

Etude complémentaire pour la caractérisation de l'aléa érosion sur la façade interne du Cap Ferret

Etude réalisée dans le cadre de la révision du PPRL de la commune de Lège-Cap-Ferret

Rapport final
Projet n°21805924

Janvier 2026



Préparé pour Commune de LEGE CAP FERRET



Etude complémentaire pour la caractérisation de l'aléa érosion sur la façade interne du Cap Ferret

Etude réalisée dans le cadre de la révision du PPRL de la commune de Lège-Cap-Ferret

Rapport
N° de projet 21805924

Préparé pour : Commune de LEGE CAP FERRET
Représenté par : Justine MARCOTTE

Personne de contact : Baptiste Le Mauff
Chef de projet : Baptiste Le Mauff
Contrôle qualité : Fabrice Gouaud
Auteur : Baptiste Le Mauff, Alphonse Nahon
N° de projet : 21805924
Approuvé par : Fabrice Gouaud
Date de validation : 16/01/2026
Version : Final 1.0
Classification : **Restreint** : This document may be shared within DHI whereas sharing it outside the DHI Group entities is subject to the client's prior approval.
Nom du document : 21805924_PPRL_erosion_interne_cap_ferret

Table des Matières

Introduction.....	8
1 Partie I. Contexte, histoire et diagnostic de la façade interne du Cap Ferret.....	10
1.1 Le système côtier : présentation	10
1.2 Histoire morphologique et anthropisation.....	14
1.2.1 Une construction holocène, puis une trajectoire de stabilisation progressive	14
1.2.2 La fixation des dunes et la rupture des transferts sableux vers la façade interne.....	15
1.2.3 Poldérisation, endiguements, puis urbanisation et villages ostréicoles sur le DPM.....	16
1.2.4 Un rivage durablement “construit”, et une dépendance croissante à la maintenance	16
1.3 Cadre d’analyse pour la prise en compte des ouvrages.....	16
1.3.1 Rappel de la doctrine PPRL sur les ouvrages	16
1.3.2 Limites de l’information disponible et stratégie de compensation.....	17
1.4 Diagnostic ouvrage-rivage sur la façade interne.....	18
1.4.1 Diversité des contextes le long de la façade interne.....	18
1.4.2 Typologie des ouvrages et fonctions attendues.....	19
1.4.3 État, désordres, pratiques d’entretien et durées de vie	20
1.4.4 Éléments diachroniques et lecture des évolutions	24
1.4.5 Conclusion opérationnelle sur la prise en compte des ouvrages	29
1.5 Gestion des sédiments et gouvernance.....	31
1.5.1 Rôle du SIBA et logique d’intervention.....	31
1.5.2 Cadre réglementaire et documentation des opérations	31
1.5.3 Volumes des rechargements depuis 2006 et répartition spatiale	31
1.5.4 Besoins théoriques, tenue des rechargements et contraintes de gestion	35
1.5.5 Actions communales de redistribution mécanique et lutte contre la submersion	37
1.5.6 Conclusion opérationnelle sur la gestion des sédiments	38
1.6 Synthèse technique et éléments opérationnels retenus pour la méthode.....	38
2 Partie II. Démarche méthodologique de caractérisation de l’aléa	40
2.1 Présentation générale de la démarche	40
2.1.1 Objectifs et périmètre	40
2.1.2 Indicateurs mobilisés et principe général de construction de l’aléa.....	40
2.1.3 Vue d’ensemble de la chaîne de traitement.....	41
2.2 Modèle bassin et extraction des forçages hydrodynamiques	41
2.2.1 Présentation du modèle bassin	41
2.2.2 Validation du modèle bassin	42
2.2.3 Variables extraites	43
2.2.4 Définition des points d’extraction.....	44
2.2.5 Contrôles de cohérence et données effectivement transmises aux modules	44
2.3 Module T_x . Érosion chronique pilotée par les courants.....	44
2.3.1 Objectif du module et logique générale.....	44
2.3.2 Description de la loi de Partheniades (dépassement de contrainte)	44
2.3.3 Choix des trois types de berge.....	48
2.3.4 Détermination du seuil critique (τ_{cr}) pour le sable (approche Shields)	48
2.3.5 Calibration du coefficient d’érodibilité M sur le profil de référence	49
2.3.6 Production cartographique et lissage “réglementaire”	52
2.3.7 Hypothèses et limites de la méthode du calcul du T_x	53
2.4 Module E_{cc} . Recul lié à l’élévation du niveau de la mer	54
2.4.1 Objectif et positionnement dans la méthode PPRL	54
2.4.2 Hypothèse d’élévation du niveau marin retenue.....	54
2.4.3 Principe de calcul et formulation (règle de Bruun)	54
2.4.4 Définition et justification de la pente active utilisée pour Bruun.....	55
2.4.5 Estimation de la pente active et choix d’une valeur unique	55
2.4.6 Valeur d’ E_{cc} retenue pour le linéaire.....	56

2.4.7	Hypothèses et limites	56
2.5	Module L_{max} : recul événementiel	56
2.5.1	Implantations du modèle XBeach et spatialisation du forçage	56
2.5.2	Résultats des simulations XBeach	57
2.5.3	Valeurs de L_{max} retenues pour le PPRL	59
2.6	Compilation des bandes d'aléa et intégration des zones basses	60
2.6.1	Trait de côte de référence	60
2.6.2	Construction progressive de la bande d'aléa (T_x , puis E_{cc} , puis L_{max})	60
2.6.3	Définition et intégration des zones basses	61
2.7	Conclusion méthodologique	62
3	Partie III. Résultats et interprétation	63
3.1	Résultats du module T_x (recul chronique lié aux courants)	63
3.1.1	Vue d'ensemble et contraste entre le secteur « chenai » et le secteur « vasières »	63
3.1.2	Lecture spatiale des variations du recul potentiel chronique	63
3.1.3	Interprétation opérationnelle	64
3.1.4	Résultats sur la bande d'aléa totale et rôle des zones basses	65
3.2	Comparaison avec l'approche précédente (CREOCEAN)	66
3.3	Mise en perspective des taux T_x avec la littérature (Leonardi et al., 2016)	68
3.4	Discussion globale, hypothèses et limites de la démarche	71
3.4.1	Approche par composantes et absence de modèle morphodynamique intégré	71
3.4.2	Représentativité temporelle et hypothèse de stationnarité à 100 ans	71
3.4.3	Contrôle anthropique, ouvrages et gestion sédimentaire	71
3.4.4	Incertitudes de paramétrage et calage partiel	72
3.4.5	Incertitudes spatiales et choix cartographiques	72
3.4.6	Intégration des zones basses et lecture de l'aléa	72
3.4.7	Cas particulier du port de la Vigne	72
	Conclusion générale	73
	Références	74

Figures

Figure 1-1	Evolution historique du Bassin d'Arcachon du Flandrien à 1829 (d'après Bouchet, 1974).	10
Figure 1-2	Localisation du secteur d'étude dans le contexte global du Bassin d'Arcachon (fond de plan : http://geo.bassin-arcachon.com/e-navigation/index.html).	11
Figure 1-3	Découpage du secteur d'étude en deux secteurs en fonction des différences des sollicitations hydrodynamiques (d'après SOGREAH, 2008)	12
Figure 1-4	Résultat de la comparaison bathymétrique 1864-1993 en millions de m3 (IFREMER, 1997)	13
Figure 1-5	Carte de Masse de 1708 représentant le Bassin d'Arcachon aux prémices de l'occupation humaine de cet environnement (https://conservatoirepatrimonialbassinarcachon.fr).	14
Figure 1-6	Schéma d'un profil optimal de dune conceptualisé par l'ONF entre 1960 et 1980 (haut), et d'un profil ayant évolué naturellement après un reprofilage (Robin et al., 2021).	15
Figure 1-7	Extrait de la carte d'état-major de 1866 (Geoportail) montrant la végétalisation progressive des dunes du Cap Ferret	15
Figure 1-8	Logigramme de prise en compte des ouvrages dans un PPRL érosion, d'après MEDDE (2014)	17
Figure 1-9	Diversité des ouvrages longitudinaux observés lors de la visite de terrain	19
Figure 1-10	Exemple d'efficacité variables des ouvrages transversaux à maintenir une largeur de plage (source des photographies obliques : OCNA.	20

Figure 1-11	Exemples de désordres observés sur des ouvrages longitudinaux : zones de résurgence provoquant des affouillements en pied d'ouvrage, destruction partielle, dislocation, brèches, éboulements.....	21
Figure 1-12	Exemples de réparation ponctuelles d'ouvrages longitudinaux à partir de matériaux divers et non consolidés.....	21
Figure 1-13	Diversité des ouvrages transversaux et de leurs états observés lors de la visite de terrain.	22
Figure 1-14	Exemple d'ouvrages longitudinaux représentant la nature composite de leur structure avec des exhaussements (gauche au Claouey) ou des protections diverses (droite, l'Herbe) sur des ouvrages ou remblais existants.....	22
Figure 1-15	Exemple de travaux en cours pour réhabiliter un perré en enrochement.	23
Figure 1-16	Exemple (1) d'attaque par les vagues et de surverse ponctuelle au droit d'un tronçon dégradé. Ces sollicitations répétées fragilisent l'ouvrage et peuvent réduire sa capacité à contenir l'érosion et la submersion.	23
Figure 1-17	Exemple (2) d'attaque par les vagues et de surverse ponctuelle au droit d'un tronçon dégradé. Ces sollicitations répétées fragilisent l'ouvrage et peuvent réduire sa capacité à contenir l'érosion et la submersion.	24
Figure 1-18	Exemple d'extension du village ostréicole du Canon sur le DPM	24
Figure 1-19	Exemple de disparition de plage à Belisaire (haut), au Canon (milieu), et au Grand Piquey (bas)	25
Figure 1-20	Exemple d'abaissement du niveau de plage à différents endroits du Canon nécessitant l'utilisation de structures sur pieux.	26
Figure 1-21	Exemple d'exhaussement de la crête d'ouvrages pour faire face à l'augmentation des niveaux d'eau au Petit Piquey (haut) et à Piraillan (bas).	27
Figure 1-22	Secteurs en fond de baie démontrant une stabilité sur le long terme à l'Herbe (haut et milieu), et au Grand Coin.	28
Figure 1-23	Photographie oblique du Port de la Vigne (Source : OCNA).....	29
Figure 1-24	Evolution du chenal de Piquey entre 1972 et 2001 à hauteur du Port de La Vigne. Les abords du Port montrent une tendance à la sédimentation.....	30
Figure 1-25	Répartition annuelle des opérations de rechargement du SIBA sur la zone d'étude...	32
Figure 1-26	<i>Synthèse des opérations de prélèvement et de rechargement par le SIBA sur la façade interne du Cap Ferret (CREOCEAN, 2022)</i>	33
Figure 1-27	Exemple d'ouvrage longitudinal (l'Herbe) où l'abaissement du niveau de plage exposant les palplanches assurant la stabilité de l'ouvrage.....	35
Figure 1-28	Exemple de l'analyse annuelle du SIBA à L'Herbe. Gauche : Comparaison entre les levés d'avril 2024 et de mars 2025. Droite : Localisation des zones d'intervention.....	36
Figure 1-29	Photographie avant et après travaux 2025 sur le secteur de l'Herbe	36
Figure 1-30	Merlon ayant résisté à la précédente marée haute sur la plage des Américains	37
Figure 1-31	Merlon avec une brèche dans le secteur du Grand Piquey.....	37
Figure 1-32	Deux exemples au Claouey d'utilisation de sac de sables et du sable de la plage contre la submersion marine (comblement d'entrée de zones basses).	38
Figure 2-1	Implantation du modèle hydrodynamique. Gauche : Vue satellite d'octobre 2014, avec en blanc les contours du domaine SCHISM et la localisation (étoiles jaunes) des points de mesure utilisés pour la validation. Droite : Répartition spatiale du coefficient de Manning ($m^{-1/3}.s$).	42
Figure 2-2	Validation du modèle hydrodynamique. En haut : Comparaison de l'élévation du plan d'eau observée à Eyrac (Figure 2-1) et simulée avec SCHISM. En bas : Comparaison de la hauteur significative des vagues observée à la bouée Cap Ferret (Figure 2-1) et simulée avec SCHISM.	43

Figure 2-3	Comparaison de la hauteur significative des vagues générées par le vent mesurées par l'Ifremer (Le Pedevic <i>et al.</i> , 2025) au sud-est de l'Île aux Oiseaux (ILE, Figure 2-1) et celles simulées avec SCHISM.	43
Figure 2-4	Exemple de test de sensibilité du module Tx sur un point "Les Américains" (berge sableuse). En haut : contrainte de cisaillement au fond $\tau_c(t)$ (bleu), seuil critique τ_{cr} (rouge pointillé) et taux d'érosion instantané $E(t)$ (rouge), calculé uniquement lors des phases de dépassement de τ_{cr} (loi en excès de contrainte). En bas : niveau d'eau (orange) et vitesse $ U(t) $ (vert) issus du modèle bassin sur un cycle lunaire complet, illustrant le contrôle conjoint des marées et des intensités de courant sur l'activation de l'érosion.	47
Figure 2-5	Exemple de test de sensibilité du module Tx sur un point "Les Américains" (berge sableuse). Zoom sur la plus forte érosion. En haut : contrainte de cisaillement au fond $\tau_c(t)$ (bleu), seuil critique τ_{cr} (rouge pointillé) et taux d'érosion instantané $E(t)$ (rouge), calculé uniquement lors des phases de dépassement de τ_{cr} (loi de dépassement de la contrainte). En bas : niveau d'eau (orange) et vitesse $ U(t) $ (vert) issus du modèle bassin sur un cycle lunaire complet, illustrant le contrôle conjoint des marées et des intensités de courant sur l'activation de l'érosion.	47
Figure 2-6	Localisation du profil de référence « Herbe Sud » et le MNT de 2005 associé.	50
Figure 2-7	Gauche : Profils de plage à l'Herbe Sud en 2005, 2016, 2020 et 2025. Extraction de la position des indicateurs 0, 0.5 et 1 m NGF sur chacun des profils. Droite : régression linéaire de la position des indicateurs pour estimer le taux de recul.	50
Figure 2-8	Principe de la règle de Bruun. Une élévation du niveau marin induit un recul horizontal du trait de côte (R), associé à un ajustement du profil par redistribution de sédiments vers l'offshore, entre le haut de plage et la profondeur de fermeture.	54
Figure 2-9	Variabilité des pentes de plage le long du linéaire d'étude. Pour chaque secteur, la barre bleue indique la pente faible et la barre verte la pente forte estimées à partir des profils topo/LiDAR disponibles (multi-dates). La ligne rouge pointillée représente la moyenne des pentes faibles retenue pour le calcul d' E_{cc} dans le cadre de la règle de Bruun ($S_{active} = 7,6\%$).	55
Figure 2-10	Profils bathymétrique des modèles XBeach 1D. Gauche : Localisations des sept profils simulés. Droite : Les profils topo-bathymétriques originaux et rééchantillonnés.	58
Figure 2-11	Variabilité spatiale du forçage utilisé pour le calcul de L_{max} . Gauche : Localisations des sept profils simulés et du point d'extraction des conditions hydrodynamiques. Droite : Variations du niveau d'eau, de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues au cours des deux cycles de marée sélectionnés.	58
Figure 2-12	Exemple d'estimation du L_{max} le long du profil de la Plage des Américains à partir des résultats de la simulation XBeach de la tempête Céline. Le profil initial correspond au profil de plage au début de la simulation. Le profil final correspond au profil du dernier pas de temps de la simulation après le passage de la tempête. Haut : profil entier ; bas : zoom sur la partie active du profil.	59
Figure 2-13	Schéma de l'approche cumulative des reculs dans le cadre de la méthodologie PPRL (Creocean, 2023)	61
Figure 3-1	Résultats du module Tx le long de la façade interne. À gauche : localisation des points d'analyse le long du trait de côte de référence, colorés selon le recul chronique à 100 ans estimé par le module Tx (projection sur le linéaire). À droite : distribution des reculs Tx à 100 ans en fonction du numéro de point d'extraction, mettant en évidence une majorité de secteurs à recul faible et quelques secteurs plus sensibles avec des reculs pouvant dépasser 50 m (notamment sur la partie sud en bordure du chenal).	64
Figure 3-2	Comparaison des résultats avec l'approche de CREOCEAN dans un secteur où l'intégration des zones basses montrent une différence méthodologique.	66

Figure 3-3	Comparaison des résultats avec l'approche de CREOCEAN dans un secteur avec des taux de recul faibles.	67
Figure 3-4	Comparaison des résultats avec l'approche de CREOCEAN dans un secteur avec des taux de recul forts à modérés.....	68
Figure 3-5	Distribution spatiale et statistique des taux de recul T_x . À gauche, localisation des taux T_x le long de la façade interne (points d'extraction). À droite, nuage de points T_x (m/an) en fonction de l'indice de point, illustrant la dispersion des valeurs et l'existence de secteurs à T_x élevé.....	69
Figure 3-6	Taux d'érosion du trait de côte le long du linéaire étudié par Leonardi et al. (2016). Les couleurs représentent la vitesse d'érosion (m/an). Les numéros repèrent les sous-secteurs analysés, et les flèches indiquent le sens général de l'évolution du rivage. .	70
Figure 3-7	Variation du taux d'érosion le long du trait de côte en fonction de la distance cumulée le long du rivage, pour deux périodes (1930–2007 et 2007–2013) d'après Leonardi et al. (2016). Les courbes montrent les taux locaux (m/an) et leurs moyennes mobiles. Les lignes verticales pointillées matérialisent des limites de secteurs le long du linéaire. .	70

Tableaux

Table 1-1	Inventaire des opérations de rechargement du SIBA sur la zone d'étude depuis 2006.	34
Table 2-1	Tableau de synthèse sur le paramétrage de la loi d'érosion par type de berge	53
Table 2-2	Valeurs de recul événementiel L_{max} (m), pour les sept profils sélectionnés et les deux conditions de forçage retenues. Les valeurs en rouge sont celles retenues pour la construction des bandes d'aléa	59

Appendices

Annexe A	Planches cartographiques des résultats de la bande d'aléa (T_x, E_{cc}, L_{max} et zones basses) à l'horizon 2120
Annexe A.1	De Bélisaire à La Vigne
Annexe A.2	De La Vigne au Canon
Annexe A.3	Du Canon au Grand Piquey
Annexe A.4	Du Grand Piquey à la dune du Truquet
Annexe A.5	De la dune du Truquet à Sangla
Annexe A.6	De Sangla à Jane de Boy
Annexe A.7	De Jane de Boy aux Prés Salés

Introduction

La commune de Lège-Cap-Ferret est concernée par la révision de son Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL). Cette révision, conduite par l'État et confiée à CREOCEAN, vise à caractériser les aléas « recul du trait de côte » et « migration dunaire », à l'horizon 2120. Avec l'accord des services de l'État et en appui du CEREMA, la commune conduit une étude complémentaire spécifiquement dédiée à la façade interne du Cap Ferret, de la jetée de Bélisaire à la limite nord de la commune. Cette mission, confiée à DHI, s'inscrit donc en complément de la révision du PPRL en cours, en se concentrant sur un linéaire longé par le chenal de Piquey et presque entièrement artificialisé, avec des ouvrages de protection de types et de conceptions très variés. Dans ce contexte la caractérisation de l'aléa érosion est particulièrement complexe. L'objectif donc est d'affiner la caractérisation de l'aléa érosion en proposant une spatialisation plus fine des phénomènes, fondée sur une analyse des mécanismes physiques le long de la façade interne, afin de produire des éléments directement mobilisables pour la cartographie réglementaire.

La façade interne du Cap Ferret s'inscrit dans un contexte de disponibilité sédimentaire limitée. L'histoire de l'aménagement du Cap Ferret, notamment la fixation des dunes par la plantation des pins, a réduit les transferts sédimentaires de la façade océanique vers la façade interne et vers le Bassin d'Arcachon. À l'échelle du bassin, les interventions de gestion et l'endurcissement progressif du rivage ont également diminué la liberté d'évolution du système, en rendant cette portion du système sédimentaire dépendante d'actions régulières de maintenance (dragages, gestion de stocks, rechargements). Sur la façade interne, la segmentation locale du stock sableux et le rôle des ouvrages s'ajoutent à ces contraintes, ce qui complique la lecture des évolutions.

Dans ce contexte, l'analyse rétrospective habituellement mobilisée dans le cadre PPRL se heurte à un manque d'indicateurs robustes et continus à l'échelle de la façade. La forte anthropisation limite la capacité à mesurer une évolution « naturelle » du trait de côte à partir des orthophotographies. Les données topographiques existent, mais leur interprétation à long terme est rendue délicate par la présence d'ouvrages en haut de plage et par les opérations de gestion sédimentaire, en particulier les rechargements récurrents qui modifient artificiellement les niveaux de plage. Il en résulte une difficulté à quantifier le recul, d'identifier des tendances et de les projeter sur les 100 prochaines années, y compris lorsque des signes d'érosion sont observés sur certains secteurs.

Dans ces conditions, l'étude CREOCEAN (2023) a retenu une approche homogène sur la façade interne, fondée sur un principe de précaution lorsque les éléments disponibles ne permettaient pas de conclure de manière robuste le long du linéaire. Cette approche se traduit notamment par l'adoption d'un taux d'évolution T_x de -0,5 m/an, soit un recul minimal de -50 m à l'horizon 2120, et d'un recul événementiel L_{max} estimé à 10 m. Ces hypothèses conduisent à considérer une bande d'aléa d'environ 60 m de large, homogène le long de la façade interne.

La présente étude complémentaire s'inscrit dans la continuité de ces travaux, en proposant une méthode pour objectiver et spatialiser l'aléa érosion sur la façade intra-bassin à partir des mécanismes physiques qui contribuent à son évolution. L'idée directrice est la suivante. Si l'observation directe du recul est difficile, il est en revanche possible de caractériser les gradients de forçage hydrodynamique qui s'exercent sur les berges, et d'analyser la manière dont ils interagissent avec une disponibilité sédimentaire contrainte et des ouvrages hétérogènes. Ces sollicitations varient notamment en fonction de la proximité des chenaux et de la largeur des vasières intertidales, qui modulent l'exposition effective du rivage.

La démarche vise ainsi à relier l'aléa à des indicateurs de sollicitation hydrodynamique, en particulier la contrainte de cisaillement exercée par les courants au cours des cycles de marée. Elle permet d'établir un diagnostic spatial cohérent, fondé sur les variations de contexte le long du linéaire (proximité des chenaux, largeur des vasières, nature des berges), puis de décliner une projection à l'horizon 100 ans. En complément, l'étude analyse la contribution de l'élévation du niveau marin, via l'application de la règle

de Bruun, et estime le recul événementiel associé à une tempête de référence. Ces composantes sont traitées de manière différenciée selon les morphologies de plages et les principaux contextes hydro-morphologiques de la façade interne.

L'objectif du rapport est de produire des résultats directement mobilisables pour le zonage réglementaire, tout en restant compatible avec le cadre méthodologique PPRL. Les indicateurs attendus (T_x , E_{cc} , L_{max}) sont construits et articulés, puis confrontés aux zones basses lorsque celles-ci structurent l'exposition. La démarche cherche également à réduire la part d'arbitraire (« dire d'expert ») là où les données le permettent, en s'appuyant sur une calibration locale fondée sur des éléments mesurables, puis sur une transposition raisonnée à l'échelle du linéaire.

Le rapport présente d'abord les éléments de contexte et le diagnostic de la façade interne du Cap Ferret (fonctionnement, héritage morphologique, anthropisation, rôle des ouvrages et de la gestion sédimentaire). Il détaille ensuite la méthode retenue pour traduire les sollicitations hydrodynamiques en indicateurs PPRL spatialisés, avant d'exposer les résultats, leurs apports opérationnels pour le zonage et les principales limites et incertitudes associées.

1 Partie I. Contexte, histoire et diagnostic de la façade interne du Cap Ferret

Cette première partie dresse le cadre général de l'étude en décrivant le fonctionnement hydro-sédimentaire de la façade interne du Cap Ferret, son histoire morphologique et l'héritage d'aménagements qui structure aujourd'hui l'évolution du rivage. Elle vise à expliciter les facteurs de contrôle majeurs (chenaux, vasières, stock sableux limité, ouvrages, rechargements) et à poser un diagnostic opérationnel permettant d'interpréter ensuite les résultats de l'aléa érosion dans une logique compatible avec le PPRL.

1.1 Le système côtier : présentation

La presqu'île du Cap Ferret constitue un cordon sableux qui sépare l'océan Atlantique du Bassin d'Arcachon. À l'échelle holocène, ce système s'est construit par l'interaction entre l'élévation du niveau marin, l'action des houles atlantiques et des vents dominants, et l'alimentation sédimentaire disponible. La dynamique de la dérive littorale sur la côte aquitaine a progressivement édifié la flèche sableuse du Cap Ferret, tout en induisant une migration de l'exutoire du Bassin vers le sud au cours des derniers millénaires (Figure 1-1).

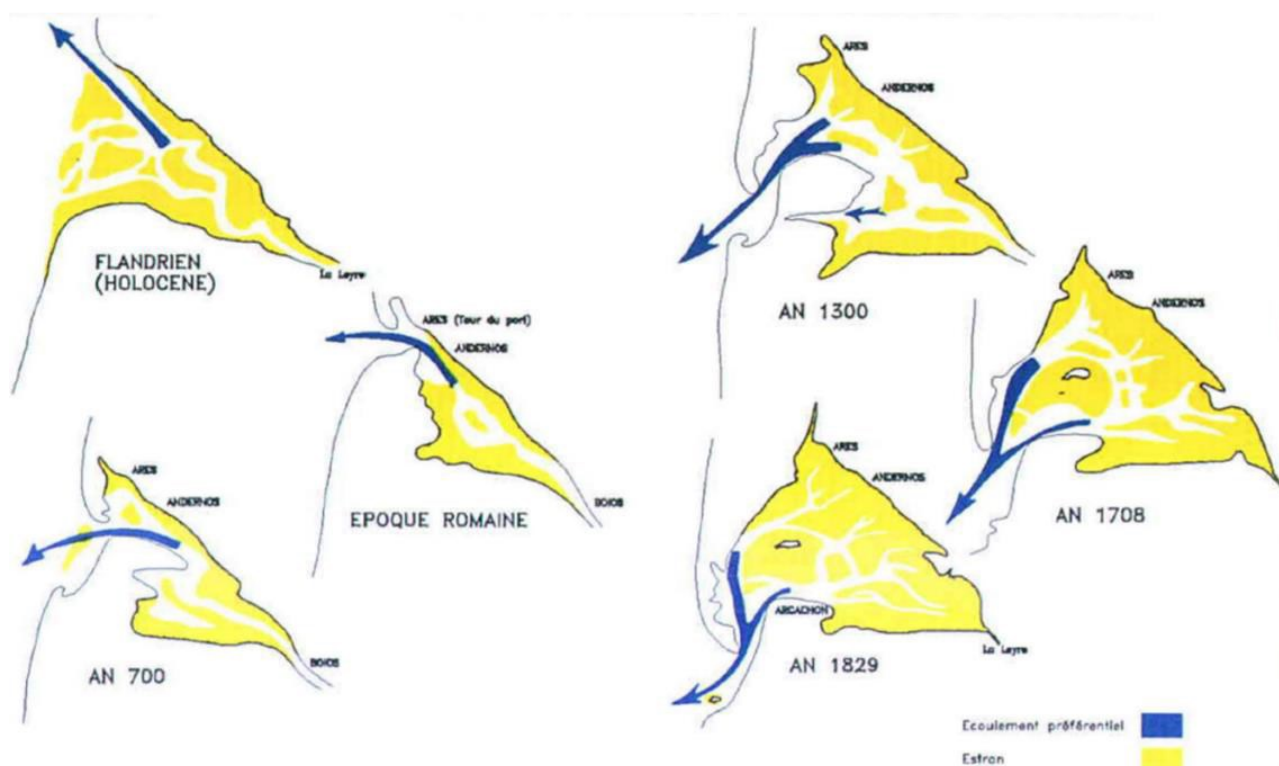


Figure 1-1 Evolution historique du Bassin d'Arcachon du Flandrien à 1829 (d'après Bouchet, 1974).

Le Bassin d'Arcachon fonctionne comme une lagune tidale connectée à l'océan par un système de passes. Les échanges d'eau et de sédiments sont pilotés par la marée, qui se propage dans un réseau de chenaux, de bancs sableux et de vasières intertidales. Sur la façade interne du Cap Ferret, le rivage est directement bordé par ce système chenalisé, notamment par le chenal de Piquey qui longe une grande partie du linéaire (Figure 1-2). L'exposition aux sollicitations hydrodynamiques varie donc fortement selon la proximité d'un chenal actif, la largeur des vasières intertidales et la morphologie locale des berges, qui modulent l'énergie effectivement transmise au pied de plage (CREOCEAN, 2022).



Figure 1-2 Localisation du secteur d'étude dans le contexte global du Bassin d'Arcachon (fond de plan : <http://geo.bassin-arcachon.com/e-navigation/index.html>).

À l'échelle de la façade interne, une distinction opérationnelle peut être retenue pour structurer l'analyse hydro-sédimentaire. Dans le cadre de la révision du PPRL, CREOCEAN s'appuie sur un découpage initialement proposé par SOGREAH (2008), fondé sur la proximité du chenal et la variabilité des facteurs hydrodynamiques. Deux secteurs sont ainsi distingués : (i) « le secteur chenal de Piquey », de la jetée de Bélisaire à la Pointe aux Chevaux, où le rivage est longé par un chenal actif et où l'exposition aux courants et aux clapots est plus directe, et (ii) le « secteur vasières », de la Pointe aux Chevaux à la limite communale, caractérisé par des estrans plus larges entre le chenal principal et la côte, qui modulent

l'énergie transmise au rivage. Ce découpage (Figure 1-3) fournit un cadre simple et robuste pour interpréter les contrastes spatiaux de fonctionnement, puis pour organiser la caractérisation de l'aléa dans une logique compatible avec les attendus PPRL.

