



RAPPORT

Caractérisation des aléas « recul du trait de côte » et « migration dunaire » dans le cadre de la révision du Plan de Prévention des Risques Littoraux de la commune de Lège-Cap Ferret

Rapport de phase 2.1 : méthode de caractérisation de l'aléa « recul du trait de côte »

Octobre 2023

PREFECTURE DE LA GIRONDE


**PRÉFET
DE LA RÉGION
NOUVELLE-AQUITAINE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


keran
Solutions numériques


creoccean
Environnement & océanographie

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

CLIENT : PREFECTURE DE LA GIRONDE

| | |
|-------------|---|
| COORDONNÉES | DDTM 33 – SRGC Cité administrative 33090 BORDEAUX cedex |
|-------------|---|

| | |
|---------------|-------------------------------|
| INTERLOCUTEUR | Monsieur Stéphane MAÏS |
|---------------|-------------------------------|

CREOCEAN

| | |
|-------------|--|
| COORDONNÉES | Zone Technocéan – Chef de Baie – Rue Charles Tellier 17000 LA ROCHELLE Tél. : 05 46 41 13 13 - Fax : 05 46 50 51 02 E-mail : creocean@creocean.fr |
|-------------|--|

| | |
|----------------|--|
| INTERLOCUTEURS | Madame Anaïs DABURON Monsieur Baptiste LE MAUFF |
|----------------|--|

RAPPORT

| | |
|-------|---|
| TITRE | Caractérisation des aléas « recul du trait de côte » et « migration dunaire » dans le cadre de la révision du Plan de Prévention des Risques Littoraux de la commune de Lège-Cap Ferret Rapport de phase 2.1 : méthode de caractérisation de l'aléa « recul du trait de côte » |
|-------|---|

| | |
|-------------------------|---------------------|
| REF. DE LA CONSULTATION | 2019-DDTM33-SRGC-01 |
|-------------------------|---------------------|

| | |
|-----------------------|----|
| NOMBRE DE PAGES TOTAL | 87 |
|-----------------------|----|

| | |
|------------------|---|
| NOMBRE D'ANNEXES | 0 |
|------------------|---|

VERSION

| RÉFÉRENCE | VERSION | DATE | REDACTEUR(S) | CONTRÔLE QUALITE |
|-----------|---------|------------|--------------|------------------|
| 191019 | V1 | 26/10/2023 | ADA/BLM/GCL | TSC |
| 190119 | V2 | 25/04/2024 | ADA/GCL/MCO | TSC |
| 190119 | VF | 23/05/2024 | ADA | TSC |

PREFECTURE DE LA GIRONDE

**CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE
LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET**

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Préambule | 8 |
| 1. Contexte général | 9 |
| 1.1. Principales conclusions et hypothèses de la phase 1 | 9 |
| 1.2. Limites et incertitudes..... | 9 |
| 1.3. Sectorisation du littoral de la commune de Lège-Cap Ferret | 10 |
| 1.3.1. Découpage de la façade océanique..... | 11 |
| 1.3.2. Découpage de l'embouchure | 12 |
| 1.3.3. Découpage de la façade interne | 14 |
| 2. Cadre scientifique et méthodologique général..... | 15 |
| 2.1. Principe général de la caractérisation de l'aléa « recul du trait de côte ».. | 15 |
| 2.1.1. Equation retenue pour estimer le recul du trait de côte..... | 15 |
| 2.1.2. Année de référence et échéance de projection..... | 16 |
| 2.1.3. Construction de scénarios d'évolution du trait de côte..... | 16 |
| 2.2. Les indicateurs de la position du trait de côte..... | 17 |
| 2.2.1. Définitions et recommandations | 17 |
| 2.2.2. Sélection des indicateurs du trait de côte..... | 18 |
| 2.2.3. Données disponibles | 18 |
| 2.3. Approche rétrospective de l'estimation du recul du trait de côte (T_x) | 20 |
| 2.3.1. Principe et objectifs de l'approche rétrospective | 20 |
| 2.3.2. Quantification du recul observé du trait de côte | 20 |
| 2.4. Les reculs majeurs événementiels (L_{max})..... | 21 |
| 2.5. Effet du Changement Climatique (E_{cc}) | 21 |
| 2.5.1. L'élévation attendue du niveau de la mer..... | 21 |
| 2.5.2. L'impact de l'élévation du niveau marin sur le recul du trait de côte | 22 |
| 2.6. Prise en compte des ouvrages | 23 |
| 2.6.1. Recommandations du guide méthodologique | 23 |
| 2.6.2. Etat des lieux des ouvrages | 24 |
| 2.6.3. Hypothèse et chronologie proposées | 25 |
| 3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur la façade océanique..... | 27 |
| 3.1. Rappel des caractéristiques de la façade océanique | 27 |
| 3.2. Méthodologie | 27 |

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

| | |
|--|-----------|
| 3.2.1. Données utilisées | 28 |
| 3.2.2. Méthode d'analyse de la mobilité des indicateurs | 28 |
| 3.2.3. Valeur du <i>Lmax</i> et estimation de l' <i>Ecc</i> sur la façade océanique..... | 28 |
| 3.3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « Nord »..... | 30 |
| 3.3.1. Evolutions passées du trait de côte..... | 30 |
| 3.3.2. Scénario de projection à l'horizon 2120 | 31 |
| 3.4. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « Centre »... 32 | 32 |
| 3.4.1. Evolutions passées du trait de côte..... | 32 |
| 3.4.2. Scénario de projection à l'horizon 2120 | 33 |
| 3.5. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « Pointe » ... 34 | 34 |
| 3.5.1. Evolutions passées du trait de côte..... | 34 |
| 3.5.2. Les hypothèses de projection à l'horizon 2120 | 37 |
| 3.6. Conclusions sur la façade océanique..... 41 | 41 |
| 4. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur l'embouchure du Cap Ferret | 43 |
| 4.1. Rappel des caractéristiques de l'embouchure | 43 |
| 4.2. Méthodologie | 43 |
| 4.2.1. Définition et indicateur du trait de côte | 43 |
| 4.2.2. Tests de sensibilité sur la pertinence des indicateurs possibles | 43 |
| 4.2.3. Choix de l'indicateur du trait de côte | 57 |
| 4.2.4. Analyse de l'évolution du trait de côte..... | 57 |
| 4.3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « 44 ha » 59 | 59 |
| 4.3.1. Scenario A : effacement des ouvrages | 59 |
| 4.3.2. Scenario B : maintien partiel des ouvrages..... | 59 |
| 4.4. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur les secteurs « Mimbeau sud »et « Mimbeau nord »..... 64 | 64 |
| 4.4.1. Contexte de l'évolution du Mimbeau | 64 |
| 4.4.2. Evolution passée du trait de côte | 65 |
| 4.4.3. Scénario de projection à l'horizon 2120 sur le secteur « Mimbeau sud » | 67 |
| 4.4.4. Scénario de projection à l'horizon 2120 sur le secteur « Mimbeau nord »..... | 69 |
| 4.4.5. Hypothèse d'une « brèche » dans le Cap Ferret..... | 70 |
| 4.5. Conclusion sur la façade « embouchure »..... 70 | 70 |
| 5. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur la façade interne du Cap Ferret | 72 |

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

| | |
|---|-----------|
| 5.1. Rappel des caractéristiques de la façade interne..... | 72 |
| 5.2. Méthodologie | 72 |
| 5.3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte pour la façade interne du Cap Ferret | 73 |
| 6. Conclusion | 74 |
| 6.1. Synthèse de la phase 2.1 | 74 |
| 6.2. Suites de l'étude | 78 |
| Bibliographie..... | 79 |

Préambule

La commune de Lège-Cap Ferret est couverte par un PPRL portant sur les aléas de migration dunaire et de recul du trait de côte depuis 2001. Les PPRL ont été mis en place par la loi Barnier (n°95-101) du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, et dont le décret d'application relatif aux PPR (n°95-1089) date du 5 octobre 1995. Ce territoire est donc précurseur dans l'élaboration et l'application de ce document dont la révision fait aujourd'hui l'objet de cette étude.

La commune de Lège-Cap Ferret se situe dans un environnement aux dynamiques hydro-sédimentaires complexes impliquant une mobilité du littoral importante. De nombreux travaux scientifiques et techniques ont été entrepris depuis 2001 pour comprendre le fonctionnement de ce système sédimentaire, ainsi que pour suivre son évolution. Le Cap Ferret n'a déjà plus la même morphologie qu'il y a 20 ans. La connaissance des aléas a donc été affinée et actualisée et a donné lieu à la production d'un premier rapport de synthèse dans le cadre de la phase 1 de cette étude en juin 2022.

Le présent rapport présente les travaux de définition de la méthodologie de détermination de l'aléa « recul du trait de côte » (phase 2.1). Il contient notamment une synthèse des principaux enseignements de la phase 1, justifiant en particulier le découpage du littoral de la commune en 3 façades (chapitre 1), les principes méthodologiques généraux permettant de fonder un socle de connaissances (chapitre 2) et la quantification de l'aléa « recul du trait de côte » pour chacune des 3 façades, traitées indépendamment les unes des autres (chapitres 3 à 5).

Cette méthodologie de détermination de l'aléa « recul du trait de côte » se doit d'être en cohérence avec la méthodologie nationale (Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux, MEDDE, 2014) par l'estimation de taux d'évolution prenant appui sur des indicateurs adaptés à chacune des 3 façades de la commune, à savoir : la façade externe (ou océanique), l'embouchure et la façade interne. A partir de ces indicateurs, il s'agit donc de :

- Calculer les taux d'évolution de chaque secteur,
- Discuter des hypothèses et des rythmes d'évolution,
- Proposer des scénarios de projection du recul du trait de côte.

Par la suite, un travail de détermination de l'aléa « migration dunaire » (phase 2.2) sera produit pour aboutir à une cartographie de la position du trait de côte à l'échéance 100 ans, à l'échelle de la commune, prenant en compte ces deux aléas (phase 3).

1. Contexte général

1.1. Principales conclusions et hypothèses de la phase 1

D'après les connaissances existantes et les évolutions géomorphologiques observées, il est admis que :

- L'ensemble de la commune de Lège-Cap Ferret est soumis à un aléa « recul du trait de côte » qui risque de s'accroître dans le futur sous l'effet du changement climatique,
- Les nombreuses interventions humaines (végétalisation des massifs, rechargements de plage en sable, constructions d'ouvrages côtiers de protection, etc.) ont contribué à réduire l'impact de cet aléa en stabilisant les dynamiques sédimentaires,
- Ces interventions ont eu pour effet de réduire la résilience du système sédimentaire.

Aussi, ce rapport propose une caractérisation inédite de l'aléa « recul du trait de côte », en cohérence avec la doctrine PPRL, prenant en considération :

- Des indicateurs adaptés pour chacun des secteurs littoraux,
- Les aménagements anthropiques présents et leur évolution future,
- L'impact de l'élévation du niveau moyen de la mer liée au changement climatique.

1.2. Limites et incertitudes

De même que le PPRL de 2001 en vigueur, aucune étude existante ne produit une analyse et une caractérisation des aléas « recul du trait de côte » et « migration dunaire », à l'horizon du siècle à venir et à l'échelle de l'intégralité du territoire communal de Lège-Cap Ferret.

Malgré un volume important de connaissances sur le secteur, de nombreuses incertitudes demeurent sur :

- Les mécanismes qui contrôlent l'évolution la pointe du Cap Ferret et les mouvements sédimentaires de l'embouchure en relation avec les plages adjacentes,
- L'impact de l'élévation du niveau de la mer sur l'évolution future de la côte dans un contexte de changement climatique,
- Les conséquences d'un arrêt de l'anthropisation du trait de côte (absence de toute intervention humaine sur le système sédimentaire – rechargement, construction, etc.).

Aussi, la caractérisation qui a été faite ici est une proposition sur la base des connaissances existantes. La difficulté réside à caractériser à long terme les évolutions et la configuration du littoral sur des échelles pluri-décennales et jusqu'au siècle, dans un environnement particulièrement complexe et dynamique.

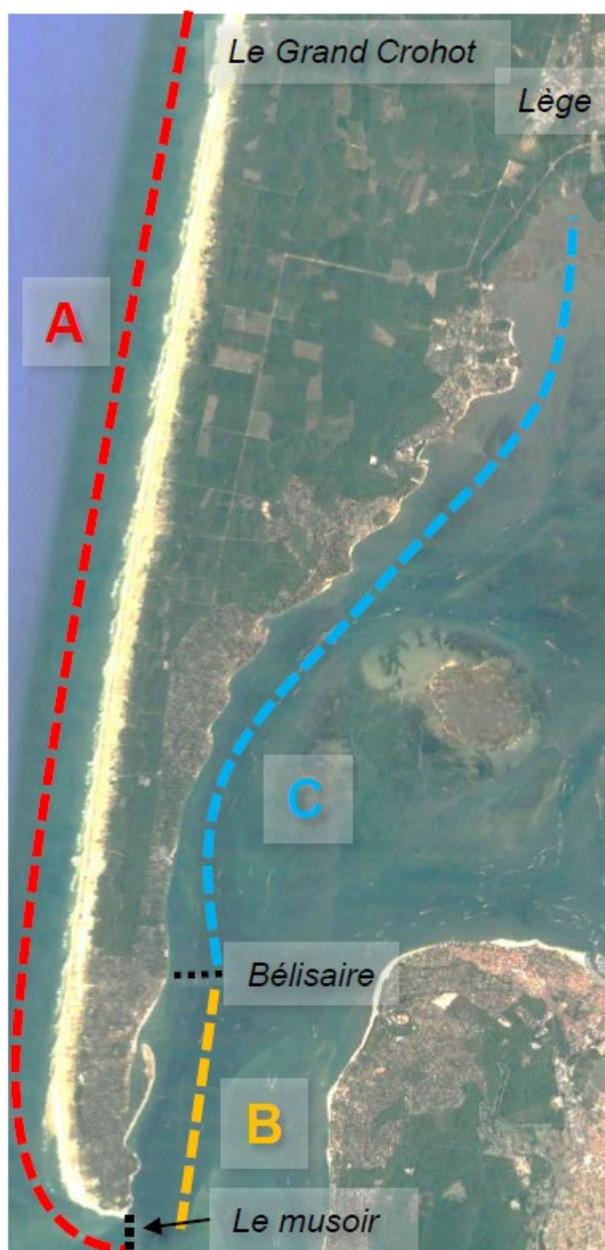
Les incertitudes constituent les limites des scénarios. Elles résident principalement dans :

- L'absence d'outils fiables pour comprendre l'ensemble des mécanismes qui contrôlent l'évolution de la pointe du Cap Ferret en interaction avec le fonctionnement hydro-sédimentaire du bassin d'Arcachon,
- La prise en compte du changement climatique et notamment de l'impact de l'élévation du niveau moyen de la mer sur l'évolution future du trait de côte qui s'appuient sur des principes généraux,
- Les conséquences d'un arrêt de l'anthropisation du trait de côte (absence d'interventions humaines sur le système sédimentaire).

Ces nombreuses incertitudes qui demeurent autour du fonctionnement hydro-sédimentaire du Cap Ferret ne permettent pas d'affirmer que les projections futures qui découlent de cette caractérisation seront effectives aux échéances prévues. Il s'agit d'hypothèses affinées, mais l'extrapolation des tendances passées dans un contexte de changement climatique inédit reste délicate et les projections d'évolution future difficiles à déterminer et à affirmer.

1.3. Sectorisation du littoral de la commune de Lège-Cap Ferret

La synthèse des connaissances établie dans le rapport de phase 1 a permis de découper le littoral de la commune de Lège-Cap Ferret en 3 grandes façades homogènes (voir Figure 1-1) :



- A. La façade océanique,
- B. L'embouchure du bassin d'Arcachon,
- C. La façade interne du Bassin.

Les critères d'homogénéité qui ont été retenus concernent sur chaque façade :

- ⇒ Les processus à l'origine de l'érosion,
- ⇒ L'indicateur du trait de côte choisi,
- ⇒ Les données disponibles,
- ⇒ Les modes de gestion.

Sur chacune de ces grandes **façades** littorales plusieurs **secteurs** sont délimités en fonction des dynamiques littorales observées. Ces secteurs s'appuient sur les limites des cellules hydro-sédimentaires pour adopter une approche adaptée pour la caractérisation de l'aléa. Ainsi, des scénarios de projection différents seront proposés pour chacun des secteurs. A ce stade, les façades sont traitées séparément. Un scénario harmonisé à l'échelle de la commune, incluant également l'aléa « migration dunaire » sera mis au point en phase 3.

Figure 1-1 : Les 3 grandes façades littorales de la commune de Lège-Cap Ferret.

1.3.1. Découpage de la façade océanique

La façade océanique du littoral de Lège-Cap Ferret fait partie de 2 cellules sédimentaires définies dans l'Atlas Morphodynamique de la Côte Aquitaine (BRGM et ONF, 2018) :

- Cellule 3 « Médoc » – sous-cellule 3.5 « de Le Porge à Lège »,
- Cellule 4 « Passes d'Arcachon » : de Lège à Biscarosse.

La limite entre ces 2 cellules est située au droit de la plage de la Torchère et est définie comme étant « l'endroit où les processus d'embouchure du bassin d'Arcachon commencent à influencer la morphologie de la plage ».

Le Cerema propose une autre division de la côte océane qui positionne la commune de Lège-Cap Ferret à cheval sur 3 cellules hydrosédimentaires (Cerema, 2020) :

- Cellule 4 : de Dépé à la Bécassière,
- Cellule 5 : de la Bécassière à la pointe du Cap Ferret,
- Cellule 6 : de la pointe du Cap Ferret à la Salie-sud.

Dans le cadre de la révision du PPRL, il a été choisi d'observer en complément les dynamiques littorales de chacun des secteurs pré-identifiés. Ainsi, la façade océanique de la commune de Lège-Cap Ferret est découpée en 3 secteurs présentant des caractéristiques hydro-sédimentaires homogènes et une évolution similaire sur les périodes d'observation disponibles (1957-2022 pour le secteur Nord, 1934-2022 pour les secteurs Centre et Pointe) (Figure 1-2) :

- Le secteur **Nord** : de la limite communale au nord du Grand-Crohot à la plage du Truc Vert, en relative stabilité/accrétion,
- Le secteur **Centre** : de la plage du Truc Vert à la plage des Dunes, en érosion modérée,
- Le secteur **Pointe** : de la plage des Dunes au musoir de la Pointe, en forte érosion.

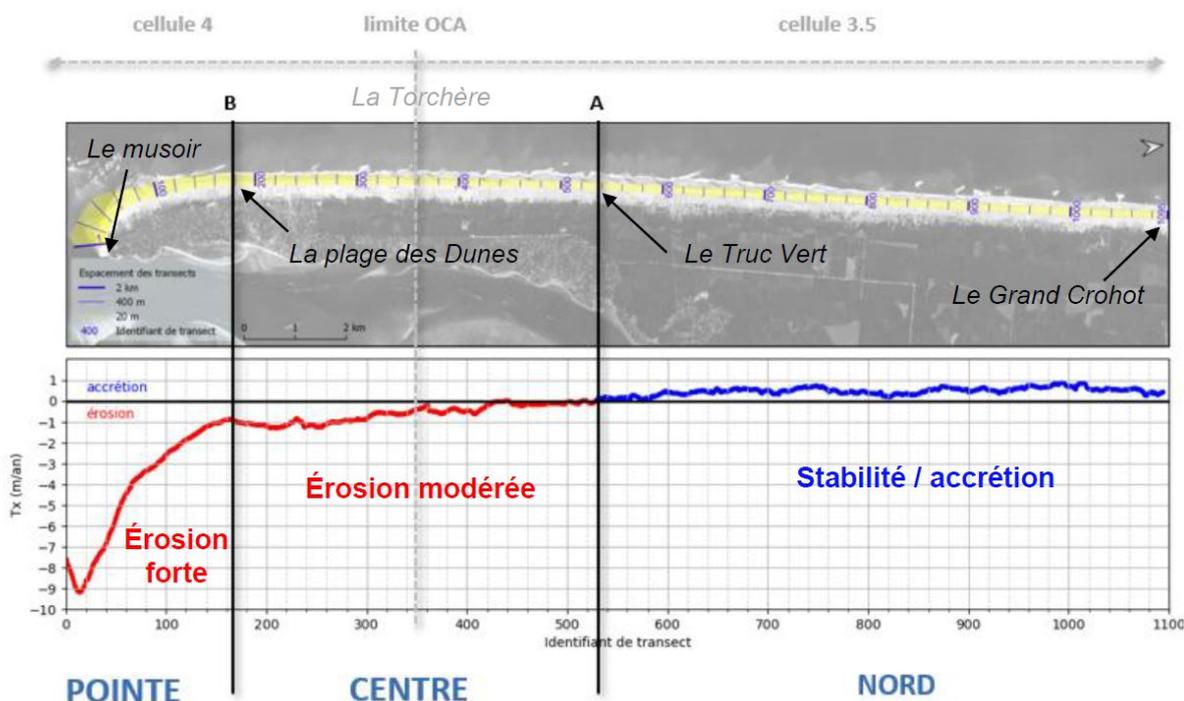


Figure 1-2 : Découpage de la façade océanique en 3 secteurs.

La Pointe constitue l'interface entre la façade océanique et la façade interne du Cap Ferret, à l'intérieur du bassin d'Arcachon, qui s'étend du musoir de la Pointe jusqu'à la base interne de la flèche du Cap Ferret (à proximité du bourg de Lège). Les dynamiques hydro-sédimentaires de ce secteur sont extrêmement complexes et non-linéaires. La proximité avec les chenaux des passes, ainsi que l'exposition aux vagues, provoquent des phases de recul et d'allongement parfois brutales et d'une grande amplitude en lien avec l'évolution de l'embouchure.

1.3.2. Découpage de l'embouchure

Cette façade s'étend de la Pointe à la jetée de Bélisaire ; elle constitue un goulet d'étranglement de l'embouchure du bassin d'Arcachon, particulièrement exposée à l'érosion par le rapprochement du chenal du Ferret.

