécessaire, des indicateurs complémentaires pourront être analysés afin de renforcer les conclusions portant sur le modèle conceptuel d'évolution de l'ensemble de la zone des passes d'Arcachon.

5.4.1. Presqu'île du Cap-Ferret

Ce secteur particulièrement complexe a été scindé en quatre unités indépendantes dont la dynamique sera traitée indépendamment :

- Le domaine océanique,
- La Pointe,
- Les 44 hectares,
- Le Mimbeau.

5.4.1.1. LE DOMAINE OCEANIQUE

5.4.1.1.1. **Données exploitées**

Ce secteur est limité à la façade océanique de la flèche du Cap Ferret. Ici, ce sont les relevés du pied de dune (photo-interprétés ou issus d'analyse satellite) qui ont été exploités en majorité et analysés grâce au module DSAS de ArcGIS – Space analyst sur l'emprise de la zone d'étude (Fig. 53). Les transects au trait de côte permettant l'analyse sont numérotés de 1 à 93, du nord au sud. Des données, acquises depuis 1950 pour la quasi-totalité du littoral, ont pu être analysées.



Fig. 53. Méthode d'analyse de la dynamique le long de la façade océanique du Cap Ferret

5.4.1.1.2. Résultats d'analyse et interprétation

Les résultats sont reportés sur la Fig. 54. Deux périodes de mesure distinctes ont été différenciés : la période 1950-2014 en bleu et 1973-2014 en rouge. Cette dernière montre, très naturellement des reculs moindres, en valeur absolue (à gauche sur la Fig. 54), mais également, sur un tronçon très restreint, une mobilité (à droite sur la Fig. 54) un peu amoindrie. Globalement, à l'instar de l'ensemble du littoral aquitain dans sa très grande majorité, le recul du pied de dune est marqué le long de la façade océanique de la flèche du Cap Ferret. Ce recul, d'une centaine de mètres en moyenne dans le secteur le plus éloigné de la pointe, augmente considérablement en s'approchant de la pointe pour atteindre 300 m sur la période 1950-1973, soit un recul moyen de 5 m/an, contre environ 2 m/an, plus au nord.

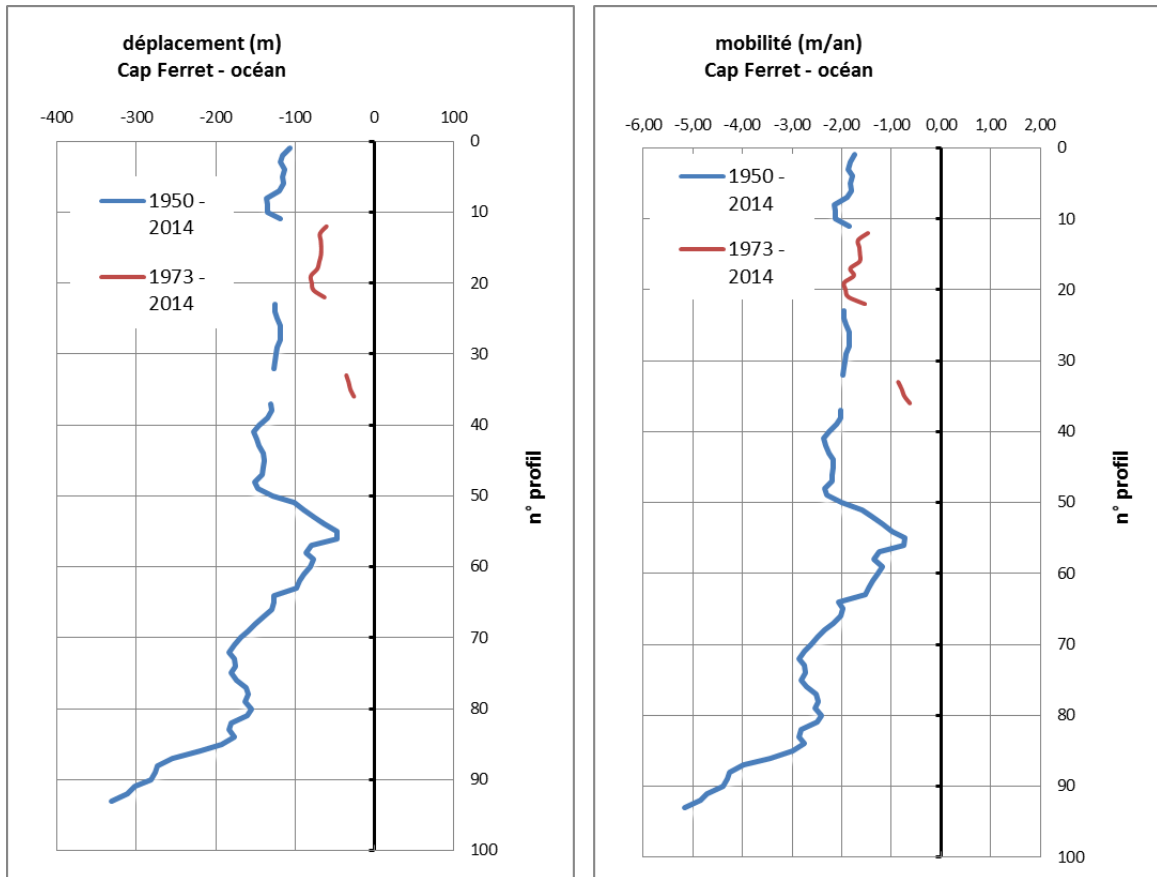


Fig. 54. Analyse des déplacements en valeur absolue pour la période d'analyse (à gauche) et de la mobilité en m/an (à droite) du pied de dune au niveau de la façade océanique du Cap Ferret

5.4.1.1.3. Informations majeures à retenir

- La plage est en érosion chronique à l'instar de l'ensemble de la côte aquitaine ;
- Les taux d'érosion augmentent du nord (-2 m/an à la plage de l'horizon) au sud (-5 m/an enregistrés au nord de la Pointe) du secteur.

5.4.1.2. LA POINTE

5.4.1.2.1. Données exploitées

La même base de données que celle utilisée sur la façade océanique a été exploitée pour la pointe. Deux indicateurs du trait de côte ont été photo-interprétés (ou levés sur le terrain) et analysés : le pied de dune ainsi que l'interface sable sec / sable humide afin de préserver une information sur la largeur de la plage au niveau de la pointe qui apparaît très variable dans le temps et offre une protection naturelle au cordon dunaire lorsqu'elle est très développée. Les transects sur lesquels l'analyse DSAS (dynamique du pied de dune dans le temps) est réalisée sont notés de 1 à 26 d'est en ouest (Fig. 55).

Pour analyser l'évolution de la largeur de l'estran, nous nous sommes concentrés sur l'étude des mouvements perçus le long d'un seul transect coupant l'embouchure depuis la croix des marins (emplacement d'origine) jusqu'au wharf de La Salie (Fig. 56). Le long de ce transect, la distance entre la croix des marins et l'intersection avec la limite sable sec / sable humide est mesurée pour chaque cliché disponible.

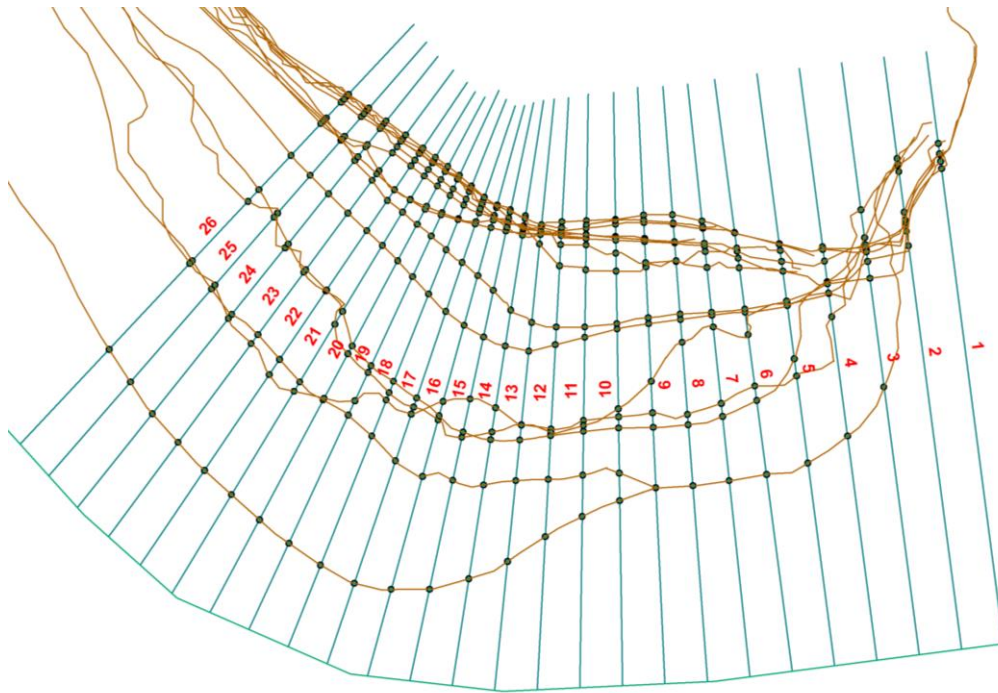


Fig. 55. *Méthode d'analyse de la dynamique du trait de côte (pied de dune) à la Pointe du Cap Ferret*

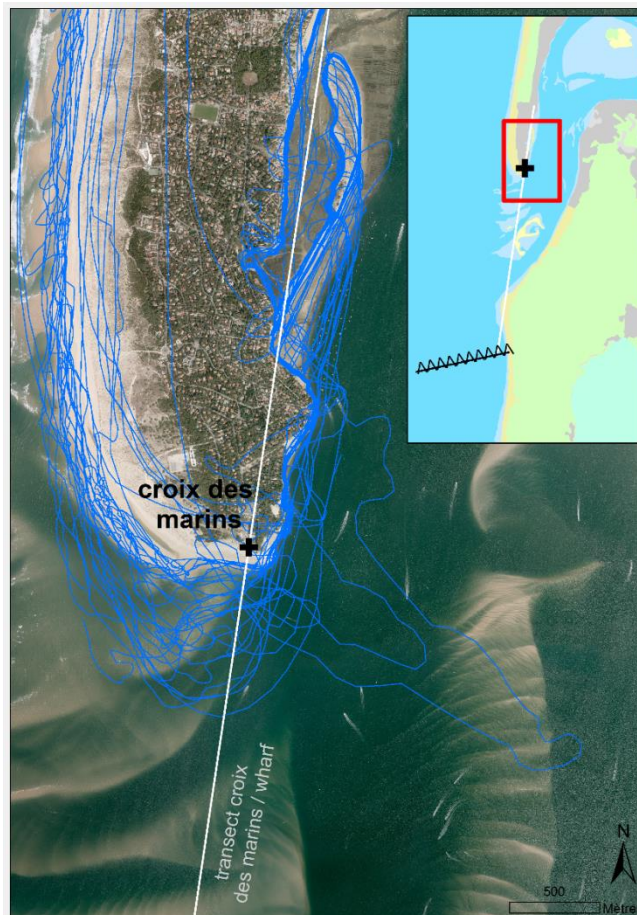


Fig. 56. *Méthode d'analyse de la dynamique de l'estran (limite sable sec / sable humide) à la Pointe du Cap Ferret*

5.4.1.2.2. **Résultats d'analyse et interprétation**

A. Mobilité et dynamique du pied de dune

A l'exception du transect n°2, on enregistre sur toute la pointe un recul prononcé du pied de dune pour toute la période 1950 – 2014, de l'ordre de 300 m ± 50 m en valeur absolue observé dès le transect n°5 et jusqu'au transect n°26 (à gauche, Fig. 57). Le recul observé sur le dernier transect est concordant avec ceux observés sur la façade océanique (cf. Fig. 54). Le recul est ainsi compris dans ce secteur entre 4 et 5 m/an (à droite, Fig. 57). Les quatre premiers transects semblent moins affectés, sous l'effet semble-t-il d'un blocage partiel du transit sédimentaire ouest-est dominant dans ce secteur, dont l'impact reste toutefois spatialement restreint.

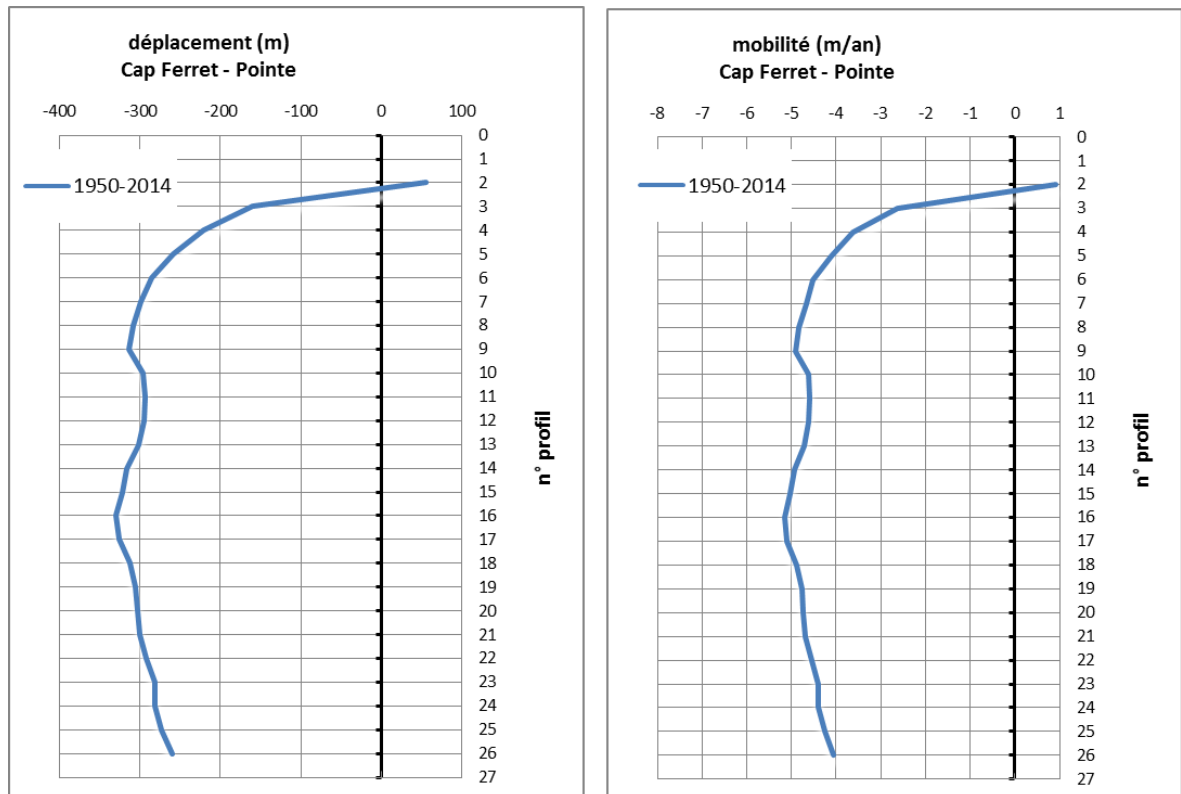


Fig. 57. Analyse des déplacements en valeur absolue pour la période d'analyse (à gauche) et de la mobilité en m/an (à droite) du pied de dune au niveau de la Pointe du Cap Ferret

B. Mobilité et dynamique de l'estran

La littérature montre que les flèches sableuses des littoraux énergétiques ont une tendance naturelle à l'accrétion dans la direction de la dérive littorale. Trois épisodes successifs d'accrétion sont observés sur la période 1760 – 2014 (Fig. 58). Phases entre lesquelles s'intercalent des reculs importants. Le dernier épisode de sédimentation est correctement documenté et montre une avancée de 500 à 600 m entre la fin des années 1950 et le début des années 1960 (Fig. 59), liée à la construction d'un crochon sableux au droit de la pointe à la fin des années 1950 (Fig. 60). Ce crochon se met en place alors que les deux passes « Second Empire » et sud actuelle sont fusionnées, modifiant sans doute suffisamment l'orientation principale de l'axe hydraulique pour permettre une diminution de l'effet de chasse des courants de jusant au niveau de la Pointe et permettant un important dépôt sédimentaire.

La durée et l'ampleur de ces phases d'allongement de la Pointe semblent se réduire dans le temps. De plus, la dernière phase d'allongement se superpose à un recul chronique de la ligne de rivage de plus de 3 m/an observé lui depuis le milieu des années 1930 (cf. Fig. 59). Il semble ainsi que la dernière phase d'allongement n'ait eu aucun impact sur la croissance de la flèche. L'effet

des processus de construction (les houles et la dérive littorale) n'a vraisemblablement pas permis de contrecarrer ceux qui, au contraire, s'opposent à son édification (courants de marée).

Il est très délicat, sur la base d'un seul événement passé, d'établir une loi d'évolution, seules des hypothèses peuvent être émises sur des éléments morphologiques et morpho-sédimentaires concrets. La principale question que nous devons nous poser concerne l'allongement possible de la flèche dans les décennies à venir.

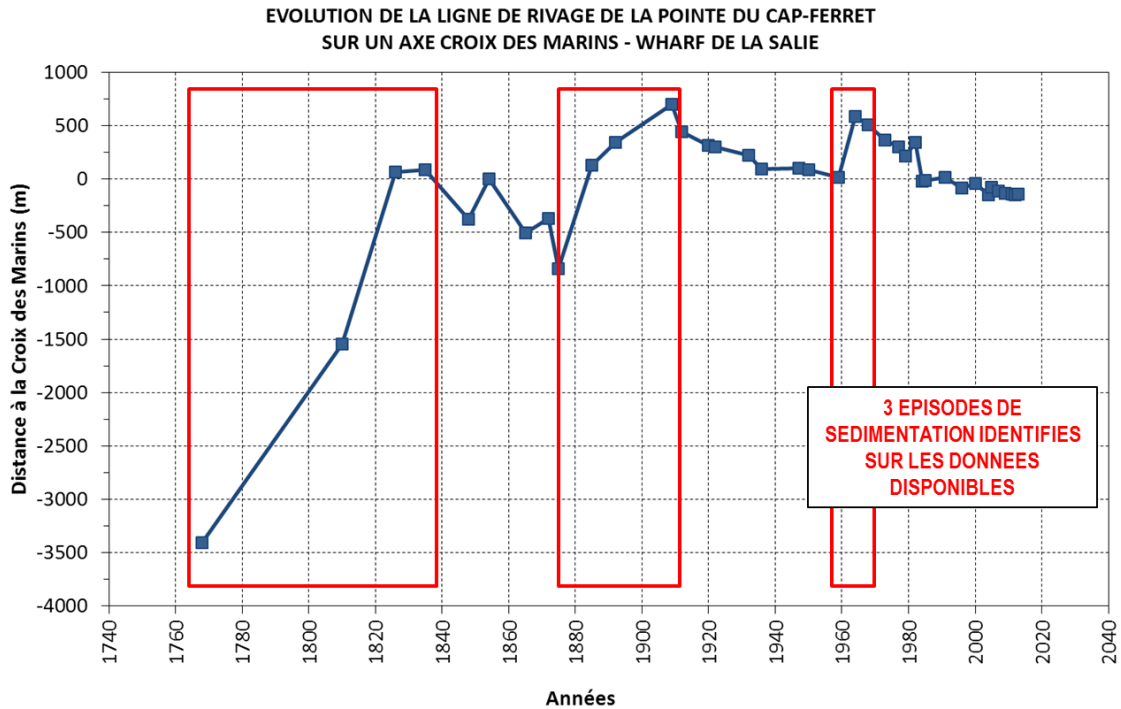


Fig. 58. Evolution de la ligne de rivage de la Pointe du Cap Ferret depuis 1760

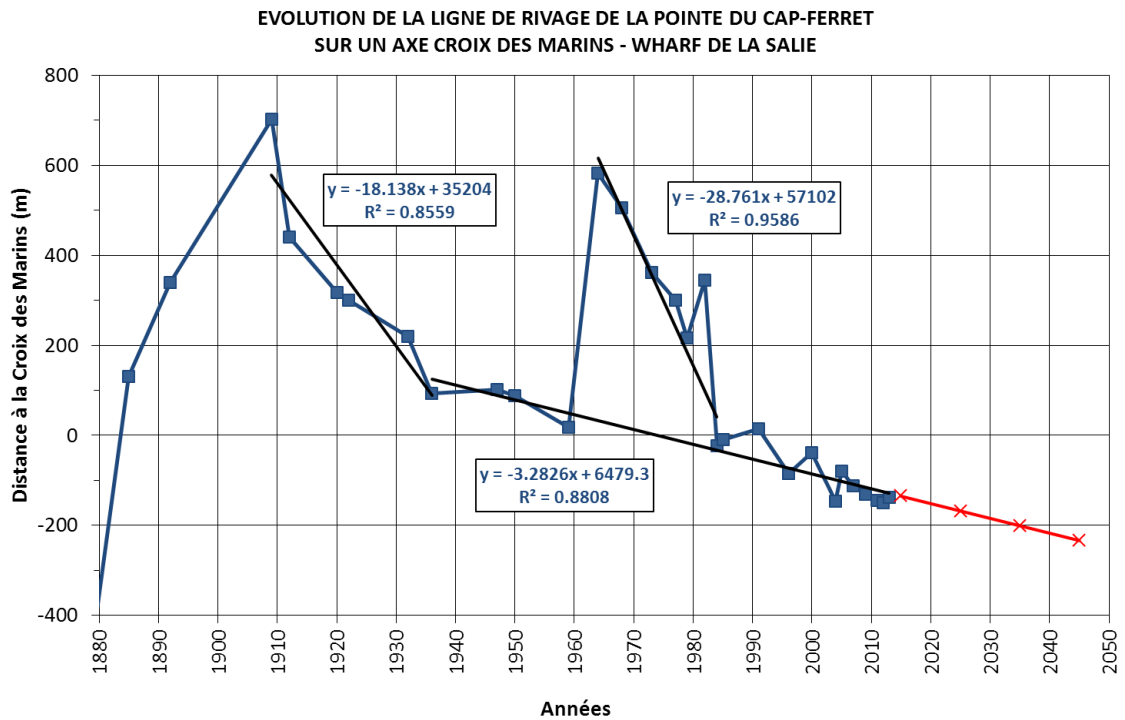


Fig. 59. Evolution de la ligne de rivage de la Pointe du Cap Ferret, zoom sur les deux derniers épisodes de sédimentation