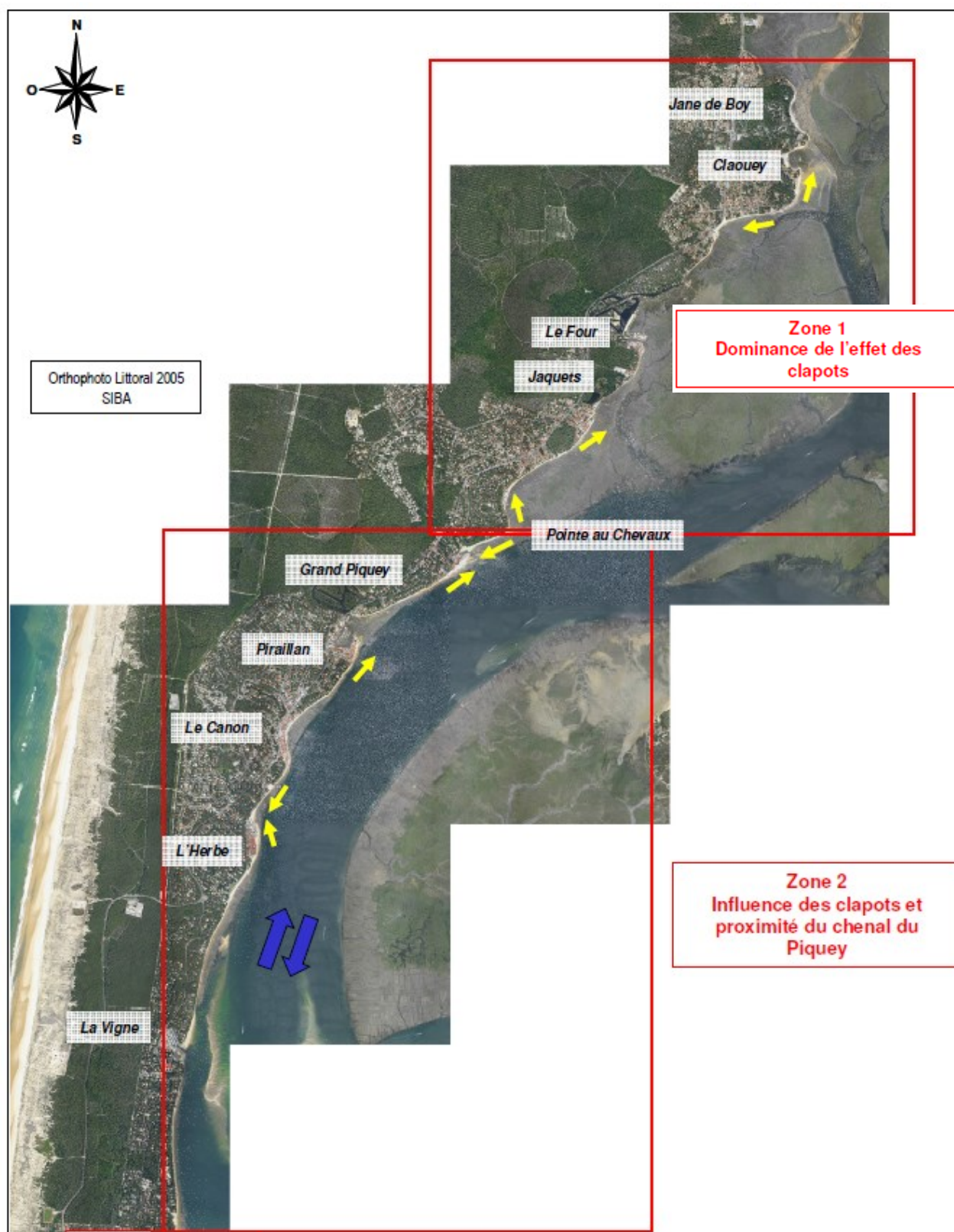


Figure 1-3 Découpage du secteur d'étude en deux secteurs en fonction des différences des sollicitations hydrodynamiques (d'après SOGREAH, 2008)

D'un point de vue sédimentaire, le Bassin s'inscrit dans une trajectoire de comblement à l'échelle des temps géologiques récents (période holocène). Les analyses disponibles indiquent que la lagune s'ensable depuis l'ordre de 2000 ans, avec une dynamique de sédimentation marquée dans le bassin interne (Figure 1-4), et une stabilisation progressive liée aussi aux transformations humaines des marges littorales et des marais (CASAGEC, 2021). À l'échelle plus locale, les chenaux et hauts-fonds évoluent rapidement et peuvent nécessiter des interventions régulières. Par exemple, des suivis sur le chenal de Piquey montrent des rehaussements significatifs des fonds sur des périodes pluriannuelles, après dragage, ce qui illustre le caractère mobile et réactif du système hydro-sédimentaire (CASAGEC, 2021).

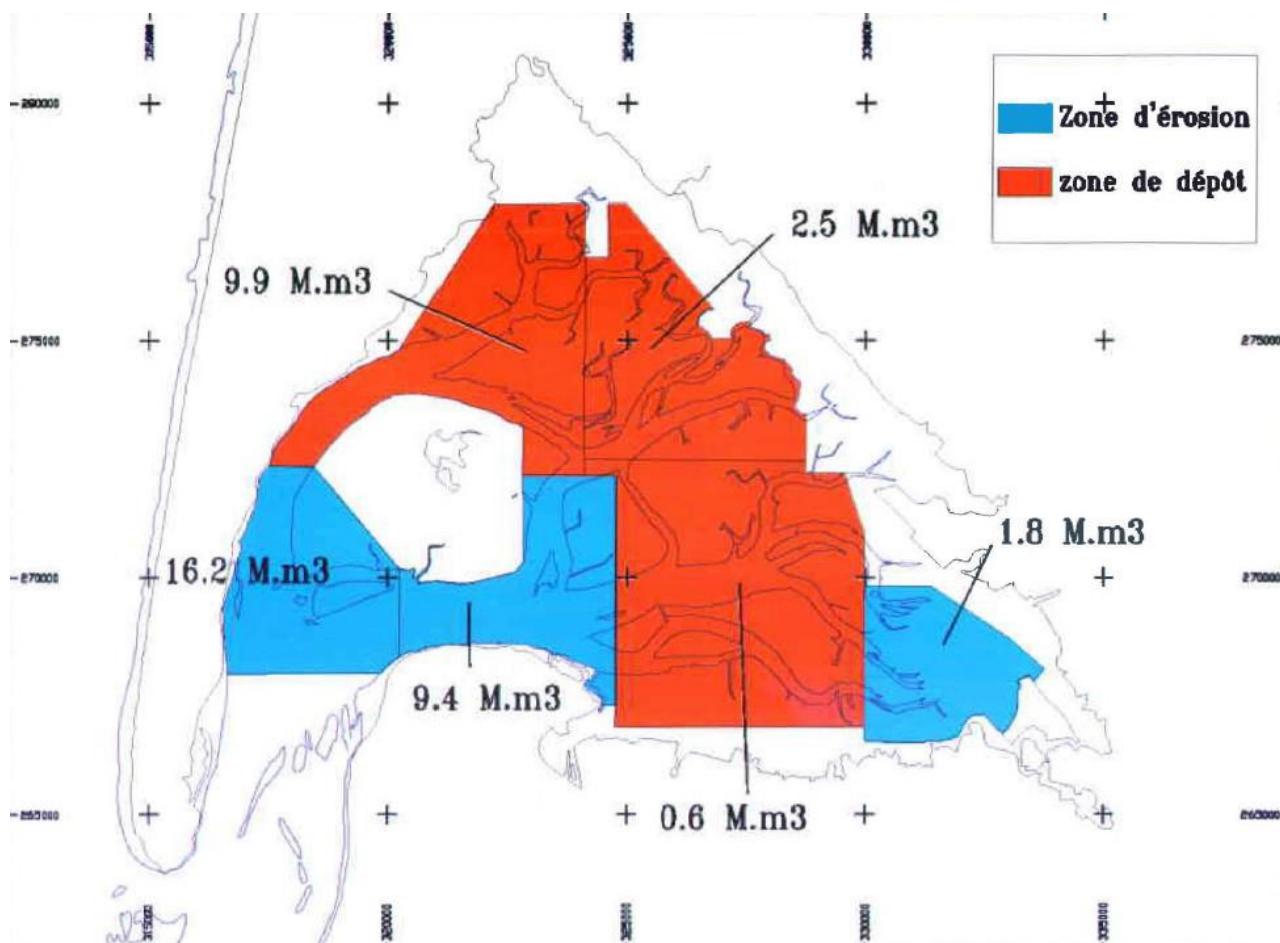


Figure 1-4 Résultat de la comparaison bathymétrique 1864-1993 en millions de m3 (IFREMER, 1997)

Enfin, les échanges sédimentaires entre l'océan et le Bassin ne sont pas neutres. Les travaux de synthèse menés dans le cadre du PPRL mettent en avant une asymétrie des courants de marée à l'entrée du Bassin, avec un jusant dominant (Nahon, 2018). Cette dissymétrie favorise, à l'échelle du système des passes, une tendance à l'export de sédiments vers l'embouchure et le large plutôt qu'un piégeage durable vers l'intérieur, ce qui contribue à limiter la reconstitution du stock sableux interne (CREOCEAN, 2022).

1.2 Histoire morphologique et anthropisation

1.2.1 Une construction holocène, puis une trajectoire de stabilisation progressive

La morphologie actuelle résulte d'une construction holocène par accumulation sableuse et migration de formes. Les documents du PPRL rappellent que l'édification de la flèche du Cap Ferret s'inscrit dans une dynamique de plusieurs millénaires, sous l'effet combiné des houles, des vents et de la dérive littorale, avec déplacement de l'exutoire du Bassin et réorganisation des bancs et chenaux (CREOCEAN, 2022).

Sur la période historique des derniers siècles, plusieurs épisodes de mobilité dunaire ont marqué le littoral aquitain, dont le Cap Ferret. Les travaux cités dans l'étude CREOCEAN mentionnent notamment une génération de dunes paraboliques non végétalisées entre environ 1450 et 1750 (Figure 1-5), caractérisée par une forte mobilité et des avancées sableuses vers l'intérieur (CREOCEAN, 2022). Ce contexte de dunes mobiles, problématique pour les usages et les implantations, a conduit à une longue histoire de "fixation" des dunes sur l'ensemble du littoral aquitain par la plantation de pins. La littérature de synthèse rappelle des initiatives précoces portées par les Captaux de Buch dès le début du XVIII^e siècle, puis une généralisation des travaux au XIX^e siècle, avec une prise en charge par l'État et un basculement vers un littoral largement boisé et entretenu.



Figure 1-5 Carte de Masse de 1708 représentant le Bassin d'Arcachon aux prémices de l'occupation humaine de cet environnement (<https://conservatoirepatrimonialbassinarcachon.fr>).

1.2.2 La fixation des dunes et la rupture des transferts sableux vers la façade interne

Au Cap Ferret, cette trajectoire se traduit par la mise en place progressive d'un cordon dunaire "stabilisé", puis d'un rempart dunaire entretenu (calibrage d'un cordon bordier, et fixation par de la végétation comme les oyats). Les rapports CREOCEAN décrivent les grandes étapes techniques de cette stabilisation sur la côte aquitaine, dont l'installation de barrières de type "Goury" au XIX^e siècle (vers 1862), puis l'extension des plantations et du boisement (CREOCEAN, 2022).

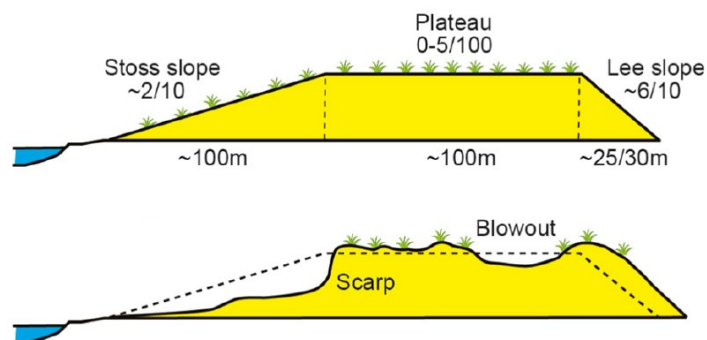


Figure 1-6 Schéma d'un profil optimal de dune conceptualisé par l'ONF entre 1960 et 1980 (haut), et d'un profil ayant évolué naturellement après un reprofilage (Robin et al., 2021).

À l'échelle de la presqu'île, l'histoire foncière et les choix d'aménagement ont renforcé cette évolution. Les éléments compilés dans le cadre de la présente étude indiquent que, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, l'acquisition de la presqu'île et la plantation de pins maritimes ont accéléré la fixation dunaire (Figure 1-7). Une conséquence structurante de ces activités pour la façade interne est la réduction des transferts éoliens.



Figure 1-7 Extrait de la carte d'état-major de 1866 (Geoportail) montrant la végétalisation progressive des dunes du Cap Ferret

Avant le boisement, ces apports de sable par le vent depuis la façade océanique contribuaient à alimenter le Bassin et, indirectement, certaines plages internes. Leur diminution inscrit la façade intra-bassin dans un contexte d'alimentation sédimentaire restreinte, qui se combine à la fragmentation du stock liée aux ouvrages et aux usages (CREOCEAN, 2022).

1.2.3 Poldérisation, endiguements, puis urbanisation et villages ostréicoles sur le DPM

En parallèle, le rivage interne du Bassin a été progressivement transformé. Des travaux de référence sur le fonctionnement hydro-sédimentaire de Lège-Cap-Ferret signalent une poldérisation et des endiguements des marais dès le XVIII^e siècle, participant à une stabilisation de certains secteurs littoraux et à une réduction de la liberté d'évolution du système (CASAGEC, 2021).

Sur la façade interne, l'essor des activités liées au Bassin, notamment l'ostréiculture, a fortement structuré l'occupation du Domaine Public Maritime. Une synthèse dédiée à la gestion des villages ostréicoles rappelle que ces villages apparaissent et se développent à partir des années 1860, avec la construction de cabanes ostréicoles initialement dédiées au travail, puis souvent habitées, et qu'ils constituent aujourd'hui un patrimoine et un mode d'occupation très spécifique du rivage. L'ostréiculture s'organise donc sur le DPM, et l'amélioration de l'accessibilité (chemin de fer puis route) accompagne le développement de l'urbanisation autour des principaux villages de la presqu'île.

1.2.4 Un rivage durablement "construit", et une dépendance croissante à la maintenance

À partir du XX^e siècle, et plus encore dans la période récente, la combinaison de l'urbanisation, des infrastructures portuaires et des ouvrages de protection transforme la façade interne en un linéaire majoritairement artificialisé. Nous avons vu que la fixation des dunes est engagée depuis plus de 150 ans, et que le DPM a été fortement remodelé au cours de cette période, au point que l'état actuel des plages et des berges résulte largement d'aménagements et d'opérations récurrentes.

Ce contexte historique pose le cadre de la problématique actuelle. La façade interne est soumise à des sollicitations hydrodynamiques spatialement contrastées, mais elle évolue aussi dans un système sédimentaire contraint, anciennement stabilisé, puis progressivement "durci" et segmenté. Cette trajectoire explique pourquoi l'érosion est difficile à lire directement dans les archives d'observation, et pourquoi une analyse orientée processus, attentive aux forçages et à l'héritage anthropique, est nécessaire pour spatialiser l'aléa.

1.3 Cadre d'analyse pour la prise en compte des ouvrages

1.3.1 Rappel de la doctrine PPRL sur les ouvrages

Dans le cadre d'un PPRL « recul du trait de côte », la question n'est pas formulée en termes de brèche, mais en termes de prise en compte ou non des ouvrages dans l'établissement des hypothèses d'évolution. Cela revient à distinguer les tronçons où l'on peut raisonnablement considérer qu'un ouvrage structure durablement la position du rivage à l'horizon considéré, de ceux où l'ouvrage, même présent, ne peut pas être retenu comme pérenne et ne doit donc pas modifier la projection du recul.

La doctrine nationale rappelle en particulier que les ouvrages de protection ne permettent pas de contrer l'érosion à long terme, mais qu'ils peuvent maintenir temporairement la position du trait de côte, au prix d'une évolution du profil (abaissement du haut de plage, affouillement au pied de l'ouvrage, etc.). Cette remarque est importante pour la façade interne du Cap Ferret, où l'on observe fréquemment des situations de « point dur » fixant le haut de plage, alors que le stock sableux et le bas estran restent mobiles.

Sur le cas particulier de Lège-Cap-Ferret, CREOCEAN s'appuie explicitement sur le logigramme de prise en compte des ouvrages (Figure 1-8), appliqué à la façade interne. L'enjeu est de statuer, tronçon par tronçon, sur le fait qu'un ouvrage puisse être considéré comme structurant et maintenu sur la durée, au regard de critères cumulatifs, typiquement :

- **typologie et fonction** (ouvrage portuaire conçu "dans les règles de l'art", perré/enrochement, palplanche, épis, etc.) ;
- **état et désordres** observés ;
- **modalités d'entretien** (récurrence, acteur responsable, capacité à intervenir) ;
- **gouvernance** (ouvrage public, concession, ou mosaïque d'ouvrages privés) ;
- **durabilité à l'horizon PPRL**, avec prudence lorsque l'entretien n'est pas garanti.

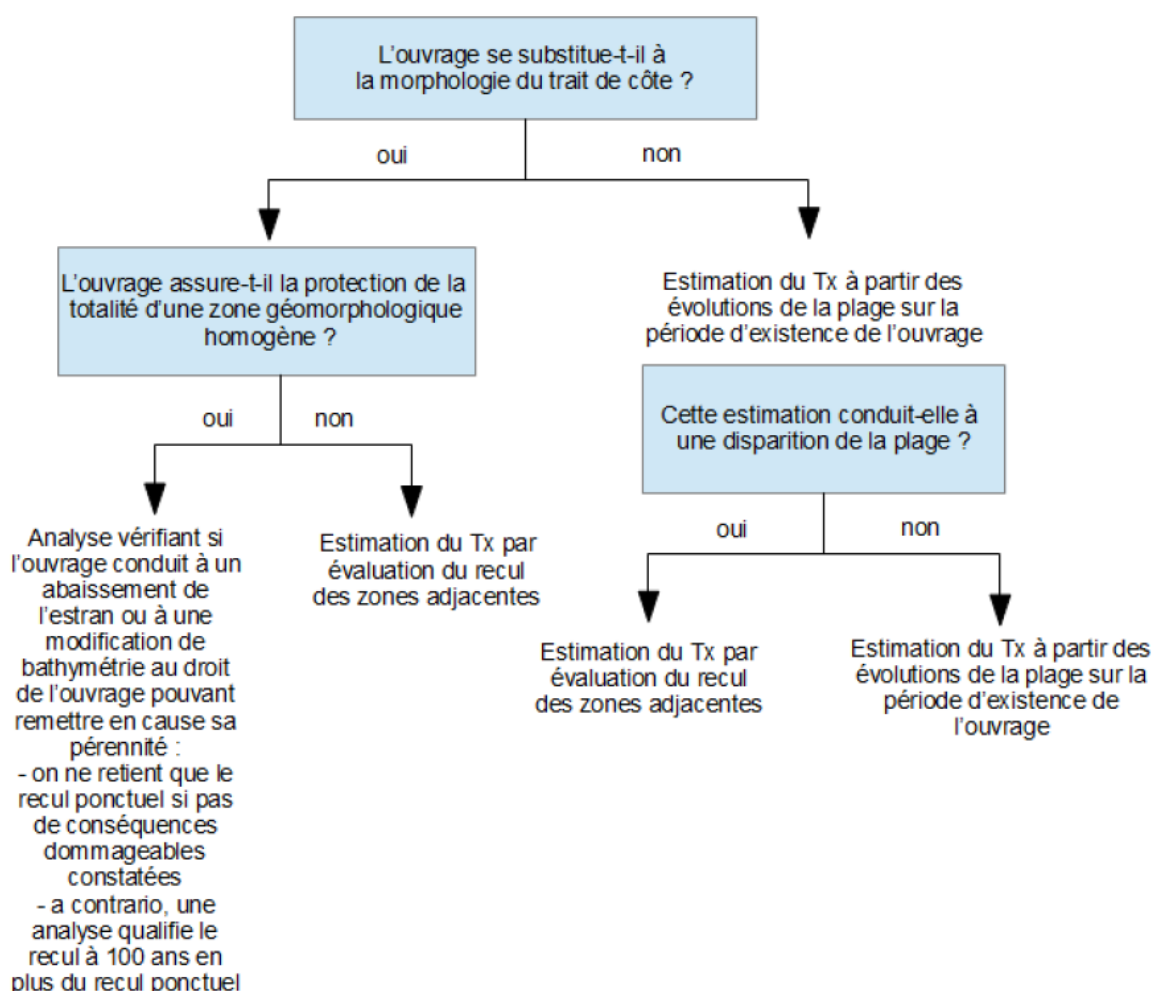


Figure 1-8 Logigramme de prise en compte des ouvrages dans un PPRL érosion, d'après MEDDE (2014)

1.3.2 Limites de l'information disponible et stratégie de compensation

À ce jour, il n'existe pas d'inventaire communal exhaustif des ouvrages de protection sur la façade interne, et la présente étude n'a pas pour objectif d'en produire un. Cette limite est structurante pour l'analyse, car elle empêche une approche "ouvrage par ouvrage" à l'échelle du linéaire.

Les travaux de la révision du PPRL soulignent d'ailleurs la forte hétérogénéité des ouvrages sur la façade interne, avec des ouvrages parfois de conception sommaire, hors des règles de l'art, et un entretien très variable selon les secteurs et les propriétaires/gestionnaires. Dans ce contexte, la stratégie retenue repose sur une démarche qualitative, combinant :

- une **synthèse documentaire** des diagnostics et retours d'expérience disponibles (rapports PPRL, études thématiques, diagnostics d'épis, etc.) ;
- une **visite de terrain dédiée** avec couverture maximale du linéaire et constitution d'un corpus photo ;
- une **analyse diachronique** par comparaison de cartes postales anciennes et de vues actuelles ;
- des **entretiens ciblés** (institutions, gestionnaires, entreprises, usagers).

La visite de site réalisée du 04/11 au 07/11 s'inscrit dans cette logique. Elle a été conduite dans des conditions hydrodynamiques représentatives (coefficients de marée 96 à 105, coup de vent de Sud-Est) et a permis une couverture quasi intégrale du linéaire sur trois marées basses, avec observation des ouvrages (structure, état, fonction), des plages et des terrains adjacents, complétée par des entretiens (SIBA, mairie/CEREMA, ONF, entreprise de travaux, ostréiculteurs et riverains).

1.4 Diagnostic ouvrage-rivage sur la façade interne

1.4.1 Diversité des contextes le long de la façade interne

L'analyse met en évidence une forte diversité de situations, qui conditionne à la fois la sensibilité à l'érosion et le rôle joué par les ouvrages. Une première structuration utile, pour la suite de l'étude, consiste à distinguer :

a. Les secteurs en bordure de chenal :

Ce sont les secteurs les plus contraints, car l'ouvrage est souvent au contact direct d'un milieu plus profond et plus énergique. La comparaison diachronique et les observations de terrain convergent vers une tendance marquée : disparition des plages dans plusieurs secteurs en bordure de chenal, associée à un abaissement général du niveau sableux et à un exhaussement progressif des protections (adaptation récurrente).

b. Les secteurs à vasières intertidales plus larges et contextes plus abrités :

Dans ces secteurs, l'exposition hydrodynamique est plus modulée. Certains tronçons apparaissent relativement plus stables, parfois au prix d'opérations de gestion (dont rechargements), ce qui doit être explicité et discuté dans l'interprétation des évolutions.

c. Les villages ostréicoles et secteurs urbanisés sur le DPM

L'héritage d'aménagement est déterminant : la façade interne porte la trace d'un remodelage ancien du DPM et d'une artificialisation progressive des berges (remblais, ouvrages), en lien avec l'organisation et l'évolution des usages. Cela contribue à une mosaïque de "micro-tronçons" où les ouvrages, les rechargements et les occupations diffèrent à l'échelle de quelques parcelles.

d. Les ouvrages d'intérêts publics structurants qu'est le port de la Vigne

Ce type de site constitue un cas à part du reste du linéaire. Le port de la Vigne se distingue car il s'agit d'un aménagement portuaire avec un mode de gestion identifié, et une fonction socio-économique forte. La question de sa prise en compte à l'horizon PPRL mérite donc un traitement spécifique, intégré à la démonstration.

Parmi ces contextes, le secteur du port de la Vigne constitue un cas particulier, à la fois par sa fonction portuaire, par l'existence d'un mode de gestion identifié (concession) et par des marqueurs morphologiques distincts de plusieurs points durs de la façade interne. Il est donc traité séparément dans la suite de l'analyse afin de discuter, au regard de la doctrine PPRL, la pertinence d'une hypothèse spécifique de prise en compte des ouvrages sur ce tronçon

Enfin, il est utile de rappeler, par contraste, que la zone d'embouchure interne du bassin (hors zone d'étude actuelle, mais dans la zone d'étude du PPRL) présente des dynamiques d'affouillement marquées, avec plusieurs fosses d'envergure associées à des points durs entre le Mimbeau, Hortense et la Pointe. Ce contexte éclaire la sensibilité des ouvrages implantés au contact des chenaux.

1.4.2 Typologie des ouvrages et fonctions attendues

Les ouvrages observés et décrits dans la littérature peuvent être regroupés en deux grandes familles, dont les objectifs et les effets diffèrent.

Ouvrages longitudinaux (parallèles au rivage) :

Ils visent principalement à :

- **fixer le trait de côte** (protection directe des enjeux) ;
- **soutenir un remblai** ou une plateforme en arrière ;
- parfois **délimiter** une emprise en haut de plage dans des secteurs très abrités.

Sur la façade interne, ces ouvrages jouent souvent le rôle de "point dur" qui bloque le recul du haut de plage, alors que le bas de plage et l'estran peuvent continuer à s'abaisser. La doctrine rappelle que ce type d'ouvrage peut induire un abaissement du profil et de l'affouillement au pied.

Ils sont majoritaires le long de la façade interne du Cap ferret et leur nature est très hétérogène :

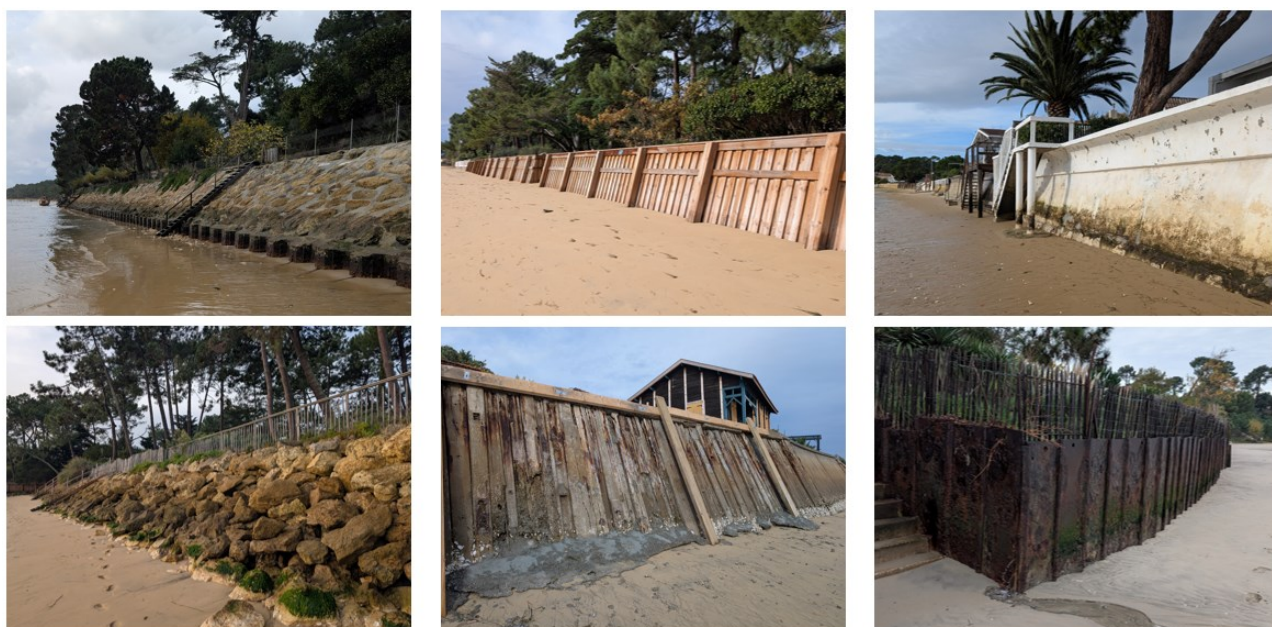


Figure 1-9 Diversité des ouvrages longitudinaux observés lors de la visite de terrain.

Ouvrages transversaux (épis, ouvrages perpendiculaires ou obliques)

Ils recherchent plutôt :

- la rétention locale du sable ;
- une reconstitution de plage à l'échelle de quelques dizaines de mètres ;
- la protection ponctuelle de cales et d'accès.

Ils sont décrits comme très utilisés historiquement par les ostréiculteurs, avec une efficacité temporaire ou variable, dépendant notamment de leur longueur et de leur espacement, de leur état, du stock disponible, et de l'intensité de la dérive littorale. Les diagnostics disponibles montrent aussi des états structuraux contrastés, parfois dégradés, avec vulnérabilité liée au vieillissement du bois (décomposition, éléments détruits, non-alignements).

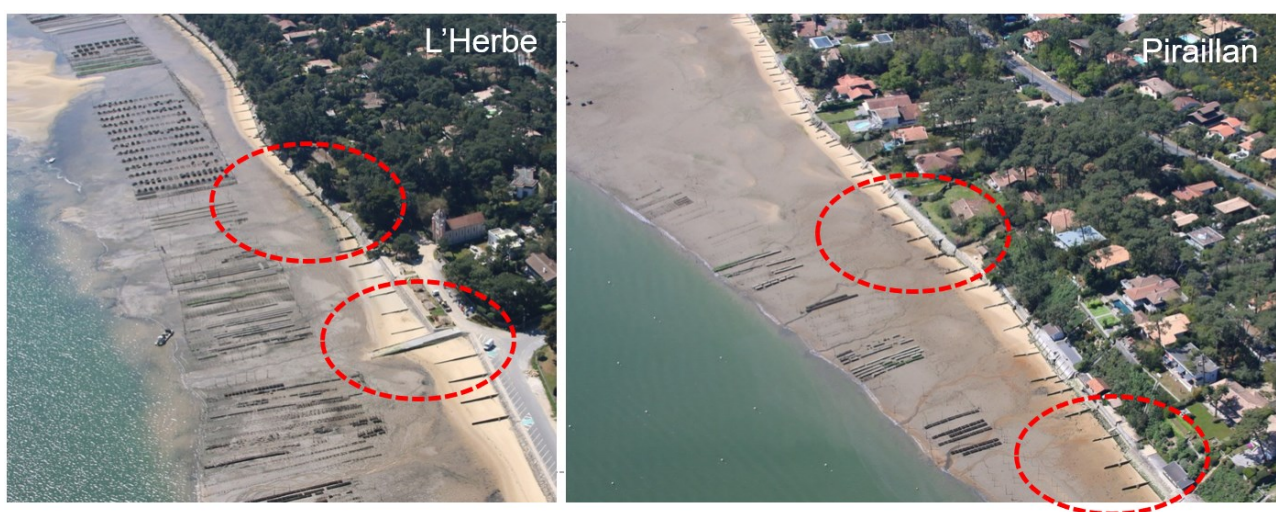


Figure 1-10 Exemple d'efficacités variables des ouvrages transversaux à maintenir une largeur de plage (source des photographies obliques : OCNA).

1.4.3 État, désordres, pratiques d'entretien et durées de vie

La visite de terrain met en évidence quatre constats structurants.

a. Une hétérogénéité très forte à l'échelle parcellaire

Le linéaire est marqué par une juxtaposition d'ouvrages de conception, de matériaux et de niveaux d'entretien différents, parfois d'une propriété à l'autre. On souligne également cette hétérogénéité, ainsi que le caractère parfois léger d'une partie des ouvrages.

b. Des désordres fréquents et des réparations opportunistes

Les désordres observés (déchaussements, ruptures locales, éléments bois dégradés, reprises partielles, résurgences et écoulements) s'accompagnent de solutions de réparation hétérogènes. Les diagnostics sur les épis indiquent par exemple des cas de bois en décomposition et d'ouvrages partiellement détruits, typiques d'une durabilité limitée en milieu intertidal.



Figure 1-11 Exemples de désordres observés sur des ouvrages longitudinaux : zones de résurgence provoquant des affouillements en pied d'ouvrage, destruction partielle, dislocation, brèches, éboulements.

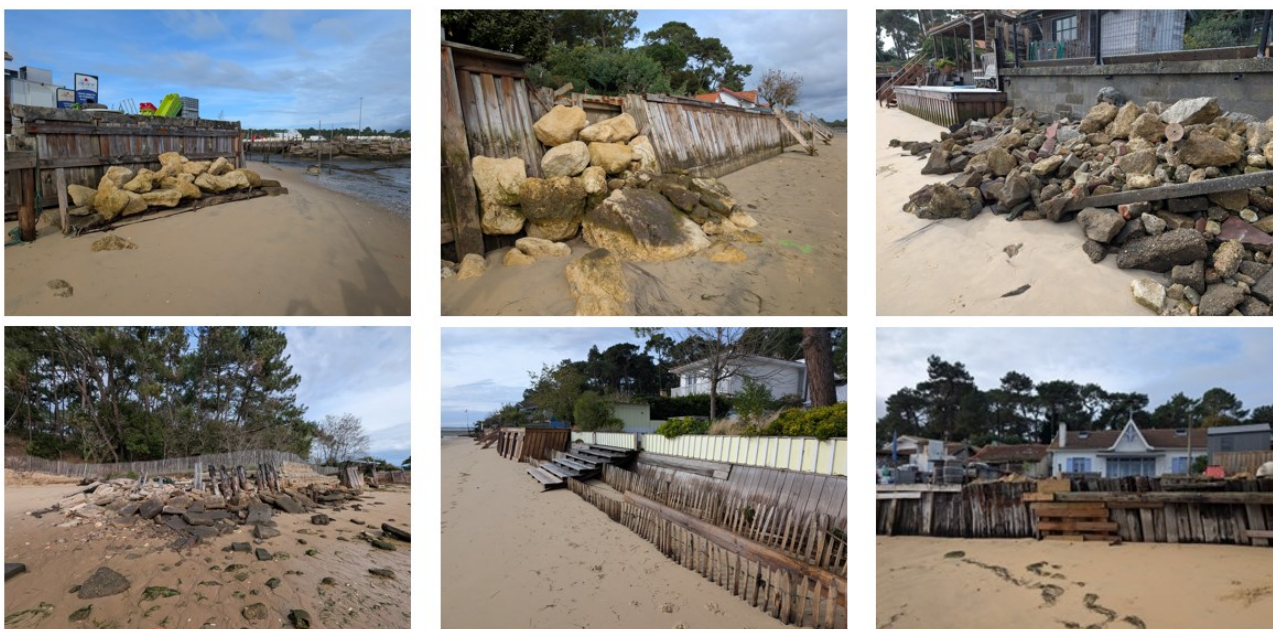


Figure 1-12 Exemples de réparation ponctuelles d'ouvrages longitudinaux à partir de matériaux divers et non consolidés.