L'embouchure est une façade très complexe et difficile à appréhender car elle subit des conditions hydrodynamiques et hydro-sédimentaires complexes en interdépendance avec l'évolution des passes externes, de la Pointe et de l'intérieur du bassin d'Arcachon. De plus, elle est très artificialisée et les zones non-artificialisées sont dépendantes des impacts hydro-sédimentaires des zones artificialisées qui modifient leur évolution naturelle.

Cette façade a fait l'objet de nombreux travaux scientifiques (voir rapport de phase 1) mais l'appréhension des phénomènes reste complexe et variable en fonction des zones et elle ne fait pas consensus. La migration du chenal du Ferret est visible sur l'ensemble de la façade bien que la proximité de la côte avec le chenal soit variable dans le temps et l'espace. Cette particularité a entraîné des modes de gestion hétérogènes au cours du temps (construction d'ouvrages linéaires hétérogènes, constructions d'épis, rechargements de plages ou de matériaux sous-marins, etc.).

Aussi, il a été choisi de découper la façade de l'embouchure en 3 secteurs homogènes en termes de fonctionnement et de gestion (Figure 1-3) (du sud au nord) :

- Le secteur **44 ha**, du musoir de la Pointe à Hortense : le linéaire de ce secteur est entièrement ouvrage et a souvent été renforcé par des gravats et autres matériaux non-homogènes qui rendent sa stabilité difficile à estimer ; c'est la position de l'isobathe - 5 mCM du chenal du Ferret qui est historiquement utilisée pour caractériser l'érosion de cette zone. De plus, le chenal du Ferret ayant tendance à se rapprocher de la cote, la bathymétrie est de plus en plus creuse au pied des ouvrages, entraînant la formation de fosses, ce qui peut, à terme, compromettre leur structure ; ce phénomène est particulièrement présent au niveau d'Hortense et de la Pointe ;
- Le secteur **Mimbeau sud**, de l'enracinement de la flèche du Mimbeau (Hortense) à l'inflexion de cette flèche : ce secteur est caractérisé par le renflement convexe de la côte ; toute la zone située en arrière du trait de côte est très urbanisée ;
- Le secteur **Mimbeau nord**, de l'inflexion de la flèche du Mimbeau à la jetée de Bélisaire : sur ce secteur, la côte est doublée par une flèche sableuse qui crée une conche, barrière naturelle à l'agitation marine ; tout comme le secteur Mimbeau sud, la zone située en arrière de la conche est très urbanisée.

La jetée de Bélisaire marque la limite entre l'embouchure et la façade interne du Cap Ferret dans le bassin d'Arcachon. C'est à cet endroit que se trouve la confluence entre les chenaux de Piquey et du Teychan.

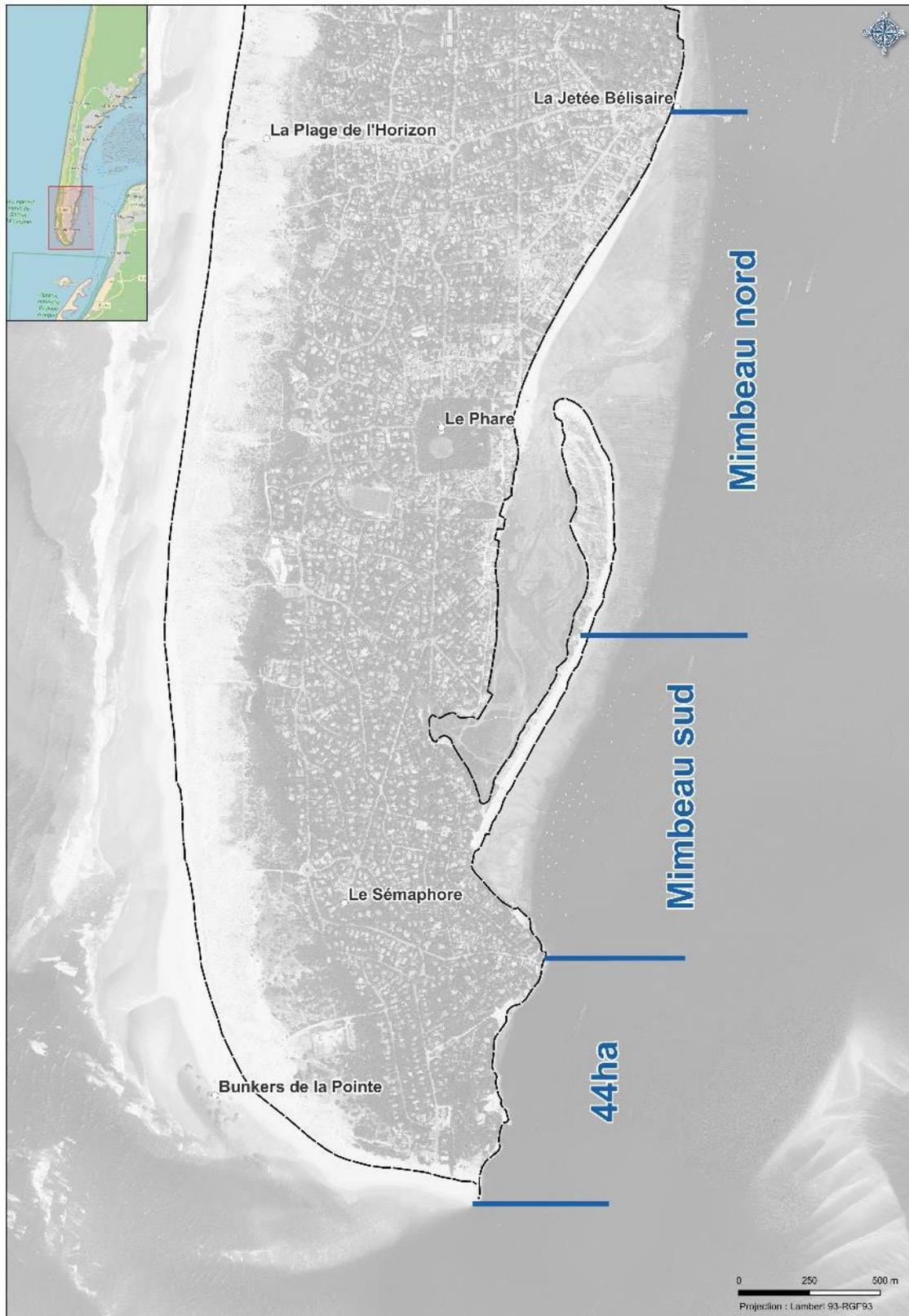


Figure 1-3 : Découpage de la façade « embouchure » en 3 secteurs.

1.3.3. Découpage de la façade interne

La façade interne du littoral de la commune de Lège-Cap Ferret s'étend de la jetée de Bélisaire jusqu'à la base interne de la flèche du Cap Ferret (limite communale). Ce linéaire, longé par le chenal de Piquey, est presque entièrement artificialisé avec des ouvrages de protection de types et de conception très différents.

La délimitation proposée par Sogreah (2008) à partir de critères de proximité du chenal et de variabilité des facteurs hydrodynamiques a été choisie pour la révision du PPRL (Figure 1-4) (du sud au nord) :

- Le secteur **Chenal de Piquey**, de la jetée de Bélisaire à la Pointe aux Chevaux : zone longée par le chenal de Piquey, plus stable et moins profond que le chenal du Ferret ; les plages de ce secteur sont moins soumises à l'érosion que la zone plus au sud ;
- Le secteur **Vasières**, de la Pointe aux Chevaux à la limite communale : zone assez stable avec de larges estrans entre le chenal principal et la côte, et donc peu soumise à l'érosion ; la côte présente une orientation sud-ouest/nord-est ; toute la zone située en arrière du trait de côte est urbanisée sauf à partir de Claouey où la forêt domaniale longe le littoral.

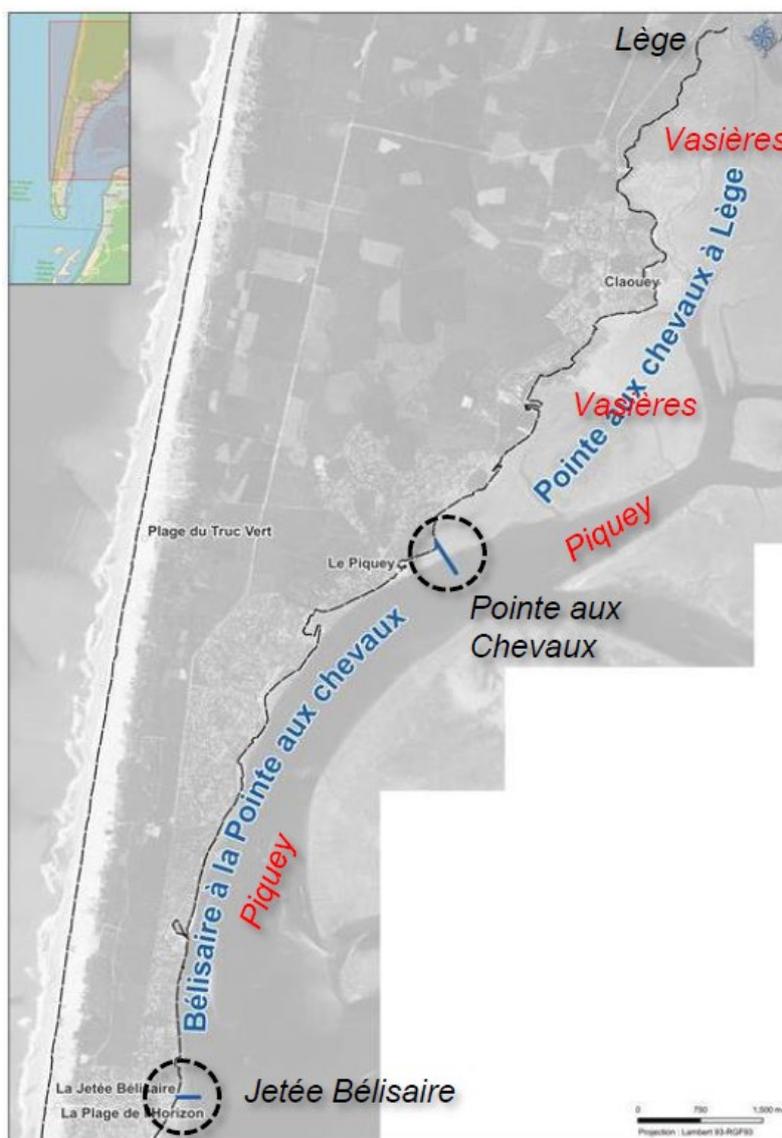


Figure 1-4 : Découpage de la façade interne en 2 secteurs.

2. Cadre scientifique et méthodologique général

2.1. Principe général de la caractérisation de l'aléa « recul du trait de côte »

Les travaux scientifiques existants seuls ne répondent pas au cahier des charges du guide méthodologique pour caractériser les aléas à l'horizon 2120 sur l'intégralité du territoire communal pour diverses raisons en fonction des secteurs (voir rapport de phase 1). Selon les documents, un ou plusieurs des écarts à la méthodologie d'élaboration des PPRL (MEDDE, 2014) ont été identifiés :

- Obsolescence des données,
- Pas de projection à l'horizon 100 ans,
- Emprise / échelle communale non respectée,
- Manque de précision sur les calculs des reculs,
- Pas de prise en compte de l'impact d'un événement majeur (L_{max}),
- Pas de prise en compte du changement climatique,
- Prise en compte des ouvrages non conforme.

Les présents travaux de révision du PPRL de la commune de Lège-Cap Ferret proposent donc une caractérisation inédite de l'aléa « recul du trait de côte », en conformité avec les principes du guide méthodologique d'élaboration des PPRL (MEDDE, 2014), ainsi qu'en s'appuyant sur les recommandations du BRGM (Mugica et Bernon, 2017) et du Cerema (2022).

2.1.1. Equation retenue pour estimer le recul du trait de côte

D'après Desmazes *et al.* (2017), l'équation de caractérisation de l'aléa « recul du trait de côte » retenue pour la révision du PPRL de Lège-Cap Ferret est la suivante (Figure 2-1) :

$$L_r = L_{r0} + n.Tx + L_{max} + Ecc$$

Avec :

- L_r : La position du trait de côte dans n années, calculée à partir de l'équation (m)
- L_{r0} : La position du trait de côte de l'année de référence (m)
- n : Le nombre d'années séparant l'année de référence de l'échéance de projection (*échéance réglementaire de 100 ans par rapport à l'année de référence pour un PPRL*)
- Tx : Le taux de recul annuel du trait de côte (m/an)
- L_{max} : La valeur de recul du trait de côte consécutif à un événement tempétueux majeur (m)
- Ecc : L'effet de l'élévation du niveau de la mer sur l'évolution du trait de côte (m)

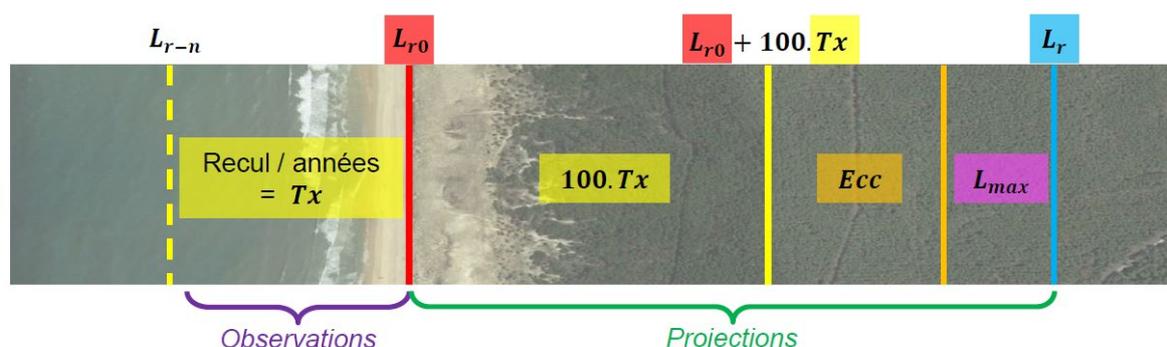


Figure 2-1 : Représentation de l'équation retenue pour la caractérisation de l'évolution du trait de côte ; les reculs additionnés sont représentés schématiquement et ne respectent pas des proportions réalistes.

Il est à noter que la formule initiale proposée par Desmazes *et al.* (2017) intègre la valeur de recul ou d'avancée du trait de côte induite par les effets saisonniers interannuels et multi-décennaux (L_{var} , exprimée en m). Cependant, dans le présent travail d'estimation du recul du trait de côte cette valeur ne sera pas prise en compte car son évaluation empirique n'est pas envisageable sur la totalité du linéaire de la commune (en particulier sur le littoral interne du bassin d'Arcachon).

2.1.2. Année de référence et échéance de projection

En accord avec les recommandations du guide méthodologique d'élaboration des PPRL, l'horizon temporel final de la projection du trait de côte (L_r) est de 100 ans.

Concernant le trait de côte de référence, il a été choisi un trait de côte disponible sur l'ensemble de la façade littorale communale, à savoir le trait de côte de 2020 (L_{r0}), pour observer une homogénéité sur le territoire communal. De plus, l'année 2020 correspond à la dernière année prise en compte pour l'état des connaissances existantes. Ainsi :

L_{r0} correspond à 2020 et L_r correspond à 2120

Néanmoins, la projection de l'évolution du trait de côte n'est pas linéaire et uniforme sur l'ensemble du territoire communal : en fonction des secteurs, des ajustements à différents horizons temporels sont proposés pour tenir compte des spécificités locales.

2.1.3. Construction de scénarios d'évolution du trait de côte

L'évolution du trait de côte n'est pas linéaire et constante : en fonction des secteurs, des périodes d'accrétion et d'érosion peuvent se succéder, dans le temps et dans l'espace, en raison d'une imbrication complexe de processus naturels et anthropiques.

Pour les secteurs concernés, afin de représenter au mieux cette non-linéarité d'évolution du trait de côte, ou des effets de seuil, il est nécessaire de considérer les différentes tendances évolutives et leur temporalité. En appliquant successivement plusieurs taux de recul annuel du trait de côte (T_x), il est possible d'obtenir une projection du trait de côte la plus représentative possible des évolutions passées.

Exemple : un secteur de côte A évolue à un T_{x1} pendant 50 ans puis à un T_{x2} les 50 ans suivants.

→ *Non-linéarité temporelle : identification de 2 tendances à projeter.*

Les modes de gestion du littoral peuvent avoir des conséquences fortes sur l'évolution du trait de côte (voir rapport de phase 1). Aussi, l'intégration de l'impact de la gestion du littoral dans l'élaboration des scénarios permet d'affiner les scénarios d'évolution du trait de côte.

Exemple : un secteur de côte B, laissé en libre évolution pendant 60 ans, a évolué à un T_{x3} ; un secteur de côte C, géré par rechargement annuel pendant 40 ans, a évolué à un T_{x4} . Le secteur C est ensuite laissé sans gestion les 20 ans suivants : il évolue alors à un T_{x5} .

→ *Non-linéarité temporelle et de gestion sectorielle : choix d'un T_x correspondant à une période en l'absence / en présence de modes de gestion par secteur.*

Ces tendances évolutives dépendantes des modes de gestion sont à mettre en perspective avec l'évolution naturelle et l'histoire de chaque secteur de côte (contraintes, aménagements, etc.).

Enfin, il est désormais indispensable de tenir compte du recul lié à l'élévation du niveau moyen de la mer sous l'effet du changement climatique pour les projections du trait de côte à des échéances pluri-décennales. Le scénario d'évolution qui a été retenu ici est le scénario SSP5-8.5 (GIEC-IPCC, 2022). Une quantification de son effet sur l'évolution future du trait de côte (E_{cc}) est proposée par secteur littoral (voir 2.5.2).

La construction des scénarios d'évolution du trait de côte est donc la résultante de la combinaison de données factuelles et d'hypothèses basées sur des observations et des références scientifiques afin d'être en cohérence avec le contexte et les dynamiques locales. Une réflexion est menée pour déterminer un T_x par façade voire secteur littoral identifié pour correspondre au mieux aux tendances (évolution linéaire ou non) et aux spécificités locales (modes de gestion, présence d'ouvrages, etc.).

2.2. Les indicateurs de la position du trait de côte

2.2.1. Définitions et recommandations

La littérature scientifique est très riche de définitions du trait de côte ou d'indicateurs de la position du trait de côte. Ces derniers diffèrent selon les usages et les organismes : Boak et Turner (2005) ont ainsi répertorié 45 indicateurs de la position de trait de côte définis depuis les années 1950 dans la littérature scientifique et utilisés à travers le monde à des fins d'études de l'évolution du littoral.

Dans ce contexte, le Cerema rappelle dans le cahier technique « Analyse du fonctionnement hydro-sédimentaire du littoral » (2015) la rigueur nécessaire à la définition, l'extraction et l'utilisation d'un indicateur homogène et reproductible pour l'évaluation de la mobilité du trait de côte :

« L'adoption d'une définition unique du trait de côte est complexe. Elle pose la question de l'adoption d'un standard qui rend inter-comparables les analyses de suivi de l'évolution du trait de côte. Le trait de côte, défini ici par une approche technique, est distingué clairement de la définition juridique de limite haute du Domaine Public Maritime.

En matière de cartographie marine et terrestre, le trait de côte est défini comme la ligne portée sur la carte séparant la terre de la mer. Il s'agit le plus souvent d'une laisse de haute mer. L'évolution de la position du trait de côte permet de rendre compte de la dynamique côtière. Aussi, il convient de s'appuyer sur une définition du trait de côte dont les changements dans le temps représentent au mieux l'évolution de la limite terre-mer. C'est pourquoi, différentes définitions, ou plutôt différents indicateurs de sa position, co-existent et peuvent être adoptés pour tenir compte de la diversité des morphologies du littoral. Les nombreuses études relatives aux limites du rivage adoptent des critères différents, principalement géomorphologiques. Les indicateurs de position du trait de côte doivent permettre une localisation reproductible. Ils doivent ainsi prendre en compte les moyens dont disposent l'observateur pour localiser l'objet « trait de côte » (théodolite ou mobile GPS différentiel pour le repérage d'une côte altimétrique, photographies aériennes pour le repérage d'une laisse de mer, d'une limite de végétation pérenne...) ».

Les travaux scientifiques recensés lors de la phase 1 se basent sur différents indicateurs du trait de côte. Par exemple, à la pointe du Cap Ferret, certaines études effectuent une analyse de la mobilité du trait de côte en combinant plusieurs indicateurs (Figure 2-2), dont un indicateur de haut de plage (pied de dune) et un indicateur de bas de plage (limite eau/sable instantanée ou limite d'estran). Il en résulte une grande variabilité de la quantification de la mobilité du trait de côte à long terme à travers les différents travaux, puisque chaque taux de recul (T_x) déduit de l'évolution d'un indicateur traduit uniquement l'évolution de l'indicateur en question.



Figure 2-2 : Représentation de la limite du pied de dune en haut de plage de la pointe du Cap Ferret (en vert, à gauche) et de la ligne de rivage instantanée en bas de plage (en orange, à droite) sur l'orthophotographie de 2018.

2.2.2. Sélection des indicateurs du trait de côte

Conformément à ces recommandations, plusieurs indicateurs du trait de côte ont été considérés selon le contexte local de chaque secteur. Les plus pertinents au regard des spécificités du Cap Ferret sont (Figure 2-3) :

- La limite de végétation / pied de dune,
- L'ouvrage de protection longitudinal,
- Le niveau altimétrique (en mNGF ou en mCM).