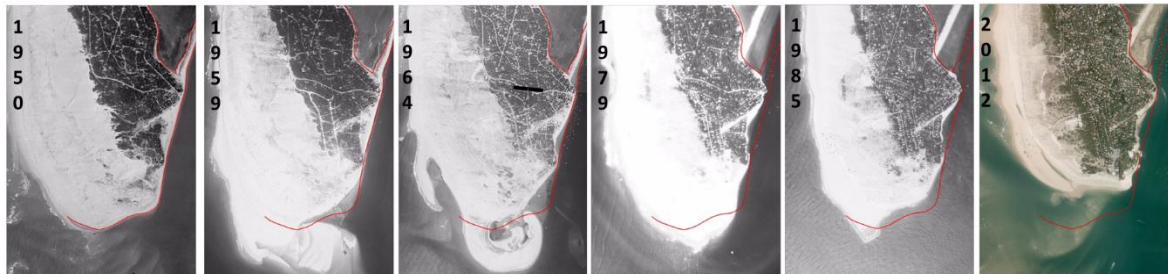


Fig. 60. Evolution de la ligne de rivage de la Pointe du Cap Ferret entre 1950 et 2014

Pour évaluer cette hypothèse, trois paramètres fondamentaux doivent être considérés :

- La poursuite à un rythme identique de l'alimentation de la Pointe par le transit sédimentaire nord sud. A l'heure actuelle, aucun élément ne semble contredire la persistance d'un transit de volume relativement régulier dans le temps ;
- L'éloignement des chenaux de vidanges de l'extrémité de la flèche. Cette hypothèse sera réalisée dans les années 1940 à 1960, période au cours de laquelle la fusion entre les passes nord et sud sera observée ;
- La persistance d'une zone très peu profonde formant tout autour de la flèche une plage sous-marine propice au dépôt d'un nouveau crochon sédimentaire. Ce dernier point n'est pas cohérent avec la morphologie observée à l'heure actuelle. En effet, à la fin des années 1950, lors de la phase de développement du précédent crochon sableux, la cote -5 m (CM) se situait très au large de la pointe, au sud, mais également à l'est. Or, à l'heure actuelle, sous l'effet de la migration vers l'ouest du chenal du Ferret, cette cote est à de nombreux endroits accolée à la Pointe (Fig. 61), et, dans de nombreux secteurs, pressée entre celle-ci et de profondes fosses. Ainsi, même si comme nous l'avons remarqué une partie du transit sédimentaire est stocké à la Pointe, l'espace disponible pour ce stockage est très

réduit d'autant que la vidange par les courants de marée est vraisemblablement particulièrement active à proximité de ces zones profondes. L'allongement de la Pointe dans les mêmes conditions que celles observées à la fin des années 1950 est peu probable, même si nous ne pouvons pas totalement l'écarter.

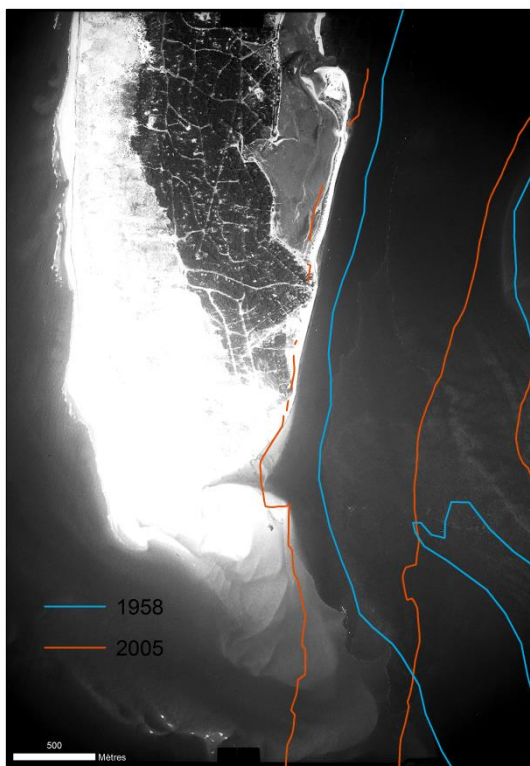


Fig. 61. Comparaison de la position de la côte - 5 m (CM) entre 1958 et 2005

5.4.1.2.3. Informations majeures à retenir

- Le pied de dune au niveau de la Pointe est en recul de 4 à 5 m/an en moyenne, recul concordant avec le secteur sud des plages de la façade océanique ;
- L'estran montre lui un schéma d'évolution plus contrasté, ponctué de trois épisodes successifs d'accrétion qui sont observés sur la période 1760-2014 entre lesquelles s'intercalent des reculs importants. Le dernier épisode de sédimentation montre une avancée de 500 à 600 m entre la fin des années 1950 et le début des années 1960 liée à la construction d'un crochon sableux au droit de la Pointe. Ce crochon se met en place alors que les deux passes « Second Empire » et sud actuelle sont fusionnées, modifiant sans doute suffisamment l'orientation principale de l'axe hydraulique pour permettre une diminution de l'effet de chasse des courants de jusant au niveau de la Pointe et permettant un important dépôt sédimentaire ;
- La durée et l'ampleur de ces phases d'allongement de la Pointe semblent se réduire dans le temps. La dernière phase d'allongement (1959-1963) se superpose à un recul chronique de la ligne de rivage de plus de 3 m/an observé lui depuis le milieu des années 1930. Malgré ce processus long terme, doublé du recul chronique et permanent du pied de dune au niveau de la Pointe, et malgré également la morphologie sous-marine dans ce secteur qui n'y semble pas parfaitement adaptée, on ne peut écarter la possibilité d'une reprise de l'accrétion de l'estran contemporaine de la fusion des passes nord et sud actuelles.

5.4.1.3. LA FAÇADE ORIENTALE (44 HECTARES)

5.4.1.3.1. **Données exploitées**

Ce sont les orthophotos et les levés bathymétriques spécifiques (zones des fosses du Ferret, données SIBA et DDTM33) qui ont été analysées dans ce secteur limité à la façade orientale de la flèche du Cap Ferret, l'indicateur pied de dune étant inadapté à ce secteur.

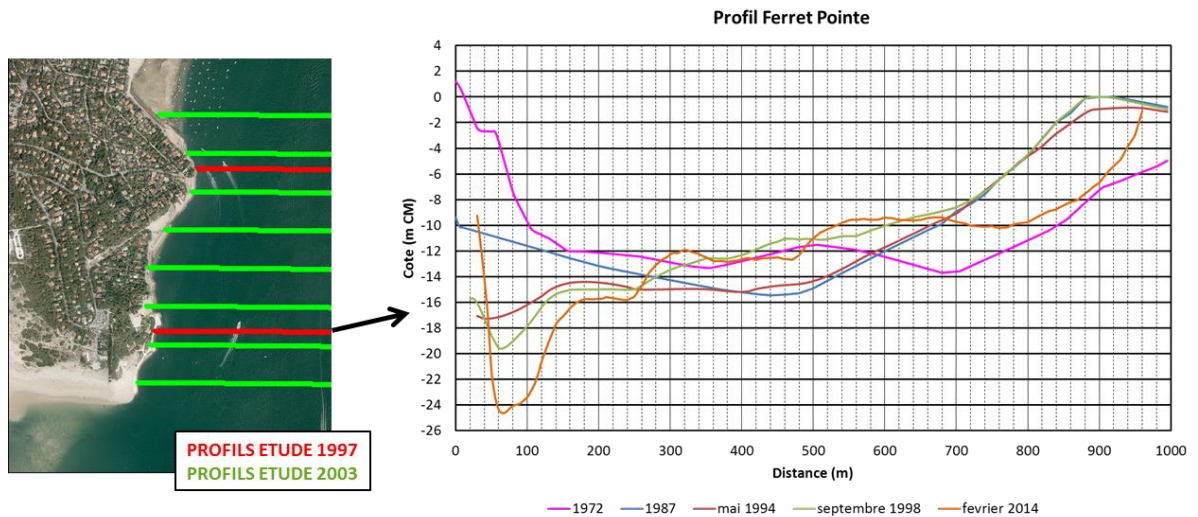


Fig. 62. Méthode d'analyse de la dynamique du trait de côte – Façade orientale du Cap-Ferret

5.4.1.3.2. **Résultats d'analyse et interprétation**

Les résultats sont illustrés par la Fig. 63 et la Fig. 54 ci-après. Ces dernières montrent l'existence de trois fosses : les fosses Mimbeau, Hortense et Pointe.

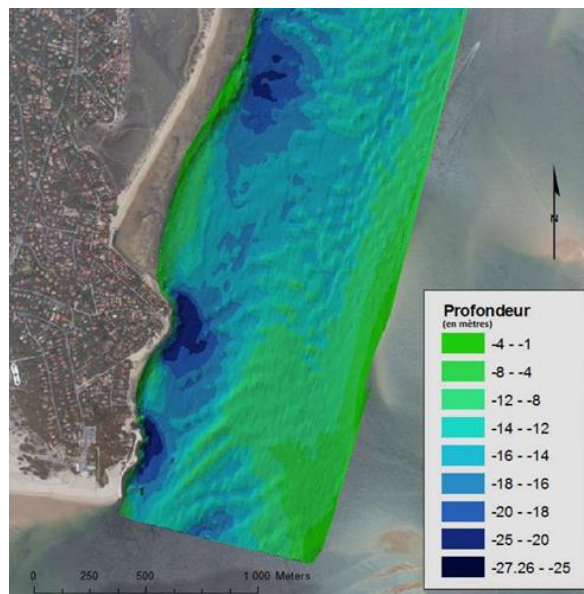


Fig. 63. Façade orientale du Cap-Ferret - Bathymétrie de 2012

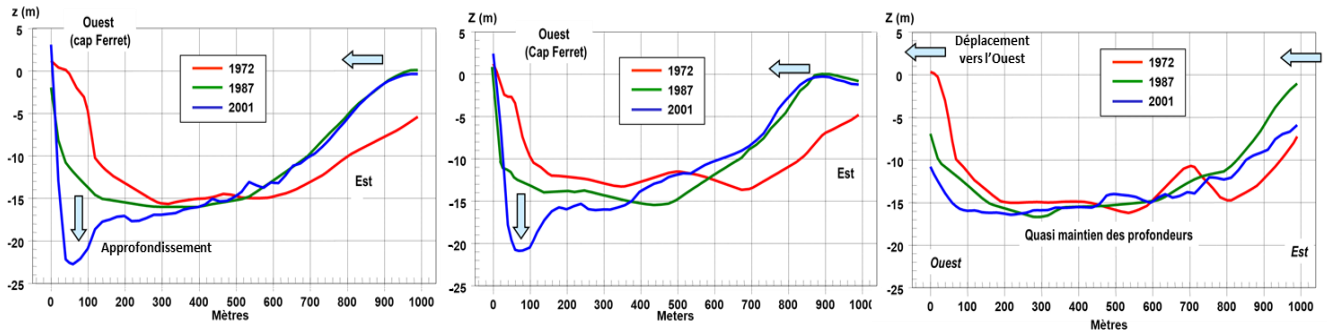


Fig. 64. Evolution des fonds de la façade orientale du Cap-Ferret

La présence de ces fosses s'explique par le fait que les courants du Teychan - dominants - viennent buter sur la flèche du Mimbeau et la pointe du Cap Ferret ; le chenal du Ferret se déplace vers l'ouest (la ligne -5m CM présente une tendance régulière au rapprochement de la côte de l'ordre de -4 à -5 m/an) et le déplacement du chenal est maintenant bloqué par les protections des 44 hectares. Le transit sédimentaire sud-nord, à l'origine de la présence de la flèche du Mimbeau et de son développement, est en grande partie interrompu (comme en atteste la rotation de la flèche).

5.4.1.3.3. Informations majeures à retenir

Le resserrement, le pincement et l'accélération des flux de jusant qui viennent buter sur la face Est de la Pointe du Cap-Ferret favorisent le développement de fosses (fosses Hortense et Pointe, au droit du secteur des 44 hectares). Au niveau de ce dernier, les possibilités de soulagement de la pression hydraulique sont quasi nulles tant que le nouveau chenal traversier ne sera pas installé.

Le déplacement du chenal est maintenant bloqué par les protections des 44 hectares et le transit sédimentaire sud-nord, apports sédimentaires contournant la pointe du Cap-Ferret à l'origine de la formation et du développement de la flèche du Mimbeau, est en grande partie interrompu.

5.4.1.4. LE MIMBEAU

5.4.1.4.1. Flèche

A. Données exploitées

De nombreuses photos aériennes ont été photo-interprétées, de plus, pour préciser les plus récentes évolutions nous nous sommes appuyés sur les levés lidar réalisés en 2000 et 2012, complétés de deux levés de terrain réalisés en 2003 et 2008. Pour analyser la dynamique de ce secteur, nous nous sommes appuyés sur trois indicateurs : le bas de l'estran, le pied de dune et l'apex (pointe de la flèche du Mimbeau). La mobilité du bas estran et du pied de dune ont été analysées sous DSAS suivant les transects suivants présentés sur la Fig. 65.

Nous rappelons que, dans ce secteur, la migration du chenal du Ferret vers l'est, ainsi que l'endiguement et le creusement de fosses sur la façade orientale de la Pointe sont autant de facteurs qui influencent les évolutions morphologiques. De plus, les courants de marée sont tout particulièrement violents comme le montre une sortie de modèle Fig. 66. En effet, sous l'effet de la diminution de la section du chenal de vidange les vitesses du courant de jusant augmentent considérablement au large du Mimbeau et de la zone des 44 hectares, ce qui se traduit pas le creusement de fosses en plusieurs endroits dans ce secteur, mais concoure également à fragiliser la stabilité et la pérennité du stock sableux en domaine sous-marin.

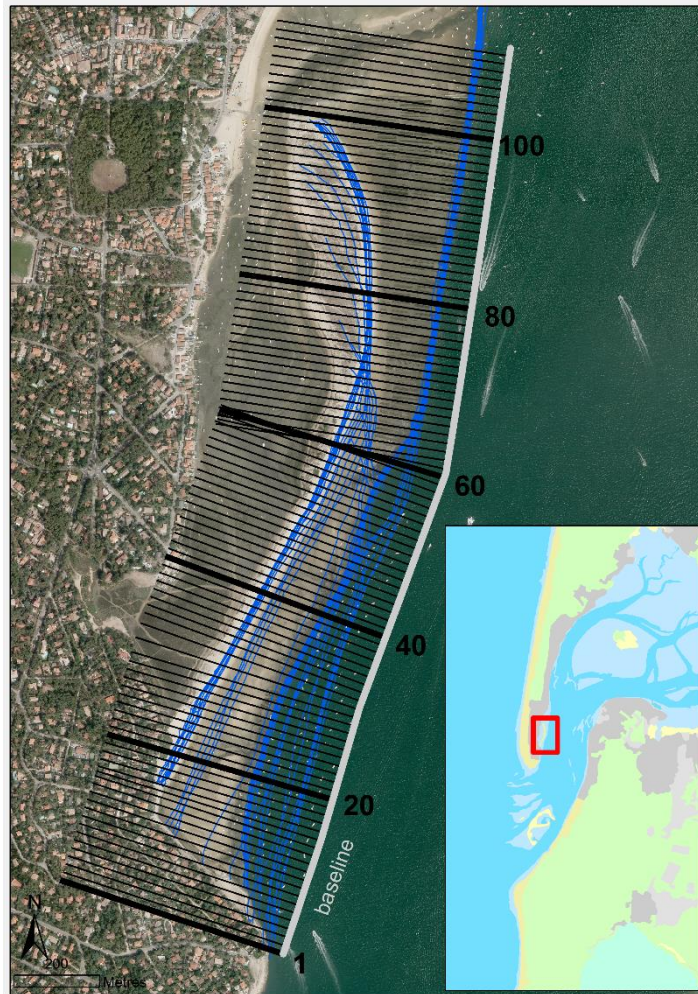


Fig. 65. Méthode d'analyse de la dynamique du trait de côte (pied de dune) et du bas estran de la flèche du Mimbeau

La figure 66 ci-après qui donne un aperçu des champs des courants de marée le long de la façade orientale de la flèche du Cap-Ferret illustre le déséquilibre hydraulique entre le chenal du Teychan et le chenal de Piquey en jusant (courants de vidange du bassin) ce qui accentue la « pression » exercée sur la façade est du Cap-Ferret.