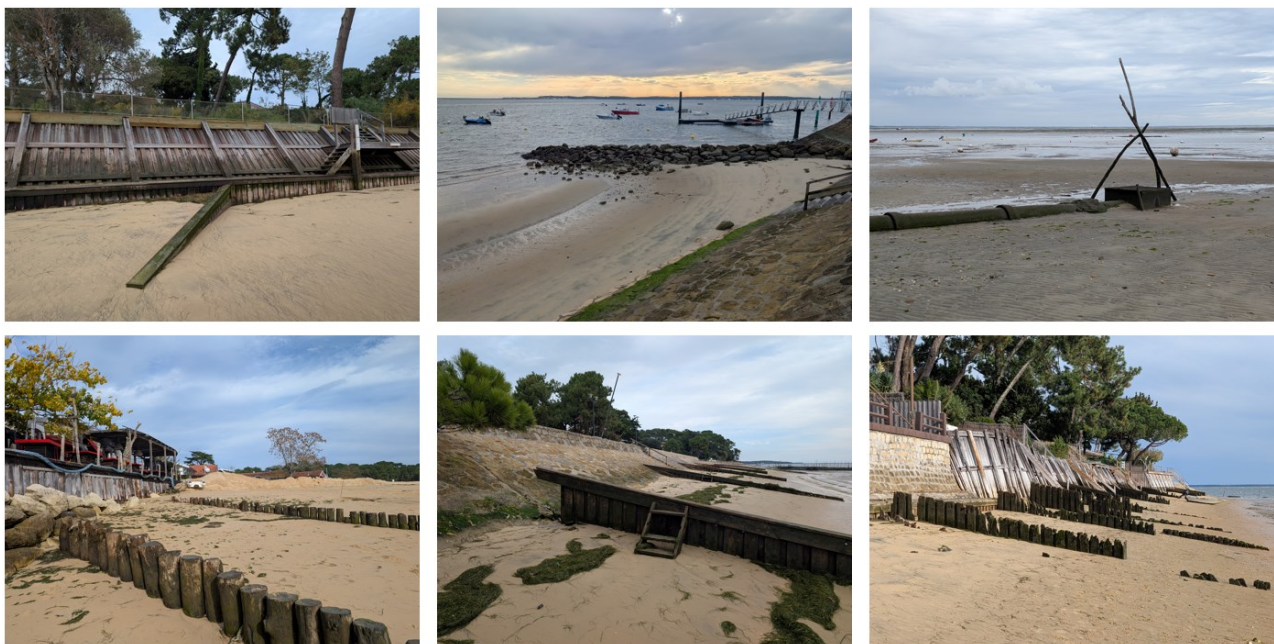


Figure 1-13 Diversité des ouvrages transversaux et de leurs états observés lors de la visite de terrain.



Figure 1-14 Exemple d'ouvrages longitudinaux représentant la nature composite de leur structure avec des exhaussements (gauche au Claouey) ou des protections diverses (droite, l'Herbe) sur des ouvrages ou remblais existants.

c. Des durées de vie courtes pour une partie significative des ouvrages

Les entretiens conduits pendant la mission soulignent des ordres de grandeur très contrastés selon les types. La durée de vie des épis en bois est rapportée comme étant de l'ordre de **5 ans** (retour d'ostréiculteur), avec une efficacité très variable selon l'orientation des courants et des bancs de sable. À l'inverse, des ouvrages plus "aboutis" (type perré/enrochement récents) peuvent viser des durées de vie plus longues jusqu'à **40 ans**, mais restent dépendants d'un entretien régulier et d'une gouvernance claire (ce point est central pour le raisonnement PPRL).



Figure 1-15 Exemple de travaux en cours pour réhabiliter un perré en enrochement.

d. Les ouvrages parfois sous dimensionnés face à la submersion marine

Un point complémentaire observé lors de la visite de terrain concerne le dimensionnement des ouvrages vis-à-vis de la submersion marine. Sur plusieurs tronçons, des phénomènes de surverse ont été constatés lors de marées de forts coefficients, avec une sollicitation directe de l'arrière-ouvrage par les écoulements et l'agitation. Dans les secteurs où les protections étaient déjà dégradées (désordres structurels, éléments bois altérés, déchaussements localisés), l'impact des vagues et des surverses semble contribuer à accélérer la dégradation et à réduire la capacité de l'ouvrage à maintenir durablement sa fonction de protection. Ce constat renforce l'idée que, sur une partie du linéaire, certains ouvrages apparaissent sous-dimensionnés ou insuffisamment robustes face aux niveaux d'eau élevés et aux conditions de mer associées, ce qui limite leur tenue dans le temps pour contenir à la fois l'érosion et la submersion.



Figure 1-16 Exemple (1) d'attaque par les vagues et de surverse ponctuelle au droit d'un tronçon dégradé. Ces sollicitations répétées fragilisent l'ouvrage et peuvent réduire sa capacité à contenir l'érosion et la submersion.



Figure 1-17 Exemple (2) d'attaque par les vagues et de surverse ponctuelle au droit d'un tronçon dégradé. Ces sollicitations répétées fragilisent l'ouvrage et peuvent réduire sa capacité à contenir l'érosion et la submersion.

1.4.4 Éléments diachroniques et lecture des évolutions

L'approche diachronique, basée sur la comparaison de cartes postales anciennes (source : ferretdavant.com et riverains) et de vues actuelles, met en évidence l'ancienneté de la fixation sur une partie du linéaire, ainsi que des transformations majeures sur d'autres secteurs.



Figure 1-18 Exemple d'extension du village ostréicole de l'Herbe sur le DPM

La synthèse qualitative issue de ce travail souligne :

1. la disparition des plages sur les secteurs en bordure de chenal :



Figure 1-19 Exemple de disparition de plage à Belisaire (haut), au Canon (milieu), et au Grand Piquey (bas)

2. un abaissement général du niveau sableux :



Figure 1-20 Exemple d'abaissement du niveau de plage à différents endroits du Canon nécessitant l'utilisation de structures sur pieux.

3. un exhaussement des ouvrages :

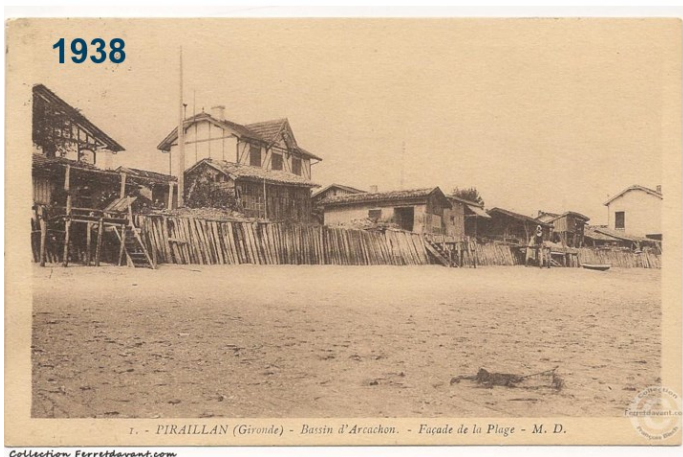


Figure 1-21 Exemple d'exhaussement de la crête d'ouvrages pour faire face à l'augmentation des niveaux d'eau au Petit Piquey (haut) et à Piraillan (bas).

4. l'existence de secteurs relativement préservés de l'érosion (généralement en fond de anse, mais aussi en raison de rechargements de sable).



Figure 1-22 Secteurs en fond de baie démontrant une stabilité sur le long terme à l'Herbe (haut et milieu), et au Grand Coin.

Ces constats sont cohérents avec les mécanismes décrits pour l'embouchure interne, où la migration du chenal et la fixation du rivage par les ouvrages ont conduit à la disparition progressive des plages et de l'estran sur certaines périodes, et à une réduction du stock sableux sans possibilité de reconstitution, notamment du fait de l'absence d'apports éoliens depuis l'ouest (massif dunaire boisé).

1.4.5 Conclusion opérationnelle sur la prise en compte des ouvrages

Conséquence générale pour la façade interne

Au regard de la doctrine, la présence d'un ouvrage ne suffit pas à justifier sa prise en compte à l'horizon PPRL. Un ouvrage peut maintenir temporairement la position du haut de plage, tout en laissant se poursuivre des processus d'érosion sur le profil, avec notamment des abaissements de plage et des affouillements au pied des protections. Dans le contexte de la façade interne, l'hétérogénéité des ouvrages, leur discontinuité, l'état variable observé et la dépendance à une maintenance très localisée conduisent à retenir une hypothèse prudente.

En conséquence, la présente étude considère que les ouvrages de protection ne sont pas pris en compte dans les hypothèses générales de projection de l'aléa érosion à 100 ans, et que l'aléa est donc projeté via T_x sur l'ensemble du linéaire, conformément à la logique PPRL et au niveau d'incertitude sur la pérennité des protections.

Port de la Vigne

Le port de la Vigne est traité comme un tronçon spécifique, distinct du reste de la façade interne. Plusieurs éléments le différencient.



Figure 1-23 Photographie oblique du Port de la Vigne (Source : OCNA)

Sur le plan de la gouvernance et de la gestion, le port relève d'un fonctionnement structuré. D'après l'entretien mené avec la Société Nautique du Port de la Vigne, concessionnaire actuel, les ouvrages intérieurs ont fait l'objet d'une réfection en 2019 (remplacement des palplanches de 1964, atteinte par la corrosion), avec un engagement de leur maintien annoncé jusqu'en 2070. Les enrochements extérieurs encadrant l'entrée du port côté chenal appartiennent à la commune, qui en assure la gestion et l'entretien. Cette implication publique directe constitue un point de différenciation important à l'échelle du linéaire.

Sur le plan hydro-morphologique, les différents levés bathymétriques ne mettent pas en évidence de fosse d'affouillement au pied des protections côté chenal du Piquey, ce qui constitue un indicateur de stabilité relative (Figure 1-24). De plus, l'intérieur du port ne fait pas l'objet de courants ou d'agitation qui pourraient conduire à sa dégradation prématurée. Ce constat contraste avec les dynamiques observées à proximité de l'embouchure interne, où sous l'effet de la concentration des courants des chenaux du Piquey et du Teychan dans le chenal du Ferret, des fosses sont identifiées au droit de plusieurs points durs entre l'extrémité du Mimbeau et l'extrémité de la pointe. (CREOCEAN, 2021).

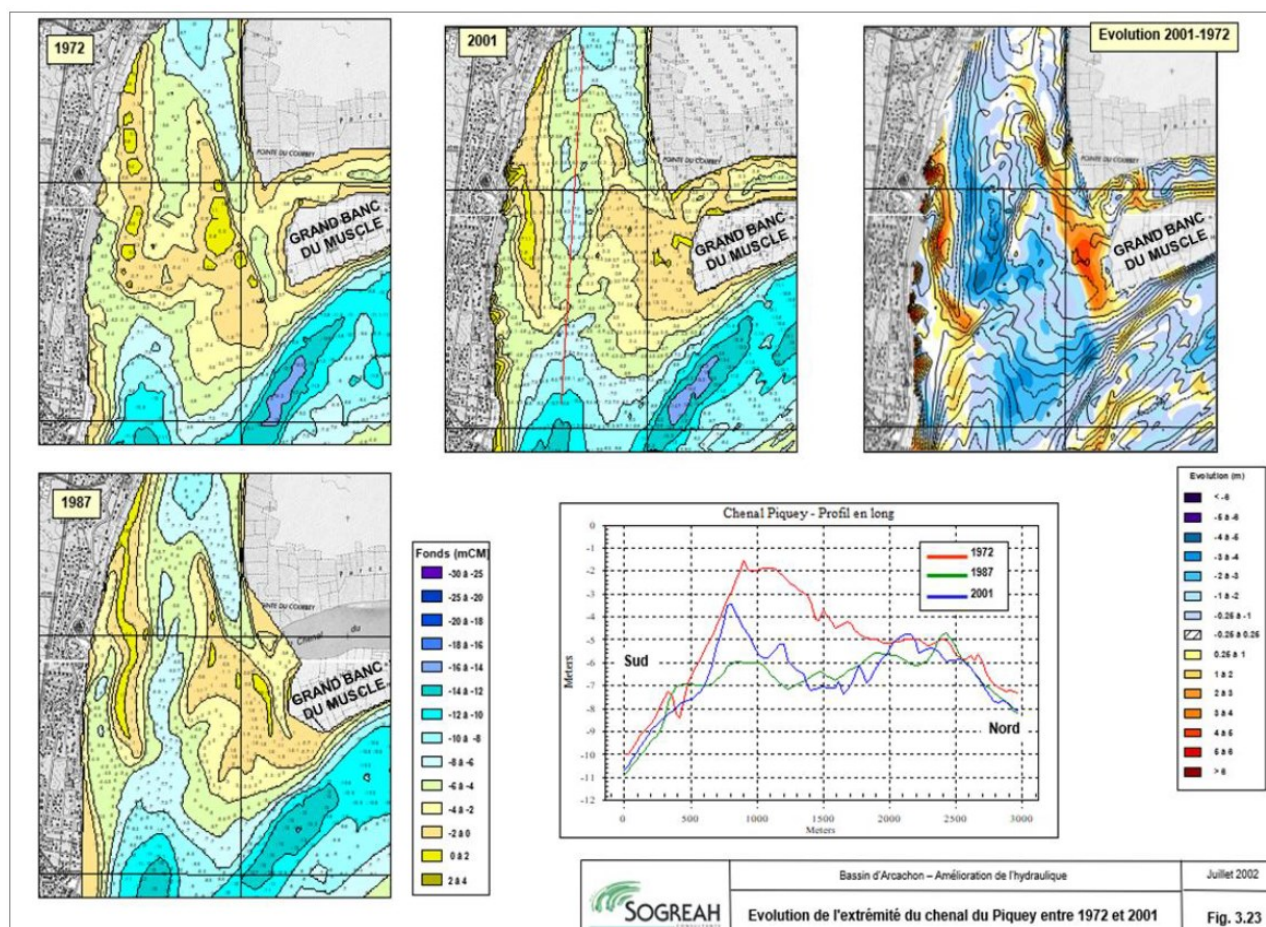


Figure 1-24 Evolution du chenal de Piquey entre 1972 et 2001 à hauteur du Port de La Vigne. Les abords du Port montrent une tendance à la sédimentation.

Sur la base de ces éléments, l'étude retient une hypothèse unique : le tronçon du port de la Vigne est pris en compte dans la construction de l'aléa érosion, au sens où il bénéficie d'une gestion structurée (concession) et d'une implication publique directe (commune propriétaire et gestionnaire d'une partie des ouvrages), permettant de considérer un maintien de la fonction portuaire et des protections associées.

Cette hypothèse est cependant fondée sur un point de vigilance temporel. L'horizon annoncé d'entretien et de garantie (2070) est inférieur à l'horizon réglementaire 2120. L'hypothèse de prise en compte repose donc explicitement sur la continuité de l'implication publique dans le maintien du port et des ouvrages associés au-delà de 2070.

Enfin, il est rappelé que la présente étude se place dans une logique d'objectivation "physique" du mécanisme d'érosion et de spatialisation des sollicitations. Le choix final de zonage réglementaire sur ce tronçon pourra, dans les phases ultérieures de la révision du PPRL, conduire à un traitement spécifique fondé sur un dire d'expert, si les services instructeurs et les parties prenantes le jugent nécessaire. Cette éventualité relève toutefois d'un arbitrage réglementaire et sort du périmètre de la présente mission.

1.5 Gestion des sédiments et gouvernance

1.5.1 Rôle du SIBA et logique d'intervention

Sur la façade intra-bassin de Lège-Cap-Ferret, la gestion sédimentaire constitue un levier central de maintien des plages, au même titre que les ouvrages de protection. Ces opérations concernent tout le linéaire de la zone d'étude (Figure 1-26). Le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA), via ses pôles maritime et GEMAPI, pilotent depuis de nombreuses années des opérations de réensablement et de transferts de sable. Les comptes rendus de visites et bilans annuels montrent que ces opérations visent simultanément :

- à conserver une plage « utile » pour les usages,
- à maintenir une zone tampon entre la mer et les enjeux de première ligne,
- et à limiter l'exposition des pieds d'ouvrages aux clapots et courants de marée.

Ces interventions s'inscrivent dans une organisation récurrente, structurée autour d'un diagnostic de terrain et d'un programme de travaux. Elles reposent notamment sur l'identification de secteurs en accrétion (sources potentielles) et en érosion (secteurs à recharger), et sur une définition annuelle des zones de prélèvement en fonction des levés disponibles et des arbitrages locaux. Cette logique implique, par construction, une variabilité interannuelle des sites traités, ce qui est cohérent avec un fonctionnement hydro-sédimentaire fortement modulé spatialement (chenaux, vasières) et avec des contraintes d'accès (certaines plages ne pouvant pas être alimentées par voie terrestre).

1.5.2 Cadre réglementaire et documentation des opérations

Les opérations sont encadrées par des autorisations administratives, avec des volumes maximums définis à l'échelle pluriannuelle. À titre d'exemple, un arrêté préfectoral du 9 août 2022 encadre un programme sur la période 2022-2032, avec un volume total maximal de 268 000 m³, ventilé entre opérations terrestres et immergée (SIBA, 2025).

Pour l'analyse du présent rapport, un point méthodologique important est que nous disposons d'un inventaire quantitatif des opérations par secteur depuis 2006 et sur une compilation des volumes rechargés. Cet inventaire constitue une base robuste pour replacer les évolutions de profils et les diagnostics « état de plage » dans un contexte de forçage anthropique récurrent. En revanche, les documents disponibles ne permettent pas de reconstituer avec le même niveau de détail une chronique homogène avant 2006, même si des interventions plus anciennes sont évoquées dans l'historique local.

1.5.3 Volumes des rechargements depuis 2006 et répartition spatiale

Le SIBA réalise des opérations régulières de désensablement et de réensablement sur les plages intra-bassin afin de maintenir l'attractivité du littoral et les usages, et de garantir une épaisseur de sable suffisante au pied des ouvrages (protection des structures).

D'après la synthèse CASAGEC (2021), plus de 250 000 m³ de sable ont été apportés entre 2006 et 2020 sur les plages intra-bassin de Lège-Cap Ferret, avec environ la moitié sur le Mimbeau.

Inventaire disponible et périmètre

Un inventaire quantitatif par secteur est disponible pour les opérations du SIBA depuis 2006 (Table 1-1). Avant 2006, des opérations ont existé mais ne sont pas quantifiées de façon homogène (pas d'inventaire consolidé).

Dans la suite du rapport, et sauf précision contraire, les volumes sont présentés sur le secteur d'étude (entre Bélisaire et Jane de Boy) hors Mimbeau.

Ordres de grandeur et variabilité interannuelle (secteur d'étude hors Mimbeau)

À partir du tableau SIBA, le cumul 2006-2025 sur le secteur d'étude est de 129 740 m³ (Table 1-1). Les apports sont très variables selon les années (Figure 1-25), avec un pic majeur en 2020 (35 420 m³ sur le secteur d'étude hors Mimbeau, d'après l'inventaire SIBA).

À l'échelle communale (tous secteurs intra-bassin, Mimbeau inclus), CASAGEC indique une moyenne d'environ 20 000 m³/an sur 2006-2020, et une année 2020 « exceptionnelle » (61 170 m³).

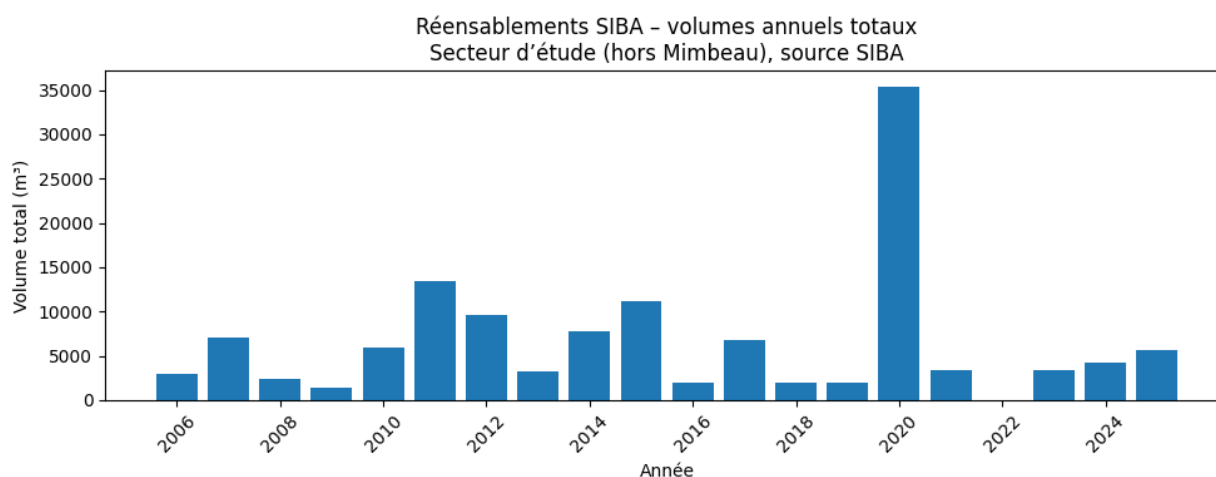


Figure 1-25 Répartition annuelle des opérations de rechargement du SIBA sur la zone d'étude.

Répartition spatiale (principaux secteurs)

Sur 2006-2025, les secteurs les plus rechargés (en cumul) incluent notamment la plage des Américains (29 200 m³) et la plage de la Vigne (26 000 m³), loin devant d'autres secteurs.

Ces ordres de grandeur expliquent que certaines séries topo-bathymétriques locales soient fortement influencées par des interventions anthropiques, en plus de la dynamique naturelle.

Exemple des programmes récents (2024-2025)

Le SIBA s'appuie sur des levés topographiques et des comparaisons interannuelles pour définir les zones à réensabler. En 2024, les levés d'avril 2024 sont comparés à 2023 et les sites privilégiés sont ceux dont les cotes de haut de plage sont < 3,3 m CM et/ou ayant subi une perte de sable.

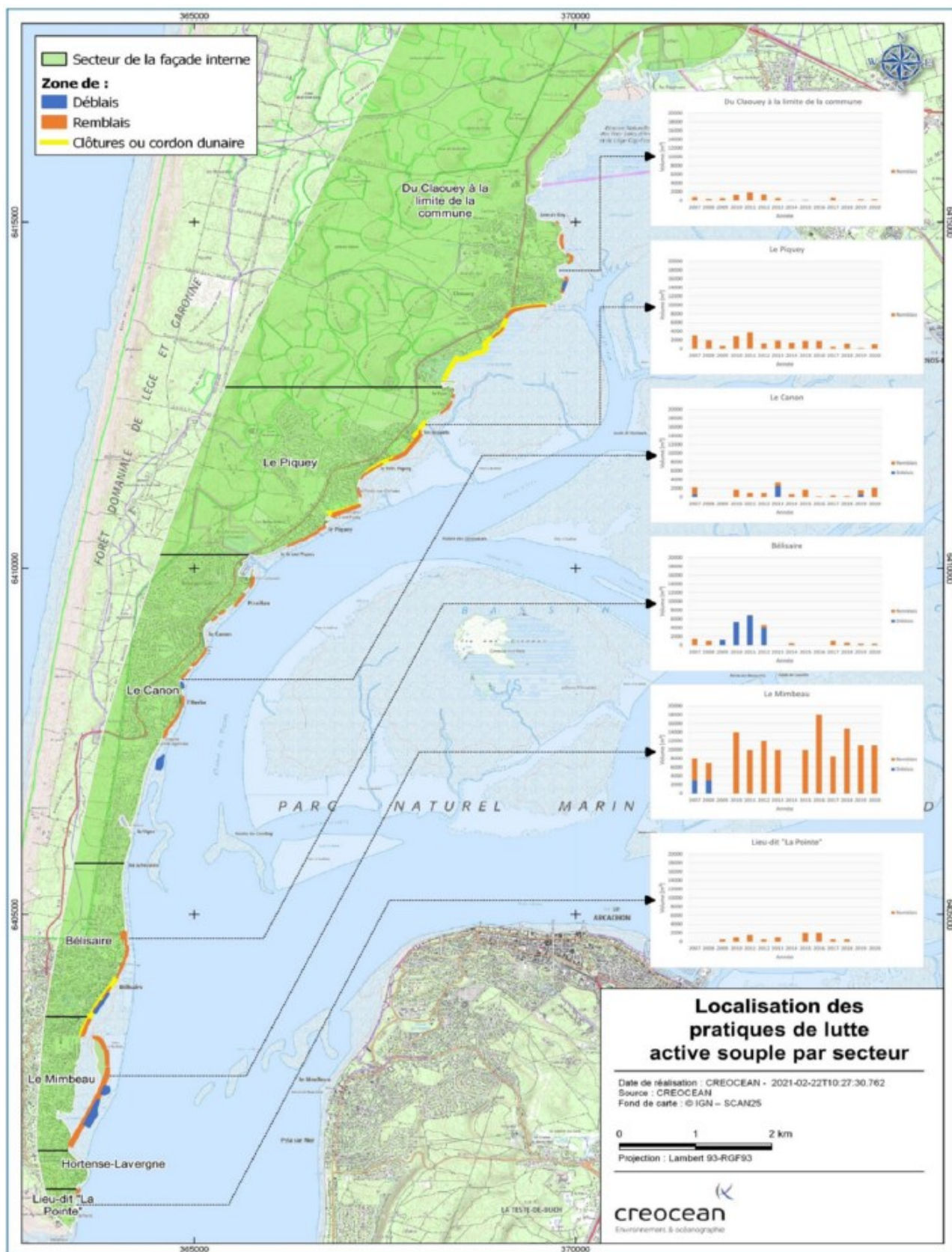


Figure 1-26 Synthèse des opérations de prélèvement et de rechargement par le SIBA sur la façade interne du Cap Ferret (CREOCEAN, 2022)

Table 1-1 Inventaire des opérations de rechargement du SIBA sur la zone d'étude depuis 2006.

Zones remblai	Années																				
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	TOTAL
Mini plage Nord Jane de Boy (PK 0)							100														100
Plage des Pastourelles (PK 0.1-0.45)	3000					8700				100											11 800
Pied ouvrage entre Pastourelles et Bertic (PK 0.45-0.65)					500	500	100	100		100		500									1 800
Plage de Bertic (PK 1-1.2)						700	800														1 500
Cale mise à l'eau Claouey (cercle de voile) (PK 1.5)														50							50
Plage de la croix des marins - Claouey (PK 1.6-2.1)		800	400	600	600	700	400	500	150			200		50							4 400
Piclaouey (PK 2.3-2.5)					200									200	300						700
Le Four (PK 3.7-4.05)					500	100	300	600	600	500			400			800			500	500	4 800
Jacquets (PK 4.4-5.05)		1200	300	150	1200	1400	200	250	250	500	800		350	100	100	400		600	600	600	9 000
Petit Piquey (5-5.1)																350					350
Plage de la Pointe aux Chevaux (PK 5.2-5.8)												500			2020						2 520
Sud pointe aux Chevaux (PK 5.9-6.3)		600	600	500		300		500						150	100						2 750
Sud port Grand Piquey (PK 6.5-7.1)		1300	100		1200	100	700	500	500	800	1000		400		500	1000			620	300	9 020
Piraillan (PK 7.8-8.5)		1000			300					300				400	600			1100	1000	2300	7 000
Canon Nord (PK 8.55-8.6)											200			200		300					700
La Plageotte (PK 9.05-9.35)					600		600	300	300	600											2 400
Herbe Nord (PK 9.4-9.6)		600																			600
Herbe Sud (PK 9.85-10.5)					800	900	300	500	300	800		400	250	500	1500	500		700	1000	2000	10 450
Plage de la Vigne (PK 11.5-11.85)							5500		5300			5200			10000						26 000
Plage des Américains (PK 13.4-13.5)			1000				300		400	7500					20000						29 200
Bélisaire Nord/Sud (PK 13.5-14.1)		1500		100		100	300						500	300	300			1000	500		4 600
TOTAL	3 000	7 000	2 400	1 350	5 900	13 500	9 600	3 250	7 800	11 200	2 000	6 800	1 900	1 950	35 420	3 350	-	3 400	4 220	5 700	129 740

1.5.4 Besoins théoriques, tenue des rechargements et contraintes de gestion

Les études antérieures montrent que l'objectif des rechargements n'est pas uniquement "morphologique", mais aussi fonctionnel. SOGREAH (2008) formulait, par exemple, des critères de largeur de plage sèche et de zone tampon entre ouvrages et action des clapots, et estimait des besoins de l'ordre de 67 000 m³/an à l'échelle de la façade intra-bassin (incluant le Mimbeau).

Ces travaux soulignaient aussi une réalité déterminante pour la gestion locale : la tenue des rechargements varie fortement selon le contexte, en particulier à proximité des chenaux. Les rechargements en bordure de chenal présentent une tenue moins bonne, et leur durabilité est plus difficile à garantir. Cette distinction "faible tenue" versus "meilleure tenue" est explicitement intégrée dans les préconisations, avec des interventions à prioriser là où la persistance est plus élevée.

Enfin, la documentation technique souligne l'intérêt d'un suivi topographique régulier pour piloter ces interventions. SOGREAH (2008) recommande des levés une à deux fois par an pour mieux qualifier la tenue des sables apportés et dimensionner des rechargements d'entretien, avec des fréquences d'intervention de l'ordre de 1 à 2 ans selon les secteurs.

Le pilotage de ces interventions s'appuie sur un dispositif de suivi récurrent. Le SIBA réalise en effet chaque année une campagne topographique sur les plages intra-bassin, permettant de comparer les états d'une année à l'autre, d'identifier les secteurs en érosion ou en accrétion et de prioriser les opérations de gestion en conséquence (Figure 1-28 et Figure 1-29).

Dans le cadre de la présente étude, ces données topographiques constituent un apport majeur. Les levés transmis par le SIBA sont mobilisés directement pour construire les profils de référence, quantifier des évolutions morphologiques sur des périodes pluriannuelles lorsque cela est possible, et alimenter la calibration et la mise en œuvre de la méthode de calcul du taux d'évolution T_x sur les secteurs où la lecture des signaux n'est pas totalement masquée par les rechargements. Cette utilisation permet d'ancrer le calcul de T_x sur des éléments mesurables, tout en documentant explicitement l'influence de la gestion sédimentaire sur les trajectoires observées.



Figure 1-27 Exemple d'ouvrage longitudinal (l'Herbe) où l'abaissement du niveau de plage exposant les palplanches assurant la stabilité de l'ouvrage.