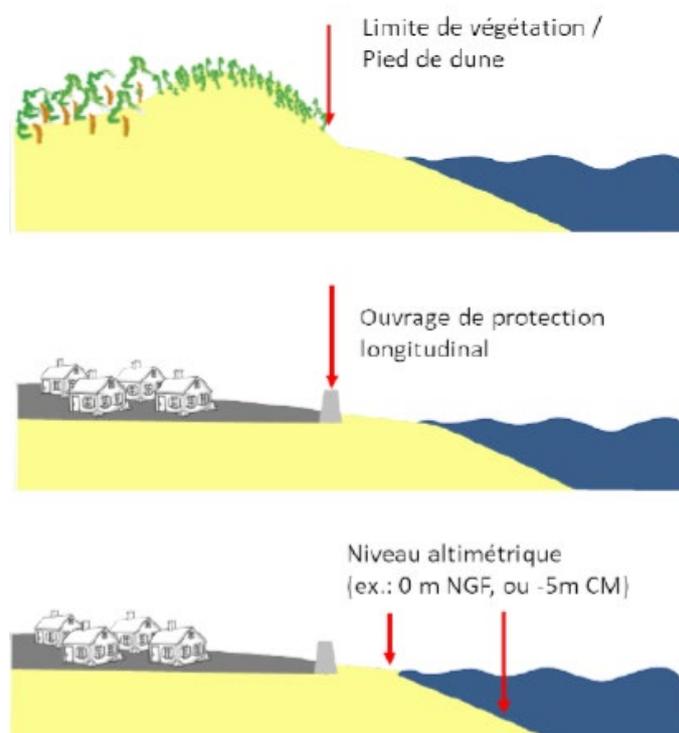


Figure 2-3 : Indicateurs du trait de côte recommandés pour l'élaboration du PPRL de Lège-Cap Ferret.

Le choix de l'indicateur est fonction de son identification homogène sur le secteur dans le temps et l'espace, ainsi que de sa pertinence pour représenter la morphologie du secteur et son évolution. La pertinence de plusieurs indicateurs pourra être évaluée en fonction de la morphologie et l'histoire du secteur étudié, et de sa cohérence avec les mécanismes d'évolution et les dynamiques observées. De plus, une attention particulière sera accordée aux indicateurs adoptés dans les études passées afin de les mettre en perspective avec les résultats du travail de révision du PPRL qui fait l'objet de ce rapport.

Au terme de ces analyses, la caractérisation du recul du trait de côte sera effectuée sur un indicateur unique et homogène par secteur.

2.2.3. Données disponibles

Afin de digitaliser les indicateurs de la position du trait de côte, 25 orthophotographies ont été inventoriées entre 1934 et 2022, soit 88 ans, à partir des données disponibles de l'IGN, l'IFREMER et du SIBA. Toutes les images n'ayant pas la même emprise, ni les mêmes caractéristiques (Tableau 2-1), une validation des images entre elles a dû être effectuée. Pour cela, une erreur relative à l'image la plus récente (2022) a été calculée : deux points de repère ont été identifiés, dont au moins un de ces repères est visible sur chacune des cartes. La position relative de ces repères par rapport à l'image de 2022 a alors été calculée (voir colonnes « erreur » dans le Tableau 2-1). Cette approche de validation

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

a permis d'écartier 3 orthophotographies dont l'erreur de positionnement des repères par rapport à l'image de 2022 était supérieure à 15 mètres (valeurs hachurées en rouge dans le Tableau 2-1).

A noter que le découpage en secteurs indiqué dans le Tableau 2-1 réalisé antérieurement n'est pas celui utilisé pour la révision du PPRL, ce qui est sans importance pour la validation des données.

Tableau 2-1 : Synthèse des orthophotographies utilisées et calcul de l'erreur relative à la position de 2022 (découpage par secteurs différent de celui de la présente révision du PPRL).

| Année | Résolution (m) | Façade océanique | | Façade interne | | Erreur relative à la position de 2022 (m) | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---|------------------------|----------------|
| | | Au nord de la plage de l'Horizon | Plage de l'Horizon à la Pointe | La Pointe à la jetée Bélisaire | La jetée Bélisaire à Lège | Place Mauret Lafage | RP de la Côte d'Argent | Erreur moyenne |
| 1934 | 0.5 | | | | | 2.24 | 1.83 | 2.04 |
| 1950 | 0.5 | | | | | 0.27 | | 0.27 |
| 1957 | 0.5 | | | | | | 2.02 | 2.02 |
| 1964 | 0.9 | | | | | 6.47 | | 6.47 |
| 1965 | 0.95 | | | | | | 3.15 | 3.15 |
| 1968 | 0.4 | | | | | 9.88 | | 9.88 |
| 1972 | 0.5 | | | | | 10.55 | | 10.55 |
| 1973 | 0.35 | | | | | 5.24 | 3.29 | 4.27 |
| 1977 | 0.45 | | | | | 5.56 | 1.43 | 3.49 |
| 1980 | 0.15 | | | | | | | 5.00 |
| 1982 | 0.65 | | | | | 17.98 | | 17.98 |
| 1983 | 0.5 | | | | | 4.52 | 5.71 | 5.12 |
| 1984 | 0.55 | | | | | 33.69 | | 33.69 |
| 1985 | 0.65 | | | | | 15.75 | 23.99 | 19.87 |
| 1987 | 1.8 | | | | | 2.50 | | 2.50 |
| 1991 | 0.6 | | | | | 1.58 | | 1.58 |
| 1993 | 0.45 | | | | | 1.65 | 2.49 | 2.07 |
| 1995 | 0.55 | | | | | 2.44 | | 2.44 |
| 1996 | 0.7 | | | | | 1.56 | | 1.56 |
| 1998 | 0.5 | | | | | 1.78 | 5.05 | 3.41 |
| 2000 | 0.5 | | | | | 1.39 | 0.06 | 0.72 |
| 2004 | 0.5 | | | | | 0.42 | 0.34 | 0.38 |
| 2009 | 0.5 | | | | | 0.09 | 0.73 | 0.41 |
| 2011 | 0.5 | | | | | 3.96 | 2.63 | 3.30 |
| 2012 | 0.25 | | | | | 0.33 | 0.70 | 0.52 |
| 2015 | 0.5 | | | | | 0.47 | 0.55 | 0.51 |
| 2018 | 0.5 | | | | | 0.33 | 0.57 | 0.45 |
| 2020 | 0.15 | | | | | 0.22 | 0.45 | 0.34 |
| 2021 | 0.2 | | | | | 0.29 | 0.35 | 0.32 |
| 2022 | 0.15 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nombre d'ortho par secteur | | (17) 16 | (28) 25 | (28) 25 | 15 | | | |

Après cette phase de validation des images, l'inventaire des orthophotographies disponibles donne la couverture suivante :

- La moitié nord de la façade océanique est recouverte par 16 images de 1957 à 2022,
- La moitié sud de la façade océanique est recouverte par 25 images de 1934 à 2022,
- La façade dite de l'embouchure, sur la partie interne du bassin d'Arcachon (de la Pointe à la jetée Bélisaire), est recouverte par 25 images de 1934 à 2022,
- La façade interne (de la jetée Bélisaire jusqu'à Lège), est recouverte par 15 images de 1957 à 2022.

2.3. Approche rétrospective de l'estimation du recul du trait de côte (T_x)

2.3.1. Principe et objectifs de l'approche rétrospective

La synthèse bibliographique établie en phase 1 a permis de faire un bilan des connaissances existantes sur la mobilité du littoral de la commune de Lège-Cap Ferret. En revanche, cette synthèse ne permet pas à elle seule de construire des scénarios de projection conformes avec la méthodologie recommandée pour l'élaboration d'un PPRL.

L'objectif de l'approche rétrospective est d'actualiser et d'harmoniser la connaissance de l'évolution du littoral par secteur de côte, afin d'établir des projections en accord avec la méthodologie d'élaboration des PPRL tout en tenant compte des spécificités du contexte local.

En effet, les connaissances ne sont pas homogènes spatialement et temporellement sur l'ensemble du territoire communal qui a fait l'objet de nombreux travaux scientifiques, à différentes échelles de temps et d'espace, parfois très locales (par exemple : SOGREAH et PAB, 1997) et parfois à une échelle régionale (par exemple : SOGREAH et LARAG, 1995). De plus, l'absence de consensus sur les valeurs de mobilité du trait de côte dans le passé a été constatée sur de nombreux secteurs, notamment en fonction des indicateurs considérés et de la complexité des mécanismes d'évolution observés.

Le travail de révision du PPRL permet ainsi d'avoir une estimation de l'évolution du trait de côte inédite à l'échelle de l'ensemble du territoire communal avec une homogénéité d'analyse nécessaire pour obtenir des tendances d'évolution les plus fiables et exploitables possibles pour réaliser des projections à 100 ans.

2.3.2. Quantification du recul observé du trait de côte

La formule de calcul du taux d'évolution (T_x) entre deux positions du trait de côte est :

$$\text{distance (en m)} / \text{nombre d'années} = \text{taux d'évolution (en m/an)}$$

La distance est mesurée entre les intersections des traits de côte sur un même transect ; elle peut également être mesurée entre les positions de marqueurs géomorphologiques précis comme une extrémité de flèche sableuse.

En tenant compte de plus de deux positions du trait de côte, il est possible de distinguer deux grands types d'évolution :

- ⇒ Linéaire (érosion continue à un rythme stable ou inversement pour l'accrétion),
- ⇒ Non-linéaire :
 - par phase (alternance entre phases d'érosion et phases d'accrétion),
 - courbe (ralentissement ou accélération de l'érosion ou de l'accrétion).

Si l'évolution est linéaire sur l'ensemble de la période analysée, le calcul du T_x s'effectue à partir d'une régression linéaire. La droite issue de la régression linéaire est un modèle statistique qui représente au mieux la tendance observée en minimisant la distance entre cette droite et toutes les positions du trait de côte (méthode des moindres carrés). Il est ainsi possible d'établir une relation entre la position du trait de côte en fonction du temps. Cette tendance est caractérisée par la pente de cette droite qui correspond au taux d'évolution moyen annuel du trait de côte (T_x).

Si l'évolution est non-linéaire avec différentes phases, plusieurs T_x peuvent alors être calculés par plusieurs régressions linéaires entre différentes positions du trait de côte correspondants à chaque phase. La caractérisation de la mobilité du trait de côte s'obtient alors par la combinaison de plusieurs T_x successifs représentant au mieux les différentes tendances linéaires observées.

Les secteurs à évolution non-linéaire dont le ralentissement ou l'accélération de la tendance forme une courbe, une adaptation statistique est calculée sur l'ensemble de la période pour obtenir un scénario de projection qui représente le mieux la tendance observée. Par exemple, une courbe logarithmique est

proposée pour un secteur en section 4.4. Dans ce cas, la tendance ne peut être caractérisée par un T_x , ou une combinaison de T_x . En revanche une position du trait de côte à une échéance déterminée sera proposée à partir du modèle statistique proposé.

Certaines zones très localisées ont dû faire l'objet d'une méthode de calcul spécifique pour s'adapter au fonctionnement hydrodynamique unique du secteur : il s'agit du secteur « 44 ha », de la façade interne de la flèche sableuse du Cap Ferret. La méthodologie mise en place est détaillée en section 4.2 et les résultats en section 4.3.

2.4. Les reculs majeurs événementiels (L_{max})

L'indicateur L_{max} correspond au recul du trait de côte consécutif à un événement tempétueux majeur, exprimé en mètre. Les valeurs du L_{max} retenues sont celles estimées par Artelia (2015) à partir des observations faites de l'impact de l'hiver 2013-2014 sur le littoral de Lège-Cap Ferret. Ce choix est conforme avec la méthodologie d'élaboration des PPRL et a été validé par le BRGM. Il s'agit de considérer le recul constaté du trait de côte au cours de l'hiver 2013-2014, à savoir (Figure 2-4) :

- 20 mètres sur la façade océanique,
- 10 mètres sur les 2 secteurs « Mimbeau nord » et « Mimbeau sud » de l'embouchure.

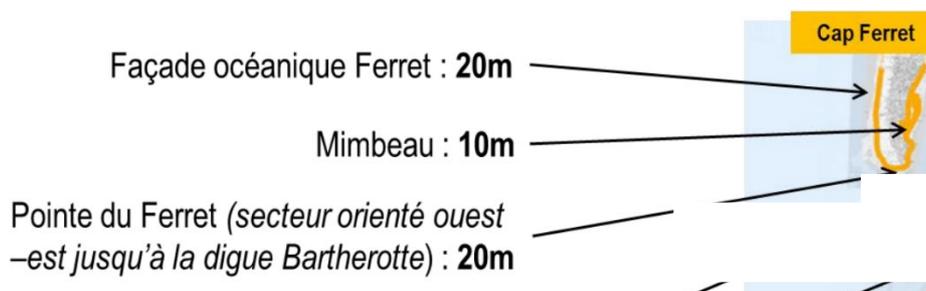


Figure 2-4 : Recul constatés au cours de l'hiver 2013-2014 sur le Cap Ferret (d'après Artelia, 2015).

Le secteur « 44 ha » de l'embouchure et la façade interne sont protégés par des ouvrages et feront l'objet d'adaptations nécessaires pour correspondre à leur évolution.

2.5. Effet du Changement Climatique (E_{cc})

2.5.1. L'élévation attendue du niveau de la mer

Dans le cadre de la méthodologie d'élaboration du PPRL, la prise en compte du changement climatique se traduit par l'estimation de l'impact de l'élévation du niveau de la mer sur le recul du trait de côte. Bien que sa prise en considération soit facultative dans le guide méthodologique d'élaboration des PPRL, ce phénomène sera considéré pour la révision du PPRL pour affiner les projections du trait de côte à 2120.

Les valeurs d'élévation du niveau marin ont été estimées par le GIEC (2022) à partir desquelles des projections régionalisées ont été estimées. Ces projections tiennent compte des différents scénarios d'évolution des sociétés humaines, associés à des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, ralentissant ou accentuant le dérèglement climatique et l'élévation du niveau de la mer.

Parmi les scénarios avancés par le GIEC, le scénario SSP 5-8.5 a été sélectionné pour prendre en compte l'élévation du niveau de la mer en 2120. Ce scénario correspond à une poursuite du développement des sociétés basé sur les énergies fossiles ; il se traduit par l'échec des politiques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et la continuité des tendances actuelles (Figure 2-5).

La valeur d'élévation du niveau de la mer retenue est la valeur médiane d'élévation du niveau de la mer régionalisée correspondante à ce scénario.

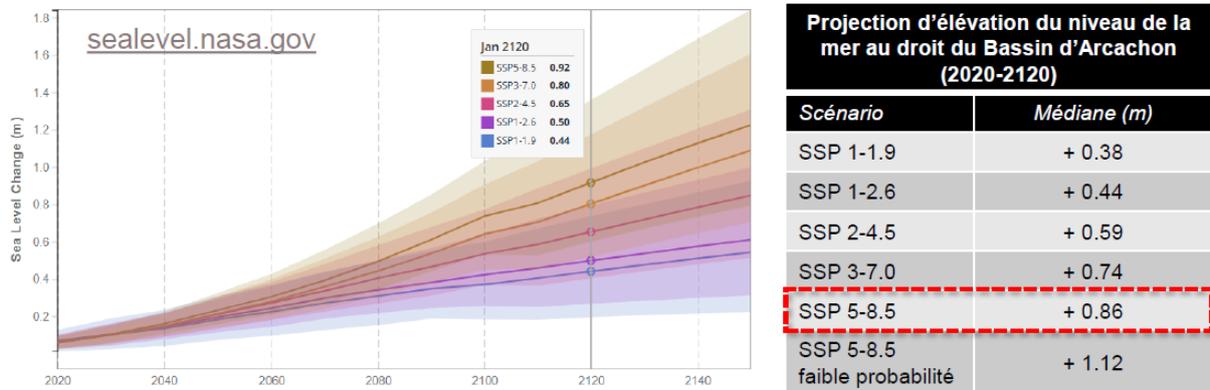


Figure 2-5 : Scenarios d'élévation du niveau marin à 2120 et projections au droit du bassin d'Arcachon. Les valeurs médianes d'élévation du niveau de la mer de chaque scénario sont représentées en trait plein sur le graphique (d'après GIEC, 2022).

2.5.2. L'impact de l'élévation du niveau marin sur le recul du trait de côte

Afin de quantifier l'impact de l'élévation attendue du niveau marin sur le recul du trait de côte, il est notamment proposé d'utiliser la règle de Bruun de 1962 (MEDDE, 2014; BRGM et Cerema, 2022) :

$$Ecc = S (1/\tan \alpha)$$

Avec :

- Ecc : L'impact de l'élévation du niveau de la mer sur l'évolution du trait de côte (m)
- S : L'élévation attendue du niveau de la mer (m)
- $\tan \alpha$: La pente moyenne de la zone (%)

Cette règle s'appuie sur l'hypothèse que l'élévation du niveau marin fait reculer le rivage suivant un principe d'équilibre de la plage lié à sa pente (Figure 2-6). Cette règle s'appuie donc sur un principe général, applicable sur le cas idéal des littoraux sableux en libre évolution et pour lesquels le budget sédimentaire est supposé fermé entre la berme et la profondeur de fermeture.

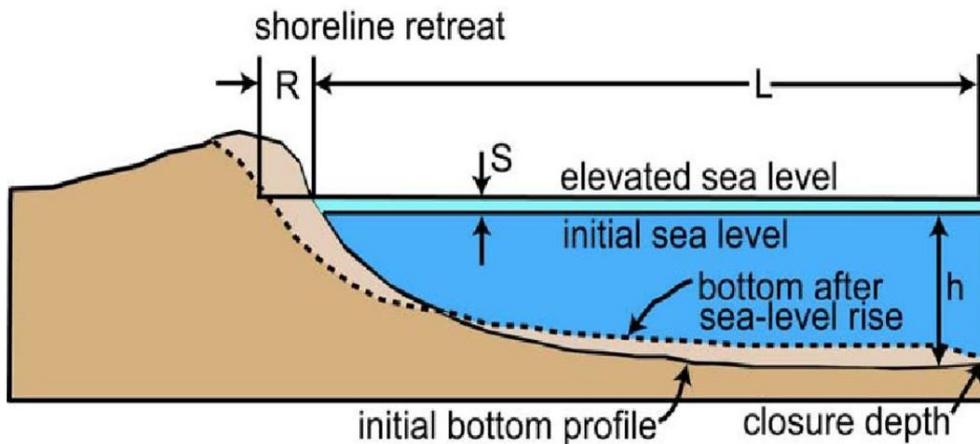


Figure 2-6 : Profil-type de rééquilibrage d'une plage en tenant compte de l'élévation du niveau marin (Cooper et Pilkey, 2004).

Ainsi, dans le contexte du bassin d’Arcachon, l’application de cette règle est limitée à la façade océanique et aux secteurs « Pointe », « Mimbeau sud » et « Mimbeau nord » de l’embouchure ; une adaptation locale est nécessaire sur les secteurs protégés par des ouvrages (secteur « 44 ha » de l’embouchure et sur la façade interne).

2.6. Prise en compte des ouvrages

Cette partie ne traite que des façades de l’embouchure et interne car il n’y a pas d’ouvrage sur la façade océanique.

2.6.1. Recommandations du guide méthodologique

Le guide méthodologique d’élaboration des PPRL (MEDDE, 2014) propose un logigramme d’aide à la décision pour déterminer la méthode adaptée d’estimation du taux moyen de recul annuel du trait de côte en présence d’ouvrages sur les côtes basses meubles protégées (Figure 2-7).

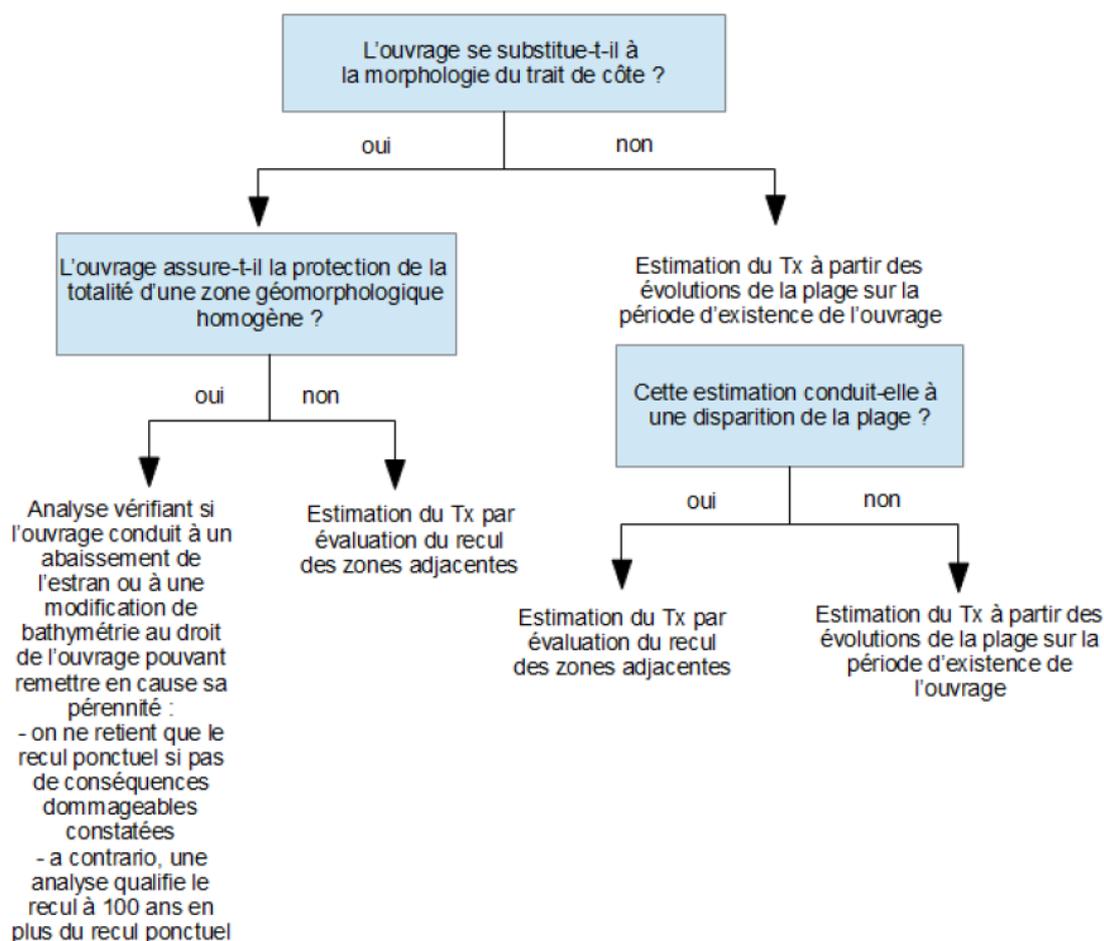


Figure 2-7 : Estimation du taux moyen de recul annuel en présence d’ouvrages de protection sur les côtes basses meubles protégées (MEDDE, 2014).