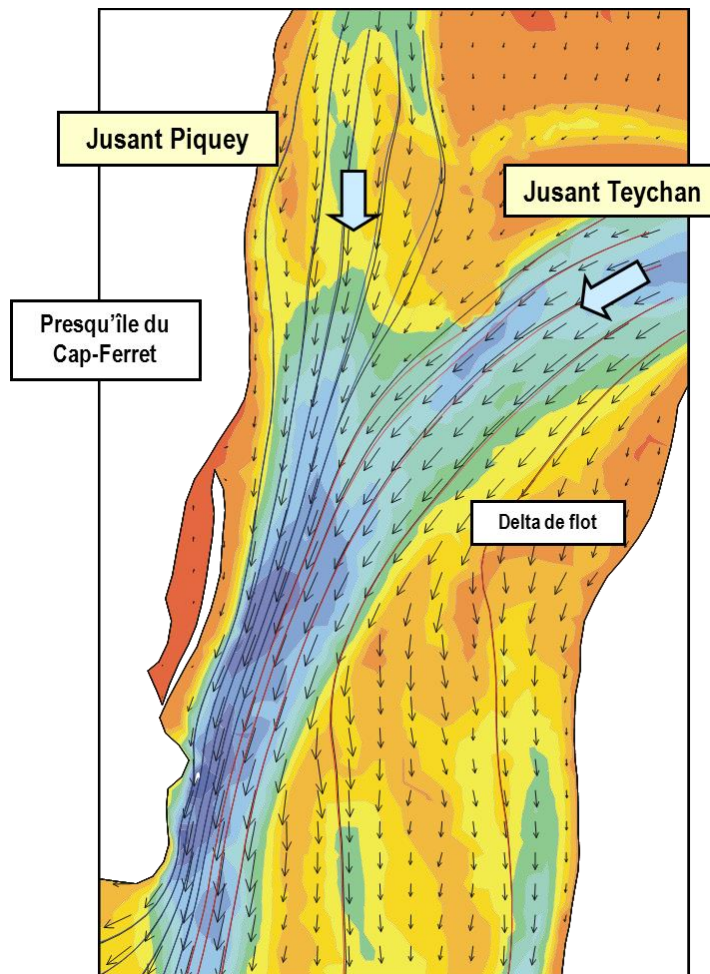


Fig. 66. *Vitesse et direction des courants de marée modélisés le long de la façade orientale de la flèche du Cap-Ferret*

B. Résultats d'analyse et interprétation

a) Bas estran

Comme le montre la superposition des ortho-photographies acquises en 1947 et 2011 (Fig. 67), la flèche du Mimbeau a fortement reculé entraînant dans son recul la plage sous-marine qui lui est associée. Cette transformation majeure provient de la rupture de l'alimentation de la flèche du Mimbeau par la dérive littorale générée par les vagues qui pénètrent dans le bassin. L'analyse des transects permet de chiffrer ce recul du bas de l'estran en fonction du secteur considéré. Ainsi, on constate une érosion du bas estran entre les transects 1 et 50/60, au-delà (secteur des parcs à huîtres), on constate une relative stabilité de la plage sous-marine pour toute la période de mesure (Fig. 68). Ce recul est visible jusque dans les années 1990 et est compris entre 2 et 3 m/an suivant le transect considéré.



Fig. 67. Superposition des ortho-photographies de 1947 et 2011 (en transparence) dans le secteur du Mimbeau

b) Pied de dune

Le pied de dune évolue lui aussi rapidement, et de façon distincte du sud au nord de la flèche (Fig. 69). Ainsi, à partir des années 1960, le secteur méridional de la flèche recule fortement dans un mouvement de rotation qui traduit parfaitement la rupture de l'alimentation depuis le sud vers le nord. Ce mouvement de basculement et le recul induit sont visibles jusqu'au transect n°70 (cf. Fig. 69) ; cela s'est traduit, dans les premières années d'évolution, par une érosion très rapide au sud, un peu plus régulière dans la partie médiane de la flèche. Au sud, l'érosion s'est progressivement atténuée dans le temps pour être à l'heure actuelle de l'ordre de -0,5 m/an, comme le montrent les récents levés topographiques. A plus long terme le recul moyen enregistré est de -2 m/an.

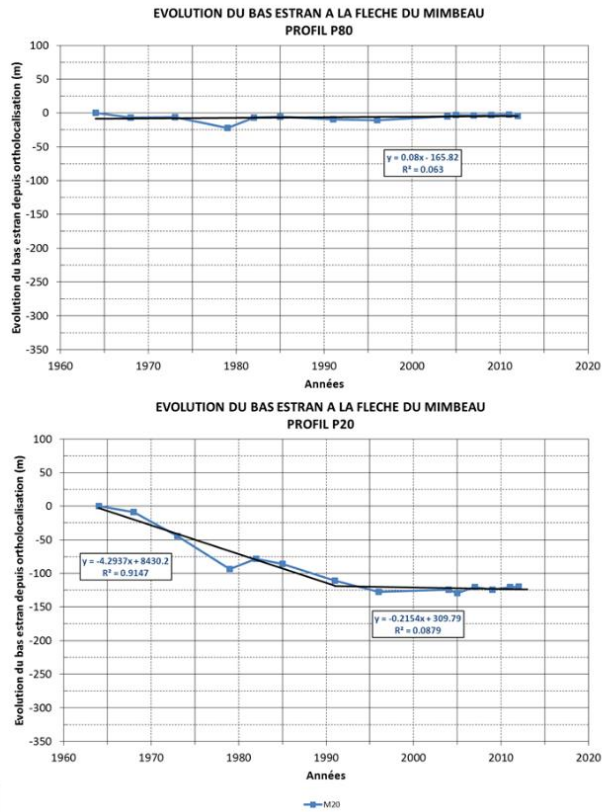
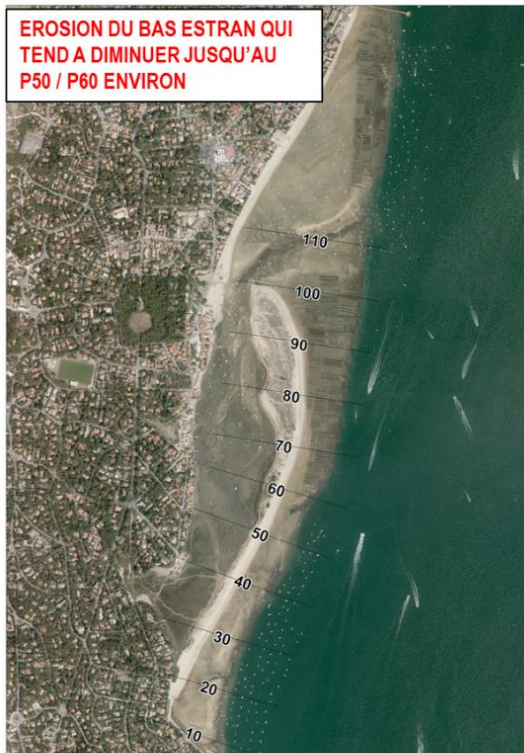


Fig. 68. Evolution du bas estran dans le secteur de la flèche du Mimbeau

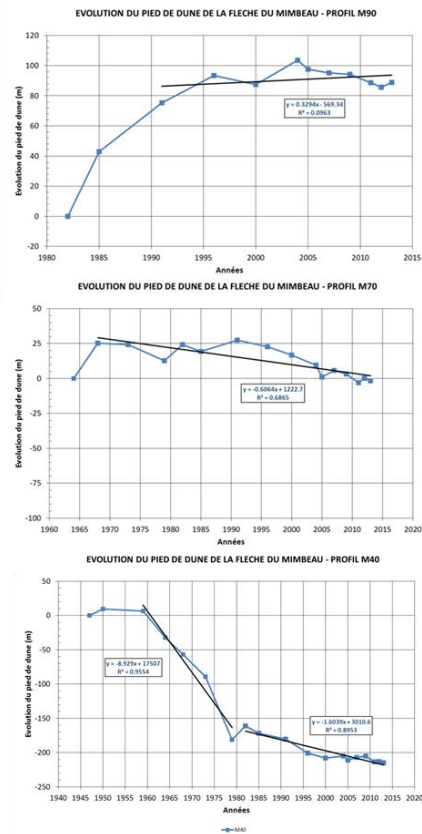


Fig. 69. Evolution du pied de dune dans le secteur de la flèche du Mimbeau

c) Apex

L'apex montre une dynamique très importante (Fig. 70) liée au processus de transport sédimentaire sud-nord, ayant historiquement permis l'édification de la flèche, et alimentant toujours ce même processus à l'heure actuelle, au détriment de la partie sud de la flèche. L'apex s'est déplacé tant dans le plan ouest-est (à gauche, Fig. 71) que sud-nord (à droite, Fig. 71). L'amplitude des déplacements dans le plan ouest-est est moindre, mais indique une tendance au rapprochement de la côte. L'allongement de la flèche dans le plan sud-nord est lui très marqué. Au total, plus de 700 m ont été parcourus vers le nord par l'extrémité de la flèche, la majorité du déplacement s'étant réalisée entre le milieu des années 1940 et 1985. Depuis, l'apex continue de migrer vers le nord, mais au rythme très lent d'un peu plus de 2 m/an.

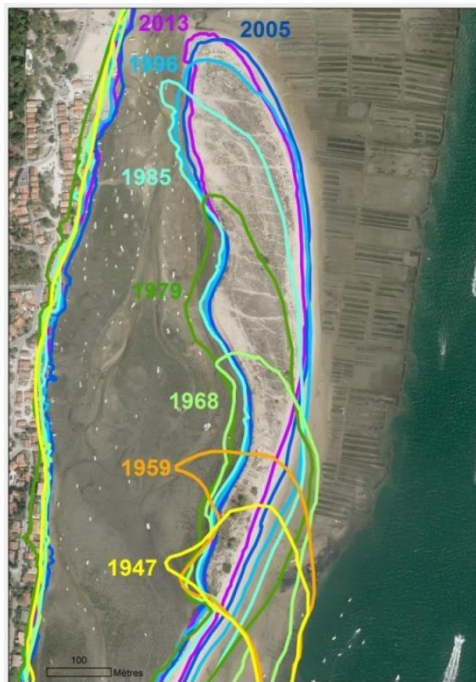


Fig. 70. Progression vers le nord de l'extrémité septentrionale de la flèche du Mimbeau (contours successifs obtenus par photo-interprétation)

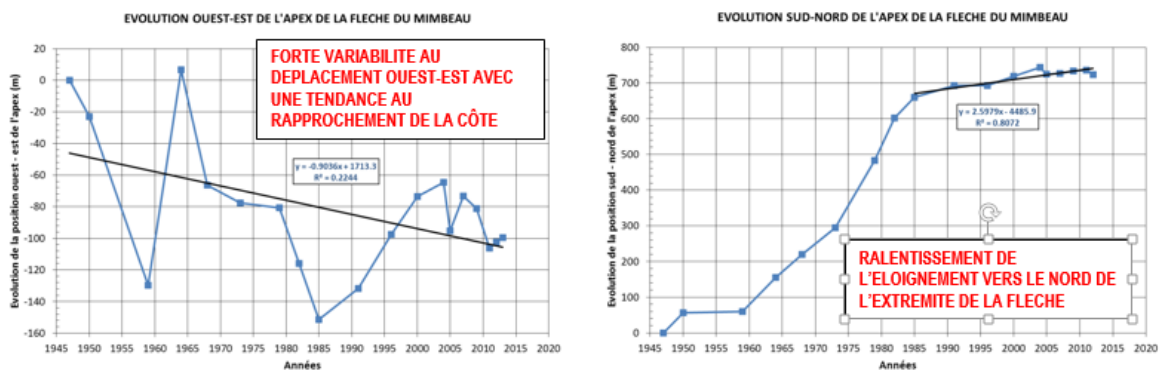


Fig. 71. Trajectoire de l'extrémité de la flèche du Mimbeau dans les plans ouest-est (à gauche) sud-nord (à droite)

5.4.1.4.2. **Perrés nord Mimbeau**

A. Données exploitées

Le même jeu d'ortho-photographies que précédemment a été utilisé et une longue série de transects a permis de réaliser une analyse de la mobilité du trait de côte (Fig. 72). L'indicateur photo-interprété est ici l'interface sable sec/sable humide traité ensuite sous DSAS.

B. Résultats d'analyse et interprétation

L'analyse de mobilité du trait de côte, synthétisée sur la Fig. 73 montre que deux secteurs se distinguent. Au niveau de la plage du phare (au sud, dans la conche du Mimbeau), on constate une érosion globale du trait de côte depuis les années 1960 et l'interruption du transit littoral régulier orienté sud-nord. Cette érosion affecte le fond de la conche (transects n°110 à 120). Puis, entre les transects n°95 et 110, le trait côte semble relativement stable. Plus au nord, entre les transects n°55 et 95, le trait de côte présente des secteurs en progression ou au contraire stable. Enfin, à Bélisaire (au nord du transect n°55), le trait de côte progrède de 40 cm/an en moyenne depuis 1947.

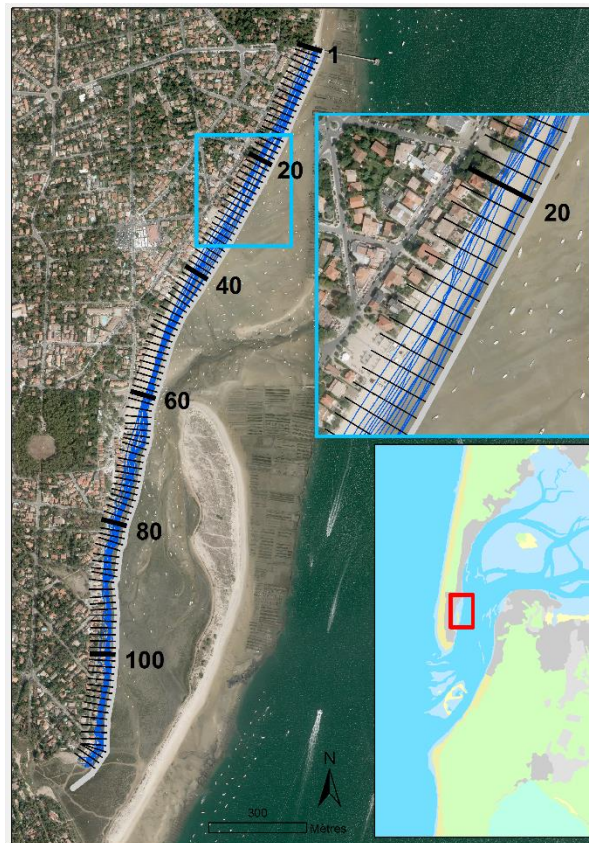


Fig. 72. Méthode d'analyse de la dynamique du trait de côte (interface sable humide / sable sec) au nord du Mimbeau

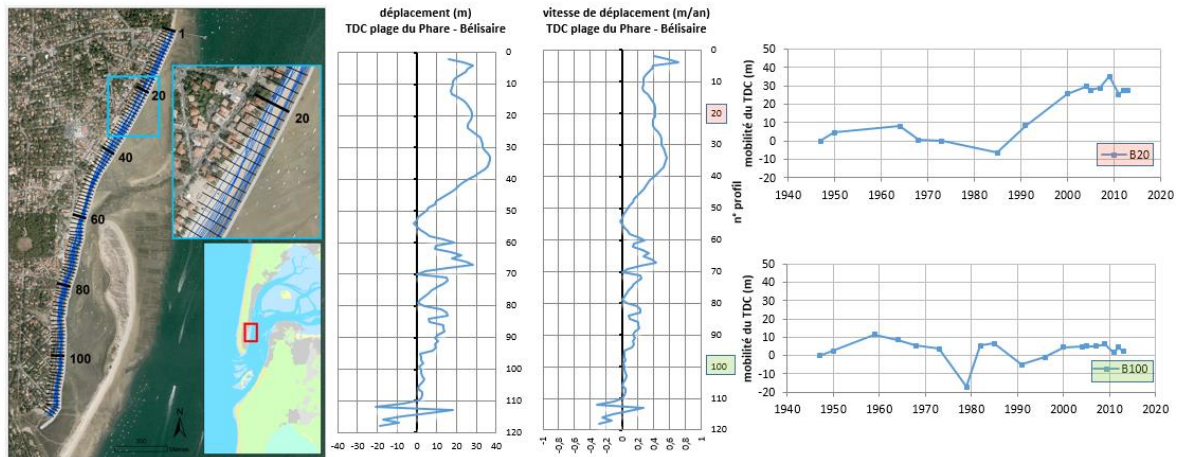


Fig. 73. Résultats de l'analyse de la dynamique du trait de côte au nord du Mimbeau (entre la plage du Phare et Bélisaire)

5.4.1.4.3. Informations majeures à retenir

Nous retiendrons pour ce secteur :

- La flèche du Mimbeau a été créée grâce aux apports sédimentaires contournant la pointe du Cap-Ferret ;
- Le déséquilibre hydraulique entre le chenal du Teychan et le chenal de Piquey accentue, en marée descendante, la « pression » exercée sur la façade est du Cap-Ferret : les courants du Teychan viennent buter sur la flèche du Mimbeau et la Pointe du Cap-Ferret contribuent à déplacer le chenal du Ferret vers l'ouest, la ligne -5m CM présentant une tendance régulière au rapprochement de la côte de l'ordre de -4 à -5m/an ;
- Le transit sédimentaire sud-nord a été interrompu ; la flèche du Mimbeau a initié une migration vers l'ouest de son enracinement (300 m environ entre 1947 et 2012) et vers le nord (environ 700 m entre 1947 et 2012) ;
- Le bas estran au droit de l'enracinement s'érode sous l'effet du déplacement du chenal du Ferret vers l'ouest. Plus au nord (au droit du lobe et vers la jetée Bélisaire), la zone est stable ;
- Le pied de dune de la flèche montre une tendance à l'érosion au niveau de son enracinement de l'ordre de 2 m/an depuis 1980 ;
- Le lobe de la flèche continue de se développer ;
- A l'arrière de la flèche, au sud de la conche, le trait de côte est en léger recul depuis le début des années 1960, au nord, le trait de côte est relativement stable, voire, par secteur, en légère progradation ;
- Au nord de la flèche, dans le secteur de Bélisaire, le trait de côte prograde, depuis le début des années 1960, au rythme régulier de 40 cm/an.

5.4.2. La Teste-de-Buch entre la jetée du Moulleau et la Corniche

5.4.2.1. DONNEES EXPLOITEES

Dans ce secteur, bordé de perrés, le pied de dune n'est pas un indicateur aisément décelable. Le pied d'ouvrage, quant à lui, est fixé et ne permet de comprendre la dynamique du trait de côte. Dans la zone sous-marine, on a pu tracer les phases d'évolution du chenal de flot, au droit des

perrés de La Teste et montrer notamment que le chenal remonte plus ou moins vers le nord selon la configuration des passes externes (cf. Fig. 36). Pour compléter cette étude et comprendre l'évolution de la plage, nous avons choisi d'analyser l'évolution de la localisation de la limite sable sec/sable humide extraite par photo-interprétation.

5.4.2.2. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION

Les résultats de l'analyse DSAS menés sur l'interface sable sec / sable humide sont présentés sur la Fig. 74. Ils montrent des résultats contrastés, avec au nord du secteur (transects n°1 à 30) des phases successives d'engraissement et d'érosion, et, au sud du transect n°30, on observe une tendance à l'engraissement présentant des fluctuations interannuelles importantes, liées aux travaux de rechargement entrepris dans ce secteur.

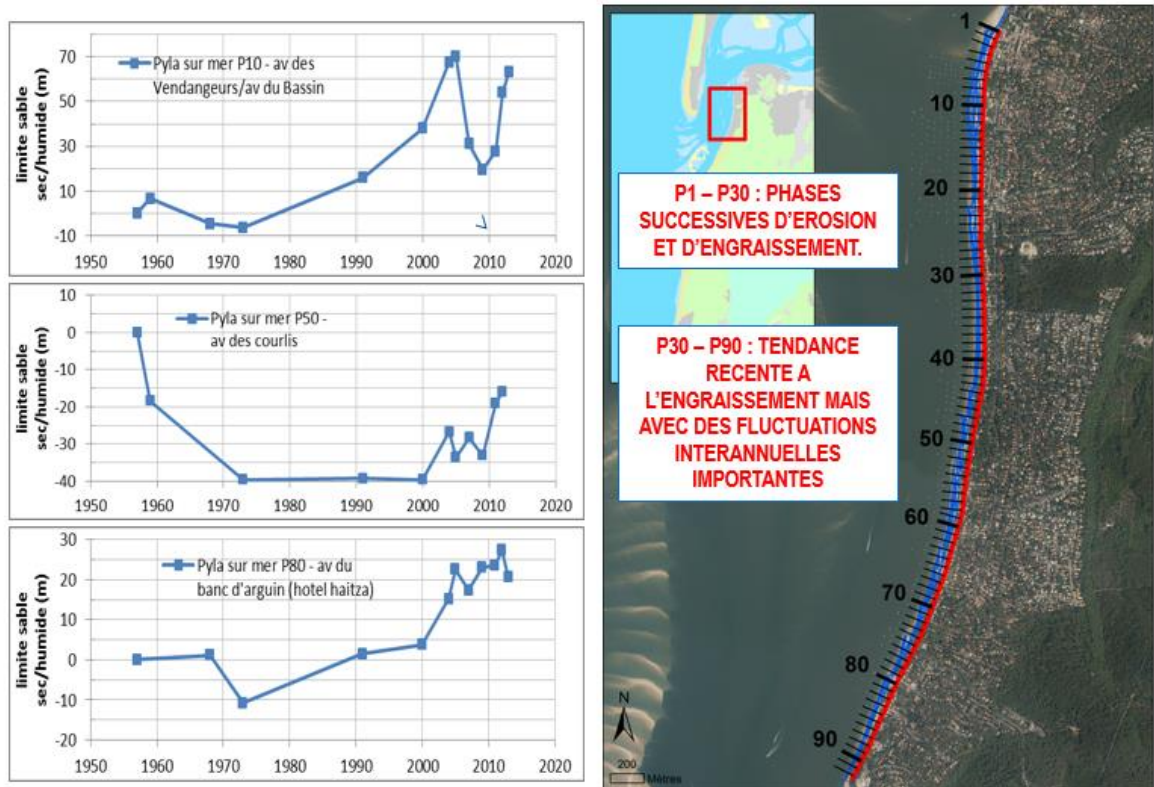


Fig. 74. Méthode d'analyse de la dynamique du trait de côte dans le secteur de perrés de la Teste-de-Buch

5.4.2.3. INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR

Nous retiendrons comme éléments clés de la dynamique des plages des perrés de La Teste-de-Buch :

- Au sud de la zone: Eloignement du chenal du Pyla vers l'ouest qui ne semble pas être lié à la cyclicité des passes
- Au nord: remontée du chenal du Pyla vers le nord, approfondissement de la plage sous-marine et transfert de sable plage aérienne-plage sous-marine, jusqu'à la fusion des deux passes ;
- Une alimentation sédimentaire par le transit sud - nord ;
- L'érosion chronique des plages compensée par les travaux de rechargement.