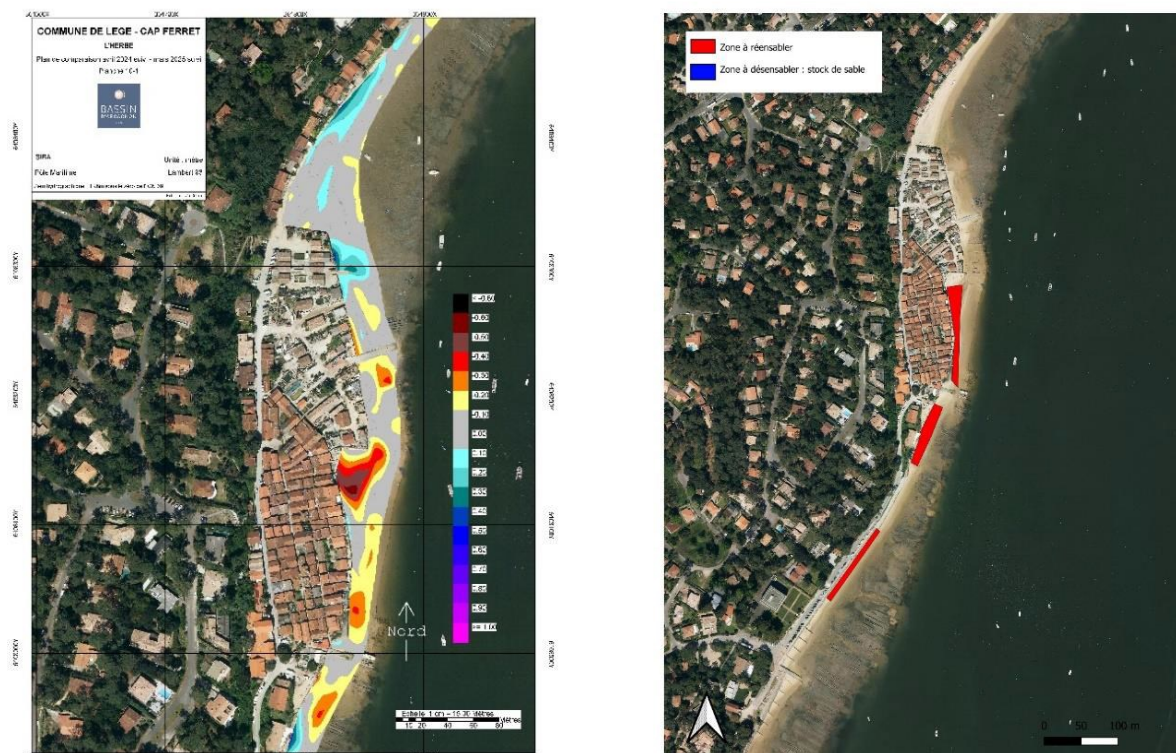


Figure 1-28 Exemple de l'analyse annuelle du SIBA à L'Herbe. Gauche : Comparaison entre les levés d'avril 2024 et de mars 2025. Droite : Localisation des zones d'intervention



Figure 1-29 Photographie avant et après travaux 2025 sur le secteur de l'Herbe

1.5.5 Actions communales de redistribution mécanique et lutte contre la submersion

Au-delà des opérations du SIBA, les services techniques communaux interviennent ponctuellement sur les secteurs sableux pour redistribuer mécaniquement du sable en haut de plage, notamment afin de traiter des points bas et de constituer des merlons (Figure 1-30 et Figure 1-31). Ces actions répondent à un besoin opérationnel de réduction de la submersion marine lors des marées de forts coefficients, lorsque des coups de vent de secteur sud à est majorent les niveaux d'eau et l'agitation sur cette façade. Dans la mesure où ces interventions ne font pas l'objet d'un inventaire consolidé à l'échelle du linéaire, elles constituent un facteur supplémentaire d'incertitude dans l'interprétation des évolutions de profils. Leur effet peut être significatif localement, car elles modifient directement la forme du haut de plage.



Figure 1-30 Merlon ayant résisté à la précédente marée haute sur la plage des Américains

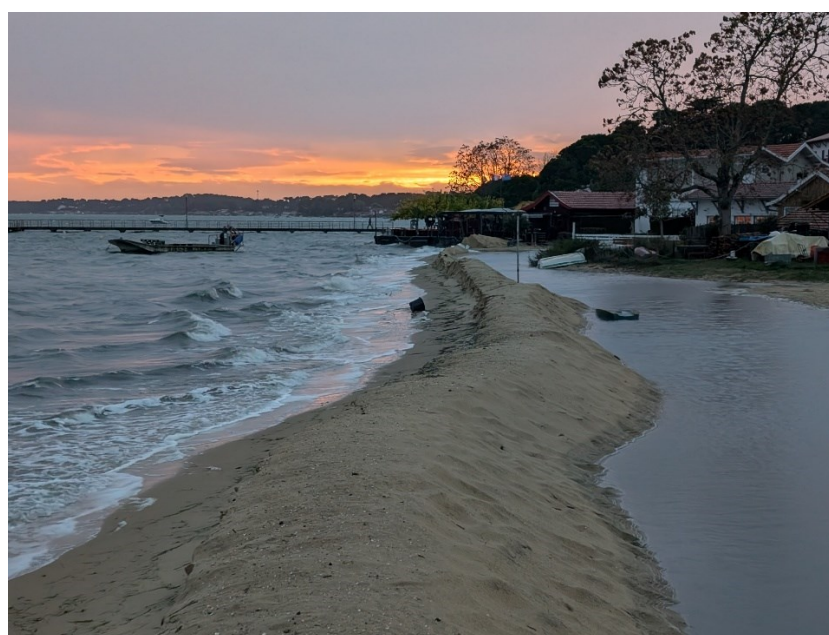


Figure 1-31 Merlon avec une brèche dans le secteur du Grand Piquey



Figure 1-32 Deux exemples au Claouey d'utilisation de sac de sables et du sable de la plage contre la submersion marine (comblement d'entrée de zones basses).

1.5.6 Conclusion opérationnelle sur la gestion des sédiments

L'ensemble de ces éléments conduit à considérer la façade intra-bassin comme un rivage en maintenance quasi permanente, davantage que comme un linéaire évoluant librement sous le seul effet des forçages naturels. Les bilans de terrain montrent aussi que les choix d'intervention ne reposent pas exclusivement sur des critères physiques (niveaux de plage, exposition), mais intègrent des arbitrages locaux liés aux usages et aux demandes exprimées, ainsi que des contraintes logistiques d'accès.

Pour la suite du rapport, ce constat est déterminant : il explique une part de la difficulté à identifier et interpréter les tendances d'évolution à partir de levés topographiques ou d'orthophotographies, et justifie une approche par les mécanismes physiques (solicitations hydrodynamiques) pour spatialiser l'aléa érosion à l'horizon 100 ans, tout en documentant explicitement le rôle structurant des interventions de gestion.

1.6 Synthèse technique et éléments opérationnels retenus pour la méthode

Cette première partie fixe les hypothèses de travail et les points d'appui opérationnels pour la caractérisation de l'aléa érosion dans le cadre de la révision du PPRL.

La façade interne est abordée comme un linéaire hétérogène. **Une distinction structurante est retenue entre un secteur "chenal de Piquey" (de Bélisaire à la Pointe aux Chevaux), au contact d'un chenal actif et plus directement exposé aux courants et au clapot, et un secteur "vasières" plus au nord, où un estran plus large module les sollicitations hydrodynamiques** (SOGREAH, 2008). Cette base est complétée par une segmentation plus fine fondée sur des critères directement mobilisables dans la méthode (proximité chenaux, largeur d'estran, nature des berges, contextes d'abri).

Sur ce linéaire fortement anthropisé, il n'existe pas de signal rétrospectif simple permettant de déduire un T_x à partir des seules observations. Le trait de côte est largement contraint par les aménagements et la morphologie du haut de plage est régulièrement modifiée par des rechargements et redistributions. En conséquence, T_x sera reconstruit à partir d'indicateurs de processus et calibré localement sur des secteurs où l'information topographique reste interprétable.

L'analyse des ouvrages confirme une hétérogénéité extrême et l'absence de garanties de pérennité à l'horizon 2120 sur la majorité du linéaire. **L'hypothèse opérationnelle retenue est donc la non-prise en compte des ouvrages pour la projection de l'érosion (projection du recul appliquée), à l'exception du port de la Vigne, traité comme tronçon spécifique au regard de sa gouvernance et de**

sa gestion, avec une hypothèse de prise en compte conditionnée à la continuité d'entretien au-delà de 2070.

Enfin, la gestion sédimentaire constitue un forçage anthropique majeur. **Les campagnes topographiques annuelles et l'inventaire des rechargements depuis 2006 (source SIBA) sont intégrés à la démarche pour annoter et, lorsque possible, corriger les séries utilisées pour calibrer T_x .** Les redistributions mécaniques communales visant à limiter la submersion, non inventoriées, introduisent un facteur supplémentaire de prudence dans l'interprétation des tendances.

Ces éléments justifient le recours, en partie II, à une méthode orientée sollicitations hydrodynamiques, construisant un T_x spatialisé puis articulé avec E_{cc} et L_{max} dans le cadre PPRL, en explicitant les hypothèses et les limites associées.

2 Partie II. Démarche méthodologique de caractérisation de l'aléa

Cette deuxième partie présente la méthode retenue pour caractériser et spatialiser l'aléa érosion à l'horizon 2120. Elle explicite la chaîne de traitement depuis la modélisation hydrodynamique (modèle bassin), la construction des trois composantes PPRL (T_x , E_{cc} , L_{max}), jusqu'à leur assemblage cartographique et l'intégration des zones basses. L'objectif est de fournir une démarche reproductible, traçable et fondée sur les processus physiques, tout en limitant le recours au dire d'expert lorsque des données permettent un calage.

2.1 Présentation générale de la démarche

2.1.1 Objectifs et périmètre

L'objectif de la présente partie méthodologique est de définir une démarche reproductible permettant de caractériser et spatialiser l'aléa érosion le long de la façade interne du Cap Ferret, dans le cadre de la révision du PPRL. La méthode doit aboutir à des résultats directement mobilisables pour la cartographie réglementaire, tout en limitant la part de subjectivité (« dire d'expert ») lorsque des données mesurées permettent un calage. Cette logique s'appuie notamment sur la calibration des paramètres d'une loi d'érosion à partir d'informations granulométriques et de séries topo/LiDAR, puis sur la transposition des paramètres calibrés à l'ensemble du linéaire.

La démarche s'applique à la façade interne du Cap Ferret comprise entre la jetée de Bélisaire et la limite nord communale, sur le linéaire concerné par l'étude complémentaire menée en appui à la révision du PPRL.

Les résultats sont construits pour un horizon de projection à 100 ans (2120) cohérent avec le cadre PPRL en cours, en distinguant les contributions de l'érosion chronique, de l'élévation du niveau marin et du recul événementiel.

2.1.2 Indicateurs mobilisés et principe général de construction de l'aléa

La méthode est structurée autour des trois composantes classiquement mobilisées dans le cadre PPRL :

- T_x , utilisé ici comme un indicateur spatialisé du potentiel d'érosion des courants le long du linéaire.
- E_{cc} , correspondant à un recul lié à l'élévation du niveau de la mer, estimé de manière homogène par application de la règle de Bruun avec une pente moyenne défavorable.
- L_{max} , représentant un recul événementiel, déterminé par modélisation (XBeach) et décliné par grands secteurs hydro-morphologiques.

Le principe général consiste à calculer ces composantes de manière cohérente, puis à les assembler pour produire une valeur de recul totale, utilisée ensuite pour la construction des bandes d'aléa. La démarche intègre également le croisement avec une cartographie des zones basses, afin d'identifier les secteurs où la topographie basse structure l'extension de l'aléa au-delà du recul calculé.

2.1.3 Vue d'ensemble de la chaîne de traitement

La caractérisation de l'aléa érosion est construite à partir d'une approche orientée processus, dans laquelle les sollicitations hydrodynamiques sont utilisées pour spatialiser un potentiel d'érosion le long de la façade interne, puis converties en indicateurs compatibles avec le cadre PPRL.

La méthode est structurée en cinq blocs principaux.

1. Modèle bassin et extraction des forçages

Un modèle hydrodynamique du Bassin d'Arcachon est utilisé pour représenter la variabilité des courants et des niveaux d'eau sur une période représentative. Les séries temporelles extraites à proximité du rivage constituent l'entrée principale du calcul de l'érosion chronique.

2. Module T_x , érosion chronique pilotée par les courants

Les séries de vitesses issues du modèle sont converties en contrainte de cisaillement au fond. Une loi d'érosion en excès de contrainte de type Partheniades est appliquée pour estimer un recul potentiel. Les paramètres de la loi sont calibrés localement sur un profil de référence à partir d'une série topo homogénéisée sur 2005–2025, en corrigeant l'effet des rechargements. Les paramètres sont ensuite transposés à l'ensemble du linéaire par classes de berges, afin d'obtenir un champ spatial de T_x à l'horizon 100 ans. Un lissage spatial est appliqué pour produire une représentation cohérente à l'échelle réglementaire.

3. Module E_{cc} , contribution de l'élévation du niveau marin

La hausse du niveau marin retenue dans la révision du PPRL est traduite en recul par application de la règle de Bruun. Compte tenu des variations spatiales et interannuelles des pentes, une pente moyenne défavorable est retenue afin de fournir une contribution homogène et compatible avec les attendus PPRL.

4. Module L_{max} et prise en compte des zones basses

Un recul événementiel est estimé à partir d'un événement de référence et appliqué selon une sectorisation cohérente avec les contextes hydro-morphologiques.

5. Cartographie finale avec intégration des zones basses

Une cartographie des zones basses est construite à partir d'un critère altimétrique fondé sur un niveau marin de référence et la hausse du niveau de la mer. Les bandes d'aléa finales résultent de l'assemblage des composantes (T_x , E_{cc} , L_{max}) et de leur articulation avec les zones basses lorsque celles-ci contrôlent l'extension de l'aléa.

2.2 Modèle bassin et extraction des forçages hydrodynamiques

Cette section présente l'interface entre la modélisation hydrodynamique à l'échelle du bassin et les modules de calcul de l'aléa.

2.2.1 Présentation du modèle bassin

Le modèle hydrodynamique est construit avec le système de modélisation SCHISM (Zhang *et al.*, 2016), dont le module de circulation 2DH est couplé (*two-way coupling*) au module spectral WWM pour la génération et la propagation des vagues. Le modèle se base sur une implémentation de SCHISM développée et validée pour quantifier les gradients de transport sédimentaire le long de la façade océanique du Cap Ferret (Figure 2-1 ; Nahon *et al.*, 2022). Le domaine du modèle est discrétisé par un maillage non structuré comptant 86 000 nœuds, avec une résolution de 60 mètres à l'intérieur du Bassin. Ce maillage, la bathymétrie utilisée (une mosaïque de sondages datant de 2014), de même que la répartition du coefficient de Manning pour la friction sont repris de cette étude. Les forçages incluent les

champs de vent et de pression atmosphérique issus de la réanalyse ERA5¹, ainsi que les spectres de houle en frontière, générés par un modèle WW3 de l'Atlantique Nord (également forcé par ERA5) et les composantes de marée du modèle FES2014².

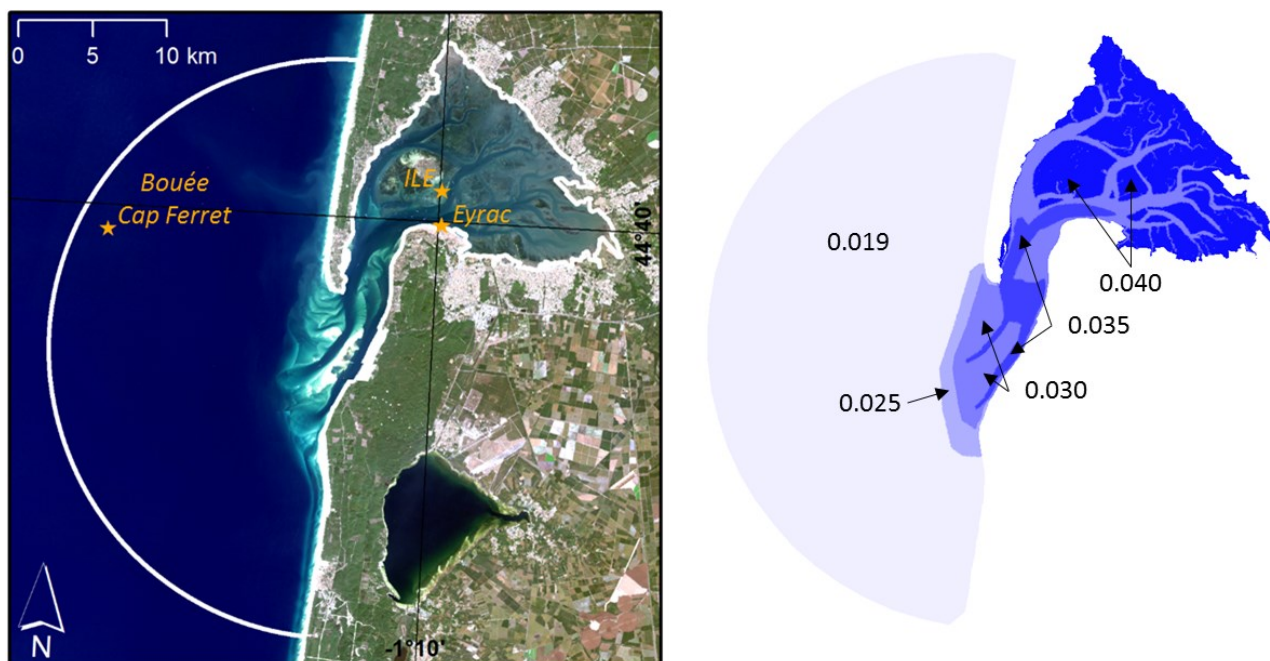


Figure 2-1 Implantation du modèle hydrodynamique. Gauche : Vue satellite d'octobre 2014, avec en blanc les contours du domaine SCHISM et la localisation (étoiles jaunes) des points de mesure utilisés pour la validation. Droite : Répartition spatiale du coefficient de Manning ($\text{m}^{-1/3}.\text{s}$).

2.2.2 Validation du modèle bassin

Deux périodes ont été simulées pour valider le modèle. La première période vise à confirmer la validation du modèle de friction et des conditions aux frontières (vagues et marée), en s'appuyant sur les données de la bouée directionnelle du Cap Ferret (Candhis-Cerema, Campagne 03302 Cap Ferret³) et du marégraphe d'Arcachon Eyrac (REFMAR⁴). Elle s'étend sur 59 jours, du 3 septembre au 31 octobre 2023, comptant notamment la tempête Céline qui a causé la submersion du village ostréicole de Claouey les 28 et 29 octobre⁵. Au cours de cette période le modèle d'élévation présente une erreur quadratique moyenne de l'ordre de 12 cm pour un biais négatif de 4 cm, notamment dû à la sous-estimation de la surcote à la fin du mois d'octobre (Figure 2-2). En termes de vagues (Figure 2-2), le modèle surestime la taille moyenne des vagues d'environ 8.5%, pour une erreur quadratique moyenne de 28 cm, soit 15.8% de la taille moyenne des vagues sur la période.

La seconde période de validation, au début du mois de janvier 2016, a servi à valider la génération des vagues à l'intérieur du bassin grâce à des mesures collectées par l'Ifremer (Le Pedevic *et al.*, 2025) au niveau de l'Île aux Oiseaux (ILE, Figure 2-1). De même que pour la première période, la discrétisation spectrale de WWM compte 36 fréquences (0.03-0.90 Hz) et 36 directions (0-360°) ; les termes sources

¹ ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present, <https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47>

² FES2014 global ocean tide atlas: design and performance, <https://doi.org/10.5194/os-17-615-2021>

³ https://candhis.cerema.fr/_public_/campagne.php

⁴ <https://refmar.shom.fr/>

⁵ Journal Sud Ouest du 29 octobre 2023 (<https://shorturl.at/O2Tra>); <https://youtu.be/aR-mIHpzY9g?si=Vj3HXhql3Ar4lptr>

et la friction sont identiques à ceux utilisés par Le Pedevic *et al.* (2025). Pour les données disponibles entre le 3 et le 13 janvier (Figure 2-3), le biais est nul entre données et prévisions, et l'erreur quadratique moyenne du modèle est de l'ordre de 8 cm, soit 33% de la taille moyenne des vagues mesurées.

Dans un cas comme dans l'autre, ces performances sont en accord avec la littérature et ce qui est attendu pour ce type d'application. Dans la suite de l'étude, le modèle fournit deux séries temporelles de résultats, utilisées directement dans le calcul du champ de T_x , puis pour forcer une série de sept modèles XBeach (profils 1D) pour le calcul du champ de L_{max} . Dans ce dernier cas, une troisième simulation est réalisée. Cette troisième simulation est équivalente à la première simulation de validation, mais avec un vent d'est constant, établi à une vitesse de 20 m/s. Ces conditions, pouvant être qualifiées d'exceptionnelles (CASAGEC, 2021), sont les plus à-même de caractériser le recul événementiel L_{max} .

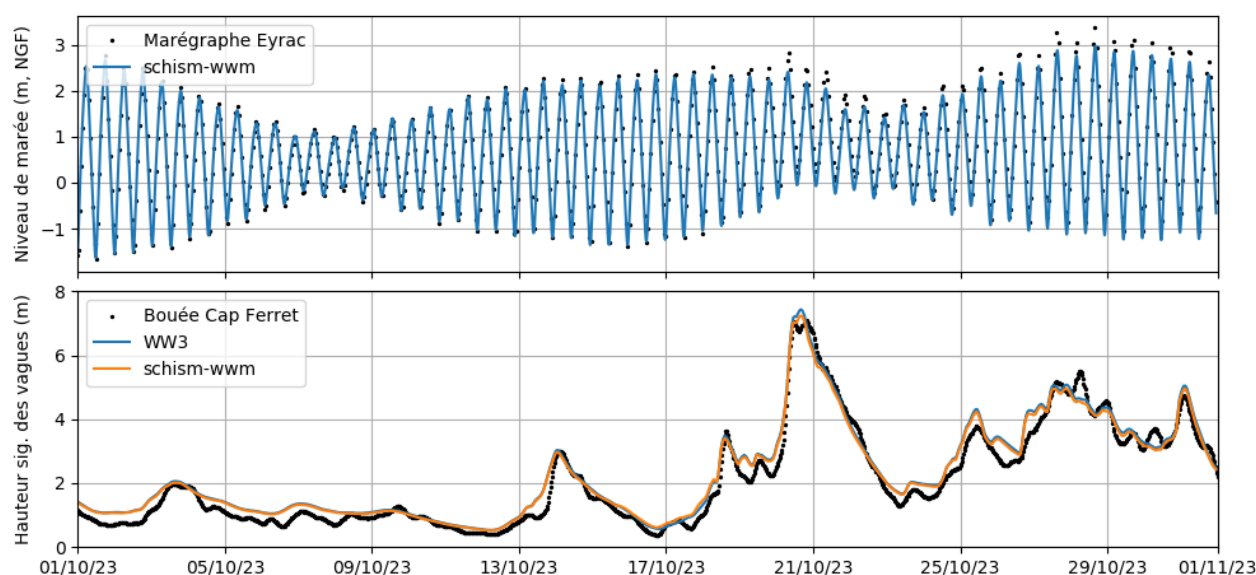


Figure 2-2 Validation du modèle hydrodynamique. En haut : Comparaison de l'élévation du plan d'eau observée à Eyraac (Figure 2-1) et simulée avec SCHISM. En bas : Comparaison de la hauteur significative des vagues observée à la bouée Cap Ferret (Figure 2-1) et simulée avec SCHISM.

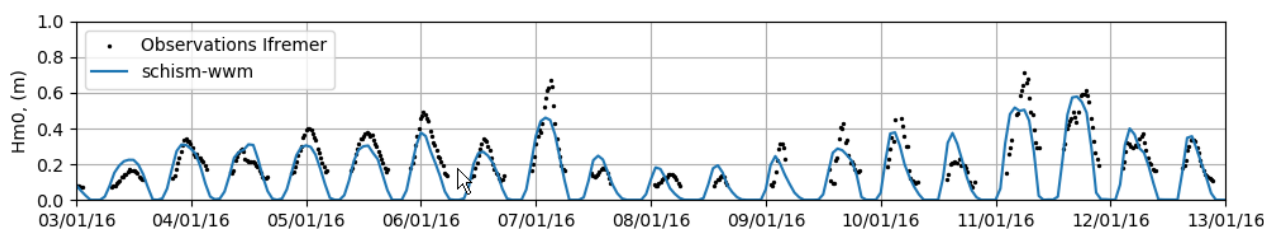


Figure 2-3 Comparaison de la hauteur significative des vagues générées par le vent mesurées par l'Ifremer (Le Pedevic *et al.*, 2025) au sud-est de l'Île aux Oiseaux (ILE, Figure 2-1) et celles simulées avec SCHISM.

2.2.3 Variables extraites

Le modèle fournit des séries temporelles de **courants** et de **niveaux d'eau**, utilisées pour caractériser les sollicitations s'exerçant au droit des berges. Dans la suite, la vitesse de courant instantanée est notée $U(t)$ déduite des composantes $u(t)$ et $v(t)$ et le niveau d'eau est exprimé en NGF.

Les séries sont extraites à un **pas de temps horaire**, sur un **cycle lunaire complet (≈ 29 jours)**, afin de représenter l'ensemble des situations de marée (coefficients faibles à forts) sur une période continue.

2.2.4 Définition des points d'extraction

Les sollicitations hydrodynamiques sont échantillonnées à des points situés à **60 m du rivage**, côté mer. Cette distance correspond à la largeur de la première maille du modèle au droit du rivage, et constitue un compromis opérationnel : suffisamment proche pour représenter le gradient de forçage exercé sur la berge, tout en restant dans une zone où les variables du modèle sont disponibles et cohérentes numériquement.

Les points d'extraction sont répartis le long du linéaire avec un **espacement d'environ 100 m**, afin d'obtenir une représentation continue des contrastes spatiaux de forçage (proximité du chenal, présence de vasières, secteurs plus abrités). Cette maille longitudinale constitue la base du calcul du champ de T_x .

2.2.5 Contrôles de cohérence et données effectivement transmises aux modules

Les séries extraites sont utilisées telles quelles par le module T_x . Elles sont ensuite transformées en indicateurs physiques (vitesse, contrainte de cisaillement, durée de dépassement d'un seuil), puis agrégées pour produire une estimation de recul à l'horizon 100 ans.

Dans le cadre de cette étude, l'objectif du modèle n'est pas de reproduire des dynamiques morphologiques fines, mais de fournir un champ spatial cohérent des sollicitations hydrodynamiques le long de la façade interne. La représentativité de la période simulée (cycle lunaire complet) est donc un point central : elle vise à intégrer l'alternance des conditions de marée dans la quantification du potentiel d'érosion.

2.3 Module T_x . Érosion chronique pilotée par les courants

2.3.1 Objectif du module et logique générale

Le module T_x vise à produire un recul chronique à l'horizon 100 ans associé à l'action répétée des courants de marée le long de la façade interne. L'idée est de relier, de manière reproductible, un forçage hydrodynamique spatialisé (vitesses issues du modèle bassin) à une réponse morphologique (érosion latérale des berges), en limitant au maximum la part de "dire d'expert".

Concrètement, le module transforme une série temporelle de vitesses de courant ($U(t)$) en une série de contraintes au fond ($\tau(t)$), puis en un taux d'érosion instantané ($E(t)$) via une loi de dépassement de la contrainte de cisaillement (« *excess shear stress* »).

On intègre ensuite cette érosion dans le temps pour obtenir un volume érodé par mètre de berge, puis on convertit ce volume en recul horizontal équivalent par une relation de conservation de masse. Cette philosophie "forçage → taux → volume → recul" est explicitée comme une approche empirique fondée sur les processus, où l'on représente la variabilité locale via le type de matériau, la géométrie de berge et les conditions hydro (courants).

2.3.2 Description de la loi de Partheniades (dépassement de contrainte)

Principe

Le choix d'une loi de type Partheniades répond à deux besoins méthodologiques.

D'abord, il faut une formulation simple, robuste, et utilisable avec des sorties de modèle hydrodynamique (séries de vitesses) sans introduire un nombre excessif de paramètres difficilement contraignables. Les lois en excès de contrainte reposent sur un principe physique clair : pas d'érosion tant que la contrainte reste sous un seuil, puis une érosion dont l'intensité augmente avec le dépassement du seuil.

Ensuite, cette famille de lois est largement utilisée pour représenter l'érosion de matériaux fins ou cohésifs, ou plus généralement lorsque l'on veut traduire la "résistance" du matériau par un seuil critique (τ_{cr}) et une érodibilité (M). Par exemple, Bosa et al. (2018) utilisent une formulation où le flux d'érosion

dépend du dépassement de la contrainte au-dessus d'un seuil, avec un coefficient d'érodibilité pour ajuster l'estimation de l'érosion latérale sur des observations du recul des berges d'un estuaire. C'est exactement l'esprit retenu ici, avec un calibrage de (M) à partir d'observations et un τ_{cr} lié aux propriétés granulométriques.

Dans notre cas, la loi est posée sous la forme :

$$E(t) = M[\tau(t) - \tau_{cr}]^+$$

c'est à dire $E(t) = 0$ (pas d'érosion), si $\tau(t) < \tau_{cr}$,

et $E(t)$ croît linéairement avec le dépassement du seuil critique, soit : $\tau(t) > \tau_{cr}$.

Étape 1. Passage des vitesses du modèle bassin à la contrainte $\tau(t)$

Les sorties du modèle bassin fournissent les vitesses horizontales du courant $u(t)$ et $v(t)$ au voisinage du rivage. On calcule d'abord la norme :

$$U(t) = \sqrt{u(t)^2 + v(t)^2}$$

puis on convertit ($U(t)$) en contrainte de cisaillement sur le fond via :

$$\tau(t) = \rho C_f U(t)^2$$

où ρ est la masse volumique de l'eau et C_f un coefficient de frottement.

Cette approche permet d'utiliser directement les vitesses issues du modèle hydrodynamique pour obtenir un indicateur mécanique pertinent pour l'érosion, sans reconstruire finement la couche limite. Le choix d'un C_f constant est une hypothèse de simplification, acceptable ici car l'objectif n'est pas de reproduire une micro-variabilité locale, mais de produire un champ spatial cohérent de sollicitations.

Dans le paramétrage retenu, ($C_f = 0.003$).

Étape 2. Calcul du taux d'érosion instantané ($E(t)$)

Une fois la contrainte de cisaillement $\tau(t)$ connue, le taux d'érosion instantané est calculé par dépassement de cette contrainte :

- si $\tau(t) < \tau_{cr}$, alors $E(t) = 0$,
- si $\tau(t) > \tau_{cr}$, alors $E(t) = M[\tau(t) - \tau_{cr}]$,

ce qui correspond à la loi utilisée dans la démarche présentée précédemment.

Interprétation des paramètres :

- τ_{cr} est le **seuil critique**. Il traduit le fait que tant que les efforts hydrodynamiques sont insuffisants, la berge ne “répond” pas par de l'érosion.
- M est le **coefficient d'érodibilité**. Il contrôle l'intensité de l'érosion une fois le seuil dépassé.

La démarche globale vise explicitement à limiter le “dire d'expert” en fixant τ_{cr} par les données granulométriques, et en ajustant (M) à partir de mesures de vitesse d'érosion.

Les figures suivantes illustrent le fonctionnement de la loi d'érosion en excès de contrainte utilisée dans le module Tx . Elles montrent d'abord que l'érosion ne se déclenche que lorsque la contrainte de cisaillement au fond $\tau_c(t)$ dépasse le seuil critique τ_{cr} . Ainsi, durant la majeure partie du cycle de marée, $\tau_c(t)$ reste inférieure au seuil et le taux d'érosion instantané $E(t)$ est nul. À l'inverse, lors des phases de forts courants (souvent associées aux marées de forts coefficients), $\tau_c(t)$ franchit τ_{cr} et l'érosion apparaît de manière intermittente, sous forme de “pics” synchrones des dépassements.

Ces figures permettent également de visualiser le rôle du coefficient d'érodibilité M . À seuil τ_{cr} donné, M contrôle l'intensité de l'érosion produite pendant les dépassements, c'est-à-dire la hauteur des pics de $E(t)$ pour une même contrainte $\tau_c(t)$. Le paramètre M n'agit donc pas sur la fréquence d'activation du processus (pilotée par τ_{cr} et l'hydrodynamique), mais sur la quantité d'érosion générée lorsque le seuil est franchi, ce qui justifie sa calibration sur un profil de référence.