2.6.2. Etat des lieux des ouvrages

Dans le cas de la commune de Lège-Cap Ferret, la plupart des ouvrages sont longitudinaux et viennent se substituer à la morphologie du trait de côte. Il s'agit d'enrochements (Figure 2-8, A et B) ou de protections longitudinales (plaques en béton ou en bois) en bord de plage (Figure 2-8, C et D).

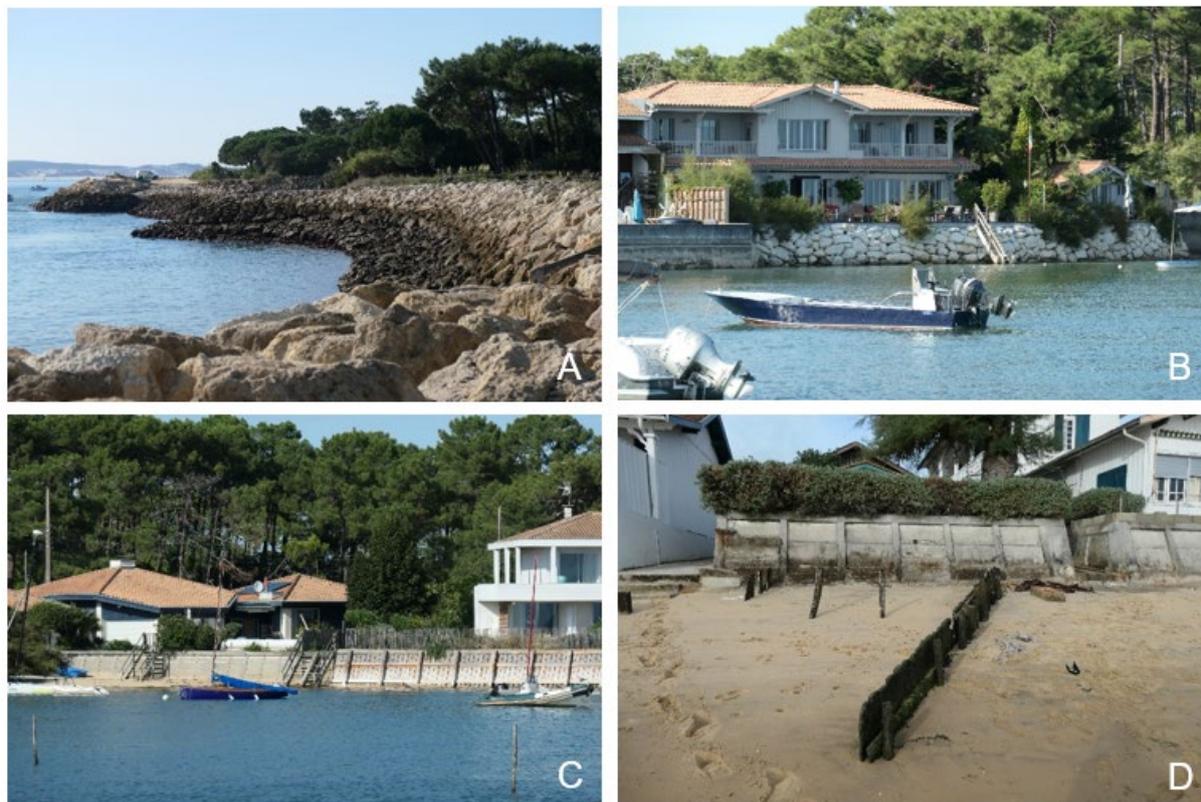


Figure 2-8 : Exemples d'ouvrages se substituant au trait de côte dans le bassin d'Arcachon (A-Les 44 ha, B et C-Piraillan, D-Le Canon) (clichés Créocéan, 2020).

Quelques ouvrages transversaux (épis) en pieux de bois, en enrochements ou encore en palplanches de bois ou de métal sont aussi présents sur les plages de la façade interne du Cap Ferret dans le bassin d'Arcachon (Figure 2-9). Sur cette façade, les ouvrages sont très hétérogènes et en nombre relativement limité.



Figure 2-9 : Exemples d'ouvrages perpendiculaires au trait de côte présents sur la façade interne du Cap Ferret dans le bassin d'Arcachon (A-Mimbeau, B-Piraillan, C-La Pointe) (clichés Créocéan, 2020).

A contrario, le secteur des 44 ha est presque entièrement protégé par des ouvrages longitudinaux en enrochements (exemple Figure 2-8, A). Dans le contexte de migration du chenal du Ferret et suite à trois effondrements de berges significatifs survenus sur ce secteur en 1999, 2000 et 2014, ces ouvrages ont fait l'objet d'expertises par le CETE (2012) et le Cerema (Nédélec et Revel, 2015; 2018) pour évaluer leur état et leur stabilité. Ces études ont confirmé que la présence des ouvrages du secteur des 44 ha a fait rempart à la migration du chenal du Ferret et a entraîné une modification de la bathymétrie. Cette dernière s'est notamment traduite par le creusement des fosses du Mimbeau, d'Hortense et au droit de la propriété privée (Bartherotte) à l'extrémité interne de la Pointe. L'augmentation de la profondeur du chenal au pied du linéaire côtier fixé par les ouvrages a engendré une accentuation importante des pentes de talus sableux et des ouvrages. Ces pentes trop raides pour être stables sont à l'origine des effondrements chroniques provoquant une discontinuité du linéaire.

Les ouvrages du secteur des 44 ha ont été évalués dans un état moyen à mauvais (GEOLITHE, 2016). Des désordres localisés ont été constatés qui se traduisent par des éboulements et affaissements de matériaux, ainsi que des affouillements localisés aux abords de nombreuses zones turbulentes. La conception et la réalisation des ouvrages ont parfois été menées de manière non conventionnelle, sans documentation exhaustive d'étude préalable, de leur structure, des dimensions ou encore les caractéristiques des matériaux qui les composent (matériaux hétéroclites essentiellement mis en place par déversements successifs).

Ainsi, en l'absence d'éléments détaillés sur la structure des ouvrages, ainsi que sur les mécanismes initiateurs des effondrements, la performance et la pérennité de ces ouvrages ne peuvent être appréciées qu'au regard de leur comportement passé. En l'occurrence, afin de lutter contre ces désordres majeurs, ces ouvrages ont nécessité des entretiens réguliers et des travaux importants pour être maintenus. Leur pérennité n'est donc pas assurée à moyen terme en l'absence de stratégie concertée.

Par conséquent, les désordres susceptibles d'affecter ces ouvrages sont à considérer comme imprévisibles, brutaux et amples dans leurs conséquences, pouvant entraîner leur ruine.

2.6.3. Hypothèse et chronologie proposées

2.6.3.1. Pour la façade de l'embouchure

Compte tenu des remarques faites précédemment, notamment en l'absence d'une stratégie de gestion et de surveillance homogène adaptée au secteur des 44 ha, l'hypothèse d'une dégradation progressive des ouvrages est apparue comme la plus adaptée au site.

La chronologie de dégradation a été retenue en tenant compte des points suivants :

- Les ouvrages peuvent s'apparenter à des « ouvrages poids » ayant nécessité des volumes de matériaux très importants, potentiellement en quantité beaucoup plus importante qu'un ouvrage conventionnel,
- Les fortes dimensions des ouvrages, notamment leur profondeur, augmentent d'autant plus la quantité de matériaux de type « bloc » mis en œuvre,
- Ces matériaux, contrairement à des matériaux de remblais (et tout particulièrement les remblais sableux) n'auront pas tendance après la ruine de l'ouvrage à se disperser et à « disparaître »,
- En conséquence, dans le cas de désordre majeur, pouvant être défini comme étant une « ruine » brutale de l'ouvrage, il ne pourra pas être considéré un « effacement » (disparition) rapide de l'ouvrage,
- Ce dernier point est notable car, contrairement aux risques de submersion (où la perte de la partie supérieure de l'ouvrage peut se traduire très rapidement par une submersion totale des zones en arrière), le risque d'érosion est aussi très dépendant de la présence d'ouvrages sous-marins,
- De même, si la ruine ne concerne qu'un tronçon d'ouvrage, les ouvrages encore en place continueront d'exercer une influence sur l'évolution du trait de côte, notamment en limitant le recul du trait de côte au droit des zones encore protégées.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

En fonction de ces éléments, ainsi que de la caractérisation de l'aléa défini dans le chapitre 4 (recul estimé du trait de côte), et après différentes analyses de la chronologie potentielle de dégradation, il est proposé, en concertation avec la DDTM 33, de retenir le phasage suivant de dégradation progressive des ouvrages :

- ➔ Période 2020-2040 (soit pendant 20 ans) : continuité des modes de gestion actuels, maintien des ouvrages dans un bon état de stabilité ;
- ➔ Période 2040-2050 (soit pendant 10 ans) : abandon progressif de l'entretien et dégradation progressive des ouvrages ;
- ➔ Période 2050-2120 (soit pendant 70 ans) : aucun mode de gestion des ouvrages, ouvrages considérés inexistant, libre évolution du littoral.

Ce phasage s'appliquera à l'ensemble des ouvrages de l'embouchure (dont ouvrage sous-marin du Mimbeau) jusqu'au musoir à la pointe du Cap Ferret.

À titre indicatif, les ouvrages sous-marins de la flèche du Mimbeau et l'évolution de la partie nord de la flèche du Mimbeau, peuvent donner des indications sur l'évolution de la zone des 44 ha après le début de la dégradation des ouvrages actuels. Quel que soit le mode de dégradation des ouvrages des 44 ha (phénomène de grand glissement, destruction de l'arase supérieure, etc.) un talus sous-marin en enrochements subsistera pendant de très nombreuses années. Même si la zone terrestre en arrière de ces enrochements disparaît, il subsistera pendant très longtemps des hauts-fonds qui limiteront la progression du chenal vers l'ouest.

2.6.3.2. Pour la façade interne

Sur la façade interne, l'hétérogénéité des ouvrages induit une discontinuité forte qui ne permet pas une protection homogène de l'ensemble du littoral concerné. Aussi, l'estimation du T_x sur la façade interne se fera en grande partie sur la base d'une réanalyse des données disponibles, prenant aussi en compte l'évaluation du recul des zones naturelles adjacentes.

3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur la façade océanique

3.1. Rappel des caractéristiques de la façade océanique

La façade océanique de la commune de Lège-Cap Ferret est rectiligne, d'orientation générale nord-sud, avec une inflexion vers l'est à l'extrémité de la flèche sableuse de la Pointe. L'estran est caractérisé par le système barres-bâines qui forme des barres de déferlement à l'embouchure.

Le littoral est bordé d'un massif dunaire continu mais hétérogène avec un amincissement des dunes vers le sud (Figure 3-1). Ce cordon dunaire est modelé et entretenu par l'ONF depuis 150 ans.



Figure 3-1 : Images Lidar 2016 du littoral de la façade océanique (BRGM et ONF, 2018).

Un fort gradient du volume de sédiments apportés par la dérive littorale est notable du nord au sud de cette façade (de 200 000 à 600 000 m³/an, d'après SOGREAH et LARAG, 1995) (Idier et al., 2013). L'intensification du transit littoral vers le sud peut être attribué au changement progressif d'orientation de la côte ainsi qu'à la modification de la bathymétrie à proximité de l'embouchure du bassin d'Arcachon. La dérive littorale apporte donc moins de sable au nord de cette façade océanique qu'au sud, au niveau de la Pointe.

Les dynamiques littorales de cette façade sont majoritairement influencées par des modes de gestion « doux » des sédiments qui visent à stabiliser la dune, à l'exception du musoir privé, construit en 1996 à l'extrémité sud de la flèche sableuse de la Pointe, qui constitue une barrière solide au mouvement des sédiments sur cette façade.

3.2. Méthodologie

Cette partie et les suivantes présentent la méthodologie de détermination des valeurs de recul qui seront utilisées pour cartographiquement par secteur. Il sera appliqué un gradient de lissage sur le trait de côte à l'étape cartographique (phase 3) pour éviter les franchissements de seuils soudains entre deux secteurs ainsi qu'avec la façade « embouchure » adjacente.

3.2.1. Données utilisées

Sur cette façade, il a été choisi de se baser sur un seul indicateur homogène : le pied de dune ou la limite de végétation rase. Cet indicateur est digitalisé sur l'ensemble des orthophotographies inventoriées (voir 2.2.3, Tableau 2-1 et Figure 3-2). Une échelle de 1/1500 est respectée pour conserver un niveau homogène d'interprétation.

3.2.2. Méthode d'analyse de la mobilité des indicateurs

3.2.2.1. L'approche par transect sur les secteurs rectilignes

Des transects sont définis tous les 20 mètres sur l'intégralité de la façade océanique soit un total de 1095 transects. Seule une portion adjacente au musoir n'a pas pu être recouverte de transects en raison des trop fortes variations de l'orientation du trait de côte depuis 1934.

La position de chaque trait de côte est extraite à l'intersection avec chacun des transects. Les taux d'évolution du trait de côte (T_x) sont calculés sur tous les transects. Compte-tenu du nombre de dates pris en compte, ces T_x sont calculés à partir de régressions linéaires. Des graphiques sont ensuite générés pour chaque transect afin d'évaluer la linéarité des évolutions et la pertinence du choix des T_x .

3.2.2.2. L'approche planimétrique de la mobilité de la Pointe

L'approche par transect est pertinente lorsque la côte est rectiligne et où des déplacements du trait de côte peuvent s'observer sur un axe transversal (avancée/recul). Cette approche montre ses limites sur les littoraux où des déplacements sur deux axes peuvent être observés : un axe transversal (avancée/recul) et un axe latéral (d'une extrémité à l'autre de la plage). Ces déplacements sur 2 axes sont observés au niveau de la Pointe où la côte n'est plus rectiligne mais change de direction, à 180°, pour former une flèche sableuse. Cette flèche sableuse avance et recule par phase et est également mobile d'ouest en est dans le même temps.

L'approche par transect seule ne permettant pas d'appréhender cette mobilité complexe, il a été choisi de considérer uniquement l'extrémité de la flèche sableuse, à savoir le point le plus méridional du pied de dune de la façade océanique (voir Figure 3-9). Une approche planimétrique a donc été adoptée, en complément de celle par transects, pour prendre en compte la mobilité de l'extrémité de la flèche sableuse sur ces 2 axes. Il est ainsi possible de quantifier de manière plus réaliste et précise l'évolution de la Pointe : en accord avec la méthodologie d'élaboration des PPRL, le T_x issu de cette approche planimétrique correspond à la mobilité de l'extrémité de la flèche sur l'axe nord-sud, indépendamment de sa position sur l'axe ouest-est.

3.2.3. Valeur du L_{max} et estimation de l' Ecc sur la façade océanique

D'après la bibliographie (Mallet et al., 2014; ARTELIA et GEOTRANSFERT, 2015b), le recul majeur événementiel à considérer sur la façade océanique (L_{max}) est un recul forfaitaire de **20 mètres** (voir explications en 2.4).

Pour le calcul de l' Ecc avec la règle de Bruun (voir explications en 2.5), les paramètres à considérer sur la façade océanique sont :

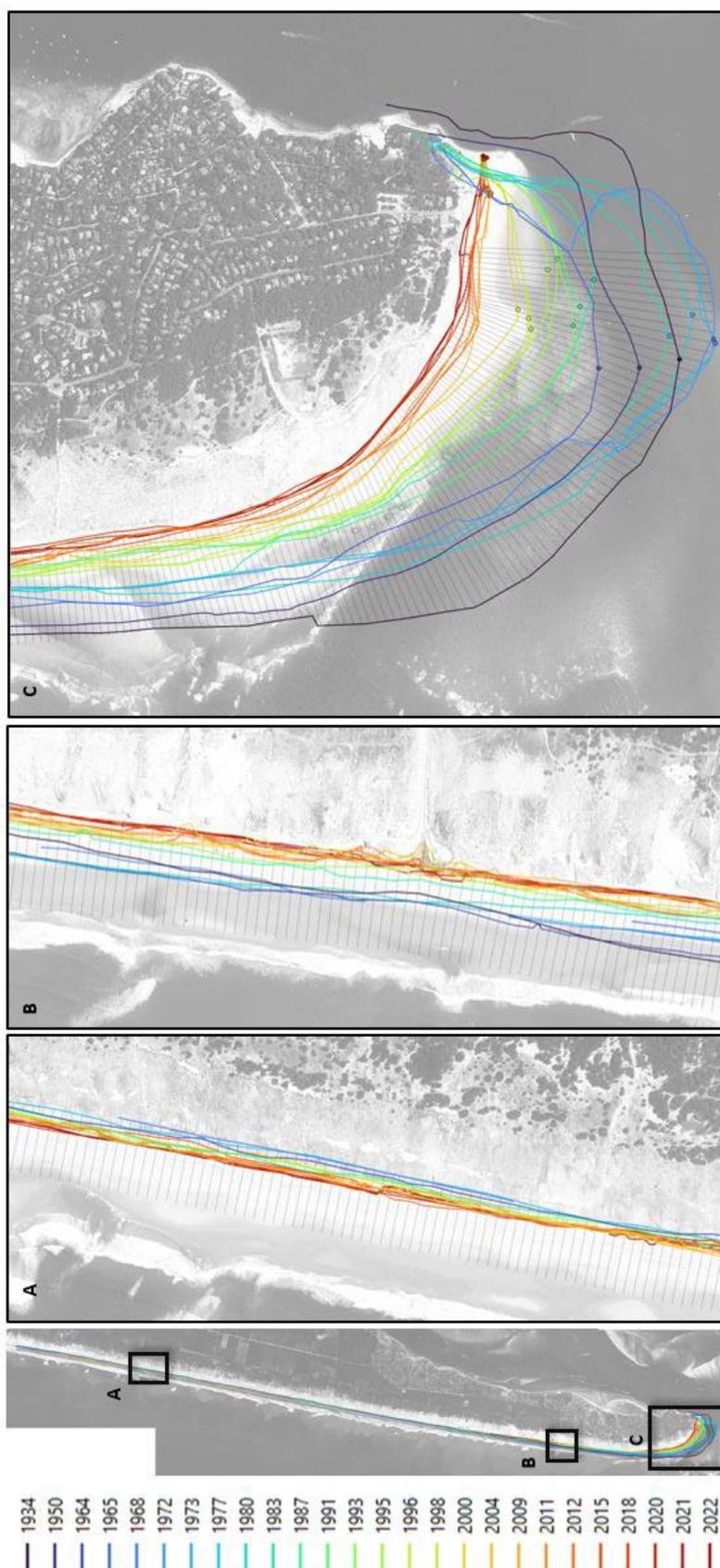
$$S \text{ (élévation attendue du niveau de la mer)} = + 0.86 \text{ m (valeur pour le SSP5-8.5)}$$

$$\tan \alpha \text{ (pente moyenne de la zone)} = 1,2 \text{ à } 1,5 \% \text{ (d'après Le Cozannet et al., 2019)}$$

soit la formule :

$$Ecc = S (1/\tan \alpha) = 0.86 (1/1.5) \approx 0.57 \text{ m} \times 100 \text{ ans} \approx 57 \text{ mètres}$$

Dans l'objectif de tenir compte du changement climatique dans les évolutions futures du trait de côte à l'horizon 2120, le recul forfaitaire imputable à l'élévation du niveau marin (Ecc) est donc de **60 mètres** sur la façade océanique.



3.3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « Nord »

3.3.1. Evolutions passées du trait de côte

Entre 1957 et 2022, le secteur Nord présente une tendance homogène à la stabilité voire à une légère accretion qui avoisine un T_x de +0.5 m/an. L'extraction du transect n°1000 (Figure 3-3) montre que cette tendance est plutôt linéaire dans le temps et cette linéarité se retrouve sur tous les transects de ce secteur.