5.4.3. La dune du Pilat

5.4.3.1. DONNEES EXPLOITEES

Pour mémoire, un fait particulièrement marquant dans ce secteur est l'éloignement progressif de la côte de la rive est du chenal du Pyla (cf. Fig. 40). La dynamique du pied de dune a été analysée à l'aide d'archive photographiques photo-interprétées et, depuis 2011, de relevés DGPS de terrain (OCA / GEO-Transfert) le long de 60 transects (Fig. 75).

5.4.3.2. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION

Les résultats de l'analyse DSAS montrent que le trait de côte pied de dune de la dune du Pilat, en prenant pour indicateur le pied de dune, est en érosion, malgré l'éloignement du chenal dans ce secteur (cf. Fig. 75). Le recul est de 2 m/an dans le secteur de la corniche, de 1 à 2 m/an au sud de la dune. La configuration de l'ouvrage de la corniche peut expliquer la légère amplification du taux d'érosion observée au sud de l'ouvrage.

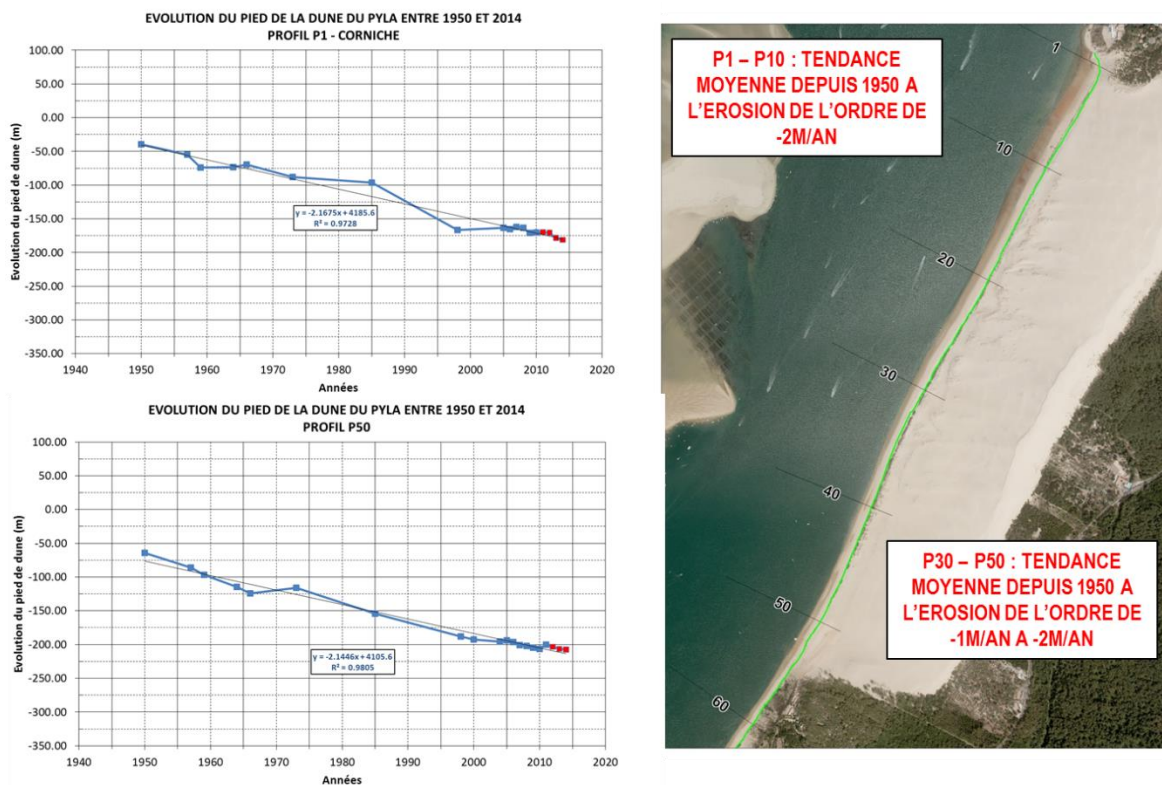


Fig. 75. Evolution du pied de dune du Pilat (en bleu : photo-interprétation, en rouge : DGPS)

5.4.3.3. INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR

Nous retiendrons dans ce secteur :

- L'éloignement progressif de la côte de la rive est du chenal du Pyla qui ne semble malgré tout pas modérer l'érosion et le recul du pied de dune ;
- Le recul du pied de dune depuis 1950 est régulier, compris du nord au sud entre -2 m/an et -1 m/an.
- Aucune cyclicité n'est observée dans les mécanismes d'évolution.

5.4.4. Le littoral sud de la dune du Pilat : plages du Petit Nice et de la Lagune

5.4.4.1. DONNEES EXPLOITEES

Outre les cartes bathymétriques qui ont permis d'analyser l'évolution de la position du chenal de flot (chenal du Pyla) au travers de la position de la -5m CM, nous avons analysé l'évolution du pied de dune grâce aux données suivantes :

- Photo-interprétation du pied de dune et de la limite du rivage sur la série orthophotoplans ;
- Des levés du pied de dune (OCA / GEO-Transfert) ;
- Les suivis des profils de la plage et de la dune au niveau du Petit Nice (OCA et données lidar).

Comme le montre la Fig. 34 (tranchet nord-sud n°8), on voit juste au nord de la plage du Petit Nice, depuis 1880, un chenal profond et large, relativement stable dans le temps, présentant toutefois une tendance au rapprochement du littoral à un rythme d'un à deux mètres par an depuis le début des années 1960. Un peu plus au sud, entre les plages de La Lagune et du Petit Nice (au niveau du transect nord-sud n°7), on suit toujours nettement le mécanisme de rapprochement et de fusion des passes nord et sud. Mais dans ce secteur, l'isobathe -5m CM du chenal du Pyla a tendance à se rapprocher à environ 13m/an de la côte (Fig. 76).

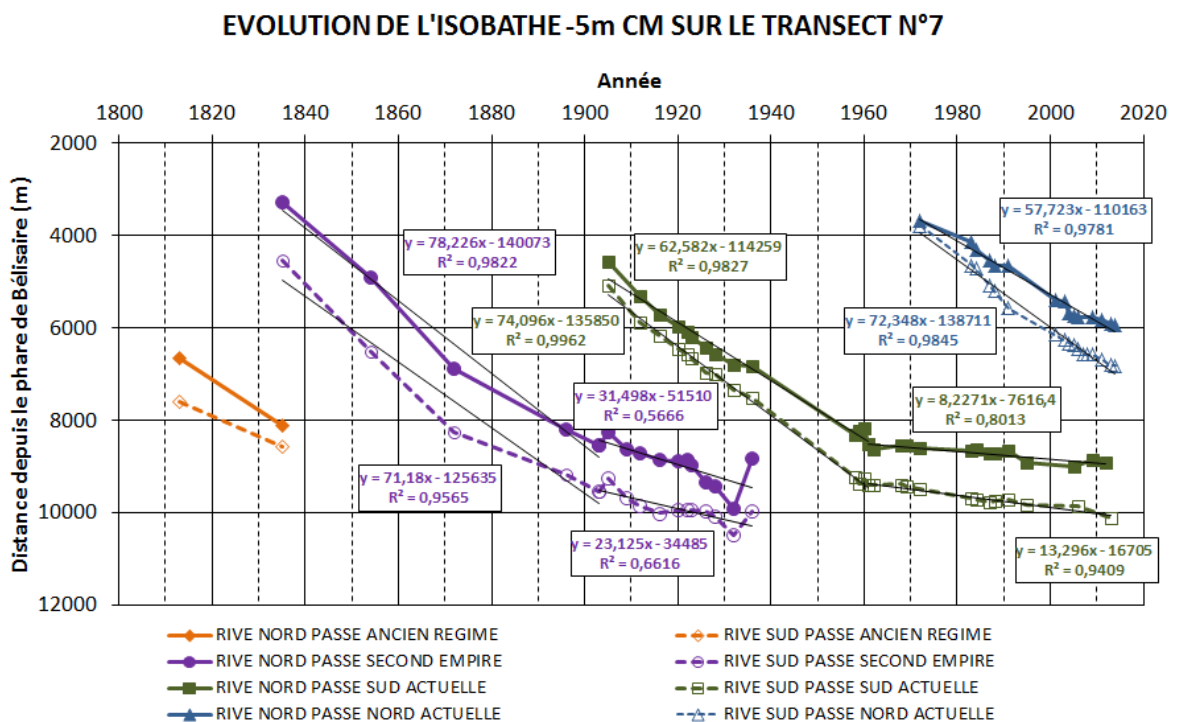


Fig. 76. Evolution de la passe nord au niveau du transect n°7 de l'éventail nord-sud

5.4.4.2. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION

Les photos anciennes montrent que cette importante pression de la passe, située au sud de l'embouchure sur le littoral des plages du Petit Nice et de la Lagune sud, relâche effectivement lors des périodes de fusion des passes. Cela implique en effet l'expulsion d'un banc de sable depuis les passes. Il s'agit de l'ancien banc du Matoc, puis du banc du Pineau lesquels, en situation de pincement entre les deux passes principales de l'embouchure, migrent vers le sud lorsque la fusion des chenaux vient à occuper leur localisation. Ce mécanisme permet d'engraisser les plages du Petit Nice et de La Lagune comme le montre la Fig. 77.

Nous nous basons sur les données passées pour envisager à quel moment dans l'avenir des passes, ces plages pourront bénéficier de l'accolement à la côte de l'actuel banc d'Arguin. Dans cet objectif, nous avons analysé simultanément l'évolution dans le temps de la ligne de rivage et du pied de dune.

Au Petit Nice, nous constatons à l'heure actuelle (depuis les années 2000) un recul du pied de dune (Fig. 78) au rythme de 4 à 5 m/an. Dans les années 1950 à 1970, un recul marqué était également très perceptible au nord du Petit Nice (transects n°1 à 30 de l'analyse DSAS, cf. Fig. 78 graphique du haut). La ligne de rivage montre elle un recul entre les années 1950 et 1980 et, depuis les années 1980, un certain engraissement.

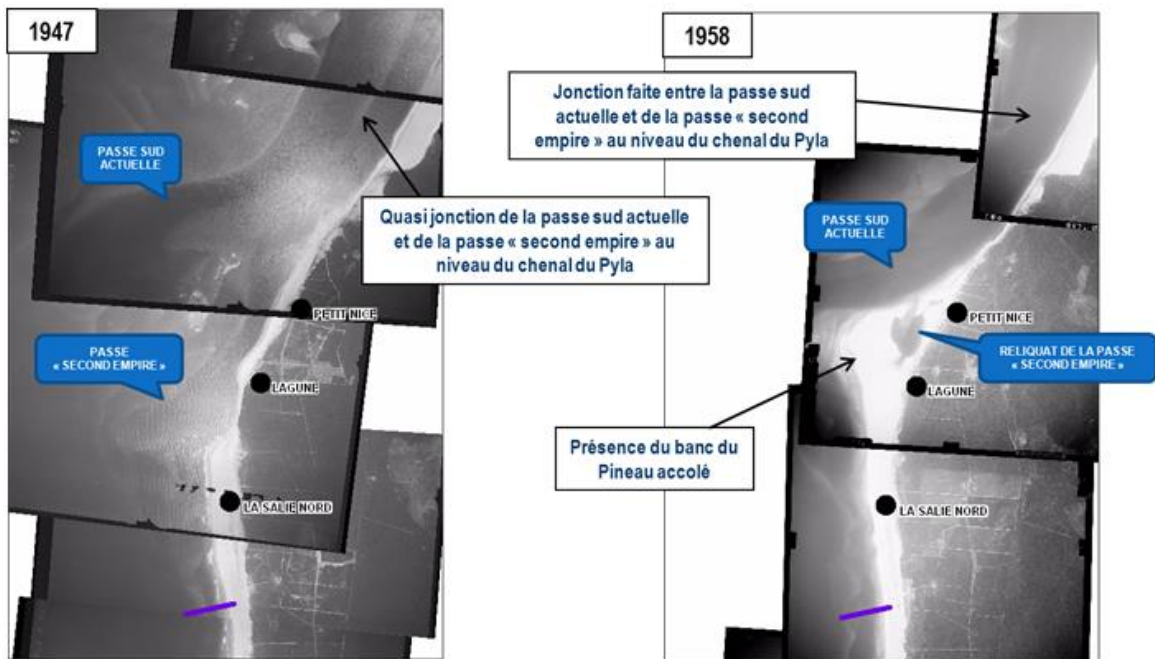


Fig. 77. Effet de la fusion des passes principales (actuelle passe sud et passe second empire entre 1947 et 1958) sur l'évolution des plages du petit Nice et de la Lagune

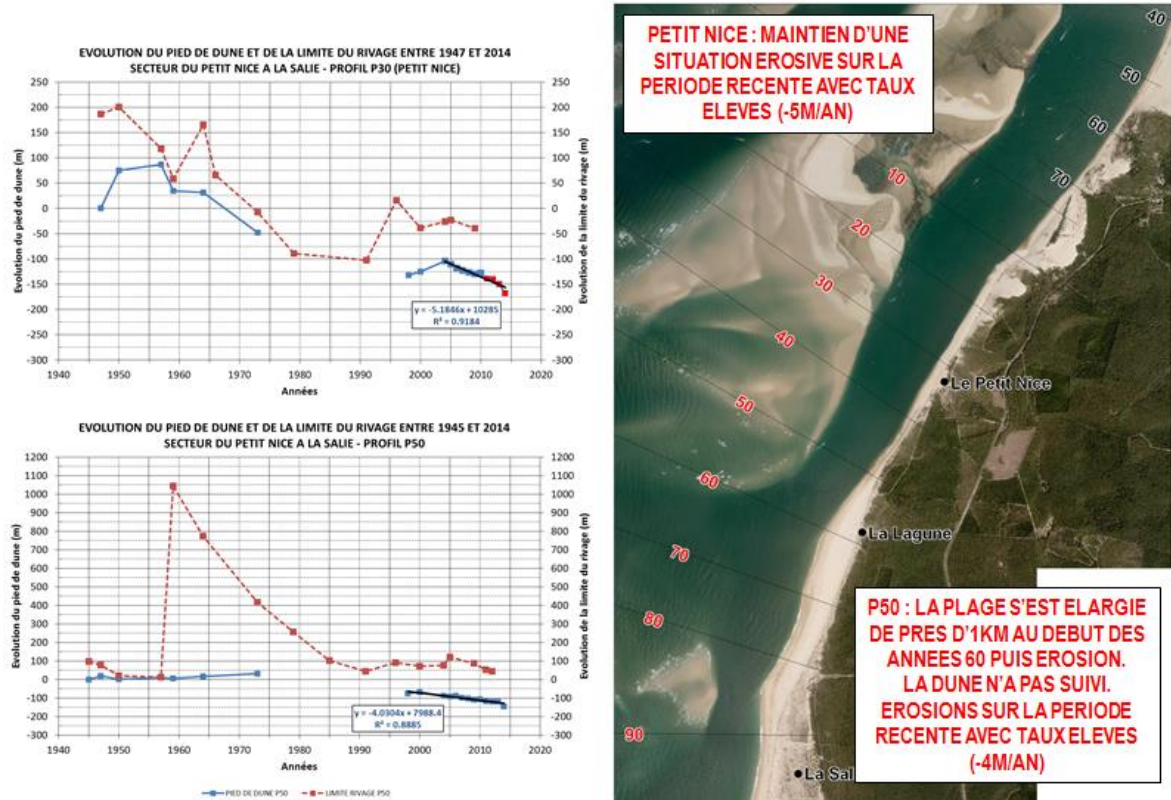


Fig. 78. Evolution du pied de dune (en bleu) et de la limite du rivage (en rouge) à proximité du Petit Nice

Entre le Petit Nice et la Lagune (cf. Fig. 78 graphique du bas), le pied de dune est également en érosion à l'heure actuelle, à un rythme comparable. La ligne de rivage a été elle soumise à un engraissement très rapide à la fin des années 1950, le stock de sable, se dissipant rapidement par la suite. Nous n'enregistrons pas d'impact de ce phénomène sur le pied de dune.

Plus au sud en revanche, au niveau de la plage de La Lagune et en approchant de celle de La Salie Nord, on observe, sur les données acquises, à la fois l'élargissement de la plage (700 à 800 m) et la migration vers les passes du pied de dune, 10 à 15 ans après. Cette phase d'élargissement est, sur les deux indicateurs, très transitoire, un début d'érosion survient très rapidement qui démaigrit à un rythme très rapide tant la plage que le trait de côte.

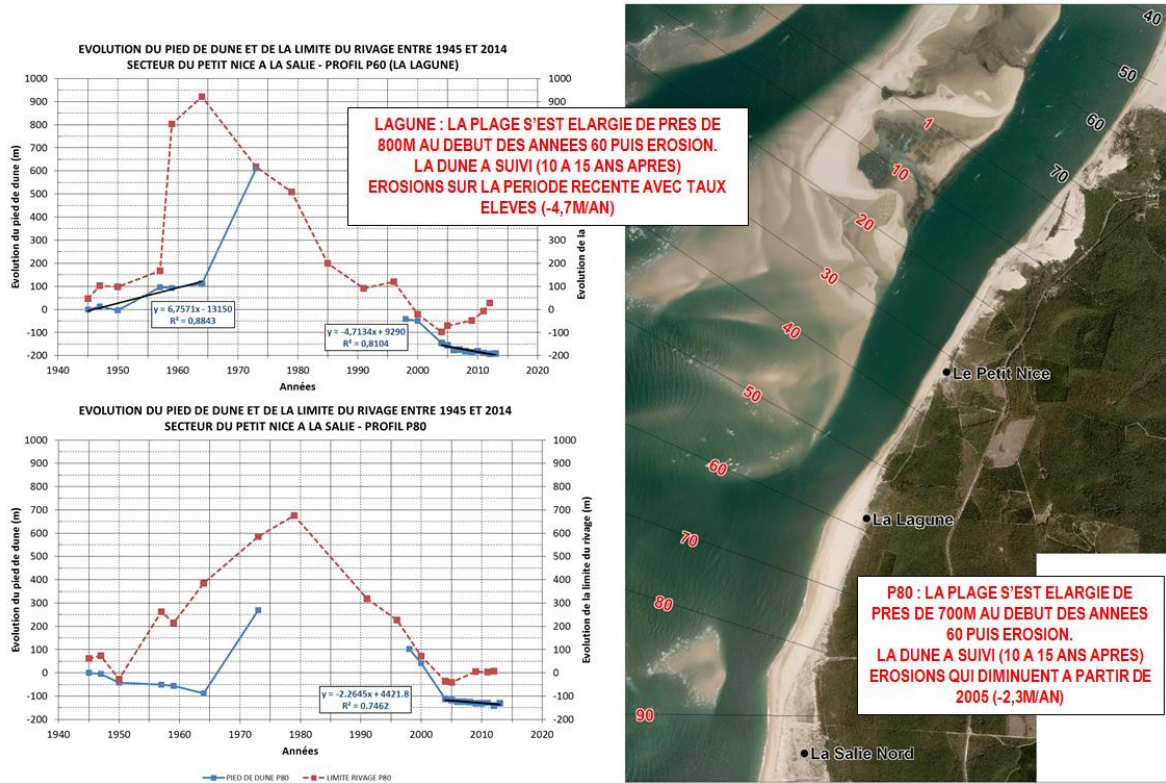


Fig. 79. Evolution du pied de dune (en bleu) et de la limite du rivage (en rouge) entre La Lagune et La Salie Nord

5.4.4.3. INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR

Dans ce secteur très particulier :

- La rive est (-5m CM) du chenal du Pyla se rapproche de la côte, à des vitesses variables dans le temps et l'espace ;
- Un certain relâchement de cette pression érosive apparaît au sud de la zone dans la période de fusion de passes, simultanément à la mise en place d'un banc à la côte, bancs migrant depuis les passes, chassés par la migration vers le sud et la fusion des chenaux principaux ;
- Les tendances récentes d'évolution du pied de dune devraient se maintenir tant que le nouveau banc du Pineau ne se sera pas en cours de développement ;
- Le banc d'Arguin est projeté en place en 2040 mais avec des modifications attendues des taux d'évolution du pied de dune à partir de 2030 à partir du P30 (Petit Nice).