Étape 3. Intégration temporelle en “volume érodé par mètre de berge”

Le taux $E(t)$ est une vitesse d'érosion (dimension d'une longueur par unité de temps). Pour passer à un volume, on introduit une **hauteur active** $H_{act}(t)$, qui représente l'épaisseur verticale de berge effectivement soumise à l'action érosive au temps (t). Cette hauteur dépend du niveau d'eau (marée), car une berge n'est érodée par le courant que sur la tranche effectivement mouillée.

On définit alors un volume élémentaire par mètre linéaire de berge :

$$dV(t) = E(t) H_{act}(t) dt$$

On calcule ensuite le volume total sur la période représentative (ici un cycle lunaire) par sommation temporelle :

$$\Delta V = \sum_t E(t) H_{act}(t) \Delta t$$

Point important de méthode.

Ici, le modèle bassin fournit la variabilité des vitesses sur une période représentative. Le rôle de Tx n'est pas de reproduire un événement unique, mais une érosion “de fond” résultant d'une répétition de conditions de marée. C'est pour cela que l'intégration temporelle est au cœur de l'approche.

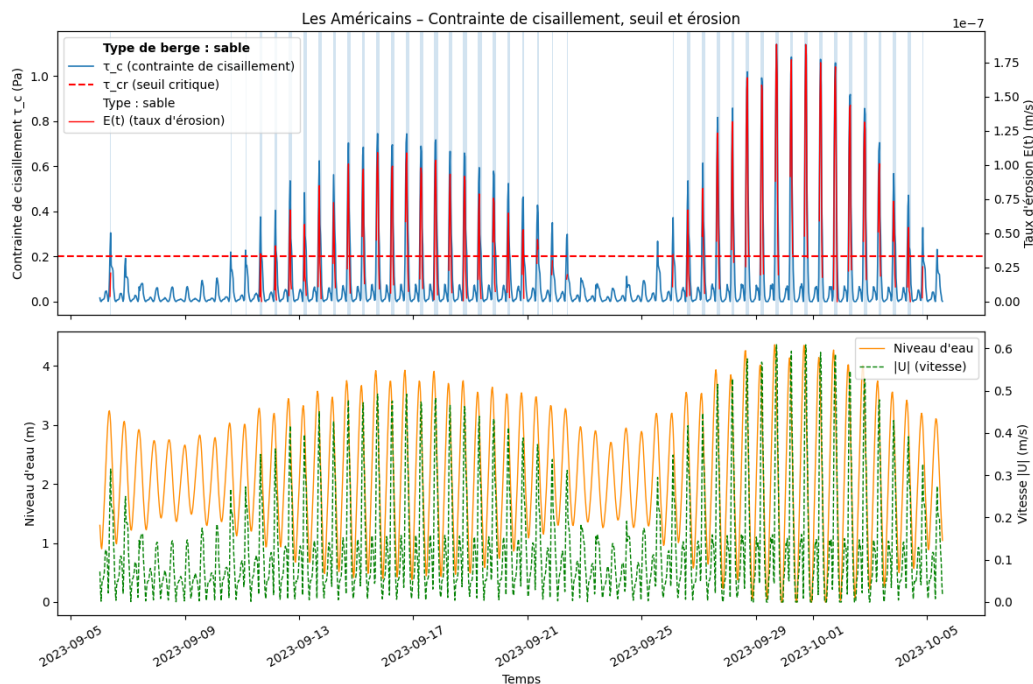


Figure 2-4 Exemple de test de sensibilité du module T_x sur un point “Les Américains” (berge sableuse). En haut : contrainte de cisaillement au fond $\tau_c(t)$ (bleu), seuil critique τ_{cr} (rouge pointillé) et taux d'érosion instantané $E(t)$ (rouge), calculé uniquement lors des phases de dépassement de τ_{cr} (loi en excès de contrainte). En bas : niveau d'eau (orange) et vitesse $|U(t)|$ (vert) issus du modèle bassin sur un cycle lunaire complet, illustrant le contrôle conjoint des marées et des intensités de courant sur l'activation de l'érosion.

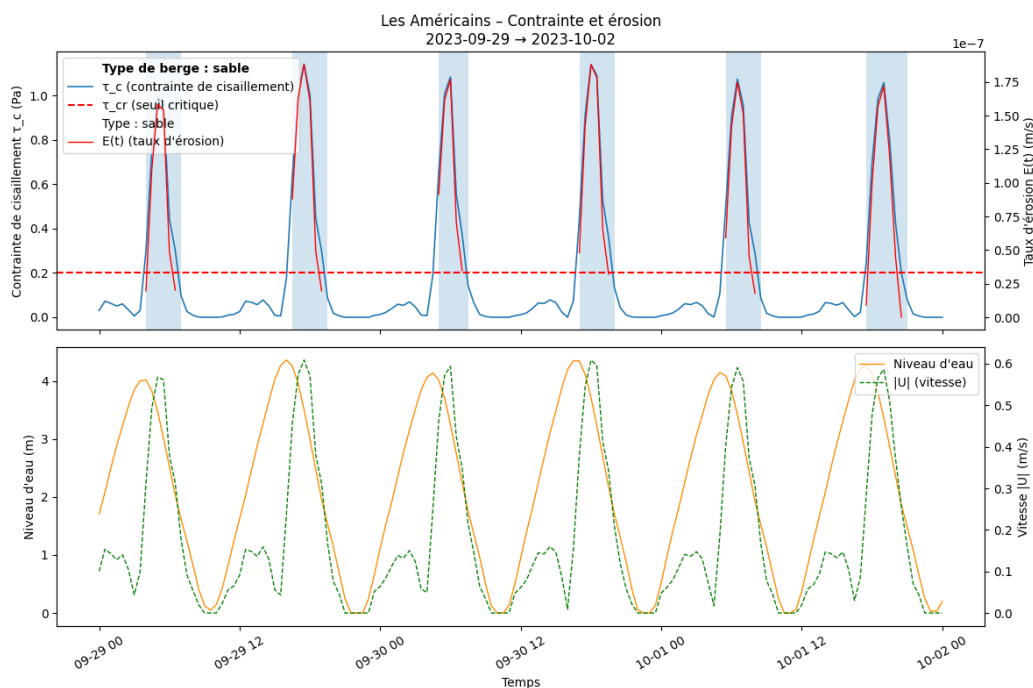


Figure 2-5 Exemple de test de sensibilité du module T_x sur un point “Les Américains” (berge sableuse). Zoom sur la plus forte érosion. En haut : contrainte de cisaillement au fond $\tau_c(t)$ (bleu), seuil critique τ_{cr} (rouge pointillé) et taux d'érosion instantané $E(t)$ (rouge), calculé uniquement lors des phases de dépassement de τ_{cr} (loi de dépassement de la contrainte). En bas : niveau d'eau (orange) et vitesse $|U(t)|$ (vert) issus du modèle bassin sur un cycle lunaire complet, illustrant le contrôle conjoint des marées et des intensités de courant sur l'activation de l'érosion.

Étape 4. Conversion du volume (ΔV) en recul horizontal (ΔW)

Le passage de ΔV à un recul horizontal est fait par conservation de masse, en supposant que l'érosion enlève un prisme de matériau le long de la berge.

On introduit :

- H_{tot} , une **hauteur caractéristique de berge** mobilisée dans la conversion (hauteur "géométrique" représentative de la zone qui recule),
- p , une **porosité** qui permet de passer du volume "géométrique" au volume de solide.

Le recul moyen correspondant au volume érodé est alors :

$$\Delta W = \frac{\Delta V}{H_{tot}(1 - p)}$$

Cette relation est centrale car elle rend le résultat directement interprétable en mètres de recul, donc compatible avec une cartographie PPRL.

Enfin, l'indicateur Tx est obtenu en extrapolant la période simulée à une base annuelle puis à 100 ans :

$$Tx = \Delta W 100$$

2.3.3 Choix des trois types de berge

L'objectif est de représenter la variabilité du linéaire avec un nombre limité de classes, tout en conservant une cohérence physique. Dans la méthodologie, les paramètres sont donc définis par grands types de berge, sur la base d'une revue bibliographique (Shields, Partheniades) et complétés par des tests de sensibilité sur le recul à 100 ans.

Sur la façade interne, les observations de terrain, notamment la nature du terrain en arrière des ouvrages, conduisent à retenir une typologie simple et représentative :

1. **Sable** : matériau dominant sur la majorité du linéaire.
2. **Sable + débris coquillés** : secteurs de villages ostréicoles, caractérisés par des remblais et un matériau plus grossier et compacté, décrit comme « mélange sable et débris coquillés ».
3. **Berges consolidées** : secteurs plus cohésifs (présence de vase, végétation), notamment vers le fond du bassin.

À noter : la diversité des ouvrages et matériaux implique une hétérogénéité locale, et il n'existe pas toujours d'homogénéité entre villages.

2.3.4 Détermination du seuil critique (τ_{cr}) pour le sable (approche Shields)

Le paramètre τ_{cr} représente la contrainte de cisaillement minimale à partir de laquelle les grains de sable commencent à être mobilisés. Dans la loi d'érosion de type Partheniades, ce seuil conditionne donc le déclenchement de l'érosion.

Données granulométriques mobilisées

Les valeurs de τ_{cr} pour le sable sont estimées à partir de la granulométrie mesurée sur les plages intra-bassin. La campagne CASAGEC (septembre 2020) repose sur 17 points d'échantillonnage répartis sur le littoral, avec une analyse en laboratoire.

Les résultats indiquent une granulométrie médiane (D_{50}) globalement homogène, avec $0,32 < D_{50} < 0,42$ mm.

Dans le cadre de la méthode, une valeur représentative $D_{50} = 0,36$ mm est retenue comme granulométrie médiane de référence pour les berges sableuses.

Principe de l'approche Shields

Le diagramme de Shields relie la mise en mouvement des sédiments à un paramètre adimensionnel (θ), qui traduit l'équilibre entre la force hydrodynamique (cisaillement) et le poids immergé des grains. L'application pratique consiste à :

- associer au D_{50} retenu une valeur de Shields critique (θ_{cr}) issue du diagramme,
- convertir cette valeur en contrainte critique (τ_{cr}) (en Pa) via la relation :

$$\tau_{cr} = \theta_{cr}(\rho_s - \rho)gD_{50}$$

où ρ_s est la masse volumique des grains, ρ celle de l'eau, et g l'accélération de la pesanteur.

Dans cette étude, l'estimation est réalisée à partir du diagramme de Shields en s'appuyant sur la formulation présentée par Van Rijn (1984).

Valeur obtenue

En appliquant l'approche Shields à $D_{50} = 0,36$ mm, on obtient une valeur de référence pour le sable de :

$$\tau_{cr} \approx 0.2 \text{ Pa}$$

Cette valeur constitue le point d'ancrage physique du seuil critique.

2.3.5 Calibration du coefficient d'érodibilité M sur le profil de référence

Objectif du calage

Le coefficient d'érodibilité M contrôle l'intensité de l'érosion modélisée une fois que la contrainte hydrodynamique dépasse le seuil critique. Son calage vise à ancrer la loi d'érosion sur un taux de recul calibré, afin de limiter le « dire d'expert » et de pouvoir ensuite transposer le paramétrage à l'échelle du linéaire.

Données mobilisées et choix du profil de référence

Le calage s'appuie sur une série de données topographiques sur 20 ans construite à partir de 4 millésimes disponibles et comparables, à savoir des MNT LiDAR 2005, 2016 et 2020, complétés par le relevé topographique 2025 des plages par le SIBA. Les données ont fait l'objet d'un traitement

d'interpolation sur une grille commune afin de les rendre comparables en limitant les biais. Cette série temporelle de 20 ans est proche de l'historique des rechargements du SIBA sur la zone d'étude.

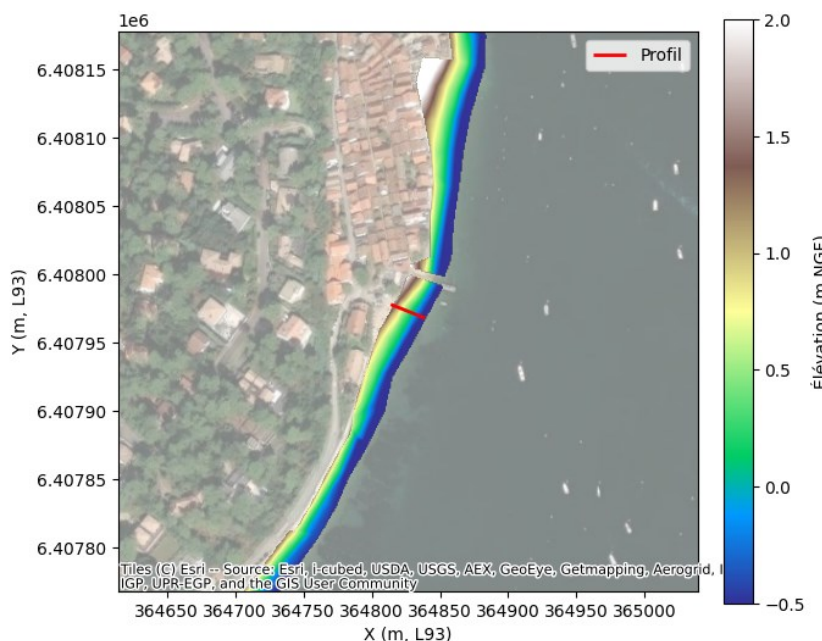


Figure 2-6 Localisation du profil de référence « Herbe Sud » et le MNT de 2005 associé.

Le profil de l'Herbe Sud (Figure 2-6) a été retenu comme profil de référence car il présente une tendance d'érosion claire et continue malgré les rechargements, ce qui permet de définir une tendance exploitable pour le calage de M .

Mesure d'un taux de recul observé à partir d'indicateurs altimétriques

Le principe consiste à suivre la mobilité horizontale de niveaux NGF fixes le long du profil. Trois indicateurs sont considérés (0, 0,5 et 1 m NGF).

Pour chaque date, la position des indicateurs est extraite sur le profil. Une régression linéaire est ensuite réalisée sur les positions obtenues afin d'estimer un taux de recul T_x sur la période couverte (Figure 2-7).

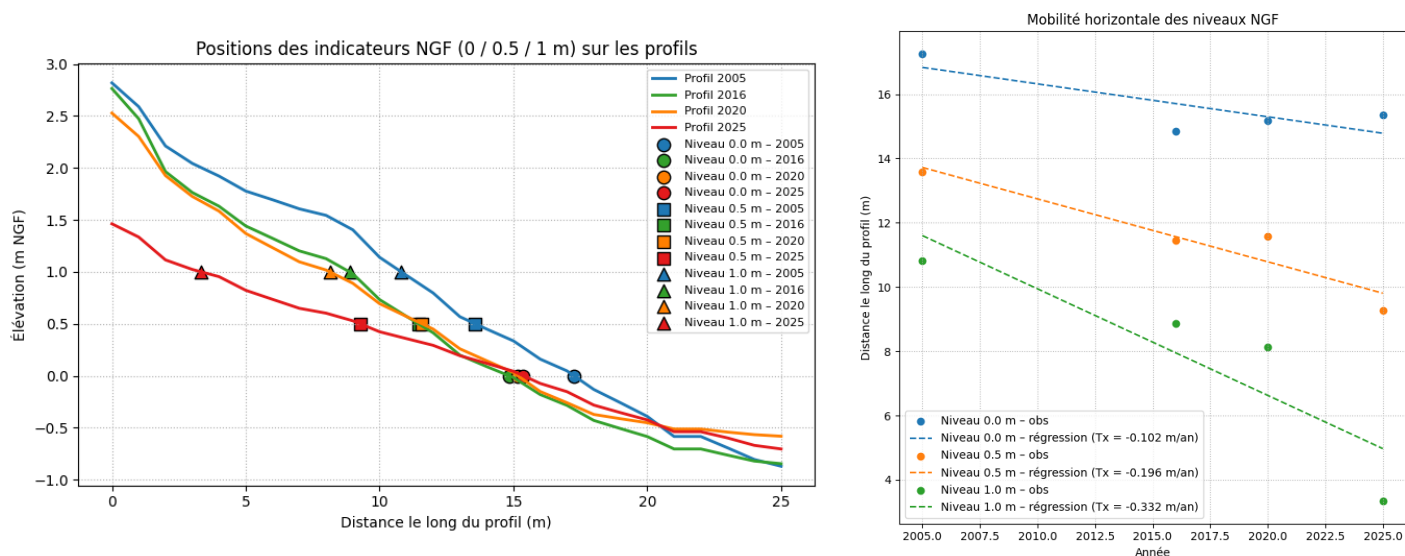


Figure 2-7 Gauche : Profils de plage à l'Herbe Sud en 2005, 2016, 2020 et 2025. Extraction de la position des indicateurs 0, 0.5 et 1 m NGF sur chacun des profils. Droite : régression linéaire de la position des indicateurs pour estimer le taux de recul.

Correction de l'effet des rechargements pour obtenir un Tx « naturel »

Sur la façade interne, les rechargements peuvent ralentir la tendance érosive. Le calage de M s'appuie donc sur un Tx corrigé, visant à retirer l'effet volumique de l'historique de rechargements sur le secteur du profil.

Pour le tronçon Herbe Sud (PK 9.85–10.5), les volumes annuels rechargés sont compilés sur 2006–2025, pour un total de 10 450 m³ (Table 1-1), avec notamment des rechargements plus importants en 2020 et 2025. A titre d'illustration, le rechargement plus important de 2020 pourrait expliquer l'apparente faible évolution entre 2016 et 2020.

Ces rechargements peuvent déplacer artificiellement vers le large les indicateurs topo suivis sur le profil. Pour approcher une tendance « naturelle », on applique une correction simple et traçable : volume rechargé → surépaisseur verticale → décalage horizontal équivalent au niveau des indicateurs NGF.

Conversion des volumes en surépaisseur cumulée

À partir des volumes annuels rechargés V_y (m³), on définit une surface représentative A (m²) sur laquelle l'apport est supposé se répartir en moyenne (ici $A=10,000$ m³).

La surépaisseur annuelle est :

$$h_y = \frac{V_y}{A}$$

et la surépaisseur cumulée à l'année (y) est :

$$H_y = \sum_{i \leq y} \frac{V_y}{A}$$

Conversion en décalage horizontal au droit d'un indicateur NGF

Pour un indicateur de cote (z) (0, 0,5 ou 1 m NGF), on estime la pente locale S_z du profil au voisinage de cet indicateur (régression locale sur le profil de référence).

Le décalage horizontal équivalent est alors :

$$\Delta x_{rech}(y) = \frac{H(y)}{S_z}$$

et la position corrigée devient :[

$$x_{nat}(y) = x_{obs}(y) - \Delta x_{rech}(y)$$

Estimation du Tx corrigé

Le Tx corrigé est obtenu en calculant la pente d'une régression linéaire des positions corrigées :

$$x_{nat}(y) = ay + b \quad \Rightarrow \quad Tx_{corr} = a$$

À titre de résultat de calage (indicateur 1 m NGF), on obtient :

- Tx observé (avec rechargements) = -0,332 m/an
- Tx corrigé (sans rechargements) = -0,587 m/an

Ajustement de M pour reproduire le Tx corrigé

Le coefficient M est ensuite ajusté afin que l'application de la loi d'érosion, alimentée par les sollicitations hydrodynamiques extraites du modèle (au droit du profil de référence), **reproduise le Tx corrigé** retenu pour le calage.

Le calage conduit à retenir $M = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s/Pa}$ pour les berges sableuses, valeur ensuite utilisée comme référence pour la transposition de la méthode.

Remarques méthodologiques (hypothèses de travail)

La correction « rechargements » repose sur une hypothèse volontairement simple et traçable, à savoir une conversion des volumes en surépaisseur moyenne sur une surface A , puis une conversion en décalage horizontal par la pente locale.

Cette correction vise à retirer l'ordre de grandeur volumique de l'apport anthropique pour isoler une tendance de recul exploitable pour le calage de M . Elle ne prétend pas reconstituer finement la redistribution réelle du sable sur le profil.

Transposition au linéaire et sur les autres types de berge

Une fois M calibré sur un profil de référence sableux, le modèle est appliqué à l'ensemble du linéaire en affectant à chaque secteur un type de berge et donc un couple (τ_{cr}, M) , ainsi que ρ et C_f (Table 2-1).

Pour les villages ostréicoles, une calibration directe n'est pas possible, la démarche adopte une approche prudente : on augmente le seuil critique (berge plus résistante) tout en conservant le comportement d'érodibilité du sable, à défaut de calibration. Cette hypothèse permet toutefois de conserver une hiérarchie physique entre matériaux.

Pour les prés salés et berges végétalisées, les tests indiquent que, dans les zones concernées, les contraintes de courant ne dépassent jamais le seuil critique associé à ce type de berge, et même un seuil sableux n'est pas dépassé. Cela conduit à conclure que l'aléa érosion y est peu contrôlé par Tx et davantage par l'élévation du niveau marin et la topographie basse.

2.3.6 Production cartographique et lissage "réglementaire"

Le calcul de Tx donne un champ de recul le long du linéaire, initialement défini aux points d'extraction au large. La méthode projette ensuite chaque valeur sur le trait de côte de référence, en reliant chaque point "mer" au point "côte" le plus proche, puis en interpolant pour respecter la géométrie du rivage, avant de construire un trait de côte reculé à 100 ans.

Afin d'éviter un résultat trop bruité par des pics locaux ou des anomalies qui reflèteraient davantage des singularités numériques que des réalités morphologiques robustes, un lissage (par moyenne glissante) est donc utilisé pour limiter l'impact de valeurs aberrantes et produire une représentation plus cohérente à l'échelle de la cartographie réglementaire.

Table 2-1 Tableau de synthèse sur le paramétrage de la loi d'érosion par type de berge

Type de berge	τ_{cr} (Pa)	M (m/s/Pa)	p	C_f
Sable	0.2	2e-7	0.4	0.003
Sable + coquilles	0.4	2e-7	0.5	0.003
Berges consolidées	0.5	2e-7	0.6	0.003

2.3.7 Hypothèses et limites de la méthode du calcul du T_x

Le module T_x a été conçu comme un outil de spatialisation de l'aléa érosion « chronique » sur un linéaire très anthropisé, où les signaux d'évolution mesurés sont fortement perturbés par les ouvrages et la gestion sédimentaire. Il repose toutefois sur plusieurs hypothèses structurantes, qui conditionnent l'interprétation des résultats.

Approche locale et représentation « 1D » du processus

Le T_x calculé représente un potentiel d'érosion au droit d'un point, piloté par les sollicitations hydrodynamiques locales (courants et niveau d'eau extraits du modèle). Il s'agit donc d'une approche 1D qui ne modélise pas explicitement la continuité sédimentaire le long de la côte, ni les échanges entre points adjacents. En particulier, le module ne représente pas le transport longitudinal (longshore) et ne force aucune cohérence morphologique entre secteurs voisins. Le résultat doit donc être lu comme un indicateur de sensibilité relative des berges à l'attaque des courants, plus que comme une prédiction morphodynamique complète.

Conséquence opérationnelle : deux points proches peuvent présenter des T_x contrastés si leur exposition hydrodynamique diffère (proximité chenal, rôle des vasières), même si, en réalité, une partie de l'évolution dépendrait aussi des transferts latéraux de sédiments. Cette limite justifie l'application d'un lissage spatial pour obtenir une représentation cohérente à l'échelle réglementaire.

Calage partiel et transposition par classes de berges

Le paramétrage du modèle repose sur une calibration limitée, car il n'existe pas, à l'échelle du linéaire, de jeux de données homogènes permettant de calibrer M sur plusieurs secteurs indépendants. Le coefficient d'érodibilité M a donc été calibré sur un profil de référence (Herbe Sud), choisi car il présente une tendance d'érosion exploitable malgré les rechargements, puis transposé au reste du linéaire via une typologie de berges et des hypothèses de cohérence physique.

Cette transposition implique notamment :

- une robustesse plus forte de la méthode sur les secteurs sableux, pour lesquels le calage est directement contraint par les données topo/LiDAR du profil de référence ;
- une incertitude plus élevée sur les secteurs où la calibration n'est pas possible (par exemple remblais sable + coquilles), pour lesquels les paramètres sont fixés par cohérence et à défaut de calibration dédiée.

Par conséquent, T_x est bien une spatialisation basée sur les gradients de forçage, mais avec une calibration ponctuelle et une généralisation par classes.

Hypothèse de représentativité temporelle et linéarité sur 100 ans

Le calcul s'appuie sur des séries hydrodynamiques extraites sur un cycle lunaire complet, puis extrapolées à l'année et à 100 ans en supposant que ce cycle est représentatif des conditions de marée.

Au-delà, l'approche fait l'hypothèse principale d'une linéarité des dynamiques sur l'horizon réglementaire. Autrement dit, le potentiel d'érosion calculé est intégré et projeté à 100 ans sans modéliser de ruptures de régime ni de rétroactions morphologiques (évolution des pentes, déplacement des chenaux, modification du stock sableux, changement de gestion). Cette hypothèse est identifiée comme une limite majeure, et doit être discutée comme une approximation physique conservatrice dans le cadre PPRL.

Le T_x doit être interprété comme un indicateur de potentiel (ordre de grandeur et hiérarchisation spatiale) plutôt qu'une trajectoire morphologique détaillée. Il fournit une base objectivée pour construire un recul réglementaire, mais sa précision reste limitée par (i) la nature unidimensionnelle de l'approche, (ii) le calage ponctuel et partiel, et (iii) l'extrapolation linéaire à long terme.

2.4 Module *Ecc*. Recul lié à l'élévation du niveau de la mer

2.4.1 Objectif et positionnement dans la méthode PPRL

Le module *Ecc* vise à quantifier la part du recul du trait de côte attribuable à l'élévation du niveau moyen de la mer à l'horizon réglementaire. Conformément au cadre PPRL, cette contribution est traitée indépendamment de l'érosion chronique (T_x) et du recul événementiel (L_{max}), puis combinée ensuite au sein d'un recul total.

2.4.2 Hypothèse d'élévation du niveau marin retenue

L'élévation du niveau marin considérée à 100 ans est fixée à (+0,86;m), en cohérence avec le scénario SSP5-8.5 retenu dans la révision en cours (Creocean, 2022).

2.4.3 Principe de calcul et formulation (règle de Bruun)

La règle de Bruun permet de traduire une hausse du niveau marin en un recul horizontal du profil, sous l'hypothèse d'un ajustement du profil cross-shore. Dans sa forme opérationnelle, le recul *Ecc* est estimé par la relation suivante :

$$Ecc = \frac{\Delta h_{SLR}}{S_{active}}$$

où Δh_{SLR} est l'élévation du niveau marin retenue (ici 0,86 m) et S_{active} une pente active représentative du profil.

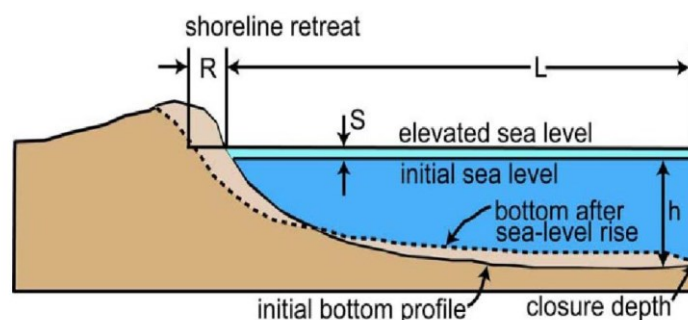


Figure 2-8 Principe de la règle de Bruun. Une élévation du niveau marin induit un recul horizontal du trait de côte (R), associé à un ajustement du profil par redistribution de sédiments vers l'offshore, entre le haut de plage et la profondeur de fermeture.

2.4.4 Définition et justification de la pente active utilisée pour Bruun

La règle de Bruun est appliquée ici en s'appuyant sur une pente active sableuse, c'est-à-dire la pente du segment de profil réellement susceptible de s'ajuster par redistribution de sable sous l'effet d'une élévation durable du niveau marin.

Dans le contexte intra-bassin, il n'est pas pertinent d'utiliser la pente de l'ensemble du profil (jusqu'à une profondeur de fermeture des vagues ou jusqu'à la crête dunaire), car :

- le haut des plages est souvent artificialisé (ouvrages, remblais, interventions) et ne représente pas une dynamique sableuse libre ;
- la partie basse du profil évolue fréquemment vers des vasières cohésives, qui ne se comportent pas comme une plage sableuse en équilibre.

La pente retenue est donc estimée sur la portion sableuse comprise entre :

- la berme associée au niveau moyen de la mer, utilisée comme limite supérieure de la plage active,
- la limite sable-vase, repérée par une inflexion du profil et un changement de matériau/comportement morphologique, utilisée comme limite inférieure de la plage sableuse mobilisable.

Cette définition relie E_{cc} à une pente représentative des échanges sableux effectivement possibles sur la façade interne sous l'effet des variations du niveau de la mer, tout en évitant de sur-interpréter des pentes fortement influencées par l'anthropisation ou par des secteurs avec des sédiments cohésifs.

2.4.5 Estimation de la pente active et choix d'une valeur unique

Les pentes ont été estimées à partir des profils topo et des MNT multi-dates mobilisés dans l'étude. L'analyse met en évidence des variations spatiales et temporelles importantes, y compris sur un même profil selon les années.

Dans ce contexte, et afin de rester compatible avec un usage réglementaire, une valeur unique a été retenue : une pente moyenne faible de 7,6 %, correspondant à la moyenne des pentes les plus faibles observées.

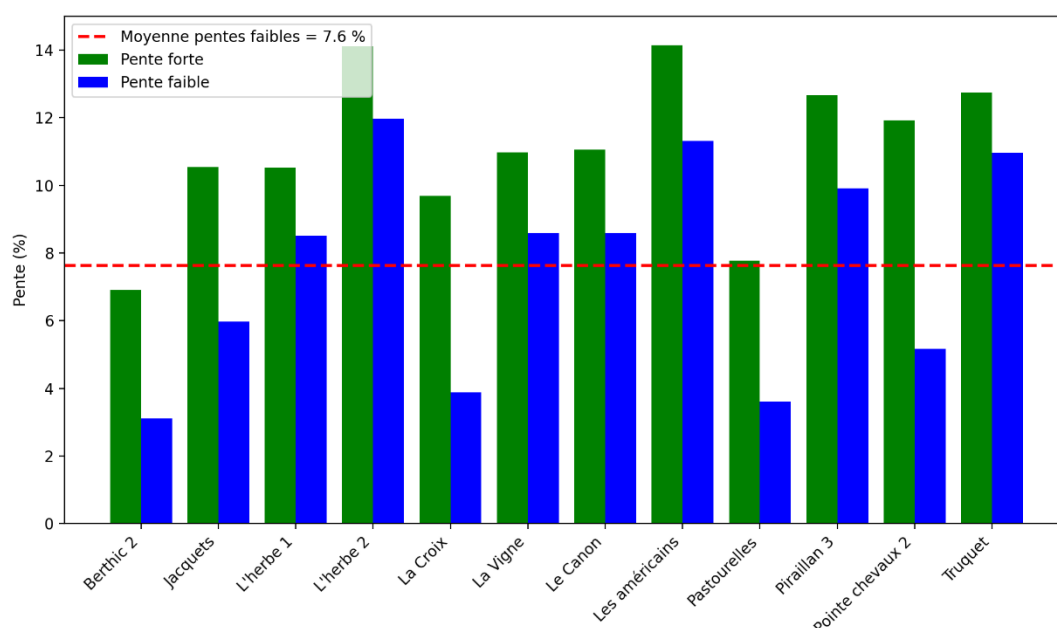


Figure 2-9 Variabilité des pentes de plage le long du linéaire d'étude. Pour chaque secteur, la barre bleue indique la pente faible et la barre verte la pente forte estimées à partir des profils topo/LiDAR disponibles (multi-dates). La ligne rouge pointillée représente la moyenne des pentes faibles retenue pour le calcul d' E_{cc} dans le cadre de la règle de Bruun ($S_{active} = 7,6\%$).

2.4.6 Valeur d' E_{cc} retenue pour le linéaire

Avec $\Delta h_{SLR}=0,86$ m et $S_{active}=7,6\%$, l'application de la règle de Bruun conduit à un recul d'environ 11 m, appliqué de manière homogène sur l'ensemble du linéaire d'étude.