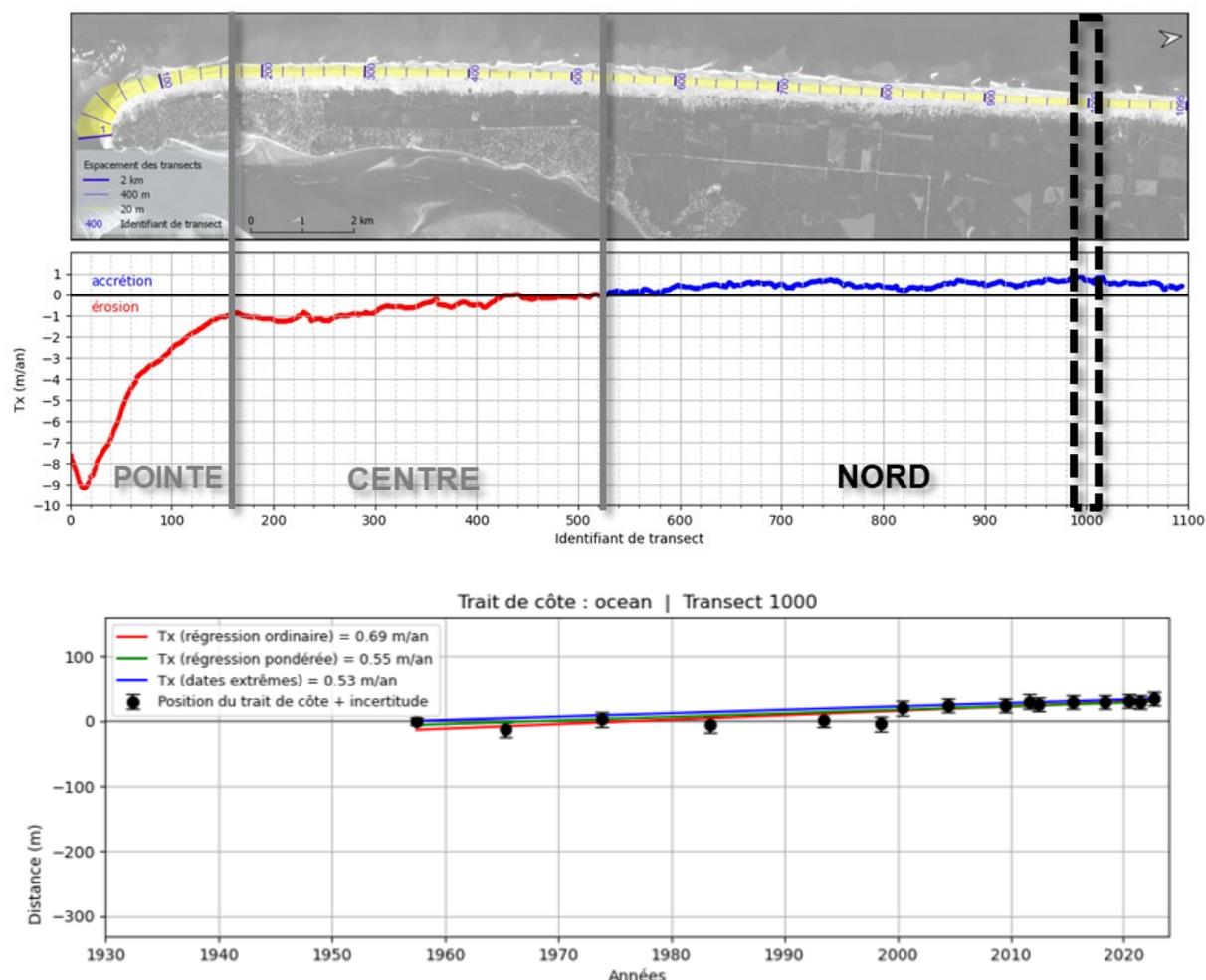


Figure 3-3 : Exemple d'évolution du trait de côte au niveau d'un transect du secteur Nord (transect 1000).

Cette tendance peut s'expliquer par la dérive littorale dominante, orientée vers le sud, qui ralenti à hauteur de ce secteur, pour atteindre environ 200 000 m³/an. En effet, comparativement aux autres secteurs du Cap Ferret, la côte a un angle d'incidence plus faible avec les vagues. De plus, la bathymétrie présente probablement une configuration plus favorable à la résilience du système plage-dune.

Il est nécessaire de rappeler que les modes de gestion des dunes mis en œuvre par l'ONF ont également contribué à cette stabilité dans ce secteur moins fréquenté que les secteurs plus au sud du Cap Ferret.

3.3.2. Scénario de projection à l’horizon 2120

Bien que la tendance depuis 1957 présente généralement une faible accrétion sur ce secteur, **le T_x choisi pour le scénario de projection à l’horizon 2120 est 0 m/an**. En effet, dans le contexte global de déficit sédimentaire des plages, il n’est pas certain que la tendance de faible accrétion, liée à la mise en œuvre de modes de gestion des dunes par l’ONF, se maintienne. Aussi, ce taux est appliqué de manière uniforme sur l’intégralité du secteur Nord.

La projection de ce **T_x** nul dans 100 ans n’induit donc pas de recul. Cependant, conformément à la méthodologie d’élaboration des PPRL, le scénario de projection à l’horizon 2120 intègre les valeurs présentées précédemment de recul lié à un événement majeur (**L_{max}**) et l’effet du changement climatique (**E_{cc}**), soit une bande de recul totale de 80 mètres sur l’intégralité ce secteur par rapport à la position du trait de côte en 2020 (Tableau 3-1 et Figure 3-4).

Tableau 3-1 : Calcul de la projection pour le secteur Nord.

| Paramètre | Projection |
|---------------------------------|---------------|
| 100. T_x | 0 m |
| L_{max} | - 20 m |
| E_{cc} | - 60 m |
| L_r en 2120 | - 80 m |

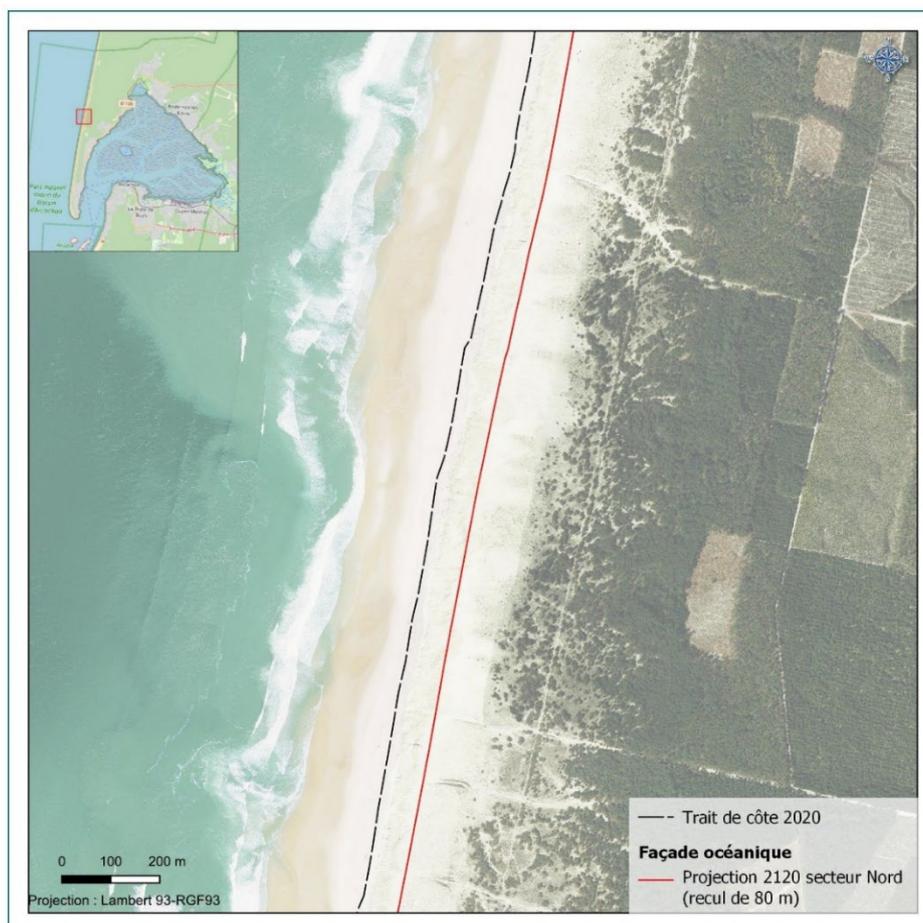


Figure 3-4 : Zoom sur le secteur Nord de la façade océanique.

3.4. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « Centre »

3.4.1. Evolutions passées du trait de côte

Entre 1934 et 2022, le secteur Centre présente une tendance à l'érosion qui s'accroît progressivement vers le sud pour atteindre un T_x d'environ -1.3 m/an. L'extraction du transect n°200 (Figure 3-5) montre que cette tendance est plutôt linéaire dans le temps. Cette linéarité se retrouve sur tous les transects de ce secteur.

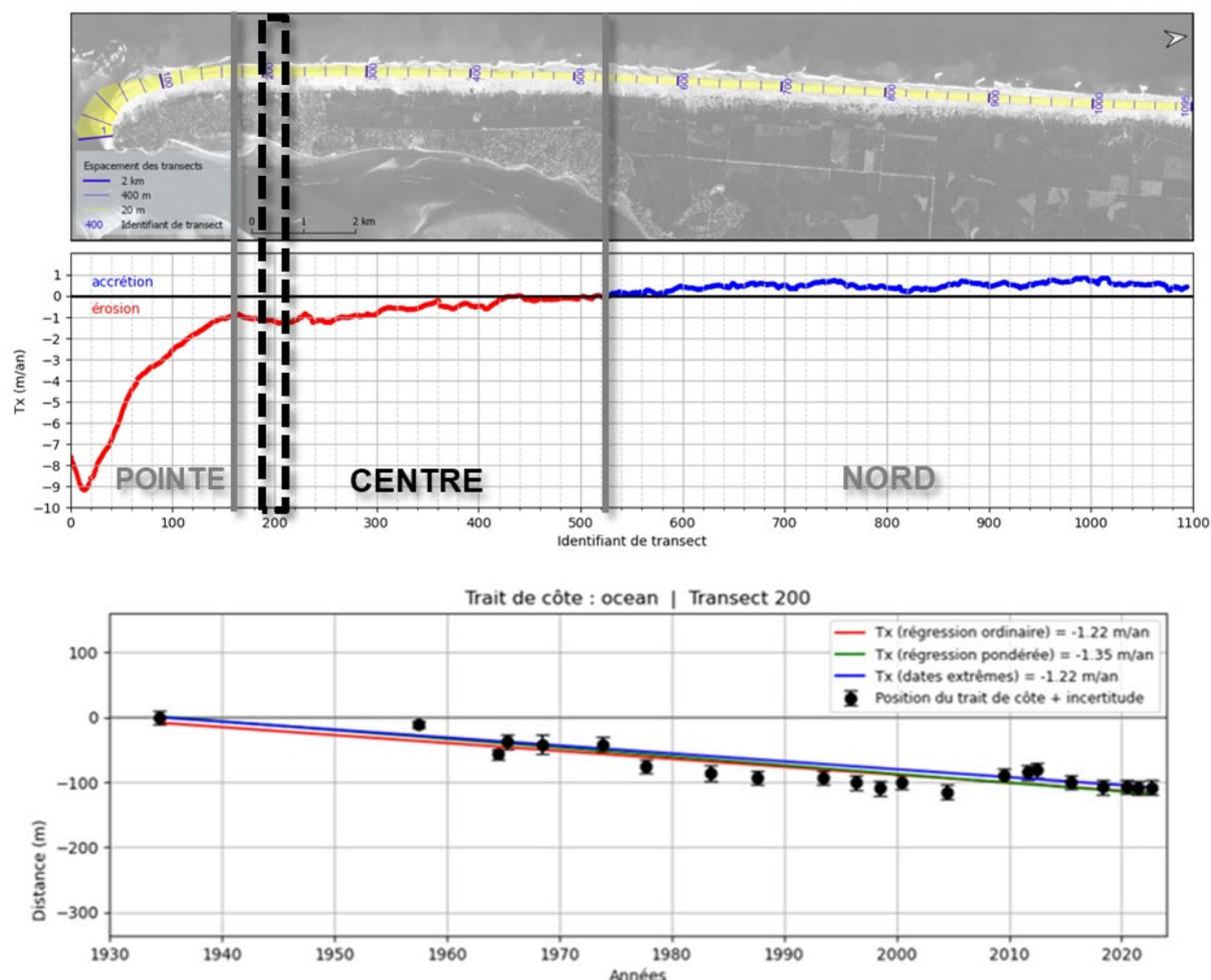


Figure 3-5 : Exemple d'évolution du trait de côte au niveau d'un transect du secteur Centre (transect 200).

Cette inversion de la tendance par rapport au secteur Nord peut s'expliquer par la dérive littorale dominante, orientée vers le sud, qui pourrait s'accroître avec le changement d'orientation de la côte à proximité de la pointe du Cap Ferret et de l'embouchure du bassin d'Arcachon. Les courants responsables du transport de sédiments présentent dans ce secteur une complexité encore à ce jour mal connue. Il est probable qu'elle soit à l'origine d'une diminution du transit sédimentaire à proximité de la côte comparativement au secteur plus au nord.

3.4.2. Scénario de projection à l’horizon 2120

Le **T_x** choisi pour le scénario de projection à l’horizon 2120 est **-1,3 m/an**. Cette valeur correspond au recul maximum approximatif observé sur ce secteur. Il est appliqué de manière uniforme sur l’intégralité du secteur Centre : la projection de ce **T_x** dans 100 ans induit donc un recul total de 130 mètres.

Conformément à la méthodologie d’élaboration PPRL, le scénario de projection à l’horizon 2120 intègre les valeurs présentées précédemment de recul lié à un événement majeur (**L_{max}**) et l’effet du changement climatique (**E_{cc}**), soit une bande de recul totale de 210 mètres sur l’intégralité ce secteur par rapport à la position du trait de côte en 2020 (Tableau 3-2 et Figure 3-6).

Tableau 3-2 : Calcul de la projection pour le secteur Centre.

| Paramètre | Projection |
|---------------------------------|----------------|
| 100. T_x | - 130 m |
| L_{max} | - 20 m |
| E_{cc} | - 60 m |
| L_r en 2120 | - 210 m |

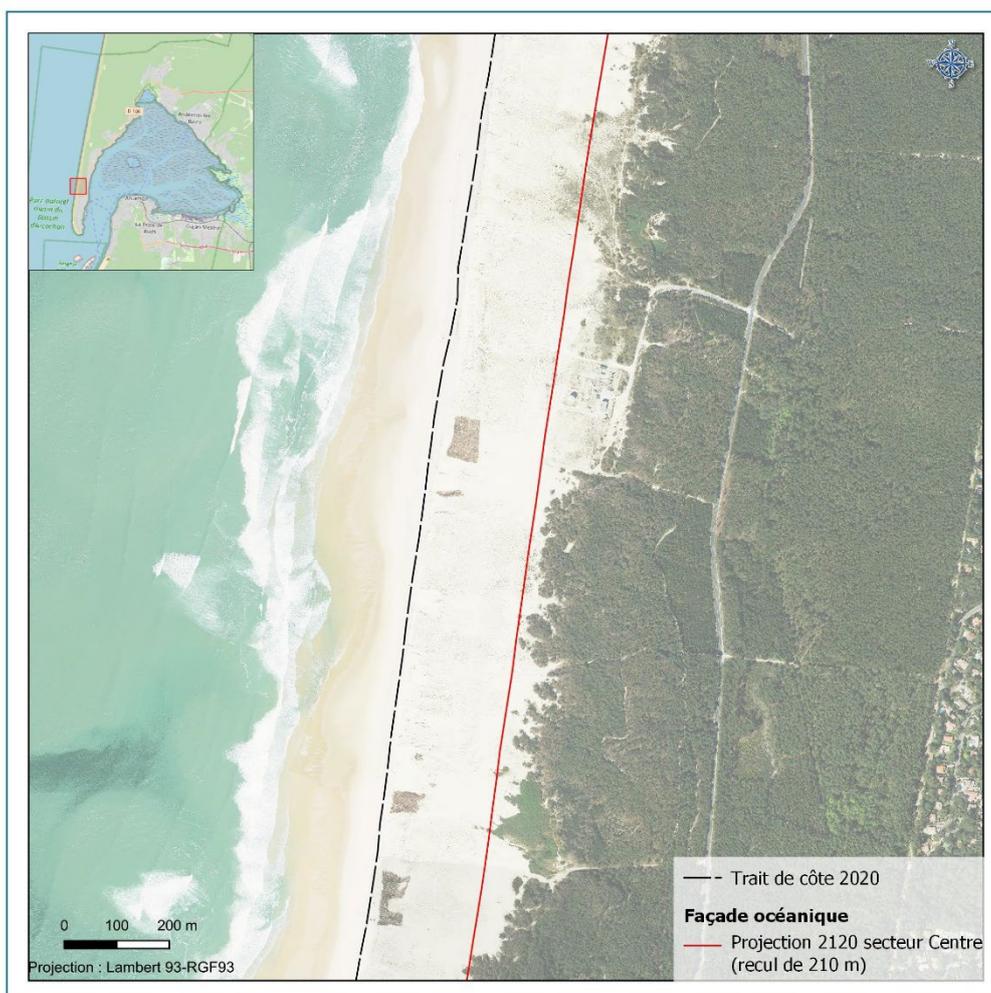


Figure 3-6 : Zoom sur le secteur Centre de la façade océanique.

3.5. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « Pointe »

3.5.1. Evolutions passées du trait de côte

Entre 1934 et 2022, le secteur Pointe présente une tendance très forte à l'érosion qui s'accroît progressivement vers l'extrémité de la Pointe pour atteindre un T_x qui dépasse 9 m/an à hauteur du transect 14 à partir de l'approche par transect (Figure 3-7).

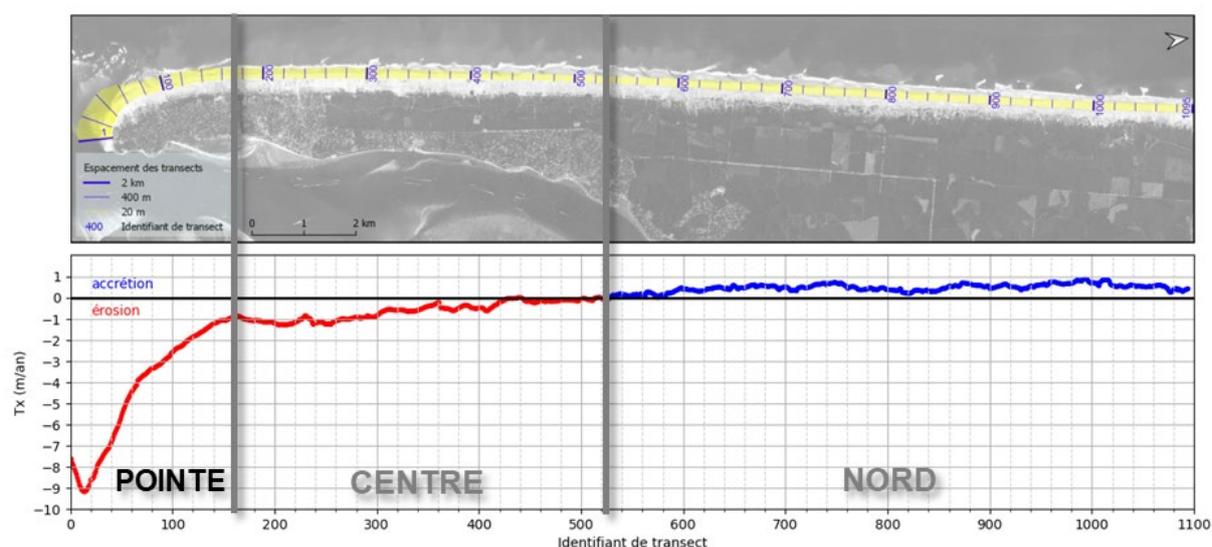


Figure 3-7 : Tendence d'évolution du secteur Pointe entre 1934 et 2022.

Contrairement aux évolutions observées sur les deux autres secteurs de la façade océanique, le secteur de la Pointe présente une évolution non-linéaire. Plusieurs T_x sont donc nécessaires pour caractériser le recul du trait de côte dans ce secteur.

Par exemple, sur le transect du n°14 (Figure 3-8), les résultats de l'approche par transect montrent que les T_x calculés sont très variables selon la méthode utilisée (régression linéaire sur l'ensemble de la période ou entre les deux dates extrêmes) ou selon la période considérée. En effet, une phase d'avancée du trait de côte et plusieurs phases de reculs hétérogènes sont identifiées : elles sont détaillées ci-après.

Le recul total observé entre les traits de côte le plus ancien et le plus récent disponibles (1934 et 2022 – 88 ans) est de - 611 mètres. Ce recul correspond à un T_x de - 6,93 m/an. En appliquant la méthode de calcul par régression linéaire qui tient compte de toutes les positions du trait de côte inventoriées dans l'analyse, le T_x obtenu est de - 9,20 m/an.

Néanmoins, ces valeurs ne sont pas représentatives de l'évolution non-linéaire de la flèche sableuse qui comporte une alternance de périodes d'érosion et de périodes d'accrétion. En considérant ces différentes phases, plusieurs T_x peuvent être calculés (Figure 3-8) :

- 1934-1968 : érosion à un T_x de - 7,43 m/an,
- 1968-1973 : accrétion à un T_x de + 68 m/an,
- 1973-1996 : érosion à un T_x de - 17,57 m/an,
- 1996-2022 : érosion à un T_x de - 3,49 m/an.

CARACTERISATION DES ALEAS « RECUIL DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

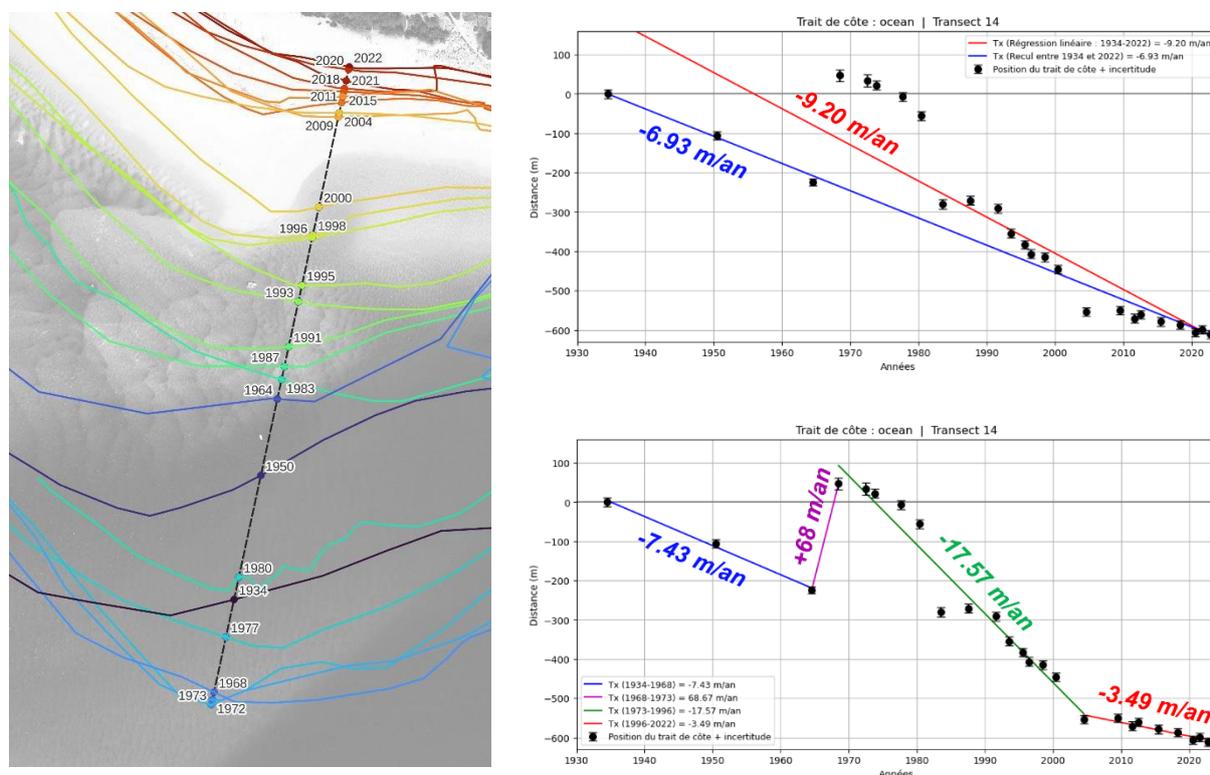


Figure 3-8 : Position du trait de côte au niveau du transect 14 et méthodes de calcul du T_x (régression linéaire sur le graphique du haut et variation des périodes d'érosion sur le graphique du bas) entre 1934 et 2022 sur le secteur de la Pointe.