5.4.5. Les plages de La Salie et le wharf

5.4.5.1. DONNEES EXPLOITEES

L'ensemble des données exploitées sur le secteur est reporté sur le Tabl. 20 - .

Tabl. 20 - Quantification des modes de transport dominant et informations sur la stabilité de la section mouillée du chenal

Données disponibles	Commentaires
Cartes bathymétriques (papiers + numériques)	Analyse de l'évolution de la position de la -5m CM
Orthophotographies aériennes	Localisation du pied de dune par orthophoto-interprétation
Levés pied de dune DGPS	Suivi OCA : 2011, 2012, 2013 (partiels) GEO-TRANSFERT : 2014
Suivi profil de la plage et de la dune au niveau du wharf	OCA : 2001, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 et 2013 LIDAR 2005 et 2012
Suivi des fonds au niveau des palées du wharf	SIBA : 1983 à 2014
Suivi de l'évolution des bancs sous-marins par imagerie satellitaire	GEO-TRANSFERT depuis 2000

5.4.5.2. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION

Ces plages ont majoritairement été influencées par l'accolement à la côte du banc du Pineau au début des années 1950 (cf. Fig. 77). Après sa formation ce banc a rapidement migré vers le sud comme le montre la comparaison des lignes de rivages de 1959 et 2012 sur la Fig. 80 . Cette migration est associée à celle d'un front d'érosion et de sédimentation dont on suit la progression sur la Fig. 81. A l'heure actuelle le banc est stabilisé sur le wharf et les fronts d'érosion et de sédimentation qui lui sont associés ne migrent plus.

Malgré cette stabilité on note, à l'heure actuelle, un recul actuel de la ligne de rivage ainsi que du pied de dune de part et d'autre du wharf (Fig. 82). Au niveau de ce dernier pourtant on assiste plutôt à un engraissement relativement localisé du pied de dune.

L'élargissement de la plage, dans ce secteur a débuté au milieu des années 1980, une trentaine d'années après l'engraissement vécu plus au nord au niveau de la plage de La Lagune. Cet élargissement reste apparent au niveau du wharf et se prolonge sous l'eau, où on constate un exhaussement important des fonds à l'extrémité du wharf (Fig. 83).

Cette remontée des fonds, de l'ordre de 15 cm/an, a démarré au début des années 1990, et se matérialise sous forme d'apports successifs, marquant vraisemblablement le passage de bancs tous les 4 à 5 ans au début, bancs issus des passes transitant sur le seuil de la passe sud depuis la franche ouverture de la passe nord et l'exhaussement des fonds du seuil de la passe sud (cf. Fig. 45). A l'heure actuelle cette importante variabilité interannuelle semble s'atténuer.



Fig. 80. Comparaison des lignes de rivages à La Salie entre 1959 et 2012

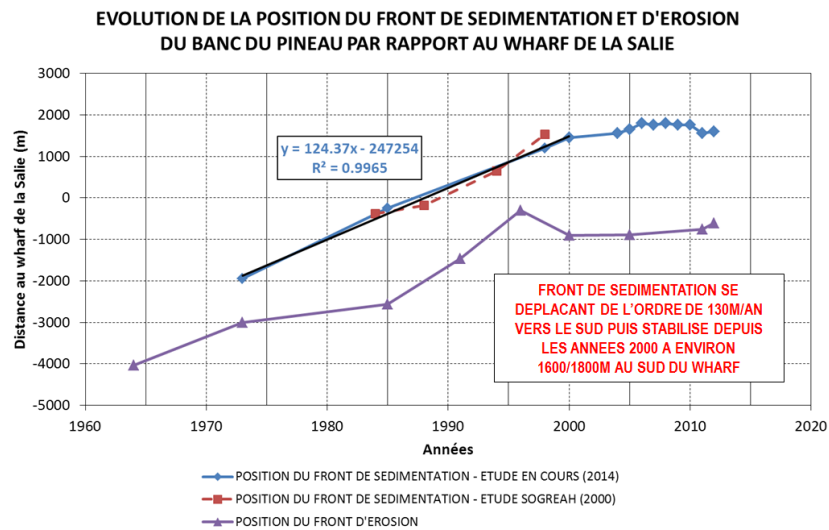


Fig. 81. Evolution du front d'érosion et de sédimentation au niveau du wharf de La Salie

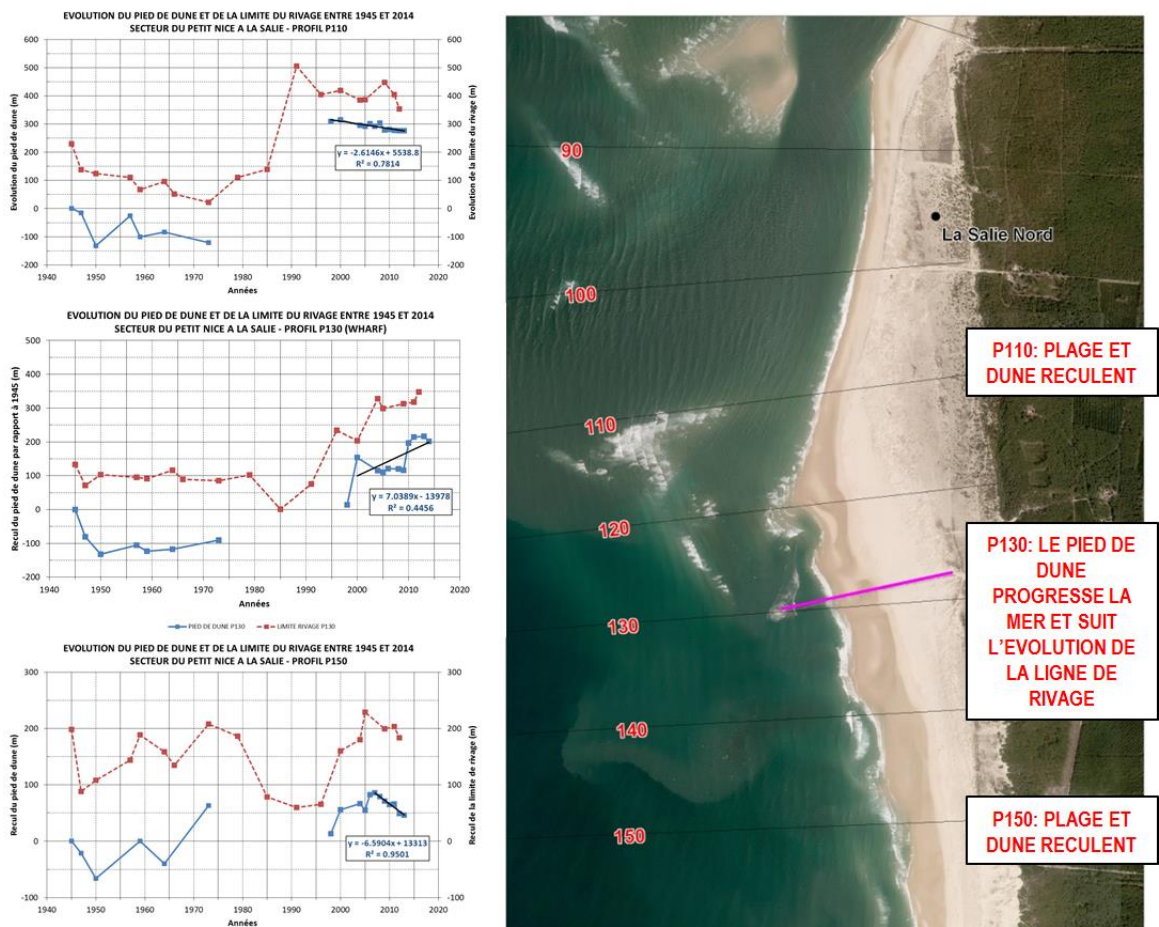


Fig. 82. Evolution du pied de dune et de la ligne de rivage à La Salie

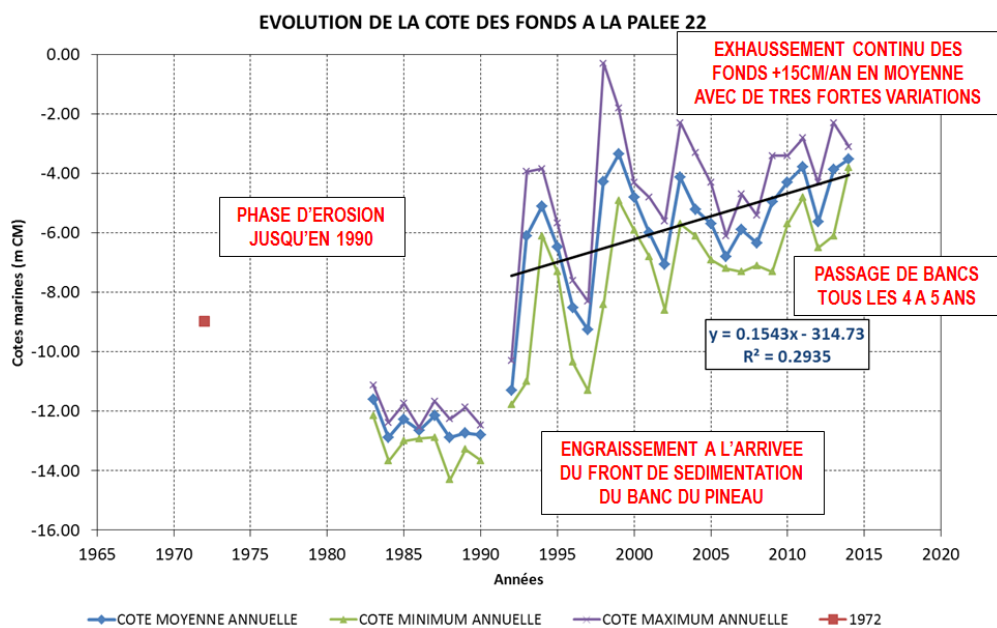


Fig. 83. Evolution de la cote du fond à la palée 22 du wharf de La Salie

5.4.5.3. INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR

Pour ce secteur, on retiendra les informations majeures suivantes :

- Tous les indicateurs de suivi au niveau du wharf (fonds, limite de plage, pied de dune) montrent des engraissements réguliers depuis 1990 environ ;
- Les exhaussements en bout de wharf (palée 22) sont de 15 cm/an en moyenne avec des variations annuelles de plusieurs mètres ;
- Le banc du Pineau se trouve centré sur le wharf et ne progresse plus vers le sud depuis le début des années 2000 environ ;
- A 50 m de part et d'autre du wharf, on retrouve les mêmes tendances qu'au wharf (élargissement de la plage et avancée du pied de dune) ;
- A 100 m de part et d'autre du wharf, la plage continue de s'élargir alors que le pied de dune a initié une phase de recul ;
- A 150 m du wharf, la plage et le pied de dune reculent ;
- Avant l'arrivée du front de sédimentation du banc du Pineau (environ 1990), le pied de dune de toute la zone autour du wharf était en érosion. Les fonds au niveau du wharf étaient aussi en érosion ;
- Au niveau du wharf, la tendance à l'exhaussement des fonds devrait se maintenir pour les années à venir ;
- Le changement de tendance est projeté vers 2030 quand la formation du nouveau banc du Pineau plus au nord devrait entraîner des mécanismes d'érosion au niveau du wharf (cf. érosions entre 1970 et 1990 alors que le banc du Pineau était en place) ;
- La plage de la Salie Nord devrait voir ses taux d'érosion augmenter au cours du temps, le nouveau banc du Pineau ne se développant que plus au nord.

5.4.6. Littoral de Biscarrosse

5.4.6.1. DONNEES EXPLOITEES

Dans ce secteur, des ortho-photographies ont été analysées, complétée par un levé GPS (GEO-Transfert) réalisé en 2014. Pour rappel, le suivi des petits fonds (contrats mairie de Biscarrosse/GEO-Transfert) donne quelques éléments du contexte morpho-sédimentaire dans lequel se situe cette portion du littoral. En effet, nous avons pu montrer à l'heure actuelle que le littoral sud arcachonnais bénéficie d'une alimentation sableuse régulière depuis le sud des passes.

Les traits de côtes ont été analysés en deux secteurs distincts : au nord de la commune de Biscarrosse (à gauche, Fig. 84) et sur la commune (à droite, Fig. 84).

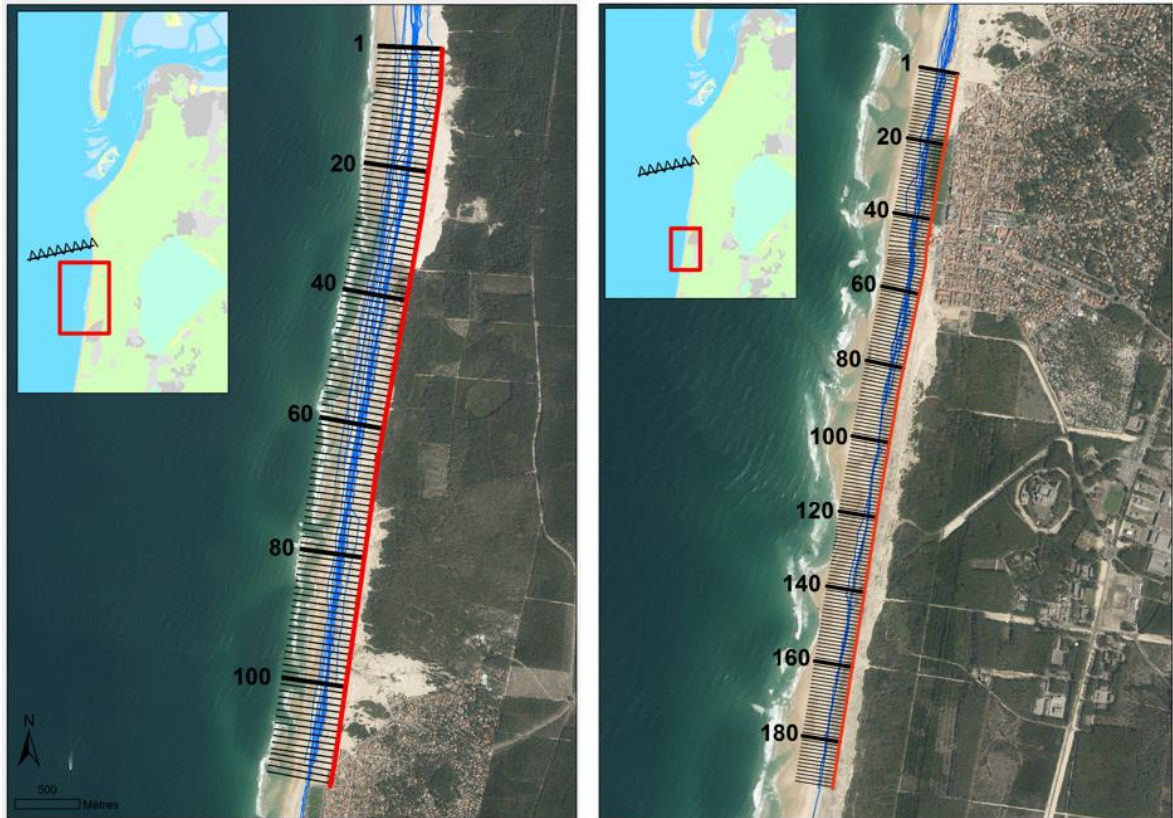


Fig. 84. Méthode d'analyse de la dynamique du trait de côte entre le wharf de La Salie à Biscarrosse

5.4.6.2. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION

Au nord de la commune, les taux d'érosion sont variables. Compris entre -0,8 et -2,5 m/an, ils sont légèrement plus forts au sud du wharf qu'en s'approchant du rond-point nord de Biscarrosse (Fig. 85).

Au niveau de la ville de Biscarrosse (plage centrale, Hôtel et Chalet), le pied de dune est relativement stable (Fig. 86). Encadré de deux zones en recul chronique, le front de mer de Biscarrosse (pied de dune) est clairement en avancée sur le littoral nord et sud. L'avancée est de l'ordre de 30 m sur la base du levé du pied de dune de 2014 post-tempêtes.

Au sud de la commune, en aval (par rapport au sens du transit sédimentaire) de la zone protégée des entailles d'érosion de plusieurs dizaines de mètres sont apparues en 2014 qui sont repérées par l'analyse DSAS (cf. Fig. 86).