Des tests de sensibilité confirment l'influence structurante de la pente. À titre indicatif, des pentes de 6 % conduisent à des reculs de l'ordre de 15 m.

2.4.7 Hypothèses et limites

L'application de la règle de Bruun constitue une approximation qui vise à fournir un ordre de grandeur cohérent à l'échelle PPRL. Elle ne prétend pas représenter finement les réponses morphodynamiques locales, notamment dans un environnement intra-bassin où la morphologie, la disponibilité sédimentaire et l'anthropisation (ouvrages, rechargements) peuvent fortement moduler la réponse réelle. Le choix d'un E_{cc} homogène répond donc à un principe de précaution et de cohérence réglementaire : il limite la sensibilité à des pentes locales très variables et évite de sur-interpréter des différences fines qui ne sont pas robustes à l'échelle du linéaire.

2.5 Module L_{max} : recul événementiel

Le module L_{max} vise à caractériser le recul maximal associé à un événement extrême à l'échelle du PPRL, en complément des contributions chronique (T_x) et liée à l'élévation du niveau marin (E_{cc}). Il correspond à une composante ponctuelle et non linéaire de l'aléa, liée à l'action combinée d'un niveau d'eau élevé et d'une forte sollicitation hydrodynamique, notamment sous l'effet des vagues, lors d'une tempête de référence. Dans la démarche, L_{max} est estimé par modélisation dédiée sur des profils représentatifs, puis transposé à l'ensemble du linéaire selon une sectorisation cohérente avec les contextes hydro-morphologiques de la façade interne. Les hypothèses de choix de l'événement, les paramétrages du modèle et les résultats retenus sont présentés dans la section suivante.

2.5.1 Implantations du modèle XBeach et spatialisation du forçage

Sept profils, sélectionnés pour leur représentativité de la variabilité spatiale et géomorphologique le long de la façade interne du Cap Ferret ont servi de base à une modélisation à l'aide de XBeach⁶ en mode *fast1D*.

Les sept profils sélectionnés se trouvent sur les plages suivantes (du sud au nord, Figure 2-10) pour les secteurs « chenal » :

- Les Américains,
- La Vigne,
- L'Herbe

Pour le secteur « vasière » :

- La Poussinière (Pointe aux Chevaux)
- La Truquette,
- La Croix des marins,
- Les Pastourelles.

Les profils bathymétriques des modèles, extraits du MNT Litto3D, ont été rééchantillonnées depuis leur résolution initiale d'un mètre pour obtenir des profils de 60 à 255 cellules, avec des résolutions variant de 2,15 à 5,35 mètres, tout en préservant les principales ruptures de pente. La limite entre la plage sableuse et l'estran sablo-vaseux a été déterminée à partir de fonds de carte Google Earth, et seule la

⁶ <https://XBeach.readthedocs.io/>

plage sableuse a été définie comme érodable, comme illustré sur la Figure 2-10, avec un sable caractérisé par un diamètre moyen (D50) de 0,360 mm.

Le forçage l'extrémité des profils a été défini avec les résultats du modèle hydrodynamique. Les simulations XBeach couvrent une durée équivalente à un cycle de marée complet, avec deux périodes sélectionnées pour l'analyse : d'une part, la marée de vive-eau moyenne du 16 septembre 2023 (coefficient de 87) et, d'autre part, la vive-eau du 28 octobre 2023 (coefficient de 103), cette dernière étant associée à la surcote générée par la tempête Cécile.

Pour chaque cas, les niveaux de marée ainsi que les conditions d'agitation (notamment la hauteur significative des vagues, leur direction moyenne et leur période de pic) ont été extraits du modèle hydrodynamique (« bassin ») à l'extrémité des profils. Les niveaux de marée proviennent de la première simulation de validation, tandis que les conditions de vagues ont été issues de la troisième simulation, réalisée avec un vent constant. Cette approche est plus conservative car la surcote simulée en conditions réelle est supérieure à celle simulée avec un vent d'est constant.

La Figure 2-11 illustre les deux périodes simulées et met en évidence la variabilité spatiale, prise en compte grâce au modèle hydrodynamique, appliqué à l'échelle du Bassin.

2.5.2 Résultats des simulations XBeach

La Table 2-2 synthétise les valeurs de recul maximal (L_{max}) obtenues pour l'ensemble des profils étudiés. Ces valeurs s'avèrent globalement plus élevées dans les conditions d'un vent établi d'est, d'une vitesse de 20 km/h, associé aux conditions de surcote simulées pour la tempête Cécile qui entraînent un niveau maximal de marée simulé à Eyrac de l'ordre de 2,99 m NGF. Dans ce contexte, avec des vagues dont la hauteur varie entre 0,65 m et 1,30 m (s'atténuant progressivement vers le nord) et des niveaux maximaux de marée compris entre 2,89 m NGF et 3,08 m NGF (augmentant du sud vers le nord), le recul est à son maximum sur la plage des Américains, atteignant jusqu'à 6 mètres, contre des valeurs de l'ordre du mètre tout au nord.

D'un point de vue méthodologique, ces valeurs de recul correspondent au déplacement horizontal maximal mesuré entre les profils initiaux et finaux de chaque simulation, comme l'illustre la Figure 2-12 pour le profil de la plage des Américains. Selon les profils, cette mesure est effectuée autour de l'élévation +2 m NGF, avec une marge de $\pm 0,2$ m.

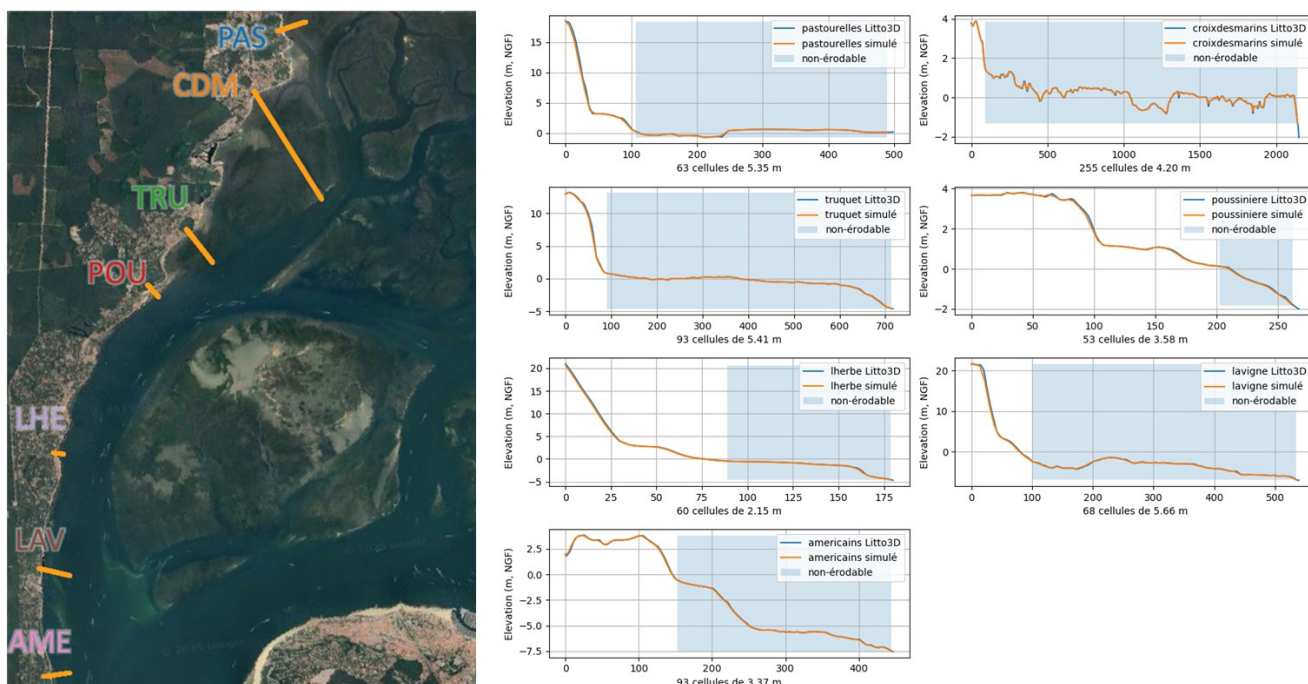


Figure 2-10 Profils bathymétrique des modèles XBeach 1D. Gauche : Localisations des sept profils simulés. Droite : Les profils topo-bathymétriques originaux et rééchantillonnés.

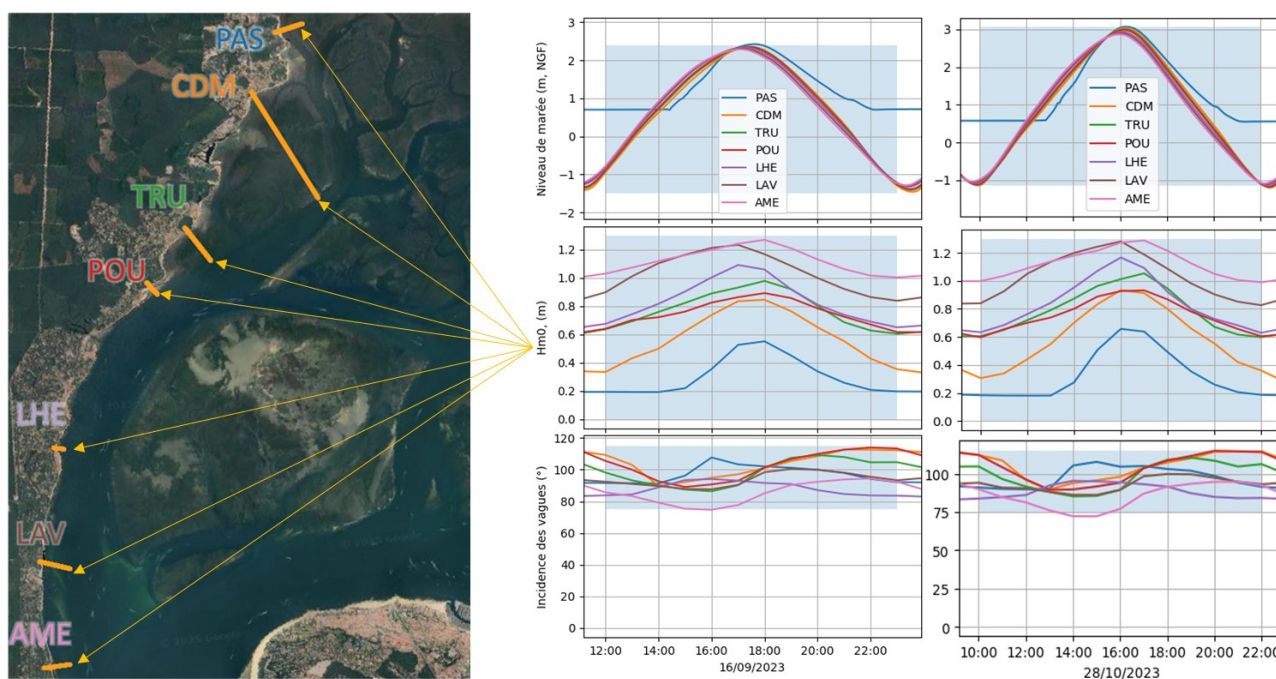


Figure 2-11 Variabilité spatiale du forçage utilisé pour le calcul de L_{max} . Gauche : Localisations des sept profils simulés et du point d'extraction des conditions hydrodynamiques. Droite : Variations du niveau d'eau, de la hauteur significative et de la direction moyenne des vagues au cours des deux cycles de marée sélectionnés.

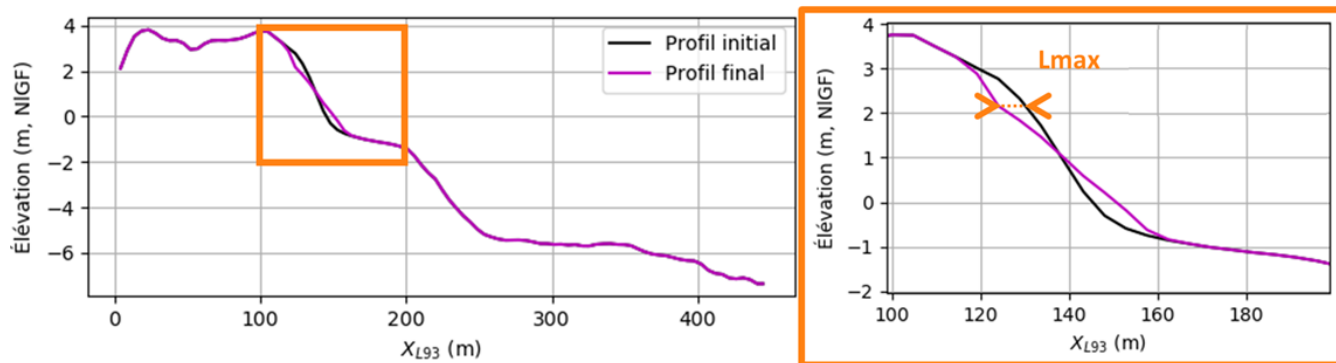


Figure 2-12 Exemple d'estimation du L_{max} le long du profil de la Plage des Américains à partir des résultats de la simulation XBeach de la tempête Céline. Le profil initial correspond au profil de plage au début de la simulation. Le profil final correspond au profil du dernier pas de temps de la simulation après le passage de la tempête. Haut : profil entier ; bas : zoom sur la partie active du profil.

Table 2-2 Valeurs de recul événementiel L_{max} (m), pour les sept profils sélectionnés et les deux conditions de forçage retenues. Les valeurs en rouge sont celles retenues pour la construction des bandes d'aléa

Profils	L_{max} (m) vive-eau moyenne	L_{max} (m) Tempête Cécile
Secteur « vasière »		
Les Pastourelles	0,6	0,9
La Croix des marins	0,8	1,2
La Truquette	0,9	0,9
La Poussinière	1,5	3,0
Secteur « chenal »		
L'Herbe	4,0	5,0
La Vigne	2,1	4,3
Les Américains	4,7	6,0

2.5.3 Valeurs de L_{max} retenues pour le PPRL

Les résultats XBeach obtenus sur les sept profils montrent une variabilité marquée du recul événementiel, fortement structurée par les contextes hydro-morphologiques le long de la façade interne. Les valeurs maximales sont atteintes sur les secteurs les plus exposés et les plus contraints, en particulier au droit des plages situées en bordure immédiate du chenal de Piquey. Dans les conditions « tempête Cécile », le recul maximal simulé atteint 6,0 m sur la plage des Américains et reste élevé sur les profils de l'Herbe (5,0 m) et de la Vigne (4,3 m), confirmant l'existence d'un secteur « chenal » où l'aléa événementiel est

plus intense. À l'inverse, les profils situés sur des secteurs plus abrités, associés à des vasières intertidales plus larges, présentent des reculs plus faibles, avec des valeurs généralement proches de 1 m sur les Pastourelles (0,9 m), la Croix des Marins (1,2 m) et le Truquet (0,9 m). Le profil de la Poussinière (3,0 m) constitue un cas intermédiaire, cohérent avec sa position au niveau de la Pointe aux Chevaux, zone de transition où la géométrie locale et l'exposition peuvent générer un recul plus marqué que sur le reste du secteur « vasières ».

Dans une logique compatible avec la cartographie réglementaire et le principe de précaution, une valeur unique de L_{max} a été retenue par grand secteur hydro-morphologique, en adoptant pour chaque zone la valeur maximale observée sur les profils jugés représentatifs (Table 2-2). Ainsi, **$L_{max} = 6 \text{ m}$** est appliqué au **secteur « chenal »**, correspondant à la valeur la plus défavorable simulée (plage des Américains), afin de garantir une hypothèse prudente sur les tronçons les plus exposés aux sollicitations combinées niveau d'eau élevé et agitation. Pour le **secteur « vasières »**, une valeur **$L_{max} = 3 \text{ m}$** est retenue, en s'appuyant sur le maximum simulé dans ce secteur (profil de la Poussinière), qui fournit une borne supérieure conservatrice pour les tronçons plus abrités mais susceptibles de connaître localement des reculs supérieurs au mètre. Cette transposition sectorielle vise à conserver une approche robuste et lisible à l'échelle PPRL, tout en s'assurant que les valeurs retenues représentent un maximum plausible à l'échelle de chaque zone, plutôt qu'une moyenne, et qu'elles restent donc protectrices pour la construction des bandes d'aléa.

2.6 Compilation des bandes d'aléa et intégration des zones basses

Cette section décrit la construction cartographique de la bande d'aléa érosion à l'horizon 2120 à partir des trois composantes T_x , Ecc et L_{max} , puis l'intégration des zones basses lorsque la topographie basse structure l'extension de l'aléa au-delà de la bande de recul.

2.6.1 Trait de côte de référence

Le trait de côte de référence utilisé pour la construction des bandes est celui de 2020. Ce choix est identique à celui retenu dans la révision du PPRL conduite par CREOCEAN, afin de garantir la cohérence méthodologique et la comparabilité directe avec les productions antérieures.

2.6.2 Construction progressive de la bande d'aléa (T_x , puis Ecc , puis L_{max})

Projection du recul T_x sur le trait de côte 2020

Le module T_x fournit des valeurs de recul chronique calculées à partir des sollicitations hydrodynamiques, initialement disponibles à des points espacés d'environ 100 m le long du linéaire (points d'extraction situés au large, à 60 m du rivage). Pour produire une bande continue et éviter un recul sous forme de « marche d'escalier », une interpolation est réalisée le long du trait de côte de référence :

- les valeurs ponctuelles de recul sont projetées sur le trait de côte 2020 ;
- une interpolation le long du linéaire est effectuée entre deux points successifs afin d'obtenir une variation plus naturelle du recul ;
- la bande T_x est ensuite construite comme un polygone dont la largeur suit localement, de manière à ce que le recul associé à T_x suive le tracé initial du trait de côte de référence.

On obtient ainsi une première emprise, représentant le recul chronique à 100 ans lié aux courants.

Ajout de la contribution Ecc

La contribution Ecc , estimée de manière homogène sur l'ensemble du linéaire, est ajoutée à la bande T_x sous la forme d'un tampon de largeur Ecc appliqué vers l'intérieur des terres à partir de la limite interne de la bande d'aléa associé à T_x . On obtient donc une bande d'aléa intermédiaire.

Ajout de la contribution L_{max}

La contribution L_{max} (recul événementiel), définie par grands secteurs hydro-morphologiques, est ajoutée de la même manière, sous la forme d'un tampon complémentaire appliqué à partir de la limite interne de la bande d'aléa intermédiaire. On obtient alors la bande de recul totale hors zones basses par ajout successif de tampons de largeur donnée.

Cette bande d'aléa représente l'emprise potentielle du recul du rivage sous l'effet cumulé des processus pris en compte par Tx , Ecc et L_{max} , indépendamment des zones basses.

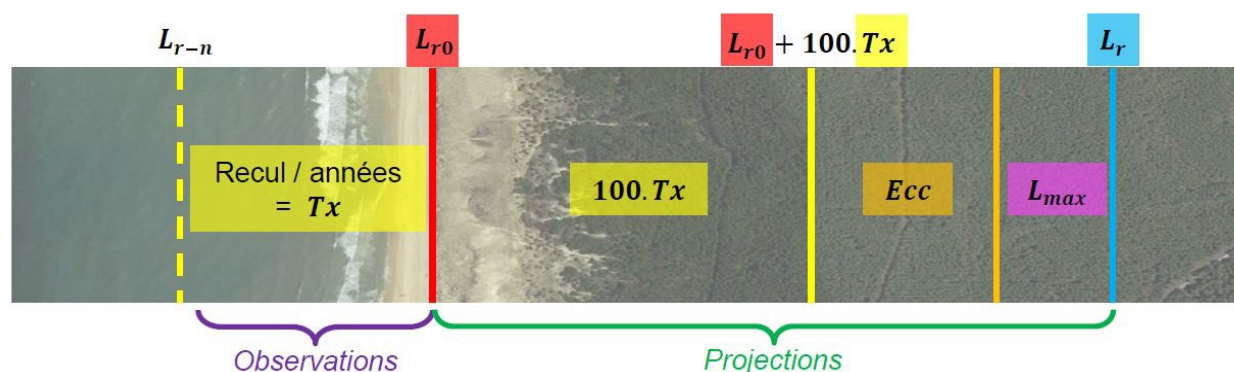


Figure 2-13 Schéma de l'approche cumulative des reculs dans le cadre de la méthodologie PPRL (Creocean, 2023)

Cas particulier du port de la Vigne

Le tronçon du port de la Vigne fait l'objet d'une hypothèse spécifique : la continuité de l'implication publique dans le maintien du port et des ouvrages associés conduit à considérer que la bande d'aléa issue de l'approche « processus » ($Tx + Ecc + L_{max}$) est interrompue au droit de ce secteur. Ce traitement correspond à une hypothèse de prise en compte des ouvrages, distincte du reste du linéaire.

2.6.3 Définition et intégration des zones basses

Définition des zones basses

Les zones basses sont définies sur la base d'un critère altimétrique unique combinant un niveau marin de référence et l'élévation du niveau moyen de la mer à l'horizon 2120. Une zone est considérée comme "basse" si :

$$Z_b < [PHMA + \Delta h_{SLR}]$$

avec :

- PHMA = 2,669 m NGF (façade interne, secteur Grand Piquey, références altimétriques SHOM 2025),
- Δh_{SLR} = 0,86 m (élévation attendue du niveau de la mer à l'horizon 2120),

soit :

$$Z_b < 2.669 + 0.86 \approx 3.5 \text{ m NGF}$$

Construction de la couche cartographique

Les zones basses sont obtenues en extrayant l'ensemble des pixels du MNT vérifiant $z < 3,5$ m NGF, puis en convertissant cette sélection en polygones. Les îlots et polygones adjacents ont été fusionnés afin de produire une couche continue et exploitable en cartographie.

Articulation entre bande de recul et zones basses

L'intégration des zones basses vise à identifier les secteurs où la topographie basse structure l'aléa au-delà du recul calculé par $Tx + Ecc + Lmax$. La règle retenue est la suivante :

- lorsque les zones basses sont incluses dans la bande de recul, elles ne modifient pas l'extension de l'aléa ;
- lorsque des zones basses s'étendent au-delà de la bande de recul, elles étendent l'aléa dès lors qu'elles sont en continuité avec l'emprise littorale. D'un point de vue technique, on retient les zones basses qui intersectent la bande d'aléa.

Cette articulation permet de conserver une construction simple, robuste et traçable, tout en intégrant explicitement les secteurs où la topographie basse contrôle l'extension de l'aléa au-delà du seul recul du trait de côte.

2.7 Conclusion méthodologique

La démarche présentée vise à produire une caractérisation de l'aléa érosion à l'horizon 2120 directement mobilisable pour le PPRL, dans un contexte où les indicateurs rétrospectifs sont fortement perturbés par l'anthropisation et la gestion sédimentaire. Elle repose sur une approche orientée processus, structurée autour d'un modèle hydrodynamique du Bassin permettant d'objectiver les gradients de sollicitations le long du linéaire, puis de décliner trois composantes réglementaires complémentaires.

Le recul chronique (Tx) est estimé à partir d'une loi d'érosion en excès de contrainte appliquée aux courants de marée, avec un paramétrage ancré dans la granulométrie et un calage local sur un profil de référence, en intégrant une correction simplifiée de l'effet des rechargements. La contribution de l'élévation du niveau marin (Ecc) est évaluée de manière homogène via la règle de Bruun, avec une pente active unique choisie de façon prudente et compatible avec l'échelle réglementaire. Le recul événementiel ($Lmax$) est quant à lui estimé par modélisation XBeach sur des profils représentatifs, puis transposé au linéaire selon une sectorisation cohérente avec les contextes hydro-morphologiques.

Enfin, les composantes Tx , Ecc et $Lmax$ sont assemblées pour construire les bandes d'aléa, puis croisées avec les zones basses afin de représenter les secteurs où la topographie contrôle l'extension de l'aléa au-delà du seul recul. L'ensemble forme une chaîne de traitement traçable et reproductible, qui réduit la part de dire d'expert là où les données le permettent, tout en explicitant les hypothèses et les limites associées.

3 Partie III. Résultats et interprétation

Cette troisième partie synthétise les résultats obtenus pour les composantes T_x , E_{cc} et L_{max} , puis présente la construction de la bande d'aléa finale et l'effet des zones basses sur l'emprise réglementaire. Elle met en évidence les contrastes spatiaux le long du linéaire (secteur chenal versus secteur vasières, secteurs localement sensibles), compare les résultats à l'approche homogène antérieure (CREOCEAN) et discute les ordres de grandeur, les incertitudes et les limites d'interprétation en vue d'une utilisation opérationnelle pour le zonage PPRL.

3.1 Résultats du module T_x (recul chronique lié aux courants)

3.1.1 Vue d'ensemble et contraste entre le secteur « chenal » et le secteur « vasières »

La Figure 3-1 présente les reculs chroniques à 100 ans associés à T_x , calculés aux points d'extraction hydrodynamique situés à 60 m du rivage et espacés d'environ 100 m le long du linéaire. Elle met en évidence un contraste net entre deux ensembles cohérents, déjà identifiés dans le diagnostic de fonctionnement.

Sur le secteur bordé par le chenal de Piquey (points 0 à environ 80), les reculs chroniques potentiels sont globalement plus élevés et surtout plus contrastés spatialement. Malgré le lissage appliqué pour réduire l'influence de singularités locales et d'anomalies, on observe des transitions rapides entre des reculs faibles voire nuls et des reculs de l'ordre de 50 à 80 m voire 150 m à 100 ans, ce qui traduit une forte variabilité d'exposition aux courants à l'échelle de quelques centaines de mètres.

Sur le secteur à vasières (points environ 80 à 176), les reculs modélisés sont en moyenne plus faibles, avec des valeurs souvent proches de zéro et des pics plus ponctuels. Ce comportement est cohérent avec un estran plus large entre le chenal actif et la côte, qui module la contrainte effectivement transmise au droit des berges.

3.1.2 Lecture spatiale des variations du recul potentiel chronique

L'analyse spatiale des résultats T_x confirme que le recul potentiel chronique est fortement structuré par la combinaison (i) de l'exposition hydrodynamique locale (proximité de chenaux, étranglements, accélérations de courant) et (ii) de la géométrie du rivage. Les avancées (cap, promontoires, et remblais de certaines configurations de villages ostréicoles) apparaissent fréquemment plus sensibles, car elles sont davantage "au contact" des écoulements, voire elles concentrent ces derniers. À l'inverse, les petites anses et baies, protégées par un plus large estran, présentent des reculs potentiels plus faibles, ce qui est cohérent avec une atténuation locale des vitesses et une moindre contrainte de cisaillement au fond.

Un secteur ressort particulièrement dans le secteur chenal, avec un recul chronique potentiel dépassant 150 m à 100 ans sur environ 500 m, situé au sud du port de la Vigne. Il correspond à la zone où les points extraits présentent les vitesses de courant les plus fortes. Ce secteur est également caractérisé par une plage déjà très réduite voire absente, ce qui limite la capacité d'intervention (rechargements) et renforce la vulnérabilité du haut de plage et des protections. L'organisation locale des bancs et hauts-fonds, notamment la position du banc de la Vigne, est susceptible de contribuer à des accélérations de courant au droit de ce tronçon, ce qui fournit une interprétation physique cohérente de la singularité modélisée.

À l'échelle du linéaire, d'autres secteurs apparaissent régulièrement plus sensibles (sans atteindre le maximum précédent), notamment :

- Le Canon, Piraillan et le nord de Bélisaire, où les reculs chroniques potentiels oscillent fréquemment entre 50 et 80 m à 100 ans.
- Des secteurs de sensibilité plus modérée (de l'ordre de 20 m à 100 ans) comme la Pointe aux Chevaux, le sud du Grand Piquey et les plages au sud de l'Herbe (au nord du port de la Vigne).

Dans le secteur vasières, les pics restent plus limités mais identifiables, notamment autour du village du Four (de l'ordre de 20 m à 100 ans) et au droit des deux avancées sableuses bordant la plage des Pastourelles (pouvant dépasser 30 m à 100 ans).

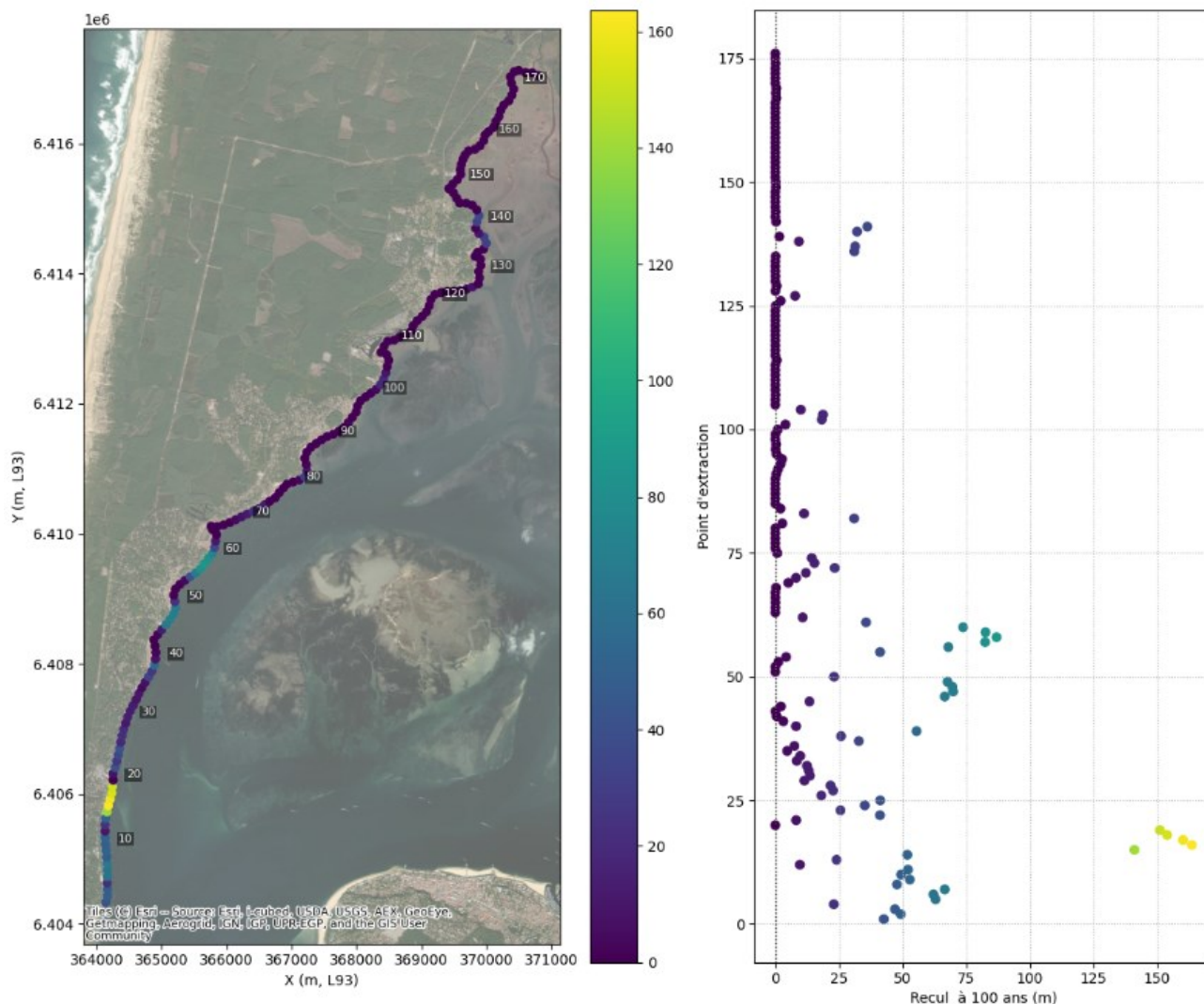


Figure 3-1 Résultats du module T_x le long de la façade interne. À gauche : localisation des points d'analyse le long du trait de côte de référence, colorés selon le recul chronique à 100 ans estimé par le module T_x (projection sur le linéaire). À droite : distribution des reculs T_x à 100 ans en fonction du numéro de point d'extraction, mettant en évidence une majorité de secteurs à recul faible et quelques secteurs plus sensibles avec des reculs pouvant dépasser 50 m (notamment sur la partie sud en bordure du chenal).