Bien que pertinente, cette approche par transect montre ses limites dans le cas de la Pointe. En effet, en raison de changements significatifs d'orientation de la côte observés à la pointe du Cap Ferret, aucun transect ne peut couvrir l'entièreté de la Pointe sur l'ensemble de la période observée. Par conséquent, et dans le but d'analyser la mobilité de la Pointe de manière moins biaisée, une approche planimétrique est adoptée pour analyser l'évolution de l'extrémité de la Pointe à partir de l'indicateur retenu (pied de dune). Seule l'extrémité de la flèche sableuse, à savoir le point le plus méridional du pied de dune, est alors considéré (Figure 3-9).

Il est ainsi possible de quantifier de manière plus réaliste et précise l'évolution de la Pointe (Figure 3-10). De 1934 à 1964, la Pointe a reculé jusqu'à l'arrivée d'un crochon majeur. Pendant près de 10 ans, ce crochon aurait favorisé une progression de la flèche vers le sud : c'est la dernière phase d'accrétion de la flèche qui a progressé de près de 250 mètres. A partir de 1972-1973, débute la phase érosive qui a caractérisé la flèche depuis 50 ans avec un recul effectif d'environ 600 mètres. Nahon (2018) corrèle ce changement de phase à une accélération de l'élévation du niveau de la mer et à une modification du climat de vagues en lien avec la NAO (Oscillation Nord Atlantique). Alors que cette phase érosive a déjà débuté depuis plusieurs années, une seconde passe s'ouvre dans le prolongement du chenal du Ferret au nord de l'embouchure. Face à cette érosion continue et massive, des constructions de protection de la Pointe débutent dans les années 1980 ; elles vont rapidement prendre la forme d'un remblai de matériaux hétérogènes et d'un musoir. Il est à noter le passage d'un crochon mineur, mais qui ne se maintient pas, et ne favorise pas d'accrétion à moyen ou à long terme. En 1996, la construction du musoir est terminée. Avant cette date, le recul de la Pointe a oscillé d'est en ouest sur une bande de 200 mètres. Depuis 1996, le recul de la Pointe ralentit et s'accompagne d'une migration continue de l'extrémité de la Pointe vers l'est sur près de 500 mètres. L'extrémité de la Pointe se situe désormais contre le musoir.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

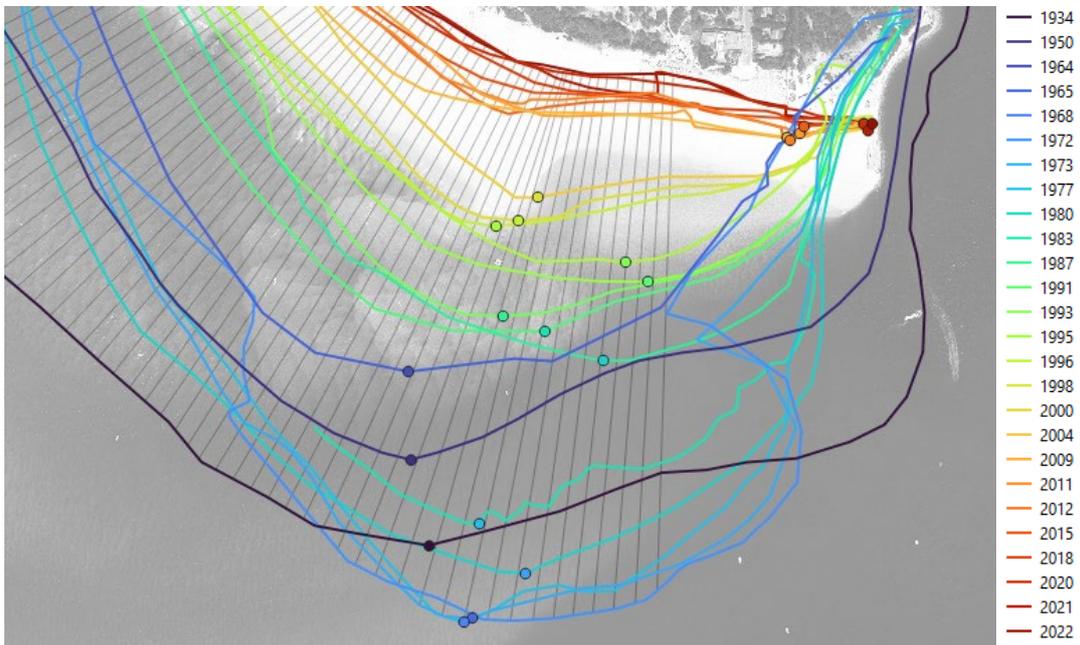


Figure 3-9 : Position du point le plus méridional de la flèche sableuse sur les différents transects du secteur de la Pointe de 1934 à 2022.

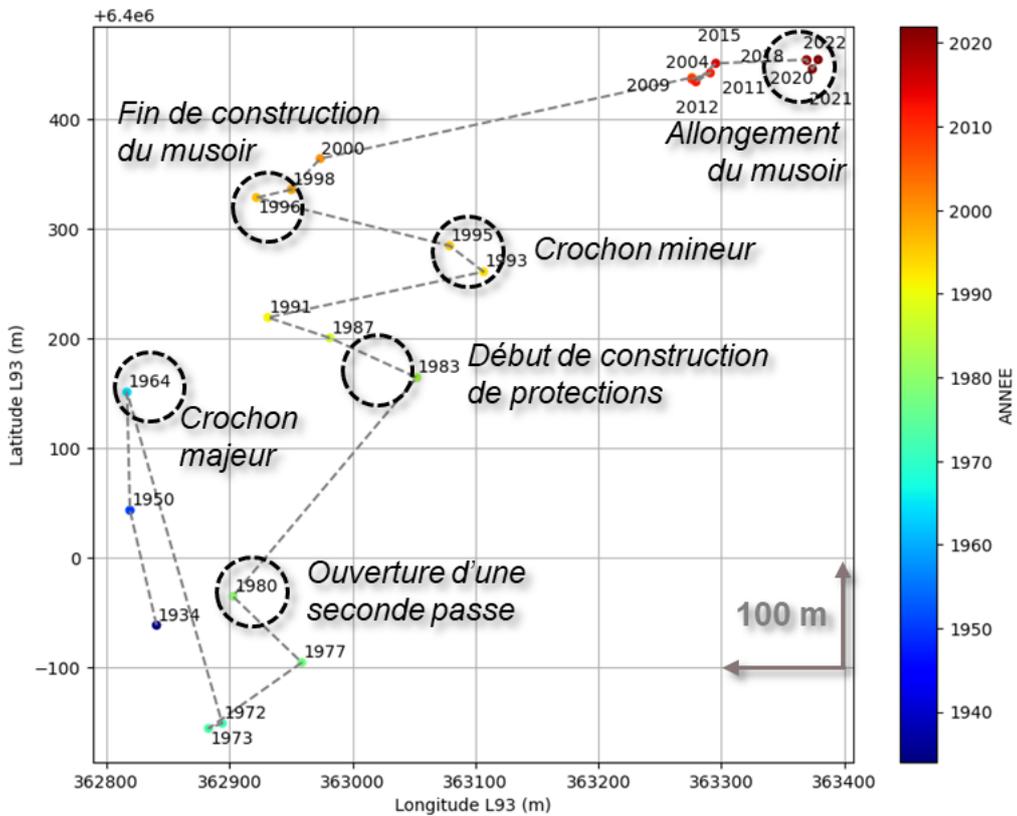


Figure 3-10 : Evolution des positions de l'extrémité de la flèche sableuse de la pointe du Cap Ferret de 1934 à 2022.

L'évolution de la position de l'extrémité de la Pointe dans l'espace a été corrélée à plusieurs événements naturels et anthropiques qui ont certainement influencé cette dernière. Mais il n'existe à ce jour aucun consensus sur les mécanismes qui contrôlent la mobilité de l'extrémité de la flèche du Cap Ferret. Ainsi, d'autres événements n'ont probablement pas été identifiés et sont susceptibles d'avoir également contribué aux changements morphologiques observés.

Afin de déterminer les T_x associés à l'évolution complexe de la Pointe, le taux de recul du trait de côte a été calculé à partir de régressions linéaires sur l'axe nord-sud (latitude) du graphique. Plusieurs T_x sont calculés, correspondant à différentes périodes de l'évolution de la Pointe. Ces périodes sont définies selon des hypothèses associées aux deux scénarios de projection proposés et décrits dans les sections suivantes.

3.5.2. Les hypothèses de projection à l'horizon 2120

Dans le rapport de phase 1, une absence de consensus a été identifiée quant aux mécanismes qui contrôlent l'évolution du Cap Ferret. Deux principales hypothèses ont été explorées par différents laboratoires et bureaux d'études.

La première hypothèse se focalise sur l'influence du « cycle des passes », identifié par le LCHF (1973) et Gassiat (1989), sur les phases de recul et d'avancée de la flèche sableuse. Des scénarios d'évolution du Cap Ferret s'appuient sur cette hypothèse comme dans le PPRL initial de 2001 d'après l'étude de (1995) qui établit des projections de la position du trait de côte de 1994 à 20 ans (2014) et à 100 ans (2094). Cette hypothèse est également reprise dans l'élaboration d'une stratégie locale de gestion de la bande côtière par Artelia (2015) qui établit des projections de la position du trait de côte de 2015 à 5 ans (2020), à 10 ans (2025) et à 30 ans (2045).

L'autre hypothèse, développée dans une thèse universitaire (Nahon, 2018), explore les relations entre l'évolution des forçages hydrodynamiques et les phases d'avancée et de recul de la flèche sableuse. Cette hypothèse relativise l'influence du « cycle des passes » sur les phases d'avancée et de recul de la Pointe ; en effet, cette relation ne se vérifie pas systématiquement. Nahon (2018) met plutôt en lumière une corrélation entre ces phases d'avancée et de recul de la Pointe avec les variations de l'élévation du niveau de la mer et du climat de vagues. Cette hypothèse n'a jusqu'à maintenant jamais fait l'objet de scénario de projection à horizon déterminé.

En l'absence d'autres hypothèses identifiées dans la bibliographie disponible, ces deux hypothèses uniquement seront adaptées aux objectifs quantitatifs de cette présente étude, réalisée dans le cadre de la révision du PPRL de la commune de Lège-Cap Ferret. Deux scénarios distincts de projection d'évolution de la position de la pointe du Cap Ferret sont donc proposés ci-après.

3.5.2.1. Scénario A : influence du « cycle des passes »

3.5.2.1.1. Principe du cycle des passes et son impact sur le Cap Ferret

Le cycle des passes a été décrit et discuté dans le rapport de phase 1. Pour rappel, il consiste en une migration des passes et des affleurements sableux de l'embouchure externe vers le sud qui se traduit par une alternance entre une configuration de l'embouchure du bassin d'Arcachon à une passe et une configuration à deux passes. Ainsi, une nouvelle passe Nord s'incise tous les 80 à 110 ans depuis 1813 à l'extrémité de la pointe du Cap Ferret. La dernière passe nord s'est incisée au droit du Cap Ferret dans les années 80 et poursuit sa migration vers le sud.

La configuration des passes jouerait un rôle sur les phases d'accrétion ou d'érosion de la pointe du Cap Ferret. En effet, dans une configuration à une passe, l'éloignement de la passe par rapport à la pointe du Cap Ferret favoriserait le développement de la plateforme sous-marine. Cette plateforme est nécessaire à l'allongement du Cap Ferret, car elle permet au sable d'être stocké à la Pointe et à des crochons de se former. Ainsi, une configuration à une passe laisserait plus de place pour une accrétion du Cap Ferret tandis qu'une configuration à deux passes favoriserait son érosion.

Aujourd'hui, l'embouchure externe est dans une configuration à deux passes, qui favoriserait donc l'érosion selon cette hypothèse. D'après l'étude d'Artelia & Géotransfert (2015), la passe Nord actuelle

devrait poursuivre sa migration vers le sud dans les années à venir tout en érodant le banc d'Arguin se situant entre les deux passes. Ce banc devrait totalement disparaître entre 2025 et 2030 puis les passes commenceront à se rejoindre autour de 2035 avant de complètement fusionner et de passer à une configuration à une passe vers 2040. Au moment de la fusion des passes, le développement de crochons sédimentaires au niveau de la pointe du Cap Ferret devrait être observé. Ces crochons pourraient contribuer à rendre la plage de la pointe du Cap Ferret plus large entre 2035 et 2040, et ainsi faire progresser la flèche du Cap Ferret vers le sud. Au terme de ce cycle, une nouvelle passe Nord devrait se créer autour de 2085, et une nouvelle phase d'érosion de la Pointe pourrait commencer et se poursuivre au moins jusqu'en 2120, l'horizon de projection de ce PPRL.

3.5.2.1.2. Adaptation du « cycle des passes » à un scénario de PPRL

Devant le difficile consensus sur les évolutions futures de la Pointe, un scénario intégrant le « cycle des passes » est proposé. Dans le but de construire ce scénario et de l'adapter à la méthodologie d'élaboration des PPRL, des T_x ont été calculés à partir de la mobilité de l'extrémité de la pointe du Cap Ferret, extraite précédemment, sur des périodes correspondant aux phases du dernier cycle des passes observé. Ces différents T_x sont ensuite utilisés pour réaliser des projections conformément à l'évolution attendue du cycle des passes, dans des conditions environnementales différentes de celles passées et qui ne conduirait plus à un allongement de la Pointe dans une configuration à une passe mais simplement à une baisse de la vitesse de son érosion.

Conjointement avec le cycle des passes, ce scénario intègre les hypothèses de dégradation progressive des ouvrages (voir 2.6.3). Le musoir privé a eu une influence sur le ralentissement de l'érosion à la Pointe depuis la fin des années 1990 (voir Figure 3-10) : le recul de la Pointe ralentit à partir de la fin des années 90 jusqu'à se stabiliser à proximité du musoir à partir des années 2010.

Les hypothèses de calcul des T_x proposées pour les projections intègrent donc :

- Une continuité du T_x associé au ralentissement de l'érosion ($T_x = - 5,2$ m/an), observable depuis 1996 sous l'influence du musoir et des rechargements, pendant les vingt prochaines années (2020-2040), toujours dans une configuration de l'embouchure à deux passes,
- Puis le passage à une configuration à une passe, et dans le même temps, une dégradation progressive de cet ouvrage conduisant à un rééquilibrage de la position du trait de côte ($T_x = - 15$ m/an) pendant 10 ans (2040-2050),
- Et plusieurs T_x pour représenter la libre évolution de la Pointe, conformément aux phases attendues du cycle des passes. En s'appuyant sur les dynamiques observées avant la construction du musoir, la configuration à une passe se maintiendrait, favorisant une stabilité de la Pointe comme entre 1934 et 1980 ($T_x = - 0,5$ m/an). L'incision d'une passe Nord, attendue en 2085, enclencherait une nouvelle phase érosive en libre évolution à l'image de celle observée entre 1980 et 1996 ($T_x = - 22,7$ m/an).

La configuration des passes depuis 1934 (« observations ») et attendue jusqu'en 2120 (« projections ») ainsi que les taux de recul (T_x) associés conformément aux hypothèses évoquées ci-dessus ont été récapitulées (Tableau 3-3).

La somme de ces T_x sur les 100 ans de projection induit un recul de 1 070 mètres de l'extrémité de la pointe du Cap Ferret. Conformément à la méthodologie d'élaboration des PPRL, le scénario de projection à l'horizon 2120 intègre les valeurs présentées précédemment de recul lié à un événement majeur (L_{max}) et l'effet du changement climatique (E_{cc}), soit un **recul total de 1 150 mètres** sur l'intégralité de ce secteur par rapport à la position de l'extrémité de la Pointe en 2020.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

Tableau 3-3 : Liste des Tx observés et projetés de 1934 à 2120 pour la construction du scenario A sur le secteur de la Pointe.

| | Période | Nombre de passe | Ouvrages à la pointe | Tx (m/an) | Remarques | Distance nord-sud (m) |
|---|-----------------------|-----------------|---|---|--|-----------------------|
| Observations | 1934 - 1980 46 ans | 1 | Absence d'ouvrage | -0.5 | Alternance d'avancées et de recul | -26 |
| | 1980 - 1996 16 ans | 2 | 1985 : début de la construction de protections 1991 : début de la construction du musoir | -22.7 | Recul linéaire | -363 |
| | 1996 - 2020 24 ans | | 1996 : fin de la construction de musoir 2019 : allongement du musoir | -5.2 | Ralentissement du recul | -124 |
| Projections | 2020 - 2040 20 ans | | Ouvrages actuels fonctionnels | -5.2 | Continuité de la période précédente | -104 |
| | 2040 - 2050 10 ans | 1 | Dégradation progressive des ouvrages | -15 | Tx estimé à dire d'expert | -150 |
| | 2050 - 2085 35 ans | | Absence d'ouvrage | -0.5 | Alternance implicite de reculs et d'avancées | -17.5 |
| | 2085 - 2120 35 ans | 2 | Absence d'ouvrage | -22.7 | Recul linéaire | -794.5 |
| $L_r = [-1070 \text{ m}] + [L_{max} = -20 \text{ m}] + [Ecc = -60 \text{ m}] = -1150 \text{ m}$ | | | | $100.Tx \approx -1070 \text{ m} / L_{r0}$ | | |

3.5.2.1.3. Cartographie des résultats

Afin de cartographier ce recul, la morphologie actuelle de la Pointe est conservée : le recul de 1 150 mètres vers le nord est appliqué sur l'ensemble du secteur (voir Figure 3-11). Ce déplacement de l'ensemble du secteur de la Pointe implique un décalage vers le nord du même ordre de la limite avec le secteur Centre (nommée « limite B » sur la Figure 3-11) et un décalage vers l'est de 210 mètres pour suivre le recul précédemment appliqué au secteur Centre.

Une harmonisation des résultats avec le recul appliqué sur le secteur de l'embouchure sera également nécessaire lors de la phase de consolidation des scénarios retenus (phase 3).

3.5.2.2. Scénario B : continuité de la phase érosive initiée dans les années 70

3.5.2.2.1. Contexte scientifique du scénario

La corrélation établie par Nahon (2018) entre les phases d'avancée et de recul du Cap Ferret, avec les variations de l'élévation du niveau de la mer et du climat de vagues, est décrite dans le rapport de phase 1.

Selon Nahon (2018), l'élévation du niveau de la mer va contribuer de plus en plus à affaiblir l'extrémité distale de la flèche du Cap Ferret. En effet, l'élévation du niveau de la mer qui tend à s'accélérer avec le changement climatique favoriserait le recul de la Pointe en contribuant notamment à l'expansion de l'embouchure. L'embouchure étant contrainte par des ouvrages, cette situation renforcerait les courants de marée dans cette dernière. Cette situation limiterait le développement d'une plateforme sous-marine à l'extrémité de la Pointe qui pourrait sécuriser une partie du stock sédimentaire amené par la dérive littorale et favoriser l'accrétion de la Pointe.

Depuis 200 ans, et malgré une alternance de phases d'érosion et d'accrétion, le Cap Ferret a reculé d'environ 2 km. Depuis 50 ans, une phase érosive a été initiée, et aucun signe ne semble montrer pour le moment une inversion de tendance. Seuls des ouvrages et opérations de gestion des sédiments parviennent à contenir ces dynamiques, impactant significativement la bathymétrie adjacente et l'hydrodynamisme. Selon Nahon (2018), cette phase érosive, qui a débuté brutalement en 1973, devrait

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

se poursuivre à un rythme *a minima* comparable en raison de l'accélération de l'élévation du niveau de la mer et la réduction de la résilience du système sédimentaire par la construction des ouvrages face à cette élévation rapide.

3.5.2.2.2. Adaptation de l'hypothèse de continuité de la phase érosive à un scénario de PPRL

La même démarche que pour le scénario A a été adoptée pour le scénario B (Tableau 3-4). Cette fois deux T_x ont été calculés pour représenter la continuité de cette phase érosive qui a débuté en 1973. Le premier taux de recul correspond à l'évolution de la Pointe avant la construction des ouvrages, qui se termine en 1996, et le second correspond à celui qui caractérise le ralentissement de l'érosion depuis la construction des ouvrages.