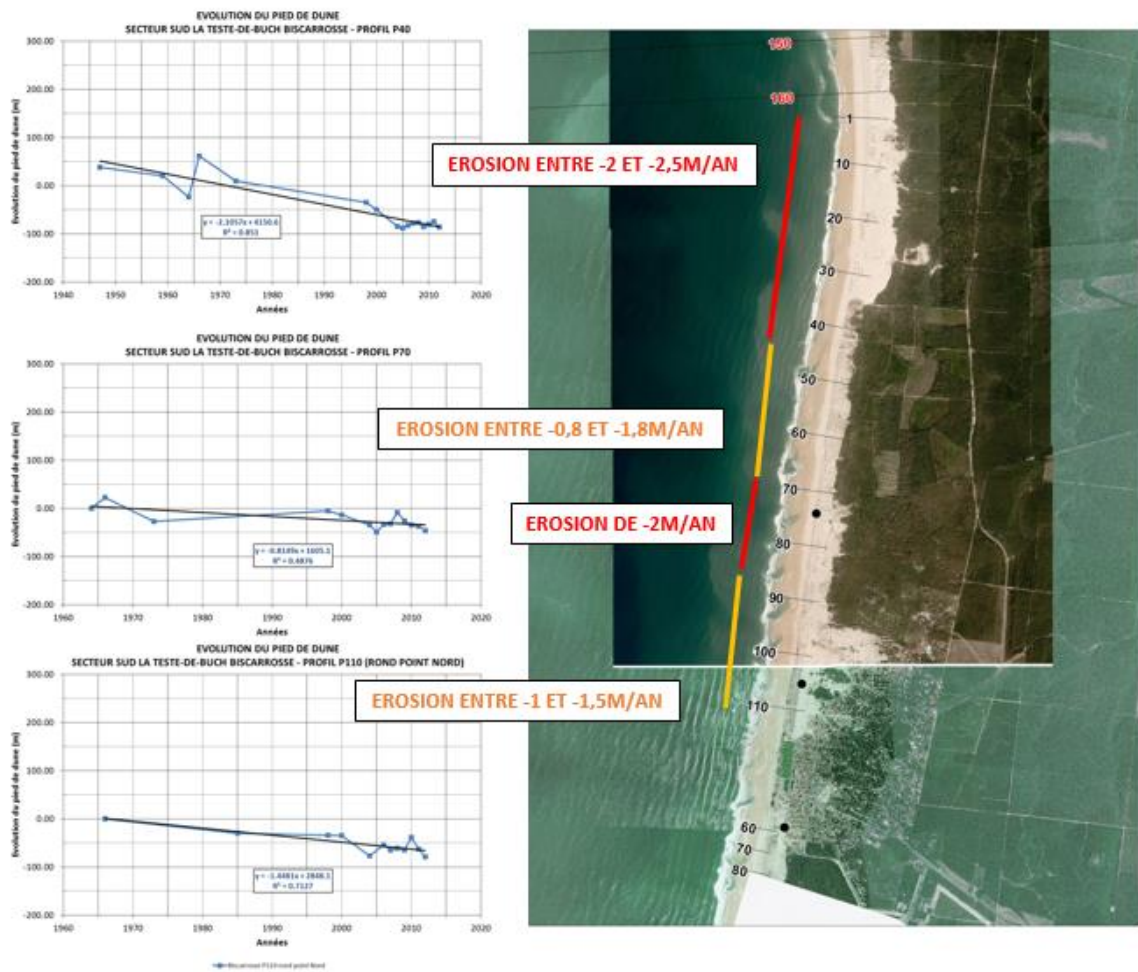


Fig. 85. Evolution du trait de côte entre le wharf de La Salie et le rond-point nord de Biscarrosse

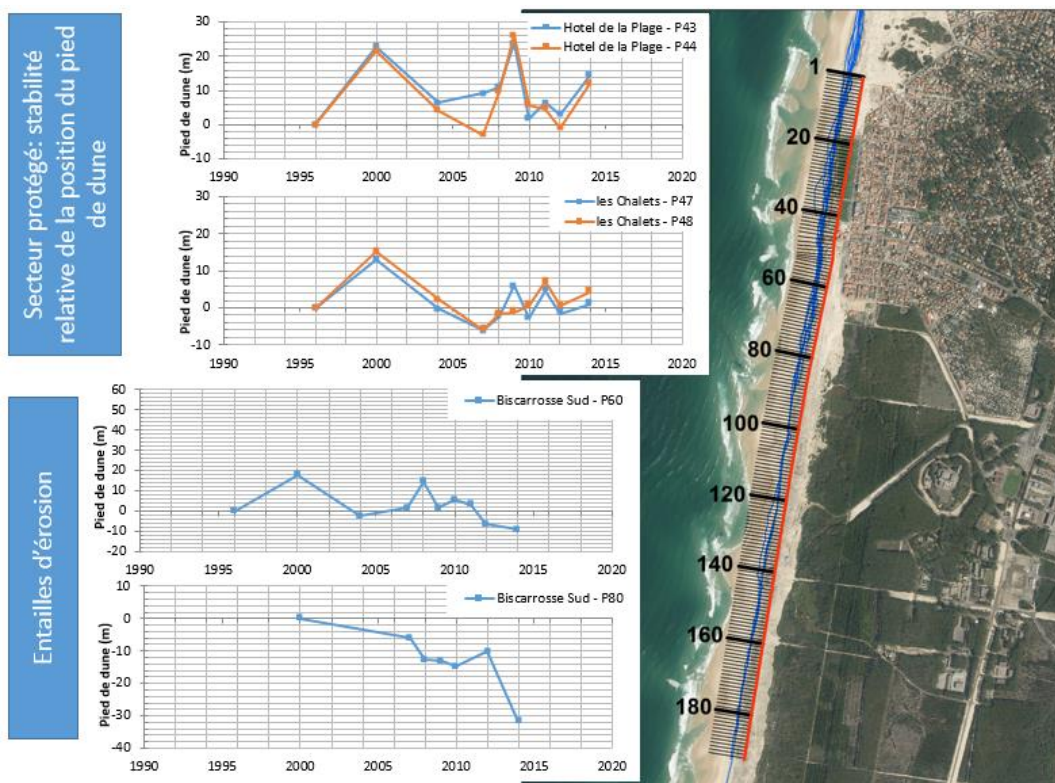


Fig. 86. Evolution du trait de côte entre le rond-point nord de Biscarrosse et le Centre d'Essai et de Lancement de Missiles

5.4.6.3. INFORMATIONS MAJEURES A RETENIR

Sur le secteur de Biscarrosse, on retiendra :

- La migration du banc du Pineau vers le sud s'est stabilisée vers les années 2000 à environ 1 700m au sud du wharf (cf. Fig. 49) ;
- D'importants apports sédimentaires s'observent dans les petits fonds par les reconstitutions bathymétriques via les images satellites : ils traduisent la perte de puissance hydraulique de l'actuelle passe sud couplée à l'érosion du banc d'Arguin par la migration de la passe nord. Un cheminement sédimentaire direct entre le banc d'Arguin et le littoral sud existe à l'heure actuelle ;
- Le pied de dune présente une tendance érosive régulière : au nord immédiat du littoral de Biscarrosse, les taux moyens d'érosion sont de -1 à -1,5 m/an ;
- Le littoral de Biscarrosse est clairement en avancée sur le littoral nord et le littoral sud : effets des protections en géotextiles, des enrochements et entretiens réguliers en sables réalisés par la commune ;
- Malgré les apports sédimentaires, la situation du littoral est à l'érosion, à l'instar toutefois de la quasi-totalité de la côte aquitaine ;
- Les apports sédimentaires devraient se maintenir (voire augmenter) au cours du temps (à court terme) ;
- La rupture dans ces apports sédimentaires est projetée vers 2030/2035 au début de l'accolement du banc d'Arguin à la côte ;
- En situation de passe unique (à partir de 2040), il y aura un isolement sédimentaire entre le banc du Toulinguet (au nord de la passe) et le littoral sud.

5.5. EVOLUTIONS DE L'ESTRAN ET DE LA DUNE

5.5.1. Secteur Ferret

La dérive littorale océanique du nord vers le sud a permis la construction de la Pointe du Ferret.

La plage océanique est en érosion chronique à l'instar de l'ensemble de la côte aquitaine.

La Pointe est alimentée en sables par la dérive littorale ; aux périodes d'accrétion, qui se caractérisent par le développement et le déplacement de crochons sableux, s'intercalent des périodes de reculs importants. Ces dernières sont liées à la position du chenal du Ferret et à l'effet des courants de marée qui s'oppose aux processus d'édification de la Pointe par les houles et la dérive littorale en résultant.

La flèche du Mimbeau a été créée et s'est développée grâce aux apports sédimentaires contournant la Pointe du Cap-Ferret. La construction des ouvrages à partir des années 1960 sur la façade interne du Ferret (zone des 44 Hectares) a joué un rôle important dans les évolutions récentes : le transit sédimentaire sud-nord a été interrompu ; la flèche du Mimbeau, qui initialement était dans l'axe du littoral, a initié une migration vers l'ouest de son enracinement (d'environ 300 m entre 1947 et 2014) et vers le nord (d'environ 700 m, sur cette même période).

Le bas estran au niveau de l'enracinement s'érode sous l'effet du déplacement du chenal du Ferret vers l'ouest. Plus au nord (au droit du lobe et vers la jetée Bélisaire), la zone est globalement stable, voire, par secteur, en légère progradation.

A l'arrière de la flèche, au sud de la conche, les fonds et l'estran sont globalement stables.

5.5.2. Secteur des perrés de La Teste-de-Buch

Ce secteur, caractérisé par des plages plus ou moins étroites avec présence d'épis ancrés sur les perrés de haut de plage est marqué par une érosion chronique, partiellement compensée par les travaux de rechargement (apport massif en 2003 et apports biennaux depuis).

La plage est soumise à un transit sédimentaire sud-nord sous l'effet de l'action des houles résiduelles se propageant dans le bassin (mouvements sédimentaires « boostés » par les courants de flot empruntant le chenal du Pyla qui longe ici le littoral) et connaît des fluctuations interannuelles importantes (secteur très sensible aux effets des tempêtes avec peu (ou pas) d'estran et des perrés exposés).

Les évolutions récentes sont les plus sensibles au niveau des extrémités nord (approfondissement de la plage sous-marine du fait de la remontée du chenal du Pyla vers le nord) et sud de ce secteur (du fait de la « pression » du chenal du Pyla).

5.5.3. Secteur de la Dune du Pilat

La plage est en érosion (recul généralisé et régulier), comme c'est le cas au niveau du pied de dune : recul moyen de -1 à -2 m/an ; l'éloignement progressif de la rive est du chenal du Pyla de la côte ne semble pas modérer l'érosion et le recul du système. Aucune cyclicité n'est observée dans les mécanismes d'évolution.

La dune suit une évolution similaire et avance inexorablement vers l'intérieur des terres en recouvrant peu à peu les constructions (maisons, routes) côté forêt. En matière de progression de la dune, les observations de l'Institut géographique national (IGN) entre 1966 et 1987 font apparaître sur cette période une progression moyenne de la dune de 3 à 4 m/an. Son altitude varie constamment, tout en oscillant aux environs de 100 à 115 m au-dessus du niveau de la mer. Sa hauteur actuelle de 110 m semble relativement stable à l'échelle de ces dernières années.

5.5.4. Secteur Petit Nice /La Lagune / La Salie

L'évolution de ce secteur est fortement tributaire de celle des passes, de la position du chenal du Pyla et de la passe sud et de l'accolement des bancs et des apports de sables au rivage en résultant (apport massif de sable avec l'accolement du banc du Pineau ou « pulsations » liées à des apports de plus faibles volumes comme cela a été observé au niveau de Petit Nice par exemple).

Dans la zone Petit Nice / La Lagune, la pression érosive que supporte cette zone a connu un certain relâchement au sud dans la période de fusion de passes, simultanément à la mise en place d'un banc à la côte, Les tendances récentes érosives devraient se maintenir jusqu'à l'accolement d'un nouveau banc (le banc d'Arguin).

Au niveau du wharf de La Salie les évolutions sont à l'engraissement régulier depuis 1990 environ. Les exhaussements des fonds en extrémité de wharf sont de 15 cm/an en moyenne avec des variations annuelles de plusieurs mètres.

A 50 m de part et d'autre du wharf, on retrouve les mêmes tendances qu'au niveau du wharf avec un élargissement de la plage (et une avancée du pied de dune) ; lorsque l'on s'éloigne à 100 m de part et d'autre du wharf, la plage continue de s'élargir (alors que le pied de dune a initié une phase de recul). Si l'on s'éloigne encore du wharf, la plage est en processus d'érosion (et le pied de la dune recule également).

Au niveau du wharf, la tendance au développement de la plage et à l'exhaussement des fonds devrait se maintenir pour les années à venir.

5.5.5. Secteur de Biscarrosse

Sur les dernières décennies, le littoral de Biscarrosse, au Sud du wharf de la Salie, a été alimenté à la fois par :

- l'érosion/étalement du banc du Pineau,
- le transfert de larges bancs de sables depuis le banc d'Arguin vers le sud de par la fermeture progressive de la passe sud et la migration vers le sud de la passe nord.

D'importants apports sédimentaires s'observent dans les petits fonds par les reconstitutions bathymétriques via les images satellites : ils traduisent la perte de puissance hydraulique de l'actuelle passe sud couplée à l'érosion du banc d'Arguin par la migration de la passe nord. Un cheminement sédimentaire direct entre le banc d'Arguin et le littoral sud existe à l'heure actuelle.

Malgré ces apports sédimentaires, la plage, qui présente une grande fragilité face aux tempêtes océaniques, recule : le recul du trait de côte, s'accompagne devant le front de mer, fixé par les ouvrages et en avancée sur le littoral nord et sud, d'un lent abaissement du niveau de la plage, malgré les entretiens réguliers en sables réalisés par la commune.

oOo

6. CONCEPTUALISATION DU FONCTIONNEMENT DU DEBOUCHE DU BASSIN D'ARCACHON

6.1. CLASSIFICATION DU BASSIN D'ARCACHON SELON LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE

En s'appuyant sur la littérature scientifique⁷, le modèle conceptuel théorique de comportement d'embouchures tidales qui cadre avec les passes du Bassin d'Arcachon correspond au modèle n°5 de FitzGerald et al., 2001. Ce modèle (modèle « embouchure avec rupture de la flèche de plate-forme » (spit platform breaching)) fait partie des 9 modèles conceptuels théoriques définis par les auteurs (dont 6 modèles correspondent à des embouchures tidales "naturelles" (sans digues)) : il se décline comme suit (cf. figure ci-après) :

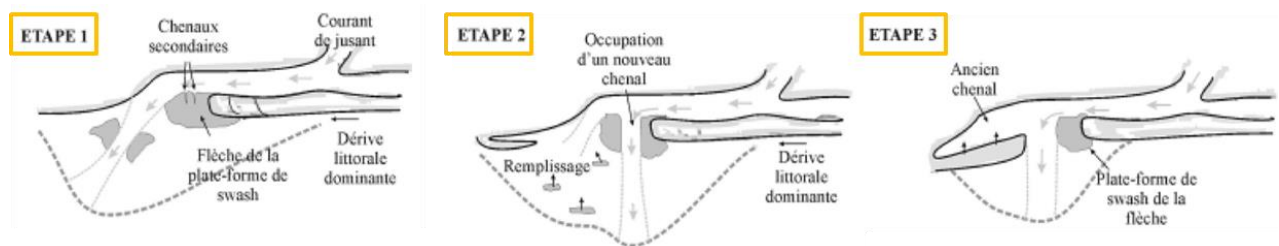


Fig. 87. Modèle de comportement d'embouchures tidales n°5 : Rupture de la flèche de plate-forme (Source : Fitzgerald, Kraus et Hands, 2001)

- Etape 1 :
 - passe unique au sud,
 - début de ramification hydraulique,
 - avancée de la flèche littorale,
 - lobe terminal au sud ;
- Etape 2 :
 - ouverture d'une nouvelle passe au nord,
 - expulsion de matériel sableux,
 - création d'un banc sud accolé ;
- Etape 3:
 - passe unique,

⁷ En particulier sur les travaux relatifs :

- Aux facteurs influant sur la géométrie et la migration des chenaux d'embouchures tidales, qui ont été examinés par DeAlteris (1973), FitzGerald and FitzGerald (1977), and Kraus (1998) ;
- Aux processus régissant les phénomènes de récession et progradation des rives de nombreux débouchés en mer, qui sont résumés dans FitzGerald (1988, 1996) + Hayes (1979) + FitzGerald, Penland, and Nummedal (1984) ;
- Aux processus de transferts/by passing des sédiments d'embouchures tidales, qui ont d'abord été identifiés par Bruun and Gerritsen (1959) puis définis par FitzGerald (1988), Kraus (2000), and FitzGerald et al. (2001). + hayes (1979) + FitzGerald, Penland, and Nummedal (1984).

- comblement de l'ancienne passe au sud.

6.2. RELATIONS ENTRE L'EVOLUTION DES PASSES ET DES BANCs

L'évolution des passes externes et son effet sur les bancs peuvent être résumés comme suit :

- Dans un système à 2 passes, la passe nord est hydrauliquement prépondérante et le chenal traversier (d'orientation NW-SE qui provenait de la passe unique) disparaît progressivement,
- La migration des passes s'opère vers le sud à des taux compris entre 60 et 100 m/an ; elle s'accompagne d'un élargissement progressif des passes, car la rive sud progresse plus vite que la rive nord,
- Lorsque deux passes cohabitent, le chenal du Pyla qui apparaît cycliquement, remonte vers le nord,
- La migration de la passe nord comprime puis désagrège le banc inter-passes, alors qu'un banc nord naît puis se développe,
- La fusion de la passe nord avec la passe sud (chenal de flot ou chenal du Pyla) s'opère au droit du sud de la dune du Pilat ; elle expulse une énorme quantité de sédiments vers le sud au niveau de l'extrémité de la passe sud ; La jonction de la passe Nord et de la passe Sud fait diminuer la puissance hydraulique de la passe sud ce qui favorise l'accolement des bancs sableux à la côte par les courants de houle. L'accolement se fait du sud vers le nord en « coinçant » l'ancienne extrémité de la passe sud ; le sable colmate progressivement l'ancienne passe. On passe ainsi d'un système de 2 passes à un système à une passe. Le cycle de ce processus serait de 70 à 100 ans (on retient généralement 80 ans qui est en fait la dernière situation) ; dans ces conditions, la disparition du banc d'Arguin devrait intervenir à l'horizon 2025 / 2030 et la fusion des passes se ferait à l'horizon 2035 / 2040,
- La passe unique nouvellement créée constitue une barrière hydraulique entre le nord de la passe et le sud ce qui isole le banc accolé,
- Ensuite la passe continue sa migration puis initie une rotation de son extrémité pour disparaître progressivement. La rotation de la passe sud actuelle (par recherche d'un réalignement hydraulique) érode le flanc nord du banc au profit du flanc sud ; sous les effets conjugués de la rotation de l'extrémité de la passe sud et des courants de la houle déferlante. La migration du banc vers le sud se poursuit alors que la superficie tend à se réduire (tendance à l'érosion du banc).

Le cycle reprend ensuite, avec la présence d'un chenal traversier, l'ouverture d'une nouvelle passe au nord, migration de la passe nord vers le sud, comblement du chenal traversier, connexion entre le banc inter-passes et le delta de flot, ...

6.3. RELATIONS ENTRE LES POSITIONS DES PASSES ET DES BANCs ET LA POSITION DU TRAIT DE COTE

Au niveau de la Pointe du Ferret, la phase de sédimentation s'est faite après la fusion des 2 passes en situation de passe unique, celle-ci étant alors très éloignée du Ferret.

Les ouvrages bordant la façade orientale au sud fixent le littoral alors qu'au nord l'évolution de la flèche du Mimbeau est à rapprocher de la migration du chenal du Ferret dont la rive ouest se rapproche continuellement sous la « pression hydraulique » exercée par les courants du Teychan (4 m/an en moyenne). Le bas estran s'érode au niveau de l'enracinement de la flèche (tendance à l'érosion de -2 m/an en moyenne du pied du cordon dunaire de la flèche) sous l'effet du

déplacement du chenal du Ferret vers l'ouest. Plus au nord (au droit du lobe terminal de la flèche et vers la jetée Bélisaire), la zone est globalement stable.

Sur la façade occidentale du bassin, les évolutions de la plage des perrés de La Teste sont à corrélérer avec le rapprochement de la rive est du chenal du Ferret (banc du Bernet) et donc de l'extrémité nord du chenal de flot, marqué par des « pulsations » qui sont fonction de l'alimentation sédimentaire (ou non) du banc (alimentation en situation de deux passes isolées). Plus au sud, l'évolution du pied de la dune du Pilat n'est pas corrélée avec l'évolution du chenal du Pyla lequel se maintient et tend à se rapprocher sous l'effet de la fusion avec la passe nord.

En descendant vers le sud, en configuration deux passes, le banc sableux, qui s'est accolé lors de la précédente jonction des deux passes, est érodé du fait de la migration de la passe sud ; le cheminement sédimentaire alimente le littoral sud en sables, alors que la présence de bancs sous-marins (nombreux, développés et alimentés) constitue un facteur de protection du littoral en cas de tempêtes.

La fusion des 2 passes constitue un bouleversement dans les processus sédimentaires. La passe unique fait office de « barrière hydraulique » limitant l'alimentation vers le sud jusqu'à ce que la perte de puissance hydraulique progressive de l'extrémité de la passe sud favorise le transfert de larges bancs de sable qui peuvent venir s'accoler à la côte. Dans la zone d'accolement du banc, après une phase d'engraissement liée à l'apport de sables, l'évolution est ensuite à l'érosion du fait de la rotation de l'extrémité de la passe sud. Ce processus d'engraissement /érosion s'observe, lorsque l'on descend progressivement vers le sud, avec un déphasage dans le temps du fait de l'étalement et du cheminement des sables (avancée du front de sédimentation).

Plus au sud (au nord de la plage centrale de Biscarrosse), on n'observe pas de façon évidente d'influence de la dynamique de l'embouchure sur le trait de côte (absence de cyclicité) et la tendance générale reste à l'érosion.