3.1.3 Interprétation opérationnelle

Ces résultats confirment que T_x ne se comporte pas comme un paramètre homogène à l'échelle de la façade interne. Au contraire, il met en évidence une variabilité spatiale structurée, compatible avec le fonctionnement hydro-sédimentaire de la façade interne du Cap Ferret. En termes opérationnels, T_x fournit donc une base objectivée pour différencier des tronçons à recul chronique potentiellement élevé (proximité chenal, accélérations locales) et des tronçons où l'érosion chronique liée aux courants apparaît secondaire, au profit d'autres composantes de l'aléa (élévation du niveau marin, recul événementiel, topographie basse).

3.1.4 Résultats sur la bande d'aléa totale et rôle des zones basses

Les résultats complets sont fournis dans l'Annexe A, sous la forme de 7 Planches cartographiques des résultats de la bande d'aléa (T_x , Ecc , L_{max} et zones basses) à l'horizon 2120, couvrant l'ensemble du linéaire du sud vers le nord. On retrouve les différentes zones :

Annexe A.1	De Bélisaire à La Vigne
Annexe A.2	De La Vigne au Canon
Annexe A.3	Du Canon au Grand Piquey
Annexe A.4	Du Grand Piquey à la dune du Truquet
Annexe A.5	De la dune du Truquet à Sangla
Annexe A.6	De Sangla à Jane de Boy
Annexe A.7	De Jane de Boy aux Prés Salés

La section ci-dessous en reprend les enseignements principaux à l'échelle du secteur d'étude.

Bande d'aléa totale ($T_x + Ecc + L_{max}$)

Les cartes de bande d'aléa totale illustrent l'effet cumulatif des composantes, ajoutées de manière progressive à partir du trait de côte de référence 2020. Dans les secteurs où le recul chronique T_x est faible, l'ajout de l'élévation du niveau marin (Ecc) et du recul événementiel (L_{max}) impose un recul minimal non nul à l'horizon 2120. Sur les figures, cet effet se traduit par un recul total minimal d'environ 17 m dans le secteur chenal et 14 m dans le secteur vasières, correspondant à la somme des composantes non chroniques lorsque T_x est proche de zéro.

À l'inverse, dans les secteurs où T_x est élevé, la bande d'aléa totale est dominée par la composante chronique, et l'ajout de Ecc et L_{max} joue surtout un rôle d'augmentation marginale de la largeur de bande. La bande finale représente ainsi l'emprise potentielle du recul du rivage sous l'effet cumulé des processus pris en compte par T_x , Ecc et L_{max} , indépendamment des zones basses.

Effet des zones basses sur l'emprise finale

L'intégration des zones basses modifie significativement l'emprise finale de l'aléa dans les secteurs où la topographie arrière-littorale est basse et continue. Les cartes montrent que de nombreuses zones basses étendues intersectent la bande d'aléa, y compris lorsque celle-ci est proche de son minimum (c'est-à-dire lorsque T_x est faible et que l'emprise est essentiellement contrôlée par Ecc et L_{max}).

Dans ces configurations, l'aléa ne se limite plus à une bande parallèle au rivage. Il s'étend vers l'intérieur dès lors que des zones basses en continuité intersectent la bande. Cela est particulièrement visible dans des secteurs abrités, où T_x ne génère pas de recul important, mais où la topographie basse contrôle l'extension potentielle de l'exposition. On se retrouve se cas de figure du Canon à la limite nord de la commune. A l'inverse, au sud du Canon, des zones basses, parfois d'étendue significative n'intersectent pas la bande d'aléa malgré leur proximité. C'est le cas par exemple entre le village de l'Herbe et la Villa Algérienne, où une zone basse ne se situe qu'à une vingtaine de mètres de la bande d'aléa (Figure 3-2). Ces zones basses proches de la bande d'aléa doivent rester un point de vigilance pour la cartographie du zonage réglementaire final.

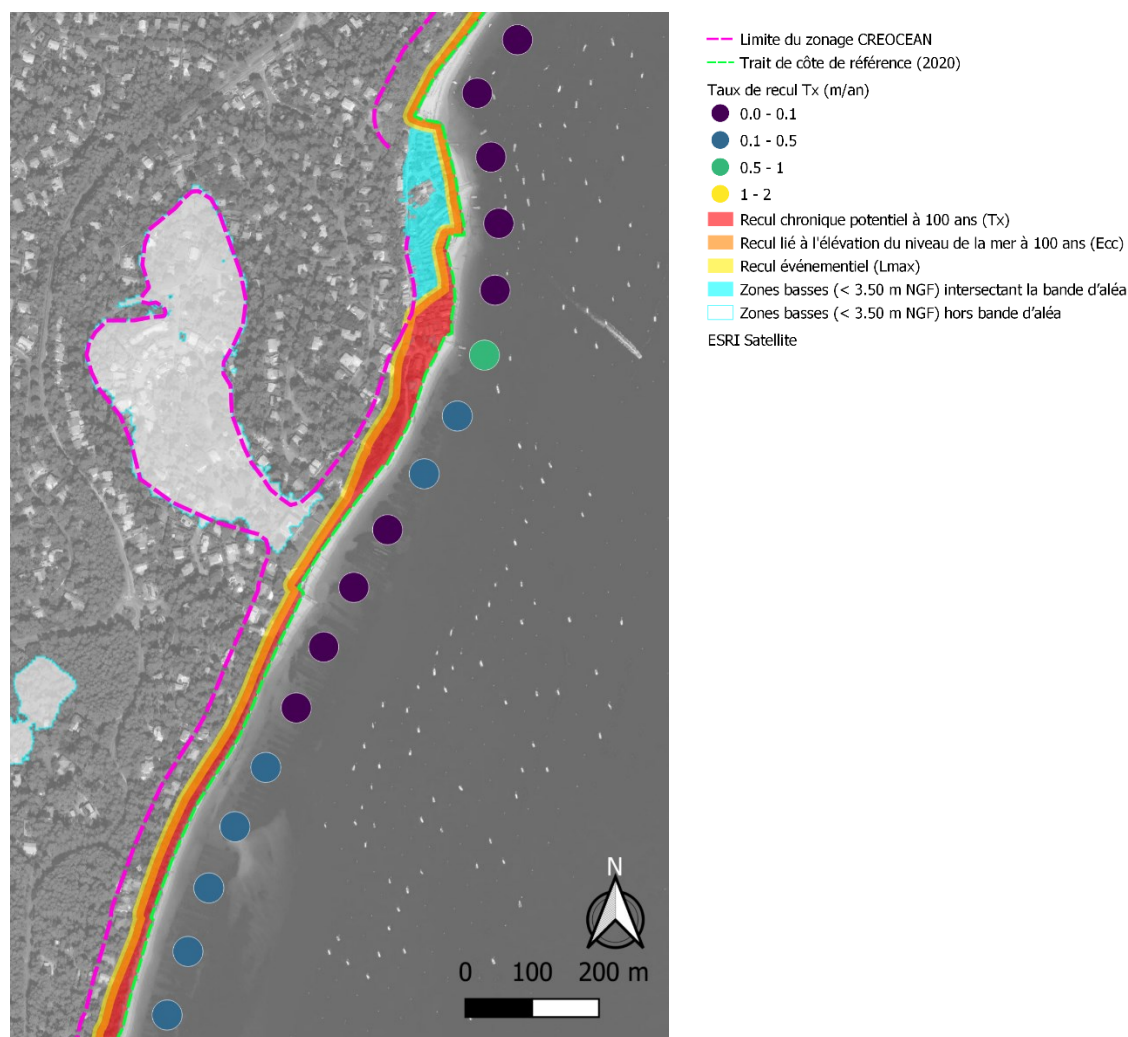


Figure 3-2 Comparaison des résultats avec l'approche de CREOCEAN dans un secteur où l'intégration des zones basses montrent une différence méthodologique.

L'intégration des zones basses constitue donc une étape structurante de la cartographie finale, car elle permet de représenter des emprises d'aléa plus prudentes dans les secteurs où la contrainte principale n'est pas l'érosion latérale, mais la faiblesse altimétrique du terrain.

3.2 Comparaison avec l'approche précédente (CREOCEAN)

Les résultats de la présente étude se distinguent de l'approche homogène retenue jusqu'à présent dans la révision du PPRL sur la façade interne. Dans les rapports CREOCEAN, l'absence d'un signal rétrospectif robuste, combinée à une forte anthropisation (ouvrages, rechargements, remaniements fréquents du haut de plage), conduisait à retenir une hypothèse prudente et uniforme, avec un taux d'évolution T_x fixé à l'ordre de grandeur de -0,5 m/an et un recul événementiel L_{max} appliqué de manière homogène. Cette combinaison aboutissait à une bande d'aléa d'environ 60 m sur l'ensemble du linéaire.

À l'inverse, l'approche développée ici introduit une spatialisation explicite du recul chronique T_x , fondée sur la variabilité des sollicitations hydrodynamiques modélisées (gradient chenai-vasières, configurations locales plus ou moins exposées). Elle conduit à trois types de situations (Figure 3-2, Figure 3-3, Figure 3-4).

- **Secteurs à T_x faible**, où le recul total est principalement porté par Ecc et L_{max} . Dans ces secteurs, la bande de recul est généralement plus étroite que celle issue de l'approche homogène.

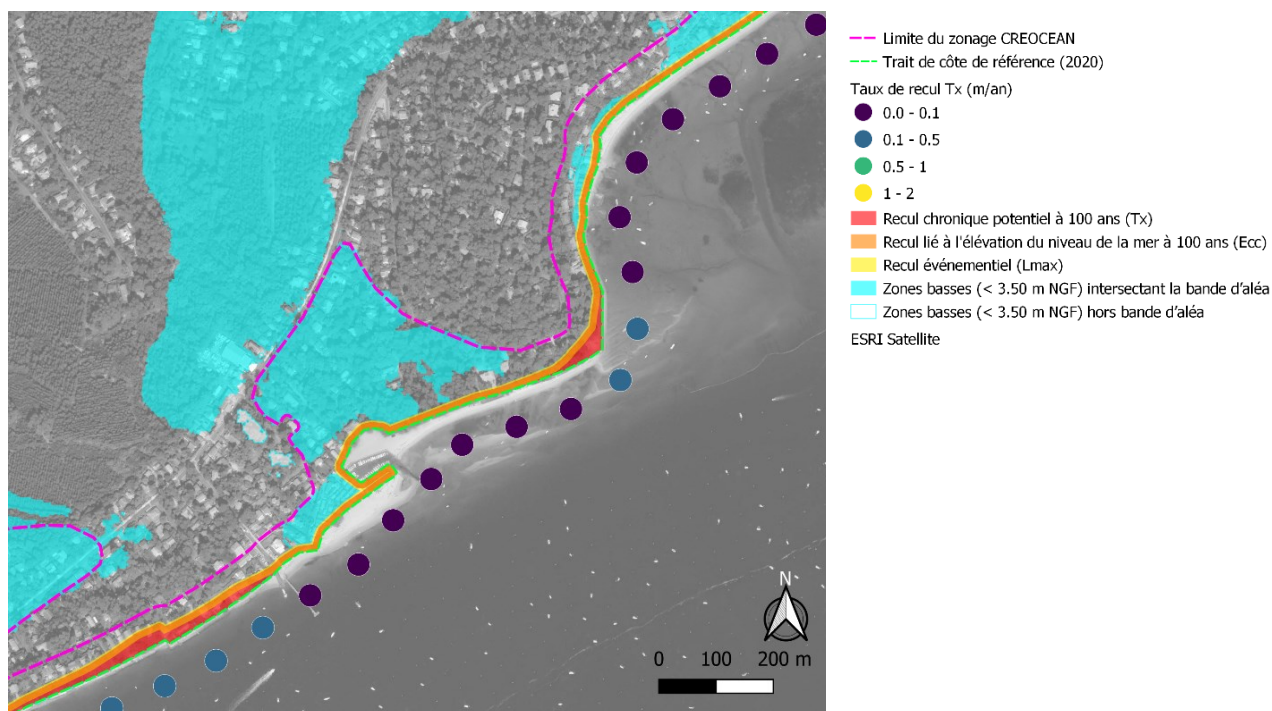


Figure 3-3 Comparaison des résultats avec l'approche de CREOCEAN dans un secteur avec des taux de recul faibles.

- **Secteurs à T_x modéré à fort**, où l'érosion chronique contribue de manière significative au recul total, avec des valeurs à 100 ans de plusieurs dizaines de mètres. Dans ces secteurs, l'ordre de grandeur de la bande d'aléa est globalement comparable à celui retenu par CREOCEAN.
- **Secteurs localement très sensibles**, où T_x domine largement le recul total, et où la bande d'aléa s'écarte nettement de l'approche homogène. Le cas le plus marqué est situé au sud du port de la Vigne, en cohérence avec les vitesses de courant modélisées les plus élevées et un contexte local défavorable (plage déjà très réduite, accessibilité limitée pour des rechargements, possible effet d'accélération lié à la configuration bathymétrique et à la position du banc).

Cette comparaison montre que la méthode proposée ne vise pas à augmenter ou réduire l'aléa de manière uniforme. Elle redistribue la largeur de bande en fonction d'un gradient physique objectivé, tout en conservant une construction compatible avec la logique PPRL (assemblage $T_x + Ecc + L_{max}$ à l'horizon 2120). En dehors de quelques secteurs où l'influence des courants induit des contrastes très marqués, la bande d'aléa reste cohérente en ordre de grandeur avec l'approche homogène, avec toutefois une représentation plus réaliste des variations spatiales le long du linéaire. Enfin, l'intégration des zones basses joue dans les deux approches un rôle déterminant sur une large portion de la façade interne, en particulier du Canon à la limite nord communale, où elle étend localement l'emprise de l'aléa au-delà de la seule bande de recul.

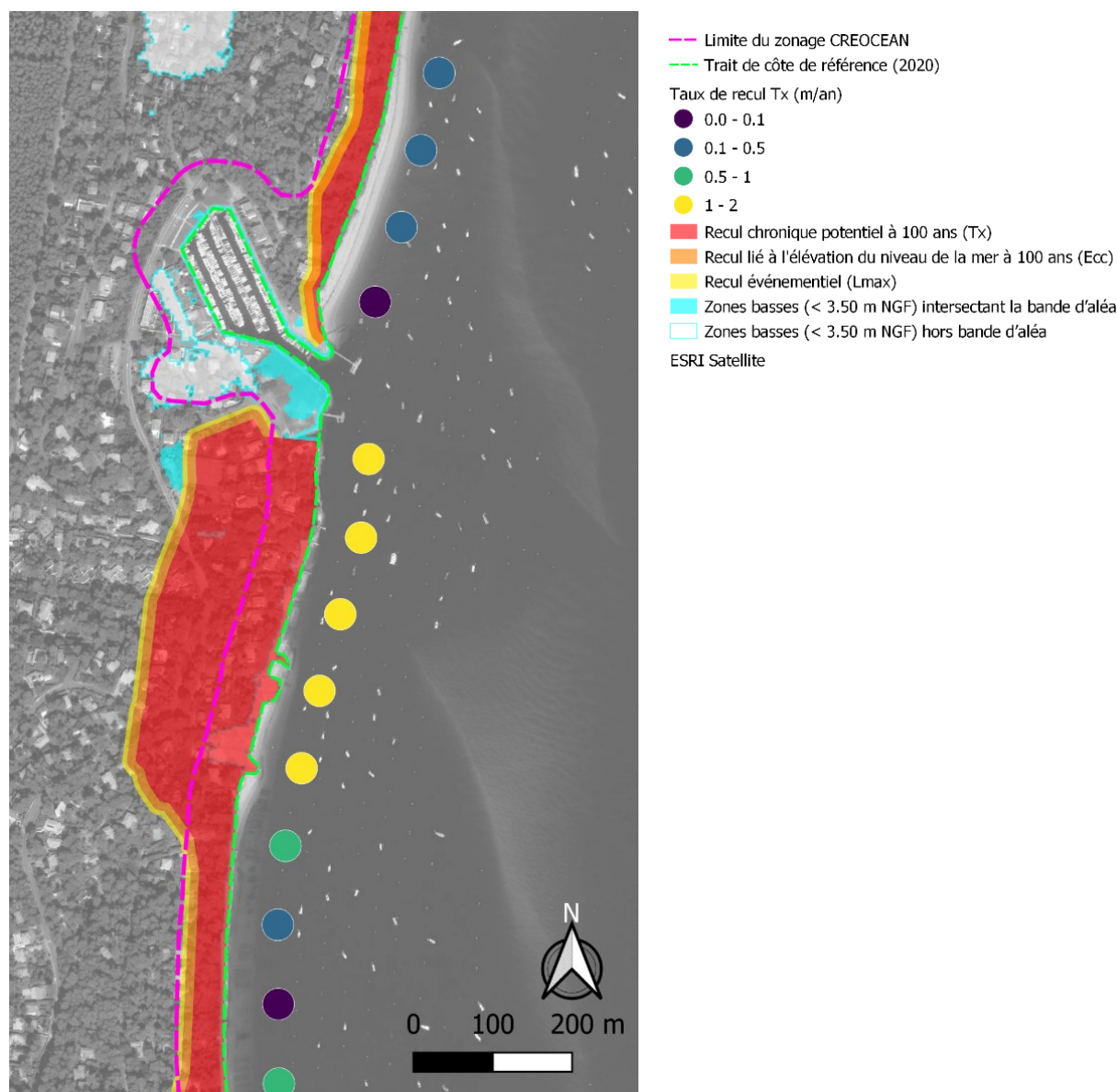


Figure 3-4 Comparaison des résultats avec l'approche de CROCEAN dans un secteur avec des taux de recul forts à modérés

3.3 Mise en perspective des taux T_x avec la littérature (Leonardi et al., 2016)

Les taux de recul chronique T_x estimés par la méthode (loi de type Partheniades, paramétrée par types de berge) s'échelonnent, le long de la façade interne, entre des valeurs nulles ou très faibles et des valeurs pouvant dépasser 1 m/an dans certains secteurs. Cette gamme d'ordres de grandeur est cohérente avec des taux d'érosion mesurés dans d'autres environnements lagunaires ou intra-bassin, même si les processus dominants et la nature des berges peuvent différer.

La figure suivante synthétise la distribution des taux T_x estimés le long du linéaire. Elle met en évidence une majorité de points à T_x faible à très faible et quelques secteurs présentant des valeurs nettement plus élevées, ce qui permet de replacer les ordres de grandeur obtenus dans le champ des taux rapportés dans la littérature (Leonardi et al., 2016).

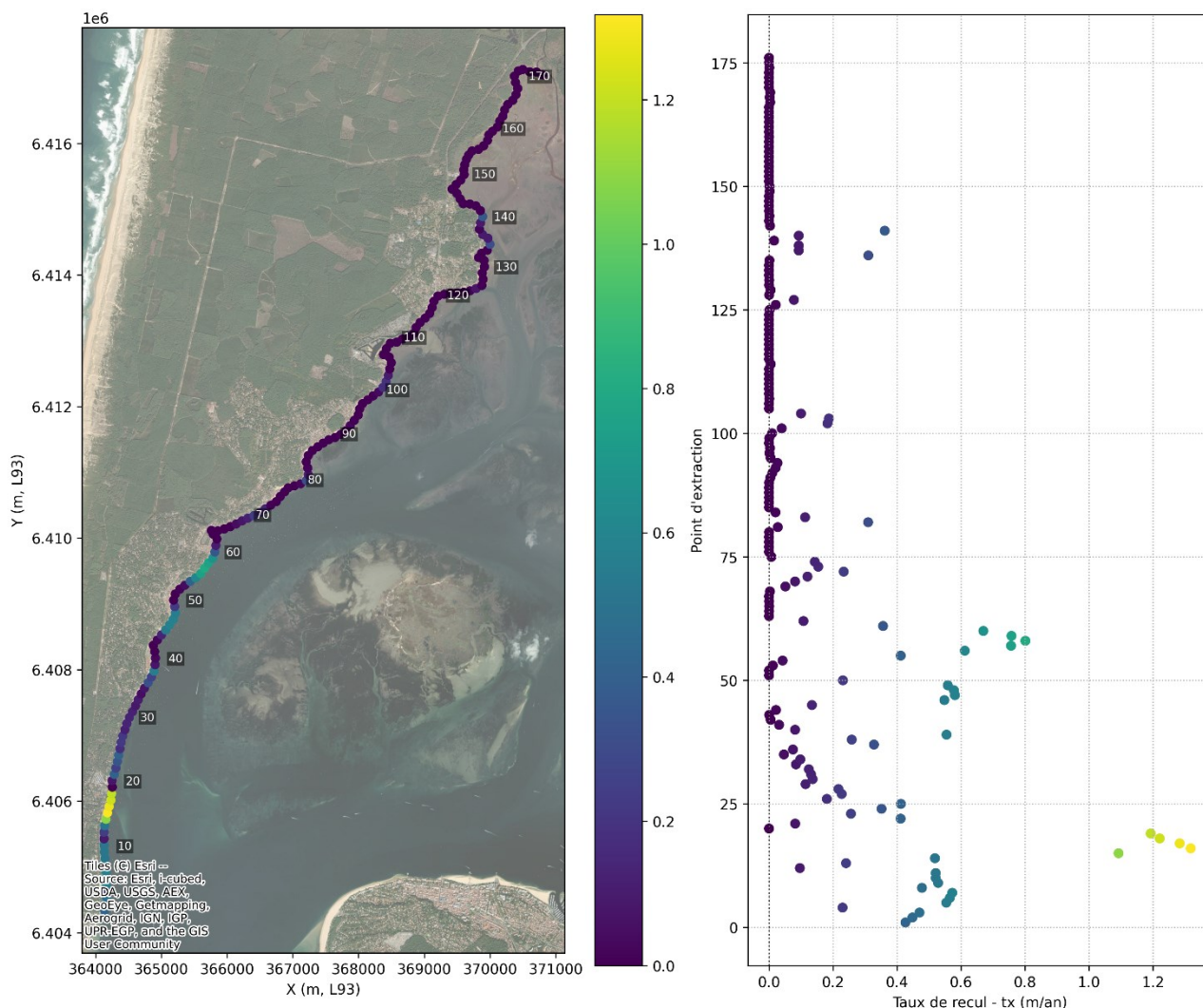


Figure 3-5 Distribution spatiale et statistique des taux de recul T_x . À gauche, localisation des taux T_x le long de la façade interne (points d'extraction). À droite, nuage de points T_x (m/an) en fonction de l'indice de point, illustrant la dispersion des valeurs et l'existence de secteurs à T_x élevé.

À titre de comparaison, Leonardi et al. (2016) analysent l'érosion de bordures de marais salés dans une baie peu profonde (Barnegat Bay, USA) à partir de séries multi-décennales (1930-2007 et 2007-2013). Les auteurs montrent que, sur leurs deux périodes d'analyse, plus de la moitié du linéaire suivi est en érosion avec des taux compris entre 0,25 et 2 m/an, tandis qu'environ 25 % du linéaire présente des taux inférieurs à 0,25 m/an ou n'érode pas. Ces valeurs sont dans les mêmes ordres de grandeur des taux obtenus sur la façade interne du Cap Ferret, en particulier pour les secteurs les plus sensibles où T_x atteint les valeurs les plus élevées.

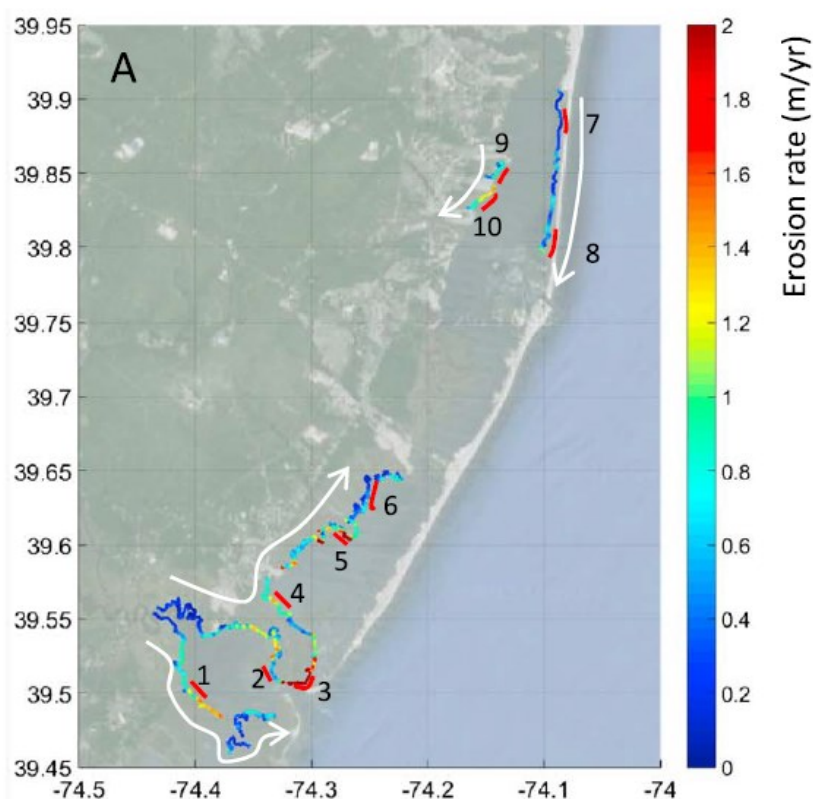


Figure 3-6 Taux d'érosion du trait de côte le long du linéaire étudié par Leonardi et al. (2016). Les couleurs représentent la vitesse d'érosion (m/an). Les numéros repèrent les sous-secteurs analysés, et les flèches indiquent le sens général de l'évolution du rivage.

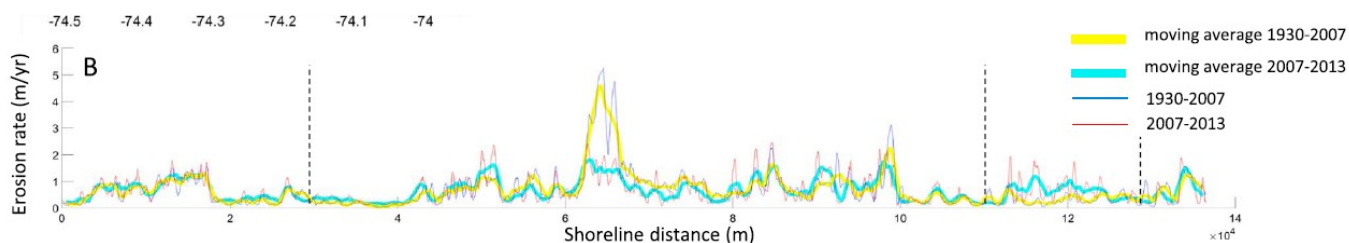


Figure 3-7 Variation du taux d'érosion le long du trait de côte en fonction de la distance cumulée le long du rivage, pour deux périodes (1930–2007 et 2007–2013) d'après Leonardi et al. (2016). Les courbes montrent les taux locaux (m/an) et leurs moyennes mobiles. Les lignes verticales pointillées matérialisent des limites de secteurs le long du linéaire.

Les auteurs rappellent également que les incertitudes de positionnement du trait de côte peuvent se traduire par des incertitudes de l'ordre de 0,30 m/an sur les taux d'érosion estimés. Ce résultat souligne que, dans ce type d'environnement, l'observation de l'érosion à long terme reste difficile à objectiver et s'accompagne d'incertitudes significatives. Il en découle que, pour des valeurs de T_x faibles, la distinction entre une "érosion très faible" et une "absence d'érosion" doit être interprétée avec prudence. Rapportée à l'horizon d'un siècle, une telle incertitude représente un ordre de grandeur important et peut conduire à des écarts de plusieurs dizaines de mètres sur le recul cumulé.

3.4 Discussion globale, hypothèses et limites de la démarche

La démarche proposée vise à spatialiser l'aléa « recul du trait de côte » sur la façade interne du Cap Ferret en s'appuyant sur une lecture orientée processus. Elle apporte une information structurante, en particulier la mise en évidence d'un contraste net entre le secteur en bordure du chenal de Piquey et le secteur à vasières, et la localisation de secteurs plus sensibles associés à des accélérations de courant (par exemple au sud du port de la Vigne, ainsi que sur certaines avancées et remblais). Les résultats doivent toutefois être interprétés comme des ordres de grandeur et des hiérarchisations spatiales robustes, plutôt que comme une prédiction au mètre près. Plusieurs limites fondamentales, communes à l'ensemble des modules, structurent cette lecture.

3.4.1 Approche par composantes et absence de modèle morphodynamique intégré

La méthode construit l'aléa total par assemblage de trois composantes (T_x , E_{cc} , L_{max}) calculées séparément, puis combinées cartographiquement. Cette structuration est cohérente avec le cadre PPRL et facilite la traçabilité des hypothèses, mais elle ne constitue pas une modélisation morphodynamique intégrée. Les interactions potentielles entre processus ne sont pas représentées, par exemple :

- l'évolution du profil et du stock sableux susceptible de modifier l'exposition aux courants,
- les rétroactions entre élévation du niveau marin, modification de la géométrie des vasières et intensification locale des contraintes,
- les effets de seuil et ruptures de régime induits par des pertes de plage ou des déchaussements d'ouvrages.

En conséquence, l'aléa final est une emprise potentielle construite à partir de contributions additionnelles, et non une trajectoire morphologique physiquement couplée.

3.4.2 Représentativité temporelle et hypothèse de stationnarité à 100 ans

Les modules reposent sur des hypothèses de représentativité temporelle et de stationnarité, nécessaires dans un cadre réglementaire mais limitantes physiquement. Pour T_x , l'hydrodynamique est échantillonnée sur un cycle lunaire complet puis extrapolée à 100 ans. Pour E_{cc} , la réponse du profil est ramenée à une pente active unique. Pour L_{max} , la réponse est liée à un événement de référence et une transposition sectorielle. Dans tous les cas, l'hypothèse principale est que les distributions de forçage et les conditions de réponse restent représentatives sur l'horizon 2120.

Cette hypothèse est particulièrement sensible dans un environnement intra-bassin où la position des chenaux, l'extension des vasières, la disponibilité sédimentaire et les interventions humaines peuvent évoluer fortement. Il faut donc lire les résultats comme une **projection conditionnelle** reposant sur un cadre stable, et non comme un scénario dynamique intégrant les évolutions possibles du système.

3.4.3 Contrôle anthropique, ouvrages et gestion sédimentaire

La façade interne est un rivage en maintenance, fortement anthropisé. Cette réalité constitue à la fois le motif central de la démarche et une limite majeure pour l'interprétation. Les opérations de rechargement, redistributions mécaniques et interventions sur ouvrages modifient directement la morphologie et peuvent masquer ou amplifier des signaux d'érosion. Le module T_x cherche à s'affranchir partiellement de ce biais via une correction simple sur le profil de référence, mais cette correction reste une approximation volumétrique, et elle ne permet pas de reconstruire finement la redistribution réelle des sables.

Surtout, la méthode ne peut pas prédire la trajectoire future de la gestion. Or, la robustesse du recul projeté dépend de décisions à venir : maintien des pratiques de rechargement, capacité d'accès pour intervenir sur des plages disparues, arbitrages locaux liés aux usages. Cette incertitude est structurante et doit être explicitement rappelée, car elle influence directement l'évolution réelle du système à 100 ans.

3.4.4 Incertitudes de paramétrage et calage partiel

La démarche a été conçue pour limiter le « dire d'expert » là où les données le permettent, mais elle demeure contrainte par la disponibilité des informations.

- T_x est calibré sur un profil de référence puis transposé par classes de berges. Cela rend la méthode plus robuste sur les secteurs sableux dominants, mais moins contrainte sur les remblais sable + coquilles et sur les berges plus cohésives ou végétalisées, où l'on s'appuie davantage sur cohérence physique, bibliographie et tests de sensibilité.
- Ecc dépend fortement du choix de pente active. Le choix d'une pente moyenne défavorable améliore la cohérence réglementaire et limite l'effet de pentes locales très variables, mais il demeure un paramètre structurant qui peut modifier significativement l'ordre de grandeur du recul.
- L_{max} dépend de choix de scénario (événement, conditions de niveau d'eau, paramétrages de modèle, représentativité des profils), et la transposition par secteurs introduit une incertitude supplémentaire.