Le calcul des T_x pour les projections intègre donc les hypothèses proposées sur la dégradation progressive des ouvrages, à savoir que (Tableau 3-4) :

- Les vingt premières années de projection (2020-2040) constituent une continuité des taux de recul de la période précédente ($T_x = - 5,2$ m/an) en raison du maintien des ouvrages et de leur efficacité dans leur état actuel,
- Pendant les dix années suivantes (2040-2050), un taux de recul est déterminé pour représenter le rééquilibrage de la position du trait de côte à la suite d'une dégradation progressive des ouvrages ($T_x = - 15$ m/an),
- Enfin, à partir de 2050, à la suite de la ruine totale des ouvrages, la phase érosive retrouverait le taux de recul observé depuis les années 70, avant la construction des ouvrages ($T_x = - 21$ m/an) ; ce recul, associé à une mobilité de la flèche en libre évolution sous l'influence de l'accélération de l'élévation du niveau de la mer, se poursuivrait au moins jusqu'à l'horizon de projection du PPRL en 2120.

Tableau 3-4 : Liste des T_x observés et projetés de 1973 à 2120 pour la construction du scénario B sur le secteur de la Pointe.

| | Période | Ouvrages à la pointe | T_x (m/an) | Remarques | Distance nord-sud (m) |
|---------------------|-----------------------|---|--|---|-----------------------|
| Observations | 1973 - 1996 23 ans | 1985 : début de la construction de protections 1991 : début de la construction du musoir | -21 | Recul linéaire | -483 |
| | 1996 - 2020 24 ans | 1996 : fin de la construction de musoir 2019 : allongement du musoir | -5.2 | Ralentissement du recul | -124 |
| Projections | 2020 - 2040 20 ans | Ouvrages actuels fonctionnels | -5.2 | Continuité de la période précédente | -104 |
| | 2040 - 2050 10 ans | Dégradation progressive des ouvrages | -15 | <i>T_x estimé à dire d'expert</i> | -150 |
| | 2050 - 2120 70 ans | Absence d'ouvrage | -21 | Recul linéaire | -1470 |
| | | | 100. $T_x \approx -1720$ m / L_{r0} | | |

$$L_r = [-1720 \text{ m}] + [L_{max} = -20 \text{ m}] + [Ecc = -60 \text{ m}] = \underline{\underline{-1800 \text{ m}}}$$

La somme de ces T_x sur les 100 ans de projection induit un recul de 1 720 mètres de l'extrémité de la pointe du Cap Ferret. Conformément à la méthodologie d'élaboration des PPRL, le scénario de

projection à l'horizon 2120 intègre les valeurs présentées précédemment de recul lié à un événement majeur (L_{max}) et l'effet du changement climatique (E_{cc}), soit un recul total de 1 800 mètres sur l'intégralité ce secteur par rapport à la position de l'extrémité de la Pointe en 2020.

3.5.2.2.3. Cartographie des résultats

Tout comme pour le scénario A, la morphologie actuelle de la Pointe est conservée : le recul de 1 800 mètres vers le nord est appliqué sur l'ensemble du secteur (voir Figure 3-11). Ce déplacement de l'ensemble du secteur de la Pointe implique un décalage vers le nord du même ordre de la limite avec le secteur Centre (nommée « limite B » sur la Figure 3-11) et un décalage vers l'est de 210 mètres pour suivre le recul précédemment appliqué au secteur Centre.

Une harmonisation des résultats avec le recul appliqué sur le secteur de l'embouchure sera également nécessaire lors de la phase de consolidation des scénarios retenus (phase 3).

3.6. Conclusions sur la façade océanique

Tous les traits de côte projetés (L_r) sur la façade représentent une limite de haut de plage soit une courbe de niveau qui atteindrait environ + 5 m NGF. Cette projection correspond à une limite approximative de l'aléa qui sera à affiner dans les phases suivantes.

Une approche en secteurs a été adoptée afin de représenter fidèlement la variabilité des dynamiques observées sur cette façade océanique. Chaque secteur présente des résultats très contrastés par rapport aux autres malgré des hypothèses communes sur l'impact d'un événement majeur et du changement climatique. Afin d'éviter des changements abrupts dans les projections entre les secteurs, un lissage sera à appliquer sur les résultats cartographiques.

Pour le secteur de la Pointe, en l'absence de consensus sur les mécanismes d'évolution, deux hypothèses divergentes, mais potentiellement complémentaires, ont été proposées (Figure 3-11). Il sera nécessaire de choisir l'un des deux scénarios pour les phases suivantes de la révision du PPRL.

Compte tenu de l'amplitude des taux de recul observés, et de la durée de la projection, le degré d'incertitude n'est pas quantifiable mais reste important. De plus, l'évolution de la Pointe est interdépendante de l'évolution du bassin d'Arcachon dans son ensemble ; or, son fonctionnement est également complexe, et l'effet du changement climatique sur cette lagune est inconnu.

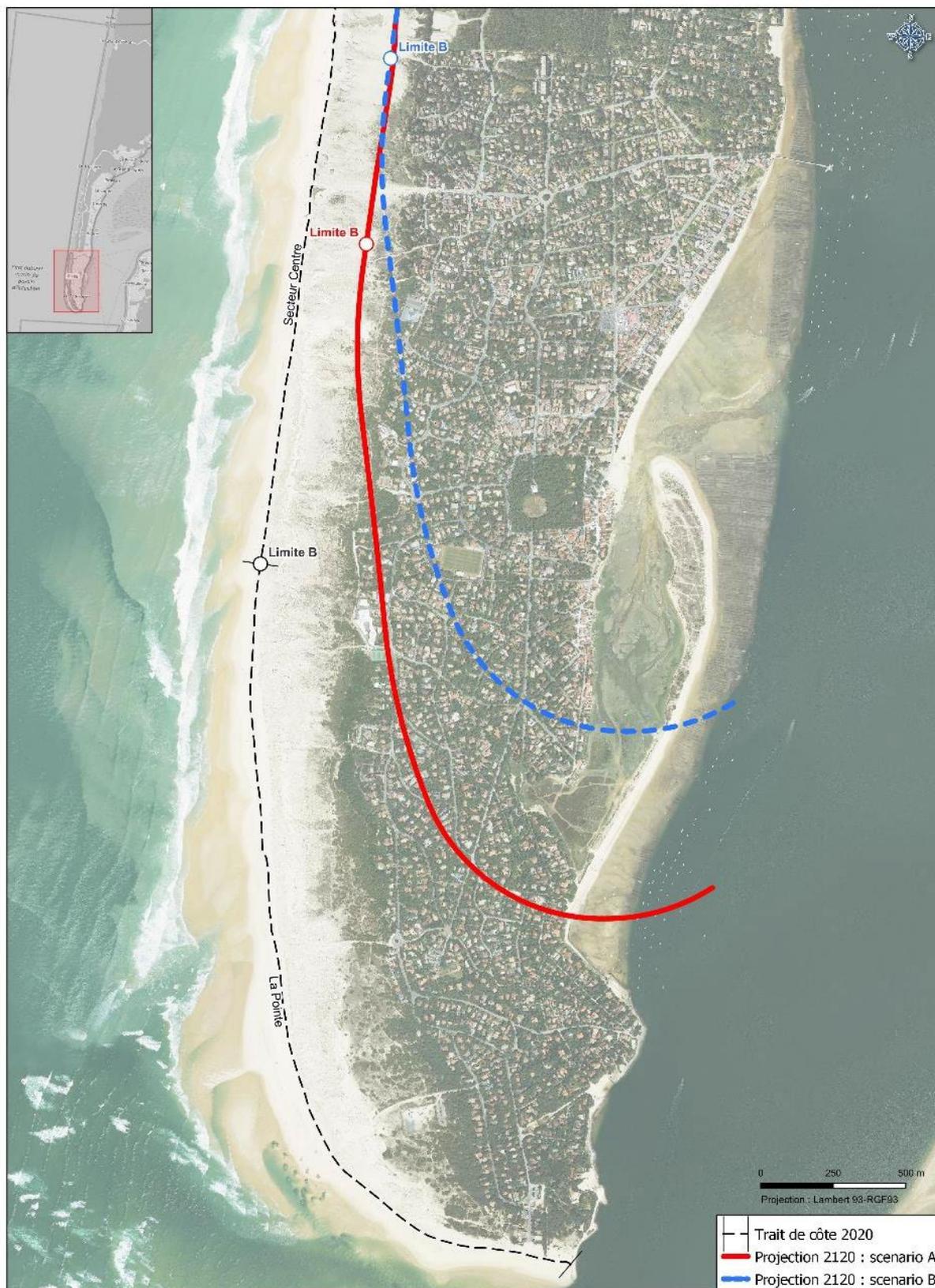


Figure 3-11 : Scenarios de projection du trait de côte à l'horizon 2120 sur le secteur de la Pointe.

4. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur l'embouchure du Cap Ferret

4.1. Rappel des caractéristiques de l'embouchure

L'embouchure est découpée en 3 secteurs homogènes en termes de fonctionnement et de gestion (voir détails en 1.3.2 et Figure 1-3) (du sud au nord) :

- Le secteur **44 ha**, du musoir de la Pointe à Hortense,
- Le secteur **Mimbeau sud**, de Hortense à l'inflexion de la flèche du Mimbeau,
- Le secteur **Mimbeau nord**, de l'inflexion de la flèche du Mimbeau à la jetée de Bélisaire.

La jetée de Bélisaire marque la limite entre l'embouchure et la façade interne du bassin d'Arcachon. C'est à cet endroit que se trouve la confluence entre les chenaux de Piquey et du Teychan.

Cette façade est très complexe à étudier de part ces conditions hydrodynamiques et hydro-sédimentaires interdépendantes de l'évolution des passes, de la Pointe et du chenal.

Elle est très artificialisée par des ouvrages et les zones non-artificialisées peuvent avoir subi des travaux modifiant leur évolution naturelle, comme des rechargements de plages. En conséquence, l'étude de l'évolution du trait de côte de cette façade doit être réalisée en remontant aux données de base, par secteur, tout en gardant une vision globale sur l'ensemble de la façade.

4.2. Méthodologie

4.2.1. Définition et indicateur du trait de côte

Sur la façade « embouchure », les indicateurs du trait de côte recommandés (voir en 2.2) ne sont pas identiques sur l'ensemble du linéaire et leur présence n'est pas homogène dans le temps. En effet, cette façade étant très urbanisée, il est difficile de considérer les mêmes indicateurs que sur une zone naturelle où les comparaisons des photos historiques sont plus facilement analysables. Aussi, d'autres indicateurs naturels courants ont été étudiés mais tous présentaient un inconvénient :

- Le haut ou l'arrière des ouvrages de protection (murs, enrochements) : délimitation artificielle,
- Le haut de plage : difficulté pour avoir une définition simple pour l'ensemble de la façade,
- La limite entre le sable sec et le sable mouillé : trop variable et imprécis car représente un niveau d'eau à un moment donné,
- Le niveau des plus hautes mers ou le niveau moyen de la mer : très théorique.

La caractérisation de l'évolution naturelle est très difficile à appréhender sur cette façade, en particulier pour le Mimbeau (seule côte réellement naturelle de la façade) et son action sur le littoral urbanisé en arrière. Plusieurs indicateurs spécifiques ont donc été analysés pour tenter de définir et caractériser au mieux l'évolution du « trait de côte » de cette façade.

4.2.2. Tests de sensibilité sur la pertinence des indicateurs possibles

Afin de caractériser l'évolution passée du trait de côte de la façade « embouchure », 3 types d'indicateurs ont été analysés :

1. Les marqueurs longitudinaux du trait de côte (cités en 2.2 et en 4.2.1),
2. La bathymétrie en bordure du littoral,
3. La position du chenal du Ferret.

La pertinence de ces indicateurs a été analysée sur chacun des 3 secteurs de la façade ; les chapitres ci-dessous synthétisent simplement les conclusions.

4.2.2.1. Les marqueurs longitudinaux du trait de côte

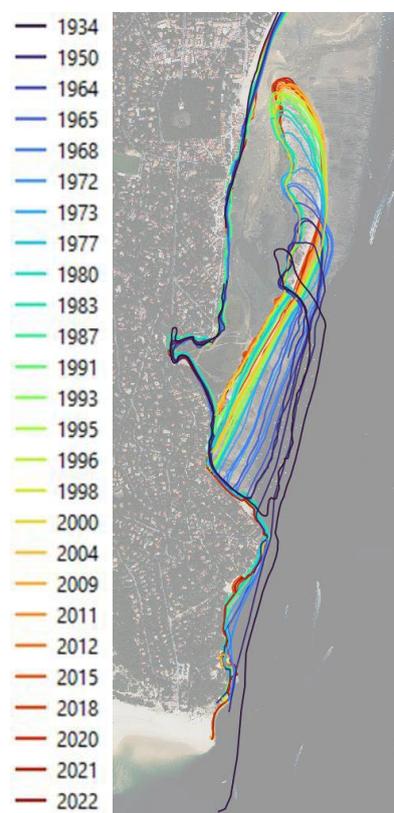
Le trait de côte peut être identifié par un marqueur longitudinal naturel ou artificiel. Dans le cas de cette façade de l'embouchure, le linéaire est :

- Soit fixé depuis la date de construction de l'ouvrage longitudinal ; le trait de côte est stabilisé ;
- Soit naturel mais soumis à des modifications anthropiques de manière directe (rechargements de plage) ou indirecte (travaux sur les zones adjacentes).

Aussi, l'ensemble du linéaire de la façade est donc considéré comme ayant subi des actions anthropiques mais leurs impacts sont très difficilement quantifiables.

Les photos aériennes disponibles sont nombreuses (24 campagnes de 1934 à 2020 – Figure 4-1) ; cependant, le trait de côte ayant été fixé très tôt par des ouvrages longitudinaux dans la zone « Hortense » et plus tard dans la zone de la Pointe, cet indicateur n'est pas représentatif de l'évolution naturelle de l'ensemble de la façade, hormis pour une partie de la flèche du Mimbeau.

Figure 4-1 : Traits de côte analysés sur les secteurs « 44 ha » et « Mimbeau ».



4.2.2.2. La bathymétrie

La bathymétrie est un indicateur déjà utilisé dans la bibliographie comme marqueur du trait de côte. Cet indicateur, non-conventionnel, peut être utilisé dans des zones naturelles comme artificialisées car il est potentiellement moins sensible à l'artificialisation et sera modifié progressivement dans un second temps. Les profondeurs déjà utilisées pour le Cap Ferret sont les isobathes - 5 m et - 10 m.

Cette donnée est néanmoins complexe à recueillir car elle nécessite des campagnes de mesures spécifiques, s'attachant à cartographier précisément cette frange particulière du littoral. De même, les campagnes réalisées sur des zones spécifiques, et non sur l'ensemble du littoral, sont très difficiles à recontextualiser.

A la suite, l'extrapolation de l'évolution de la bathymétrie vers l'évolution potentielle du trait de côte (en l'absence d'ouvrage) est très délicate : ce n'est pas parce que la position d'une isobathe se fixe dans le temps que le trait de côte « naturel » est en train également de se figer. Dans le cas de l'embouchure, certains ouvrages sont présents sur le secteur « 44 ha » et ont fixé le trait de côte « artificiel » depuis la première partie du 20^{ème} siècle. Ces ouvrages sont très profonds et ont également fixé les isobathes - 5 m et - 10 m.

Les données bathymétriques disponibles sont assez nombreuses et majoritairement fiables pour être utilisables ; cependant, la fixation du trait de côte par des ouvrages longitudinaux, au droit de « Chez Hortense » puis de la Pointe, ne permettent une utilisation des isobathes - 5 m et - 10 m que jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle. Au-delà de cette période, les ouvrages contraignent fortement la bathymétrie le long de la côte, et depuis les années 2000, les ouvrages délimitent la bathymétrie et génèrent des fosses au pied des ouvrages. Il a notamment été mis en évidence que l'isobathe - 10 m recule plus rapidement que l'isobathe - 5 m, ce qui a pour effet d'accentuer la pente du talus chenal du Ferret (Figure 4-2 et Figure 4-3).

L'apparition de ces fosses traduit la « pression » qu'exerce le chenal dans sa dynamique vers l'ouest, contraint par les ouvrages. Dans ces conditions, l'utilisation de la position d'une isobathe ne permet pas de traduire ce phénomène et ne permet pas de caractériser le potentiel recul du trait de côte en absence d'ouvrage.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « RECU DE LA COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

A titre indicatif, la Figure 4-2 et la Figure 4-3 permettent de visualiser la difficulté d'utiliser la position d'une isobathe en tant qu'indicateur du trait de côte en présence d'ouvrage trop important.

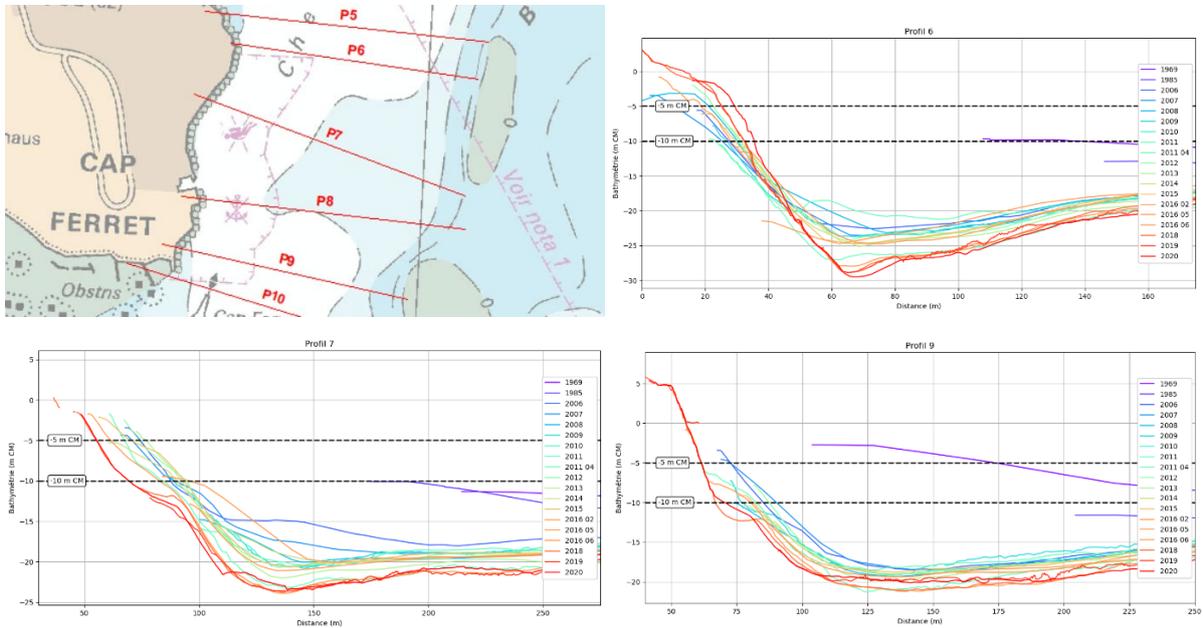


Figure 4-2 : Extraction des isobathes - 5 m et - 10 m au niveau des profils P7 à P10 du secteur « 44 ha ».

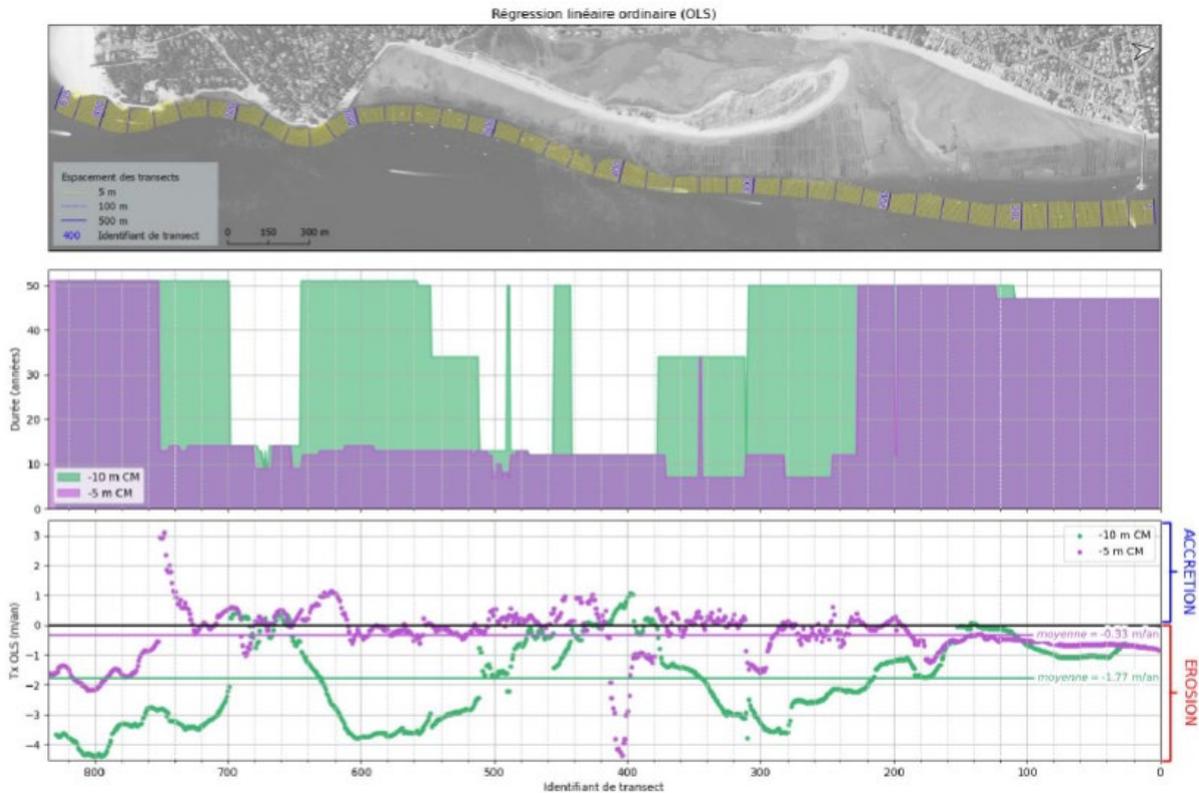


Figure 4-3 : Estimation des Tx à partir des isobathes - 5 m et - 10 m au droit du Mimbeau.