6.4. ETABLISSEMENT DES PARAMETRES ET INDICATEURS PERTINENTS POUR DECRIRE LE FONCTIONNEMENT DE LA ZONE D'ETUDE

La mise au point de la conceptualisation du fonctionnement hydrodynamique et hydrosédimentaire de la zone d'étude a nécessité dans un second temps, de préciser les indicateurs (ou variables) quantifiables pertinents en vue de pouvoir établir ultérieurement des projections de l'évolution de l'ensemble du système littoral à l'étude, en s'appuyant sur les paramètres majeurs permettant de simplifier à la fois la configuration morphologique et les forçages de la zone et qui ont pu être identifiés et étudiés dans les phases précédentes.

Les indicateurs quantifiables retenus, ayant fait l'objet d'un accord avec l'ensemble des partenaires du comité technique et scientifique et permettant une projection des processus évolutifs en vue de déterminer la configuration la plus probable de la zone d'étude aux 3 horizons temporels 2025, 2030 et 2045, sont les suivants :

- Evolution des passes et conditions de fusion des 2 passes : pour apprécier les différents paramètres que sont les taux de migration et de développement de la passe nord, de migration et rotation de la passe Sud, l'évolution des chenaux intérieurs (chenal du Ferret et chenal du Pyla face aux perrés de La Teste-de-Buch) et du chenal traversier :
 - position, altimétrie des bancs (Toulinguet, Arguin, Pineau),
 - largeur, profondeur, position des rives des chenaux (matérialisée par la ligne -5 m CM), l'analyse étant faite sur un certain nombre de transects couvrant l'ensemble de la zone des passes,
- Evolution du littoral :

- Position du trait de côte : pied de dune (limite entre le haut de plage et la dune) ; cet indicateur pouvant être selon les secteurs insuffisant ou non pertinent pour décrire le comportement du système, il a été complété ou remplacé par :
 - la limite du bas de plage (par photos interprétation) pour les secteurs de la Pointe du Ferret, des perrés de La Teste-de-Buch et le secteur s'étendant depuis le Petit Nice jusqu'au wharf de La Salie,
 - la limite sable/vase, décelable sur les orthophotoplans (changement de couleur traduisant une rupture de pente) pour le secteur s'étendant de la flèche du Mimbeau jusqu'à la jetée Bélisaire,
- Evolution du front de sédimentation et évolution des fonds pour le secteur du wharf de La Salie.

6.5. CONCEPTUALISATION DU FONCTIONNEMENT PASSE DE LA ZONE D'ETUDE SUR LA BASE DES ELEMENTS DE L'ANALYSE RETROSPECTIVE

L'ensemble de l'analyse rétrospective des évolutions cycliques de la position des passes, de la présence d'un chenal traversier, de l'évolution des bancs du delta et des évolutions des plages sur le Cap-Ferret, La Teste-de-Buch et Biscarrosse (trait de côte, petits fonds, ...) présentée ci-avant, permet de proposer un schéma conceptuel du fonctionnement hydrodynamique et hydrosédimentaire de la zone d'étude.

Cette conceptualisation peut ainsi se décliner comme suit, en considérant, comme configuration de « départ », celle avec une passe sud majeure et une passe nord en début de création (configuration représentative de la situation observée en 1980) :

- Phase 1 :
 - Le lobe terminal du delta de jusant est situé au sud et le banc inter-passes (le Banc d'Arguin actuellement), alimenté en sédiments par le nord, est massif et s'étend du Cap-Ferret à la passe sud ;
 - La passe sud joue le rôle de barrière hydraulique au by-pass de sédiments vers le sud ;
 - La plage de la Pointe du Ferret est en érosion très forte ;
 - L'érosion du flanc nord du banc accolé à la côte entre Petit Nice et La Lagune est effective alors que le déplacement du front de sédimentation contribue au développement du littoral plus au sud, entre La Lagune et La Salie Nord.
- Phase 2 :
 - La passe nord se développe vers le sud et l'ouest ;
 - Un chenal traversier se forme de la passe nord vers la passe sud alors que le débouché de la passe sud migre vers le sud ; son rôle de barrière hydraulique au by-pass de sédiments vers le sud persiste ;
 - L'érosion de la plage de la Pointe du Ferret s'atténue ;
 - L'érosion du flanc nord du banc accolé entre Petit Nice et La Lagune persiste, tout comme le développement du littoral plus au sud, entre La Lagune et le sud de La Salie Nord.
- Phase 3 :
 - La connexion de la passe nord s'opère à l'extérieur du bassin ; le chenal traversier vers la passe sud est bien développé ;
 - La passe sud subit des modifications rapides et importantes, en particulier marquées par la rotation vers le sud de sa partie terminale ;

- Au niveau du delta de flot, un lobe terminal nord est en cours de création ; le lobe terminal du delta de jusant est situé bien au sud ;
- L'érosion de la plage de la Pointe du Ferret continue ;
- Le banc inter-passes se sépare franchement en 2 (en l'occurrence actuellement : banc du Toulinguet au nord et banc d'Arguin au sud) ;
- L'érosion du flanc nord du banc accolé entre Petit Nice et La Lagune se poursuit et le littoral plus au sud, entre La Lagune et le wharf de La Salie, se développe (« descente » vers le sud du front de sédimentation).
- Phase 4 :
 - Le chenal traversier se comble et la passe nord devient la passe principale. Elle continue sa migration et son développement vers le sud ;
 - La rotation vers le sud de la partie terminale de la passe sud se poursuit, avec perte progressive de son « pouvoir hydraulique » ;
 - Le banc inter-passes (Banc d'Arguin) se réduit en surface et le lobe terminal sud s'érode ; le circuit sédimentaire « Arguin/lobe terminal sud/littoral sud » se rétablit ;
 - L'érosion du flanc nord du banc accolé entre Petit Nice et La Lagune se maintient ; le littoral plus au sud, entre La Lagune et le sud du wharf de La Salie se développe. Ce développement se traduit par l'ensablement du wharf.
- Phase 5 :
 - La migration et le développement de la passe nord se poursuivent ;
 - Il en est de même pour la rotation et le comblement progressif du débouché de la passe sud ; elle est amenée à disparaître progressivement ;
 - Au niveau de la dune du Pilat, le chenal de flot s'écarte de la côte au nord de la dune et se maintient au sud de la dune ;
 - Du fait de la migration des passes, la surface du banc central (banc d'Arguin) se réduit et s'accompagne de l'augmentation de la surface du banc qui se développe au nord de la passe nord (banc du Toulinguet), lequel présente de nombreuses ramifications hydrauliques ; la compression importante du banc inter-passes se traduit par des expulsions de plus en plus significatives de sédiments vers le sud ;
 - Le delta de jusant voit le développement du lobe terminal au nord et, à l'inverse, la destruction du lobe terminal sud ;
 - L'érosion du flanc nord du banc accolé entre Petit Nice et La Lagune continue. La surface du banc se réduit par étalement et diffusion des sables ; il se déplace vers le sud du wharf de La Salie.

Le schéma ci-après illustre la conceptualisation du fonctionnement passé de la zone d'étude.

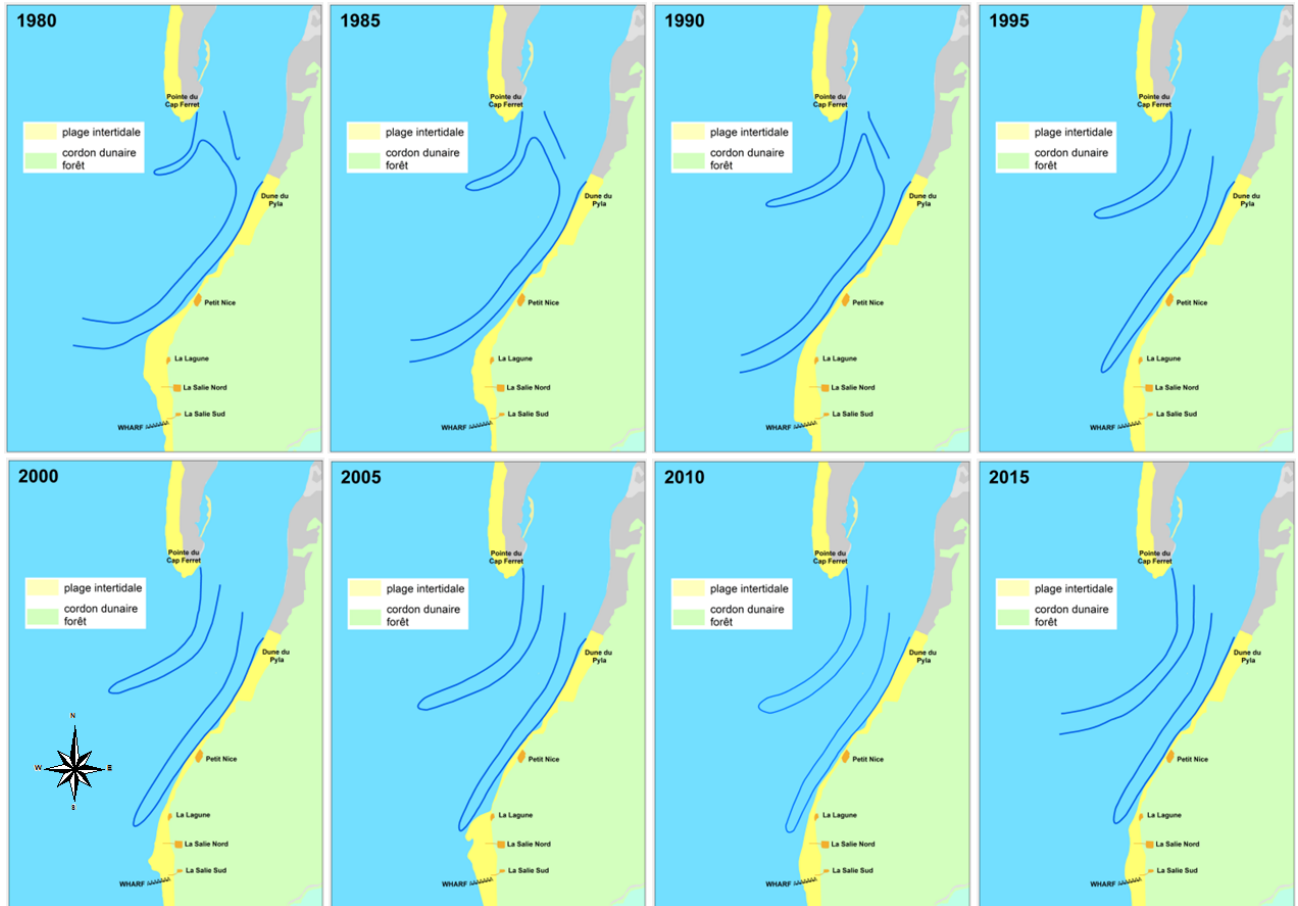


Fig. 88. Schéma de conceptualisation du fonctionnement passé de la zone d'étude

6.6. PROJECTION DU SCHEMA DE FONCTIONNEMENT CONCEPTUEL AUX HORIZONS +5 ANS, +10 ANS ET +30 ANS

L'évolution passée et le modèle conceptuel établi précédemment a été exploitée en mode prédictif pour se projeter sur les 3 horizons temporels suivants : +5 ans, +10 ans et +30 ans.

Cette étape cruciale de l'étude a été élaborée en grande concertation avec le comité scientifique de manière à arriver à un résultat partagé et compris par tous.

Les résultats seront repris lors de l'étape 5 de la tranche conditionnelle qui vise à établir des scénarios d'évolution de la zone d'étude en fonction de différentes hypothèses d'interventions.

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 :**
 - Poursuite de la compression du banc inter-passes ;
 - Disparition de nouveaux parcs ostréicoles du banc d'Arguin ;
 - Poursuite du développement d'importants bancs sub-tidaux au large de la plage de La Lagune et amorce de formation d'un nouveau banc complet en sub-tidal ;
 - Plus au sud, érosions importantes attendues au niveau wharf de La Salie.
- **Horizon 2045 :**
 - 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 attendue entre 2025 et 2030) de ce banc et, de ce fait, de la quasi-totalité des parcs ostréicoles du banc d'Arguin ;
 - 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 niveau de la dune du Pilat, le chenal de flot s'écarte de la côte au nord de la dune (environ 2 m/an) et tend à se rapprocher sous l'effet de la fusion avec la passe nord au sud de la dune ;
 - Au nord immédiat de la pointe 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 ;
 - Littoral au droit du wharf de La Salie en processus érosif pendant et après la période d'accolement du banc plus au nord (arrivée du banc/front de sédimentation estimée vers 2060) ;
 - 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.

Le schéma ci-après illustre la conceptualisation du fonctionnement futur attendu de la zone d'étude.

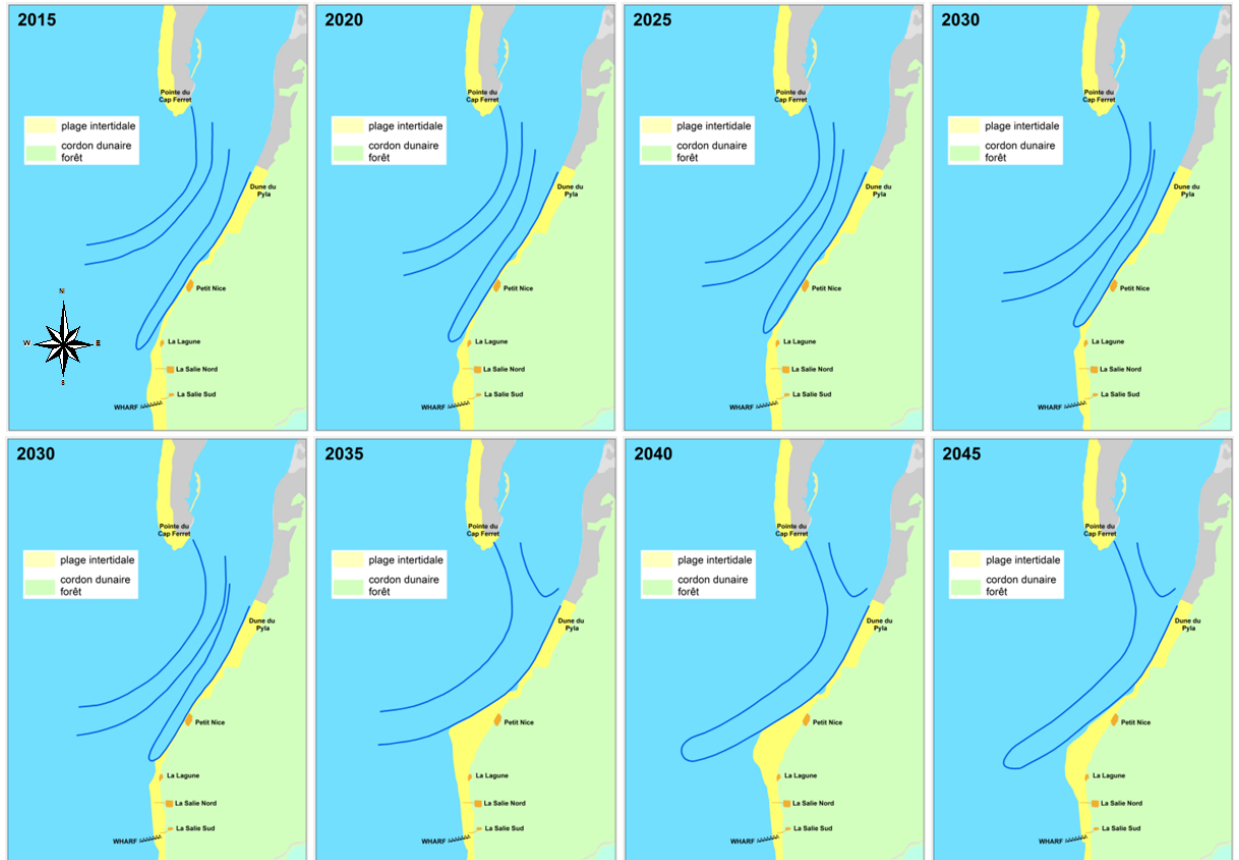


Fig. 89. Schéma de conceptualisation du fonctionnement attendu de la zone d'étude à l'horizon 2045

o0o

7. DEFINITION D'UN PROTOCOLE DE SUIVI D'INDICATEURS PHYSIQUES ET MORPHOSEDIMENTAIRES

7.1. INTRODUCTION

A partir du schéma de fonctionnement hydrodynamique et hydrosédimentaire, et en particulier à partir des tendances ou cycles de tendances caractérisés et des régimes d'alimentation parfois très locaux, des indicateurs morfo-sédimentaires clés ont été définis permettant de caractériser le fonctionnement de la zone d'étude soit à l'échelle globale soit à des échelles plus petites en fonction des analyses produites auparavant.

Des protocoles de suivi sont proposés secteur par secteur. Certains utilisent toutefois des acquisitions et base de données communes. Les préconisations sont faites sous forme tabulaire et précisent :

- Le type de levé ;
- La zone / les zones à couvrir ;
- La fréquence d'acquisition ;
- L'indicateur que le levé permet de suivre ;
- Les points clés à analyser ;
- Les documents d'analyse à produire pour permettre d'anticiper des évolutions majeures nécessitant des mesures et interventions adaptées.

7.2. PASSES

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes Emprise : - Au nord d'une ligne « jetée BELISAIRE – jetée DE LA CHAPELLE » - Au sud : 500m au sud du wharf - En mer : jusqu'au débouché des passes en mer	1 x par an au printemps	-5mCM	<ul style="list-style-type: none"> • Position du chenal de flot par rapport au littoral des perrés de La Teste • Position du chenal de flot au droit de la dune du Pyla • Position du chenal de flot par rapport aux plages du Petit Nice et de la Lagune • Position de l'extrémité du chenal de flot (extrémité de la passe sud) • Position du flanc ouest du banc du Bernet • Position du talus ouest du chenal du Ferret • Position de la passe nord avec développement du banc du Toulinguet + érosion du banc d'Arguin • Distance entre la passe Nord et le chenal de flot (passe sud) • Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés des passes du Bassin (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Suivi du déplacement des bancs sous-marins par imagerie satellitaire	Ensemble du Toulinguet et du banc d'Arguin	1 x par an au printemps	0m CM, -2m CM	<ul style="list-style-type: none"> • Position des bancs • Superficie des bancs • Présence de ramifications hydrauliques 	1 rapport d'expertise annuel

7.3. FLECHE DU CAP FERRET (FAÇADE ORIENTALE ET POINTE)

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes Emprise : - Au nord d'une ligne « jetée BELISAIRE – jetée DE LA CHAPELLE » - Au sud : 500m au sud du wharf - En mer : jusqu'au débouché des passes en mer	1 x par an au printemps	-5m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position du flanc ouest du banc du Bernet Position du talus ouest du chenal du Ferret Position de la passe nord avec développement du banc du Toulinguet + érosion du banc d'Arguin Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés des passes du Bassin (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Levé bathymétrique du chenal du Ferret au droit des 44 hectares	Zone des 44 hectares depuis la pointe d'Hortense à la Pointe Ferret y compris à l'ouest de la pointe	1 x par an au printemps	-5m CM Profondeurs au droit des ouvrages de la pointe	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps de la -5m CM et des profondeurs en pied d'ouvrages dans la base de données des levés disponibles (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des profondeurs au niveau du Ferret
Levé du pied de la dune	Ensemble de la dune	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Rupture de la pente entre la plage et la dune	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés du pied de dune (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution du pied de la dune du Ferret
Levé de profils de plage et de dune	4 profils en maximum (2 sur la partie océanique + 2 sur la partie pointe)	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Recul à des isolignes données (+4m CM / +6m CM par exemple) + Profondeur des entailles d'érosion dunaire	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des profils (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution de la plage et de la dune du Ferret sur les profils suivis

Suivi des ouvrages	Ensemble des ouvrages du secteur et des fosses	1 x par an au printemps	Diagnostic structurel des ouvrages	<ul style="list-style-type: none"> Diagnostic pathologique des ouvrages et évolution dans le temps (zone aérienne et zone sous-marine) 	1 rapport annuel
Suivi du déplacement des bancs sous-marins par imagerie satellitaire	Ensemble du banc du Toulinguet et du banc de Bernet	1 x par an au printemps	0m CM, -2m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position des bancs Superficie des bancs Présence de ramifications hydrauliques 	1 rapport d'expertise annuel