L'aléa final hérite donc d'une incertitude composite, dominée par quelques paramètres structurants et par les hypothèses de transposition spatiale.

3.4.5 Incertitudes spatiales et choix cartographiques

La méthode produit un recul variable le long du trait de côte, en particulier pour T_x . La production cartographique suppose ensuite des choix techniques (projection des points d'extraction sur le trait de côte, interpolation, lissage) qui sont nécessaires pour éviter un résultat en « marches d'escalier » et produire une emprise lisible à l'échelle réglementaire. Ce traitement améliore la cohérence géométrique mais peut atténuer des extrêmes très localisés ou, au contraire, prolonger des tendances entre points si la variabilité réelle est plus fine que le pas d'échantillonnage. Les résultats sont donc plus robustes pour discuter des grands contrastes (chenal versus vasières, anses abritées versus avancées exposées) que pour quantifier précisément une valeur ponctuelle de recul.

3.4.6 Intégration des zones basses et lecture de l'aléa

L'intégration des zones basses est déterminante dans certains secteurs abrités, où T_x est faible et où la combinaison $Ecc + L_{max}$ impose un recul minimal. La méthode retient une règle simple, traçable, basée sur l'intersection entre bande d'aléa et zones basses, afin d'identifier les secteurs où la topographie basse structure l'extension de l'aléa au-delà du recul projeté. Cette approche est adaptée à un objectif de zonage, mais elle ne représente pas explicitement les chemins hydrauliques, les discontinuités de connectivité ou les effets d'obstacles. Elle doit donc être comprise comme une identification des emprises potentiellement exposées du fait de leur altitude, et non comme une modélisation de propagation hydrodynamique.

3.4.7 Cas particulier du port de la Vigne

Le traitement du port de la Vigne illustre le caractère scénariste de certaines hypothèses. L'interruption de la bande d'aléa y repose sur l'hypothèse de continuité de l'implication publique dans le maintien du port et des ouvrages associés, au-delà de l'horizon actuellement annoncé pour l'entretien. Ce choix est cohérent avec la doctrine de prise en compte des ouvrages lorsqu'une gouvernance et une maintenance structurées peuvent être considérées comme pérennes, mais il reste conditionné à des décisions futures. Il convient donc de le présenter explicitement comme une hypothèse spécifique, susceptible d'être réexaminée dans les phases ultérieures de la révision du PPRL.

Conclusion générale

La démarche proposée dans ce rapport apporte une valeur ajoutée principale : elle objectivise la variabilité spatiale de l'aléa érosion sur un linéaire où la lecture rétrospective du recul est fortement perturbée par l'anthropisation (ouvrages, rechargements, remodelages du haut de plage) et par une disponibilité sédimentaire contrainte. En s'appuyant sur une chaîne de traitement cohérente et traçable (modèle bassin, conversion en contraintes, loi d'érosion calibrée, projection à 100 ans, composante Bruun, puis intégration de L_{max} et des zones basses), la méthode fournit un cadre reproductible compatible avec les attendus PPRL.

Les résultats sont particulièrement utiles à trois titres. D'abord, la démarche met en évidence les contrastes de sollicitations hydrodynamiques le long de la façade interne, notamment entre (i) les tronçons longés par le chenal de Piquey, plus exposés, et (ii) les secteurs à vasières intertidales plus larges, où l'énergie transmise au pied de berge est plus atténuée. Elle identifie aussi des secteurs localement sensibles liés à la géométrie du rivage (avancées, remblais) ou à des configurations hydro-morphologiques particulières, où T_x devient un contributeur majeur du recul total. Ensuite, l'intégration des zones basses apporte une lecture complémentaire : même lorsque la bande de recul est limitée, l'exposition peut être dominée par la topographie basse dans des contextes abrités, ce qui renforce la cohérence du zonage final. Enfin, la méthode fournit une base argumentée et traçable pour construire des bandes d'aléa mobilisables en cartographie réglementaire, en passant d'un zonage homogène à une hiérarchisation fondée sur un gradient physique explicite, tout en conservant une logique de précaution.

En revanche, la précision locale des valeurs reste conditionnée par plusieurs limites. Le T_x représente un potentiel d'érosion local et ne modélise pas les rétroactions morphologiques et la continuité sédimentaire à long terme (évolution des profils, chenaux et vasières, transferts longitudinaux). Le paramétrage repose sur un calage ponctuel et une transposition par classes de berge, ce qui rend les résultats plus robustes pour hiérarchiser des secteurs que pour une estimation au mètre près. Enfin, la projection à 100 ans suppose une certaine stationnarité des forçages, des formes et des pratiques de gestion, alors que l'évolution future dépendra fortement de trajectoires difficiles à anticiper (maintenance des ouvrages, accessibilité des plages, stratégies de rechargement, évolution du fonctionnement hydro-sédimentaire sous changement climatique).

Le cas du port de la Vigne illustre également le caractère scénariste de certains choix : le traitement retenu repose sur une hypothèse explicite de continuité de la gestion publique au-delà de l'horizon actuellement annoncé, et devra être discuté dans les étapes ultérieures de la révision du PPRL.

En conséquence, il est recommandé d'utiliser ces résultats non comme une prédiction déterministe, mais comme une base d'aide au zonage fondée sur des ordres de grandeur, une hiérarchisation spatiale robuste et une transparence méthodologique, en gardant visibles les principales hypothèses qui encadrent leur usage réglementaire.

Références

Bibliographie

Bosa, S., Petti, M., & Pascolo, S. (2018). Numerical modelling of cohesive bank migration. *Water*, 10(7), 961. <https://doi.org/10.3390/w10070961>

Bouchet, J.-M., Manaud, F., Michel, P., Glénisson, B., Auby, I., Castel, J., Lafon, V., Castaing, P., Lesueur, P., & Plus, M. (1997). *Étude intégrée du Bassin d'Arcachon. Tome 5, synthèse*. IFREMER.

CASAGEC Ingénierie. (2021). *Actualisation du fonctionnement hydrosédimentaire du littoral intra-bassin de Lège-Cap Ferret. Programme de rechargement*. Rapport CI-20011, février 2021. (Pour le SIBA).

CREOCEAN. (2022). *Révision du PPRL de Lège-Cap-Ferret. Caractérisation des aléas de référence. Rapport Phase 1*. Étude n°191019, juin 2022.

CREOCEAN. (2023). *Révision du PPRL de Lège-Cap-Ferret. Caractérisation des aléas de référence. Rapport Phase 2.1*. Étude n°191019, octobre 2023.

Leonardi, N., Defne, Z., Ganju, N. K., & Fagherazzi, S. (2016). Salt marsh erosion rates and boundary features in a shallow bay. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 121, 1861–1875. <https://doi.org/10.1002/2016JF003975>

Le Pevedic, A.; Bayle, P.; Nicolae Lerma, A.; Sottolichio, A.; Ganthu, F. (2025). Numerical investigation of seasonal wind-wave responses to severe seagrass decline in a coastal lagoon. *Coastal Engineering*, 201, 104796.

Nahon, A.; Idier, D.; Bertin, X.; Guérin, T.; Marieu, V.; Sénéchal, N.; Mugica, J. (2022). Modelling the contribution of wind waves to cap ferret's updrift erosion. *Coastal Engineering*, 172, 104063.

Partheniades, E. (1965). Erosion and deposition of cohesive soils. *Journal of the Hydraulics Division (ASCE)*, 91(HY1), 105–139.

Robin, N., Castelle, B., Péné, A., Marieu, V., Rosebery, D., Quartier, N., Capo, S., Piera, F., Sénéchal, N., & Tanis, J. P. (2021). 150 years of foredune initiation and evolution driven by human and natural processes. *Geomorphology*, 374, 107516. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107516>

Roelvink, J. A., Reniers, A., van Dongeren, A., van Thiel de Vries, J., Lescinski, J., & McCall, R. (2009). Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. In *Proceedings of Coastal Engineering 2008 (ICCE)*.

SHOM. (2025). *Références altimétriques marines (RAM)*. https://doi.org/10.17183/MAREE_COURANTS_RAM

Shields, A. (1936). *Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung*. Mitteilungen der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau.

Zhang, Y.J.; Ye, F.; Stanev, E.V.; Grashorn, S. (2016). Seamless cross-scale modeling with schism. *Ocean Modelling*, 102, Pp. 64-81

Autres données et fonds cartographiques

Archives des cartes postales. Ferretdavant.com

ESRI. ESRI Satellite (fond de plan).

Géoportail (IGN). Orthophotographies et carte d'état-major (consultation).

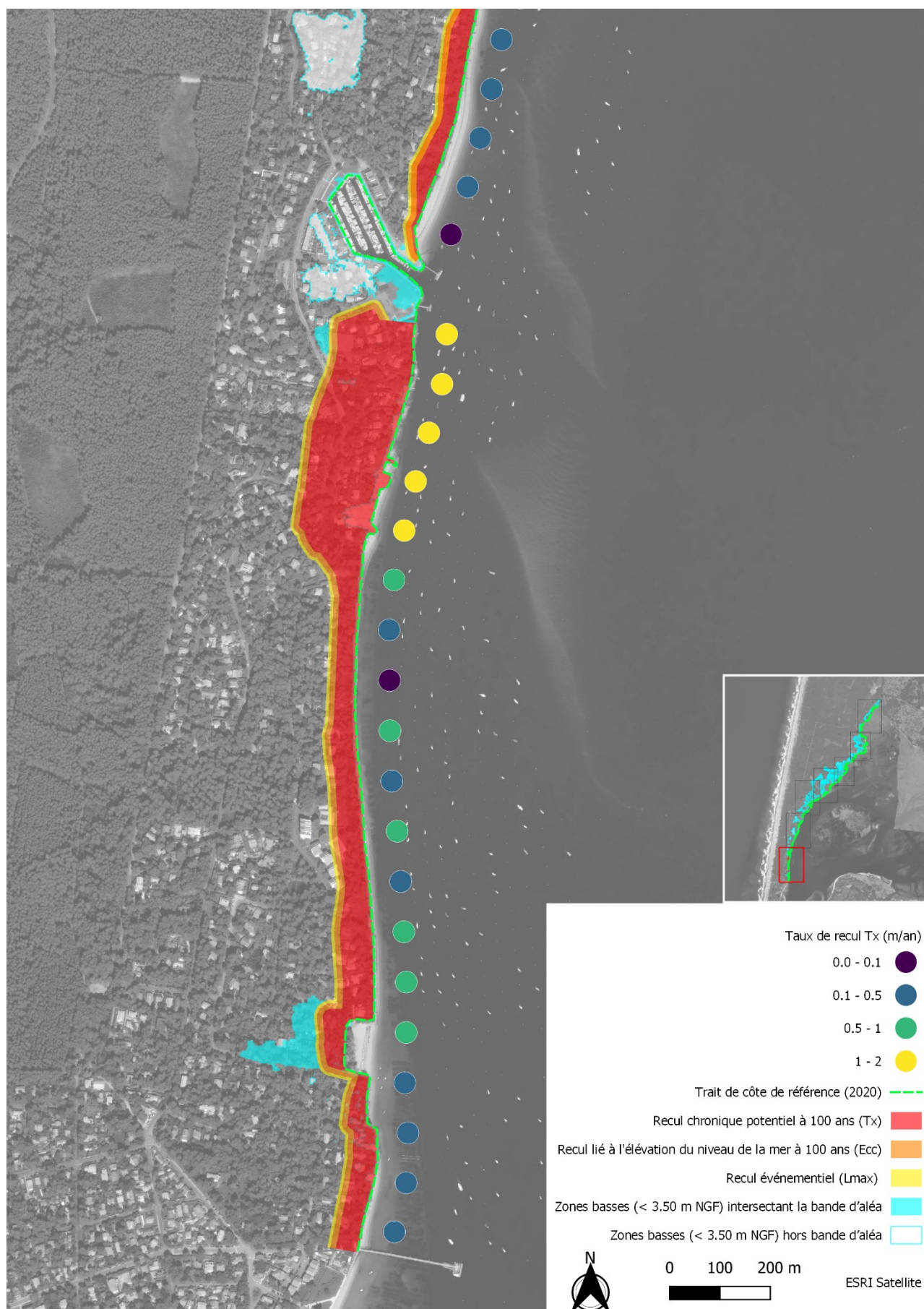
SIBA. Levés topographiques annuels des plages intra-bassin (données internes transmises, 2005–2025).

Annexe A Planches cartographiques des résultats de la bande d'aléa (T_x , Ecc , $Lmax$ et zones basses) à l'horizon 2120

Cette annexe regroupe sept planches cartographiques couvrant l'ensemble du linéaire d'étude, de la jetée de Bélisaire à la limite nord communale. Chaque planche présente, sur un fond orthophotographique, la localisation des points d'extraction et la classe de taux de recul chronique T_x , ainsi que la construction progressive de la bande d'aléa par superposition des composantes T_x (recul chronique à 100 ans), Ecc (recul lié à l'élévation du niveau marin) et $Lmax$ (recul événementiel). Les zones basses ($z < 3,50$ m NGF) sont indiquées et distinguées selon qu'elles intersectent ou non la bande d'aléa. Les planches sont ordonnées du sud vers le nord afin de faciliter la lecture continue du linéaire.

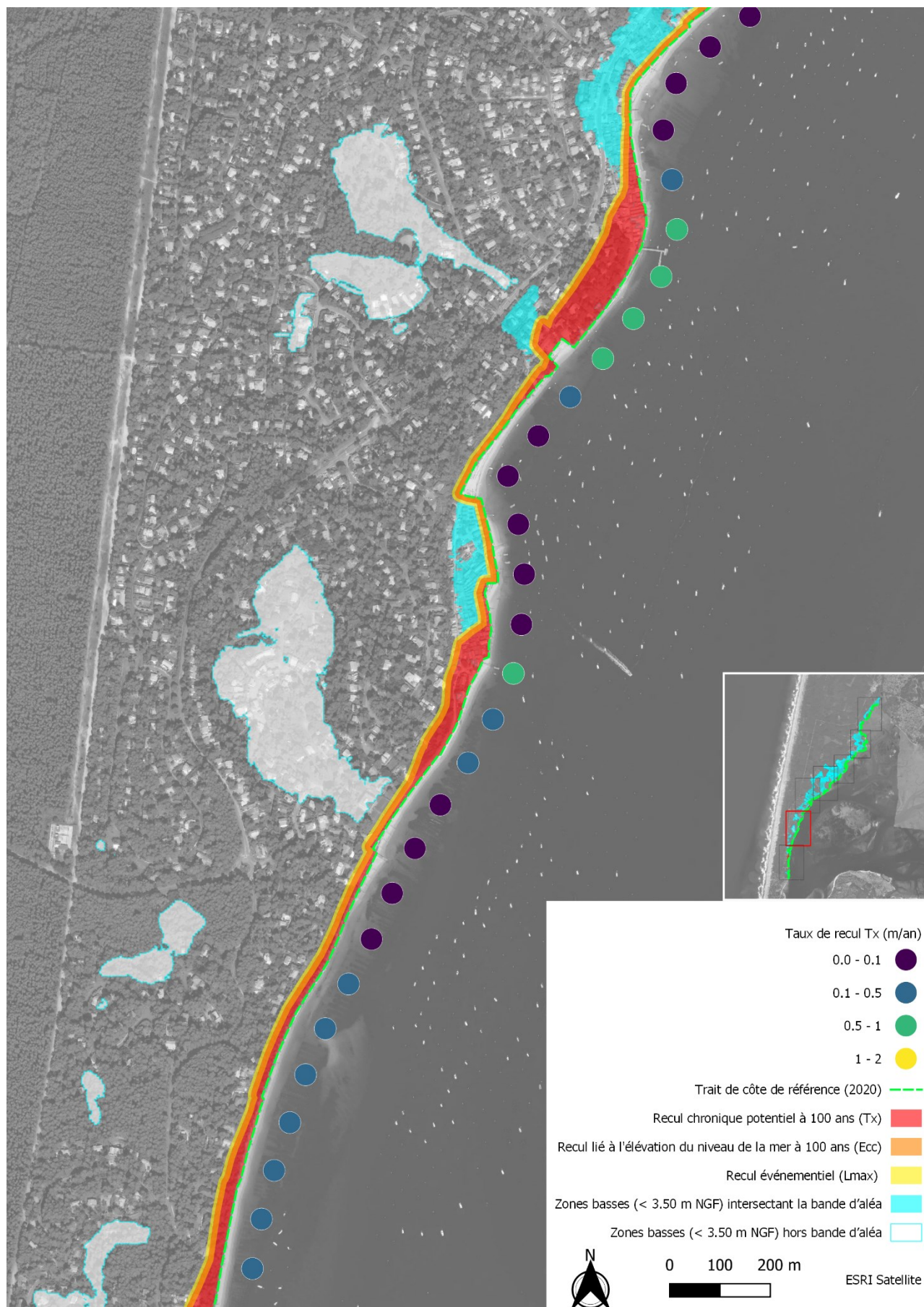
Annexe A.1

De Bélisaire à La Vigne



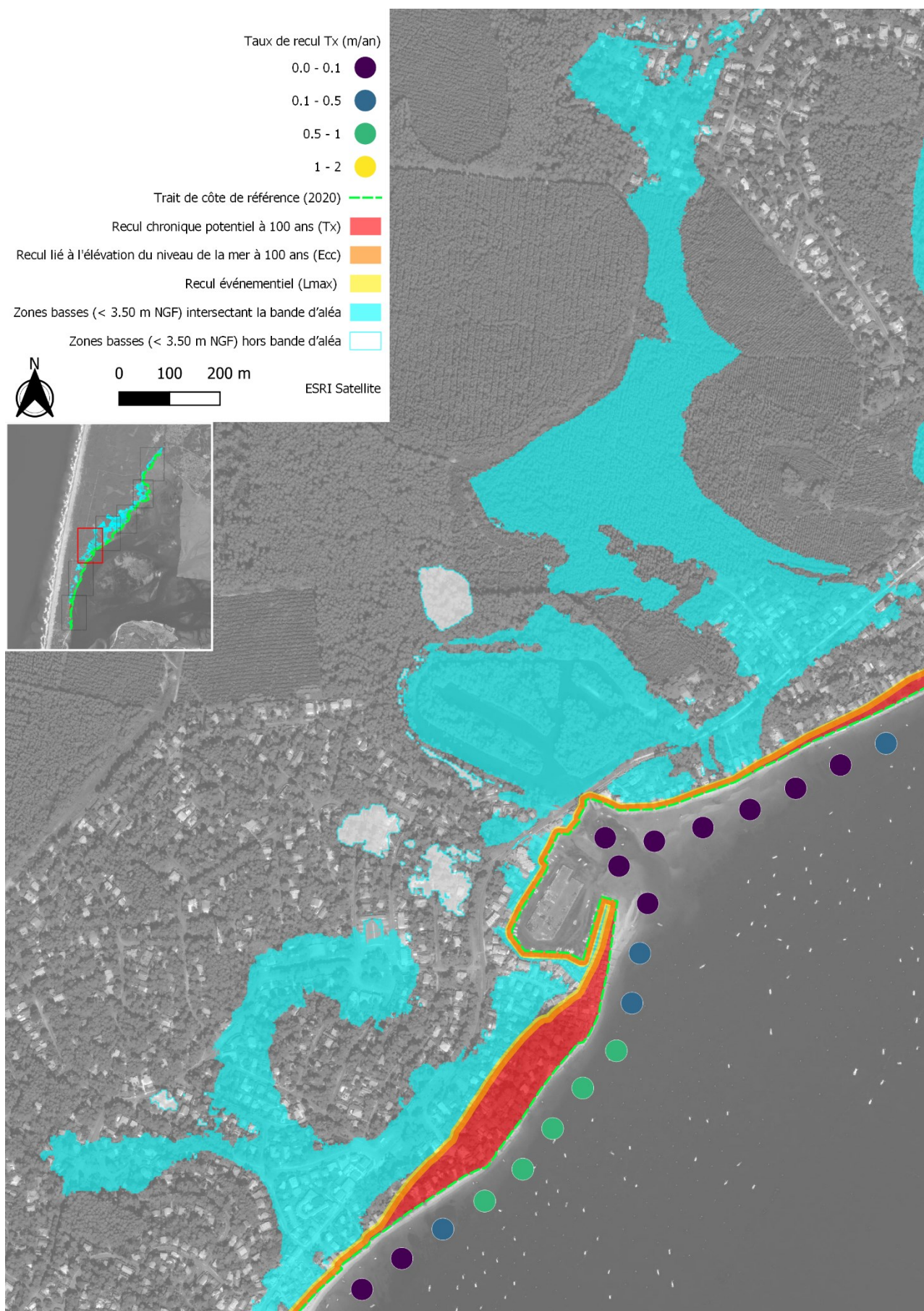
Annexe A.2

De La Vigne au Canon



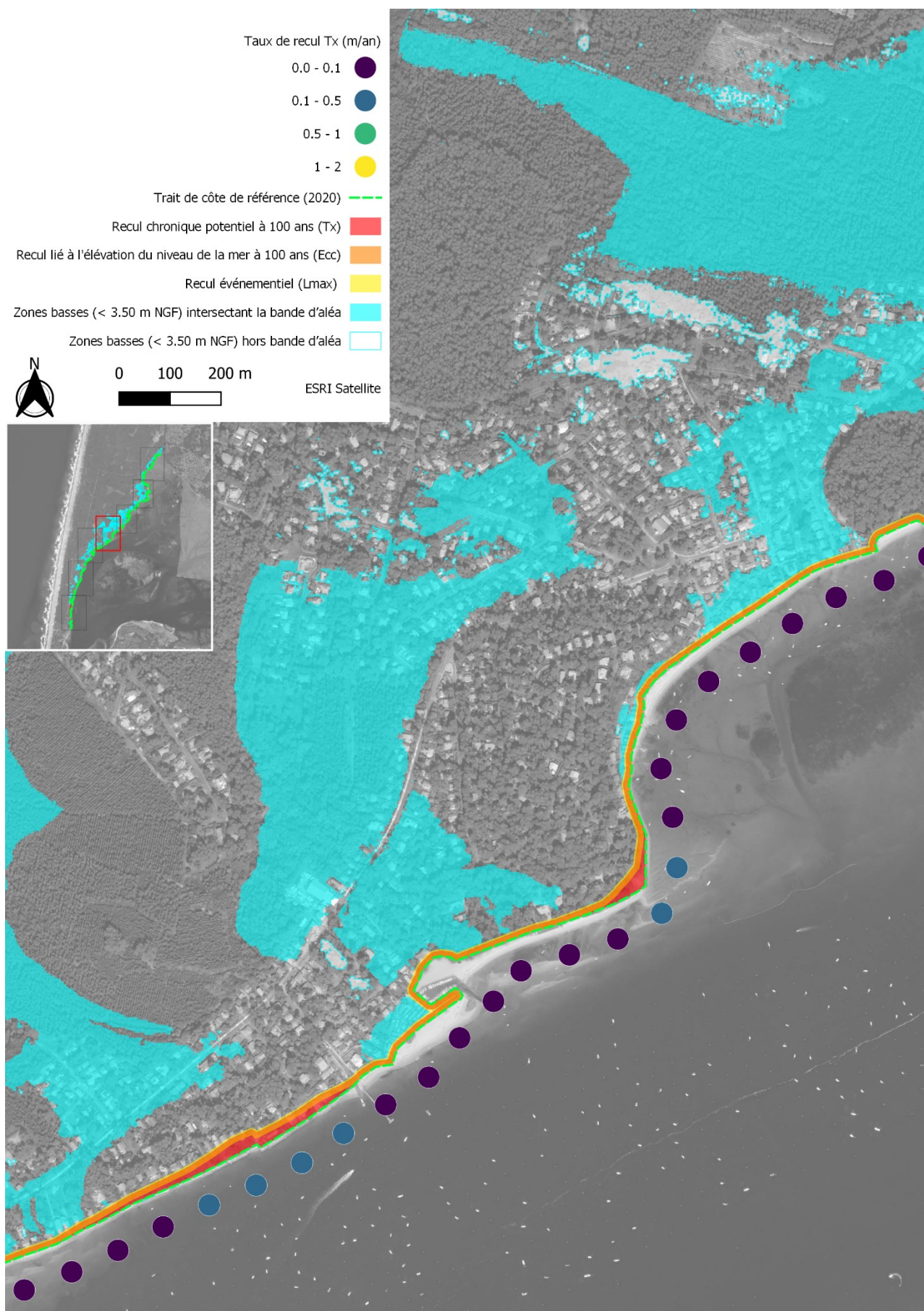
Annexe A.3

Du Canon au Grand Piquey



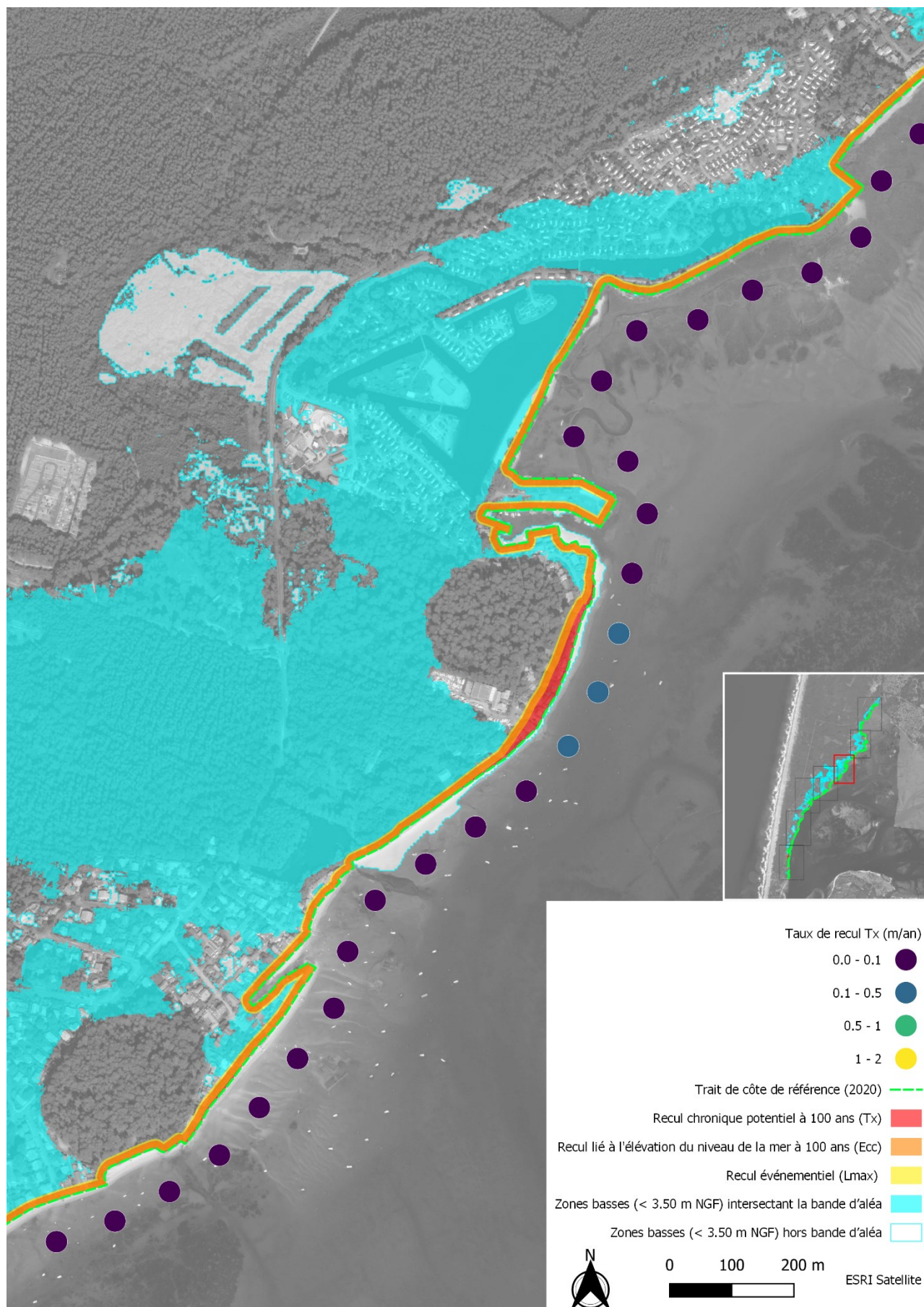
Annexe A.4

Du Grand Piquey à la dune du Truquet



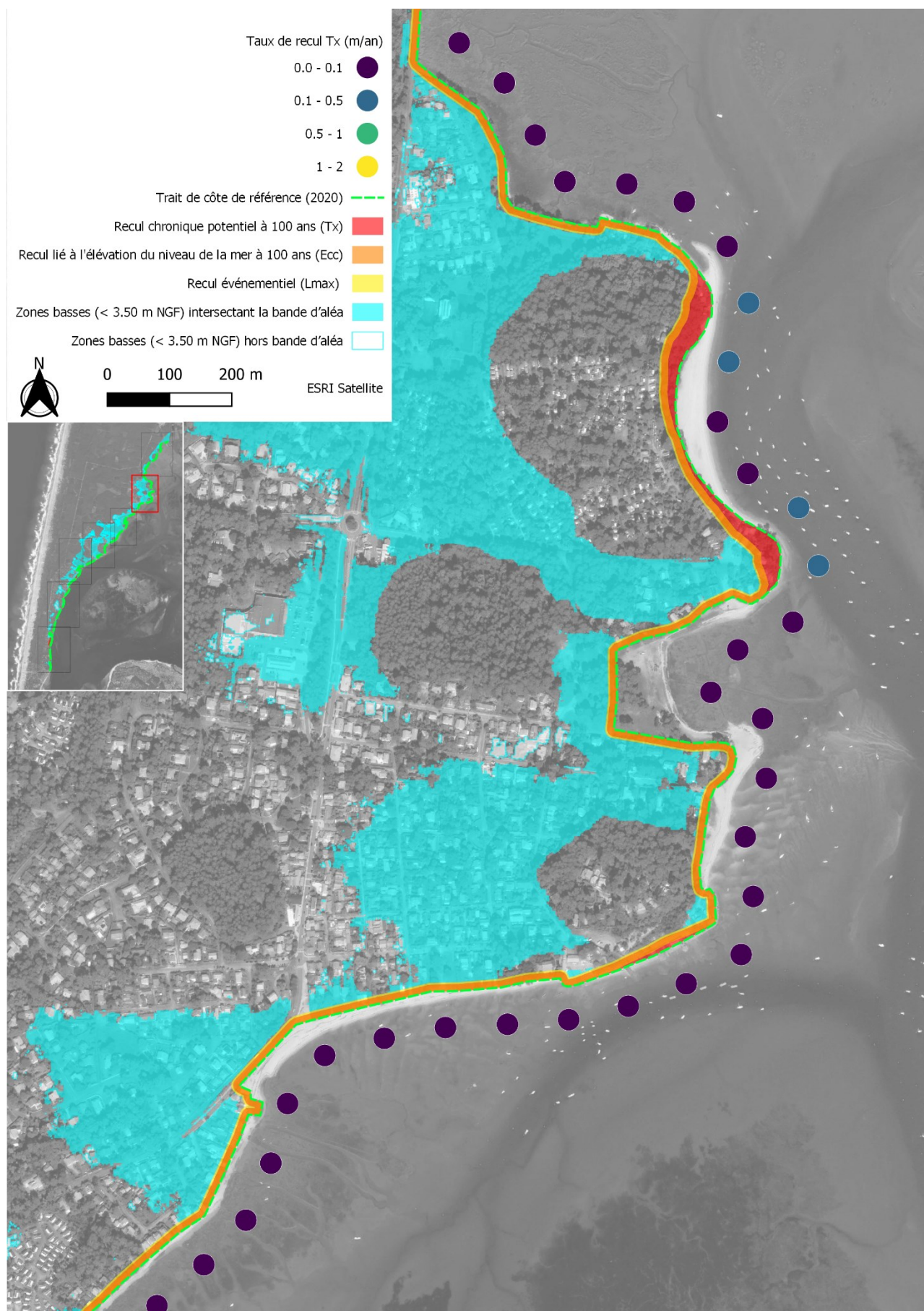
Annexe A.5

De la dune du Truquet à Sangla



Annexe A.6

De Sangla à Jane de Boy



Annexe A.7

De Jane de Boy aux Prés Salés