7.4. MIMBEAU

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes Emprise : - Au nord d'une ligne « jetée BELISAIRE – jetée DE LA CHAPELLE » - Au sud : 500m au sud du wharf - En mer : jusqu'au débouché des passes en mer	1 x par an au printemps	-5m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position du flanc ouest du banc du Bernet Position du talus ouest du chenal du Ferret Position de la passe nord avec développement du banc du Toulinguet + érosion du banc d'Arguin 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Levé du pied de la dune	Ensemble du secteur (face externe et face interne de la flèche)	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Rupture de la pente entre la plage et la dune	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés du pied de dune (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution du pied de la dune
Levé bathymétrique au droit de la flèche	Ensemble du secteur allant de la pointe d'Hortense au sud à la jetée Bélisaire au nord	1 x par an au printemps	Rupture de pente entre l'estran et le chenal du Ferret (la 0m CM doit être un bon indicateur) + progression/développement de la fosse du Mimbeau	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps 	1 rapport annuel sur l'évolution de l'estran

Suivi des brèches	Ensemble du secteur	Au cas par cas	Localisation, largeur, fréquence, évènements océano-météorologiques associés	<ul style="list-style-type: none"> Dynamique d'ouverture des brèches et relation avec la situation morphologique de la flèche, des petits fonds et du chenal du Ferret 	1 rapport annuel
Levé/suivi des fosses	Ensemble du secteur	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Localisation, largeur, profondeur, évènements océano-météorologiques associés	<ul style="list-style-type: none"> Suivi de l'évolution au cours du temps 	1 rapport annuel
Suivi des ouvrages	Ensemble des ouvrages du secteur et des fosses	1 x par an au printemps	Diagnostic structurel des ouvrages + état de la plage à leur niveau	<ul style="list-style-type: none"> Diagnostic pathologique des ouvrages et évolution dans le temps Situation de la plage au niveau des ouvrages (efficacité) 	1 rapport annuel

7.5. LA TESTE-DE-BUCH ENTRE LA JETEE DU MOULLEAU ET LA CORNICHE

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes	1 x par an au printemps	-5m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position du chenal de flot au droit des perrés du Pyla Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés des passes du Bassin (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Levé topographique de la plage	Ensemble du secteur	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	0m CM ou +1m CM	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés du pied de plage (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution du pied du secteur des perrés du Pyla

Suivi du déplacement des bancs sous-marins par imagerie satellitaire	Ensemble du secteur du delta de flot	1 x par an printemps	Position, taille, déplacement des bancs sous-marins au -2m CM	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie du banc de Bernet au -2m CM, • Continuité ou isolement par rapport au banc d'Arguin 	1 rapport d'expertise annuel
Suivi des ouvrages	Ensemble des ouvrages du secteur	1 x par an au printemps	Diagnostic structurel des ouvrages + état de la plage à leur niveau	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostic pathologique des ouvrages et évolution dans le temps • Situation de la plage au niveau des ouvrages (efficacité) 	1 rapport annuel

7.6. LE PYLA (DUNE)

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes	1 x par an au printemps	-5mCM	<ul style="list-style-type: none"> • Position du chenal de flot au droit de la dune du Pyla • Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés des passes du Bassin (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Levé du pied de la dune du Pyla	Ensemble de la dune	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Rupture de la pente entre la plage et la dune	<ul style="list-style-type: none"> • Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés du pied de dune (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution du pied de la dune du Pyla
Levé de la position de la crête de la dune au niveau de la corniche	Secteur de la corniche	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Rupture de la pente entre le front dunaire et le sommet de dune	<ul style="list-style-type: none"> • Taux d'évolution au cours du temps par intégration systématique de chacun des levés • Vérification de la largeur du front dunaire entre le pied et la crête. Stabilité du front dunaire (risque d'éboulements) 	1 rapport annuel sur l'évolution de la dune du secteur de la corniche

Inspection des ouvrages de la corniche	Ensemble des ouvrages de la corniche	1 x tous les 2 ans + inspection post tempêtes	Présence de signes de défaillances de l'ouvrage	<ul style="list-style-type: none"> Cavités, déplacement de blocs, cote d'arase (affaissements), longueur effective Evolutions par rapport aux inspections précédentes 	1 rapport d'inspection
--	--------------------------------------	---	---	---	------------------------

7.7. PLAGES DU PETIT NICE ET DE LA LAGUNE

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes	1 x par an au printemps	-5m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position du chenal de flot par rapport aux plages du Petit Nice et de la Lagune Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés des passes du Bassin (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Levé du pied de la dune	Ensemble du secteur	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Rupture de la pente entre la plage et la dune	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés du pied de dune (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution du pied de la dune
Levé de la largeur de la plage sèche	Ensemble du secteur	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	+1m CM, +2m CM	<ul style="list-style-type: none"> Largeur de la plage depuis le pied de dune (déclenchement de la formation du futur banc du Pineau) 	1 rapport annuel sur l'évolution de la largeur de plage
Suivi du déplacement des bancs sous-marins par imagerie satellitaire	Ensemble du banc d'Arguin, des bancs sous-marins de la Pointe d'Arcachon entre la plage de La Salie et le Petit Nice	1 x par an printemps	+0m CM, +2m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position des bancs Superficie des bancs, Présence de ramifications hydrauliques 	1 rapport d'expertise annuel

7.8. PLAGES DE LA SALIE ET DU WHARF

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes	1 x par an au printemps	-5m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position de l'extrémité du chenal de flot (extrémité de la passe sud) Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés des passes du Bassin (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Levé du pied de la dune	Ensemble du secteur	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Rupture de la pente entre la plage et la dune	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés du pied de dune (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution du pied de la dune
Levé de la cote des fonds à chacune des palées du wharf	Ensemble du linéaire du wharf	1 x par mois	Cote des fonds	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration systématique de chacun des levés Vérification de la profondeur en extrémité de wharf par rapport aux conditions nécessaires de rejet pour une bonne dilution 	1 rapport annuel sur l'évolution de la cote des fonds à chacune des palées du wharf
Suivi du déplacement des bancs sous-marins par imagerie satellitaire	Ensemble du secteur du wharf (5 km au nord et 2 km au sud)	2 x par an (printemps + automne)	Position, taille, nombre, fréquence du déplacement des bancs sous-marins	<ul style="list-style-type: none"> Cheminement préférentiel des bancs sous-marins en fonction des positions des passes Accolement à la côte ou non. Point d'accolement Passage au droit (sous) le wharf 	1 rapport d'expertise annuel

7.9. BISCARROSSE

TYPE	ZONES A COUVRIR	FREQ.	INDICATEUR	POINTS CLES A ANALYSER	PRODUCTION
Levé bathymétrique des passes dans leur ensemble	Passes externes + passes internes Emprise : - Au nord d'une ligne « jetée Bélisaire – jetée de la Chapelle » - Au sud : 500m au sud du wharf - En mer : jusqu'au débouché des passes en mer	1 x par an au printemps	-5m CM	<ul style="list-style-type: none"> Position de l'extrémité du chenal de flot (extrémité de la passe sud) Position de la passe nord avec développement du banc du Toulinguet + érosion du banc d'Arguin Distance entre la passe Nord et le chenal de flot (passe sud) Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés des passes du Bassin (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution des passes du Bassin d'Arcachon
Levé du pied de la dune	Ensemble du secteur (face externe et interne de la flèche)	1 x par an au printemps + levé post-tempêtes au cas par cas	Rupture de la pente entre la plage et la dune	<ul style="list-style-type: none"> Taux d'évolution au cours du temps par intégration de chacun des levés dans la base de données des levés du pied de dune (cf. présente étude) 	1 rapport annuel sur l'évolution du pied de la dune
Suivi du déplacement des bancs sous-marins par imagerie satellitaire	Ensemble du secteur allant du wharf à 1 km au sud du front de mer de Biscarrosse	2 x par an (printemps + automne)	Position, taille, nombre, fréquence du déplacement des bancs sous-marins	<ul style="list-style-type: none"> Cheminement préférentiel des bancs sous-marins en fonction des positions des passes Accolement à la côte ou non. Point d'acculement Morphologie/position des barres d'avant-côte (évolution dans le temps) 	1 rapport d'expertise annuel
Suivi des ouvrages	Ensemble des ouvrages du secteur	1 x par an au printemps	Diagnostic structurel des ouvrages + état de la plage à leur niveau	<ul style="list-style-type: none"> Diagnostic pathologique des ouvrages et évolution dans le temps Situation de la plage au niveau des ouvrages (efficacité) 	1 rapport annuel

BIBLIOGRAPHIE

Allard J ; Chaumillon E., Féliès H. (2009). A synthesis of morphological evolution and Holocene stratigraphy of a wave-dominated estuary : the Arcachon lagoon, SW France. *Continental Shelf Research*, 29, 957-969.

Almar R., Castelle B., Ruessink G., Sénéchal N., Bonneton P., Marieu V. (2010). Two and three dimensional double sandbar system behavior under intense wave forcing and a meso-macro tidal range. *Continental Shelf Research*, 30, 781-792.

Aubié S., Mallet C. et Favennec J. en collaboration avec Hoareau A. (2011). Caractérisation de l'aléa érosion (2020-2040) de la Côte Aquitaine dans le cadre de l'étude stratégique de gestion du trait de côte. Observatoire de la Côte Aquitaine, rapport BRGM/RP-59095-FR, 59 illus.97 p., 2 Ann.

Babin, P., 1990. Morphologie, sédimentologie et processus dynamiques des passes intérieures du bassin d'Arcachon : un exemple d'évolution cyclique d'une communication lagune/océan. Bordeaux. Th. Doctorat : Géologie : Bordeaux 1.

Bertin X., Poutreau E., Letetrel C. (2013). A significant increase in wave height in the North Atlantic Ocean over the 20th century, *Global and Planetary change*, 106, 77-83.

Bouchet, J.-M., 1991. Carte de l'environnement marin (marine environmental map) : bassin d'Arcachon : Echelle 1/25000.

Bouchet J.M. (1968). Etude océanographique des chenaux du Bassin d'Arcachon. Thèse de doctorat d'Etat, Facultés des Sciences de Bordeaux, 163 p. + annexes (tome 1)

Bouchet J.M., Deltreil J.P., Manaud F., Maurer D., Trut G. (1997). Etude intégrée du Bassin d'Arcachon – synthèse 1997. IFREMER, 128 p.

Bruneau N., Castelle B., Bonneton P., Pedreros R., Almar R., Bonneton N., Bretel P., Parisot J.P., Sénéchal N. (2009). Field observations of an evolving rip current on a meso-macrotidal well developed inner bar and rip morphology. *Continental Shelf Research*, 239, 1650-1662.

Butel R., Dupuis H., Bonneton P. (2002). Spatial variability of wave conditions on the French Atlantic Coast using in situ data, *Journal of Coastal Research*, SI 36, 96-108.

Capo, S., Marieu, V., Bru, D., Lubac, B., Bonneton, P., 2013. Decadal morphodynamics evolution of a mixed-energy inlet using multispectral spot imagery. *Coastal Dynamics 2013*.

Charles E., Idier D., Delecluse P., Deque M., Le Cozannet G. (2012) Impact du changement climatique sur les vagues et les flux sédimentaires le long du littoral aquitain, Actes des 12èmes Journées Nationales Génie Côtier Génie Civil, 11-20.,

Cuignon R. (1984). Faciès actuels et évolution holocène du delta de la Leyre (Bassin d'Arcachon) : un exemple de delta fluvio-tidal, thèse de doctorat Univ Bordeaux 1, 191 p.

Dehouck, A., Lafon, V., Senechal, N., Castelle, B. et Froidefond, J. -M., 2009. Evolution interannuelle du littoral Sud-Gironde. ASF 2009, Rennes, octobre 2009.

Dehouck A., Lafon V., Sénéchal N., Froidefond J.M., Almar R., Castelle B., Martiny N. (2012). Evolution morphodynamique interannuelle du littoral sud de la Gironde, *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 197, 31-42.

Dupuis H., Michel D., Sottolichio A. (2006). Wave climate evolution in the Bay of Biscay over two decades, *Journal of Marine Systems*, 63, 3-4, 105-114.

De Montaudouin, X., Bernard, G., Blanchet, H., Lavesque, N., Cornet, M., 2009. Comparaison des peuplements benthiques autour de l'émissaire du Wharf, plage de la Salie, entre 1979 et 2009. Contrat EPOC/OASU, Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon, 30p.

Feniès H. (1984). Faciès, séquences et géométrie des dépôts de chenaux de marée du Bassin d'Arcachon : une lagune mésotidale. Thèse de doctorat, université Bordeaux 1, 278 p.

Froidefond J.-M. (1982). Processus d'évolution d'un littoral sableux au cours de l'holocène. Application au domaine aquitain. Présentation d'une méthode de géomorphologie dynamique et quantitative, Thèse de doctorat, 273 p.

Froidefond, J.-M. et Castaing, P. (2000). Surveillance des passes du Bassin d'Arcachon par imagerie satellitale. Analyse des scènes Spot de Juillet 1999 à Avril 2000. Pour le compte du Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon.

Froidefond, J.-M. et Castaing, P. (2001). Surveillance des passes du Bassin d'Arcachon entre 1986 et 2001 par imagerie satellite Spot 5. Pour le compte du Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon.

Froidefond, J.-M. et Castaing, P. (2005). Surveillance des passes du Bassin d'Arcachon en 2004 par imagerie satellite Spot 5. Evolution depuis 1947. Pour le compte du Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon.

Froidefond, J.-M. et Castaing, P. (2006). Surveillance des passes du Bassin d'Arcachon en 2006 par imagerie satellite Spot 5. Pour le compte du Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon.

Froidefond, J.-M. et Lafon, V. (2009). Surveillance des passes du bassin d'Arcachon en 2009 par imagerie SPOT-5. Rapport final, UMR CNRS 5805 EPOC, Université Bordeaux 1, Talence, France, 80 p.

Froidefond, J. M. et Lafon, V. (2012). Surveillance de la morphologie sous-marine par télédétection spatiale : application aux passes d'entrée du Bassin d'Arcachon. Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection, 197, 43-51.

Gassiat L. (1989). Hydrodynamique et évolution sédimentaire d'un système lagune – flèche littorale. Le Bassin d'Arcachon et la flèche du Cap Ferret. Thèse de doctorat, Univ Bordeaux 1.

Koffi Koffi, P., 1981. Contribution à l'étude des processus sédimentaires dans la zone littorale aquitaine (France). Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Univ. Bordeaux I, 135p.

Lafon, V. (1999). Méthodes de bathymétrie satellitale appliquées à l'environnement côtier : exemple des Passes d'Arcachon. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1, Talence, 240 pages.

Lafon, V., Dehouck, A., Robinet, A., Marieu, V., Curti, C., Durou N., 2014. Détection d'indicateurs géomorphologiques littoraux par télédétection à très haute résolution spatiale (pp. 601-610) - DOI:10.5150/jngcgc.2014.066.

Lafon, V. et Froidefond, J.-M., 2010. Surveillance des passes du bassin d'Arcachon en 2010 par imagerie SPOT-5. Rapport final, UMR CNRS 5805 EPOC, Université Bordeaux 1, Talence, France, 53 p.

Lafon, V., Froidefond, J.-M. et P.Castaing (2000). Méthode d'analyse de l'évolution morphodynamique d'une embouchure tidale par imagerie satellite. Exemple : le Bassin d'Arcachon (France). Compte Rendu Académie des Sciences, 331, 373-378.

Lafon, V., Froidefond, J.-M., Lahet, F. et Castaing P. (2002). SPOT shallow water bathymetry of a moderately turbid tidal inlet based on field measurements. Remote Sensing of Environment 81, 136-148.

Lafon V., Hoareau A. Mallet C. et Desprats J.F. (2010). Suivi du trait de côte en Aquitaine par imagerie Formosat-2. In Levacher, D et Sanchez, M. (Eds), XI^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, Sables D'Olonne 22-25 Juin 2010. Vol. 2, p. 497-504.

Lafon, V. et Sénéchal, N., 2006. Etude de l'évolution de la plage du Wharf de la Salie (banc du Pineau) jusqu'au Centre d'Essais de Lancement de Missiles entre 2000 et 2005. Rapport d'Etude UMR5805 EPOC/Université Bordeaux 1, réalisée pour le compte de la mairie de Biscarrosse, 22 pp.

Lafon, V. et Sénéchal, N., 2007. Etude de l'évolution de la plage du Wharf de la Salie (banc du Pineau) jusqu'au Centre d'Essais de Lancement de Missiles entre 2005 et 2007. Rapport d'Etude

- UMR5805 EPOC/Université Bordeaux 1, réalisée pour le compte de la mairie de Biscarrosse, 22 pp.
- Lafon, V. et Sénéchal, N., 2009. Etude de l'évolution de la plage du Wharf de la Salie (banc du Pineau) jusqu'au Centre d'Essais de Lancement de Missiles entre 2007 et 2008. Rapport d'Etude UMR5805 EPOC/Université Bordeaux 1, réalisée pour le compte de la mairie de Biscarrosse, 30 pp.
- Lafon, V. et Sénéchal, N., 2010. Etude de l'évolution de la plage du Wharf de la Salie (banc du Pineau) jusqu'au Centre d'Essais de Lancement de Missiles entre 2008 et 2009. Rapport d'Etude UMR5805 EPOC/Université Bordeaux 1, réalisée pour le compte de la mairie de Biscarrosse, 29 pp.
- Lafon, V. et Sénéchal, N., 2011. Etude de l'évolution de la plage du Wharf de la Salie (banc du Pineau) jusqu'au Centre d'Essais de Lancement de Missiles entre 2009 et 2010. Rapport d'Etude UMR5805 EPOC/Université Bordeaux 1, réalisée pour le compte de la mairie de Biscarrosse, 41 pp.
- Lafon, V. et Sénéchal, N., 2012. Etude de l'évolution de la plage du Wharf de la Salie (banc du Pineau) jusqu'au Centre d'Essais de Lancement de Missiles entre 2010 et 2011. Rapport d'Etude UMR5805 EPOC/Université Bordeaux 1, réalisée pour le compte de la mairie de Biscarrosse, 35 pp.
- Mallet C., Lafon V. et Desprats J.F. (2007). Cartographie des faciès géomorphologiques du littoral aquitain à partir des données FORMOSAT-2. Rapport BRGM/RP-56101-FR, 69 p., 39 ill
- Manaud F. (1971). L'évolution morphologique récente du bassin d'Arcachon. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Bordeaux 3, 101 p.
- Manciet, B. (2009). La gestion "dynamique" des sédiments sableux pour l'entretien des plages et des chenaux du Bassin d'Arcachon. Rapport de Master 1 Territoires, Développement et Culture (Université Bordeaux 3) / DDTM33, 122p.
- Manciet, B. (2010). L'évolution morpho-bathymétrique des passes du Bassin d'Arcachon de 2000 à 2010 - Conséquences et enjeux. Rapport de stage de Master 2 Territoires, développement et cultures, UFR Géographie et Aménagement, Université Michel de Montaigne Bordeaux 3 / SIBA, 117p.
- MEEDDM. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer) (2010).- La gestion du trait de côte. Quae.978-2-7592-0360-4, 290 p.
- Michel, D. Evolution morphodynamique d'un littoral sableux situé à l'aval d'une embouchure lagunaire. Bordeaux, 1997. Th. Doctorat : Géologie marine : Bordeaux 1.
- Michel, D., and Howa, H., 1994. Morphological evolution of a littoral sand bank, modelisation of its dynamics. Annals Geophysical, European Geophysical Union, Part II, 12, p. 240.
- Pedreras, R., Howa, H., Michel, D., 1996. Application of grain-size-trend analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas. Marine Geology 135, 35-49.
- SHOM/CETMEF, 2012. Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique)
- Thauront, F. Les transits sédimentaires subtidiaux dans les passes internes du bassin d'Arcachon. Bordeaux, 1994. Th. Doctorat : Géologie marine : Bordeaux 1.
- WASA group (1998). Changing waves and storm in the North East Atlantic ? Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 741-760.
- Weber, O., 1978. Transits sédimentaires et évolution saisonnière de la zone littoral à la Salie (Gironde). Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Univ. Bordeaux I, 126 p.