4.2.2.3. La position du chenal du Ferret

4.2.2.3.1. Définition de l'axe du chenal

La position du chenal du Ferret est considérée comme étant à l'origine de l'évolution du trait de côte de l'embouchure. De plus, la position du chenal est *a priori* moins sensible à l'artificialisation et ne sera potentiellement impactée par des ouvrages que bien après les impacts sur le trait de côte et les isobathes le long du rivage. En conséquence, il a été décidé d'analyser de manière approfondie la position du chenal et en particulier son « axe hydraulique » (voir paragraphe 4.2.2.3.2) afin de pouvoir, potentiellement, s'en servir comme indicateur « non-conventionnel » de l'évolution du trait de côte.

Néanmoins, les paramètres de caractérisation et de quantification de son évolution, ainsi que son extrapolation pour caractériser l'évolution du trait de côte n'ont pas été définis. Il nécessite d'avoir des données bathymétriques sur une zone élargie ; avec une largeur d'environ 1,5 km, les données à traiter sont plus complexes mais permettent d'avoir une vision globale de l'ensemble de la façade.

Dans un premier temps, il faut analyser les données bathymétriques disponibles pour définir l'axe du chenal. Sur la façade de l'embouchure, huit relevés ont été sélectionnés (qualité des données, emprise des données, répartition dans le temps, etc.) et permettent de connaître l'évolution des fonds du secteur sur plus de deux siècles ; il s'agit des campagnes de 1826, 1865, 1929, 1969, 1985, 2007, 2016 et 2020 (Figure 4-4). Bien que leur nombre ne permette pas de caractériser précisément le déplacement du chenal au cours du temps, la qualité et la résolution des données, notamment anciennes (1826, 1865, 1929) ont permis de proposer une définition de l'axe du chenal. Pour cela, des profils ont été générés pour analyser la morphologie du chenal au cours du temps (Figure 4-5).

Le chenal du Ferret est bien visible sur les bathymétries à partir de 1865 (voir Figure 4-4). Néanmoins, il est difficile de le caractériser de prime abord. Son axe semble être un bon indicateur mais le maximum de la bathymétrie ne caractérise pas correctement le chenal. La largeur du chenal est difficilement caractérisable, et son centre encore moins.

Il a donc été choisi de caractériser plus précisément l'axe hydraulique du chenal, c'est-à-dire la médiane de la capacité de débit du chenal (50 % des flux passent de chaque côté de l'axe). La capacité de débit du chenal a été calculée à partir des formules de Manning Strickler et de l'utilisation du rayon hydraulique. Cette méthodologie est apparue comme étant la plus représentative, contrairement :

- Au calcul du barycentre de la section qui favorise beaucoup trop les sections éloignées de l'axe,
- Au calcul de la médiane de la section qui ne valorise pas la profondeur ; à section égale, la capacité de débit est d'autant plus importante que la profondeur est importante (c'est ce que caractérise la formule de Manning Strickler).

À titre indicatif, la capacité de débit (Q) d'une section du chenal a été définie de manière simplifiée comme étant proportionnelle à :

$$Q = S \cdot (S/L_r)^{2/3}$$

Avec :

- Q : Débit de la section du chenal (m³/s)
- S : Section du chenal (m²)
- L_r : Largeur du chenal (m)

Cette formulation est déduite de la formule de Manning Strickler : $V = K_S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$

Avec :

- V : Vitesse moyenne de la section (m/s)
- K_S : Coefficient de Strickler (m^{1/3}/s)
- R_h : Rayon hydraulique (m)
- i : Pente hydraulique (m/m)

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

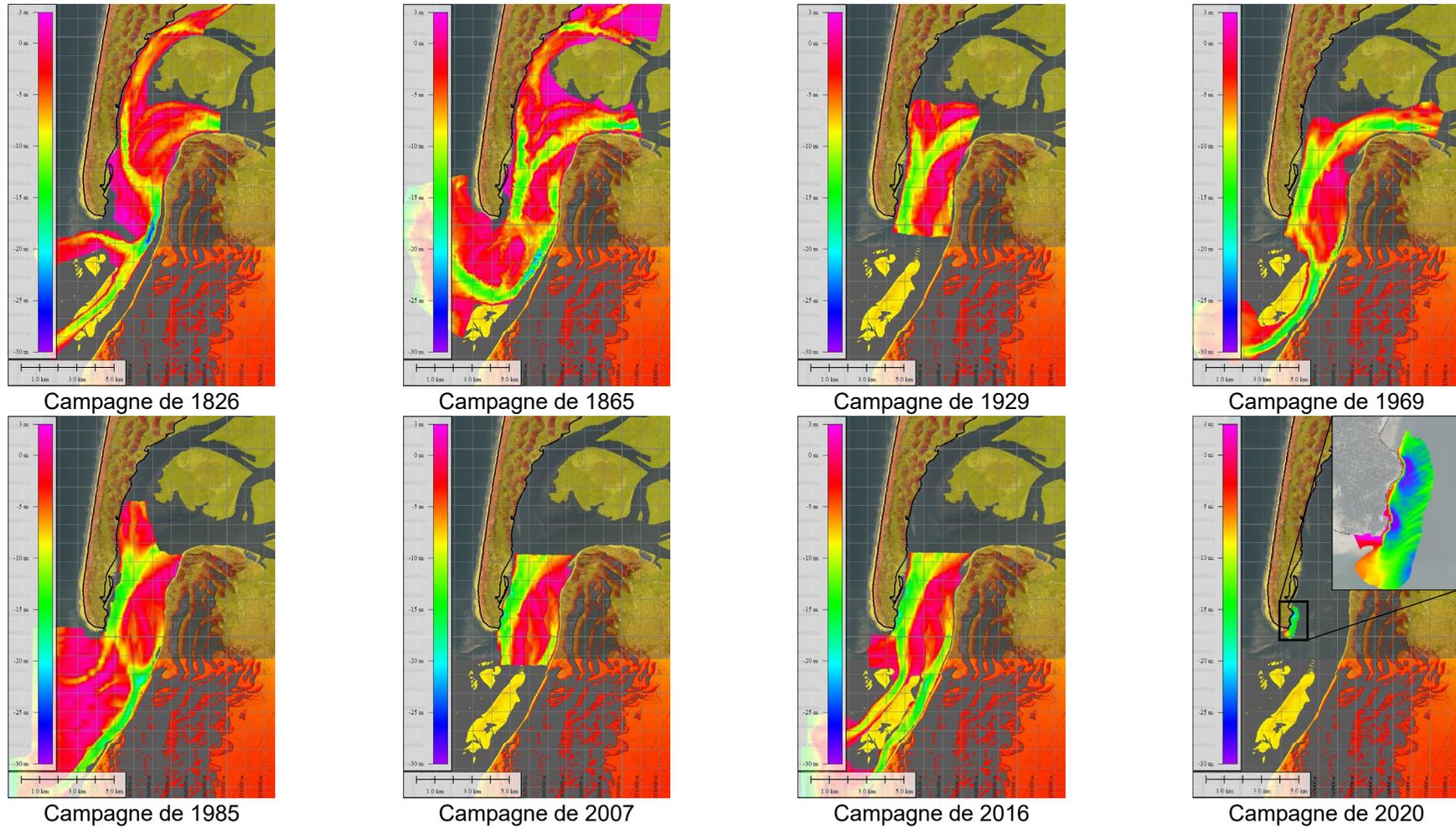


Figure 4-4 : Visualisations de différentes bathymétries.

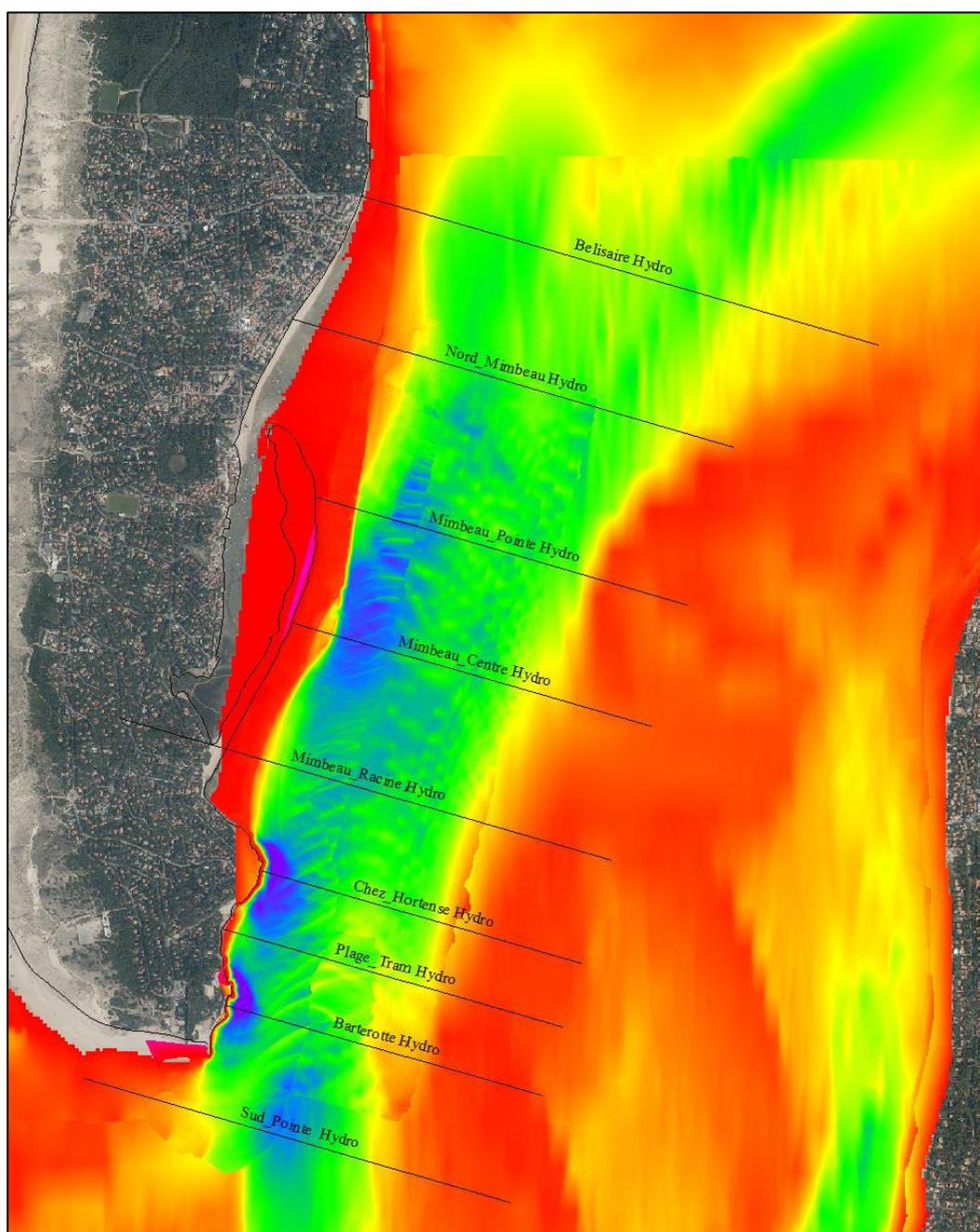


Figure 4-5 : Profils générés sur la façade de l’embouchure pour l’analyse des données bathymétriques (ici compilation 2006-2020).

Pour la dizaine de profils visualisés sur la Figure 4-5, l’axe du chenal a été mis en évidence sur les 6 campagnes les plus significatives (1826, 1865, 1929, 1969, 1985 et compilation 2016-2020 – Figure 4-6 et Figure 4-7 – exemple du profil P4 « Chez Hortense »). Dans un second temps, une méthodologie d’extrapolation et d’évolution du trait de côte vis-à-vis de la position du chenal du Ferret a été établie à partir de ces données.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

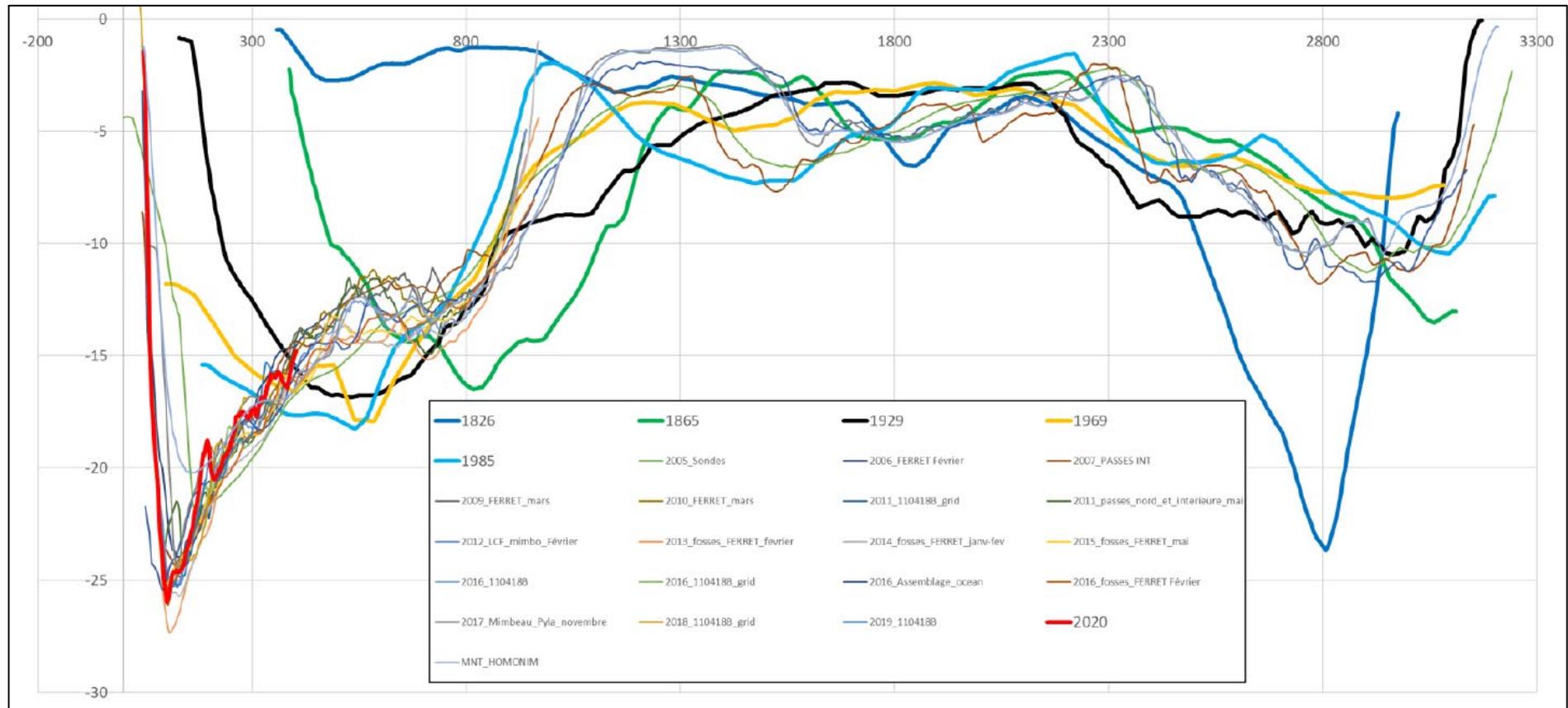


Figure 4-6 : Sélection des 6 campagnes bathymétriques les plus significatives (trait coloré en gras) sur le P4 ; les non-significatives figurent en gris.

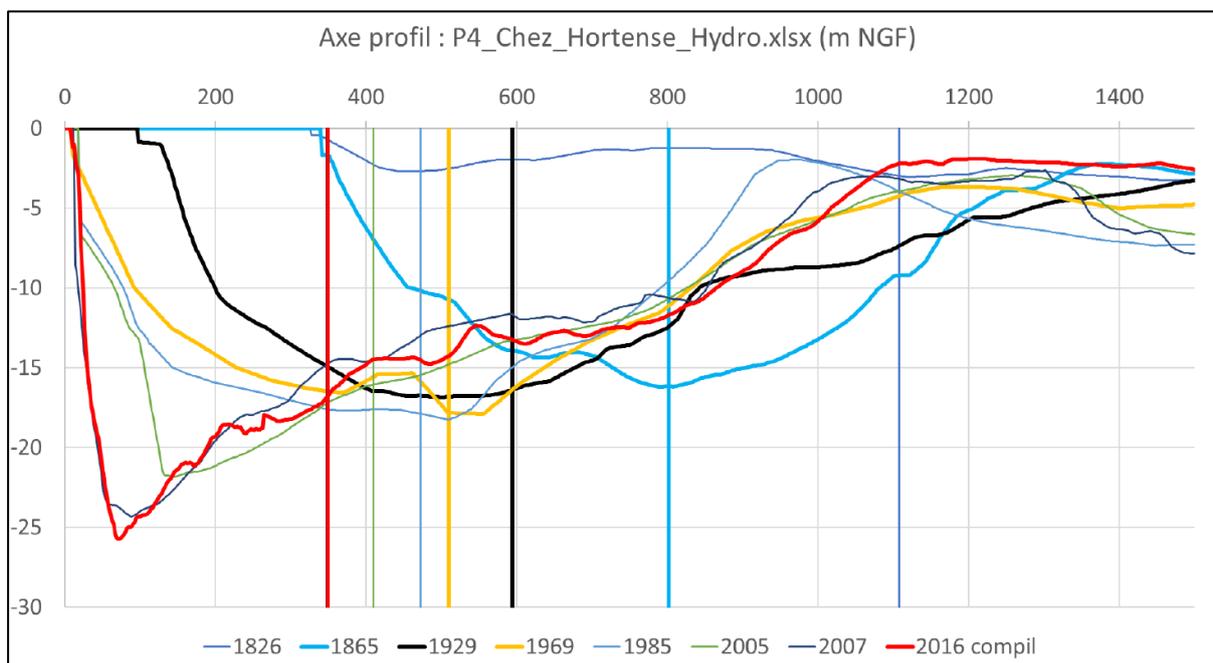


Figure 4-7 : Détermination de l'axe hydraulique du chenal du Ferret sur les 6 campagnes bathymétriques.

4.2.2.3.2. Evolution du chenal du Ferret

A partir des profils bathymétriques, il a été possible de déterminer l'évolution naturelle du chenal, avant la construction des premiers ouvrages devant « Chez Hortense » (période 1865-1929 – Figure 4-8).

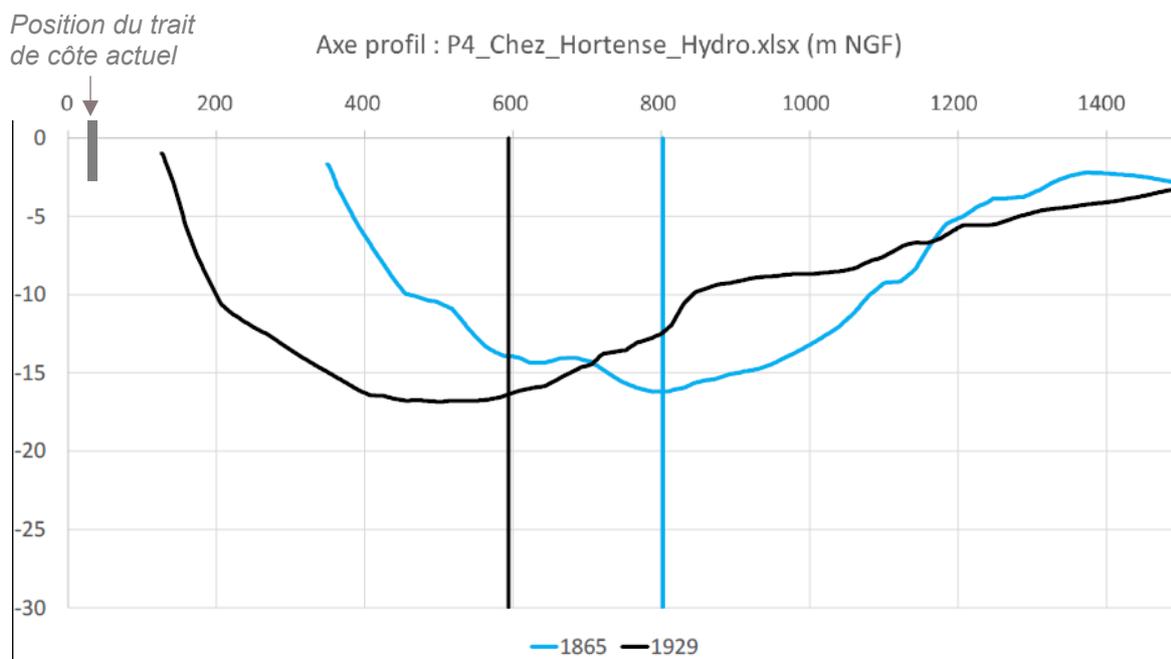


Figure 4-8 : Déplacement du chenal du Ferret avant la construction des ouvrages au droit de "Chez Hortense" (affichage des bathymétries 1865 et 1929 uniquement).

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

Cette indication d'évolution est primordiale pour tenter de déterminer l'évolution potentielle future sans ouvrage dans ce secteur. D'après les données des positions du chenal du Ferret sur la période analysée (1865-2020), il est alors possible d'affirmer que :

- L'axe hydraulique du chenal du Ferret s'est progressivement déplacé vers l'ouest,
- Le chenal du Ferret s'est déplacé d'environ 200 mètres vers l'ouest entre 1865 et 1929, période d'évolution naturelle du littoral avant la construction des premiers ouvrages longitudinaux au droit de « Chez Hortense »,
- L'évolution vers l'ouest du chenal du Ferret est ensuite contrainte par les ouvrages.

Son déplacement vers l'ouest a été régulier jusqu'au début des années 2000 (en moyenne 2,94 m/an au droit de "Chez Hortense") puis sa position s'est stabilisée dans les années 2010 (Figure 4-9).

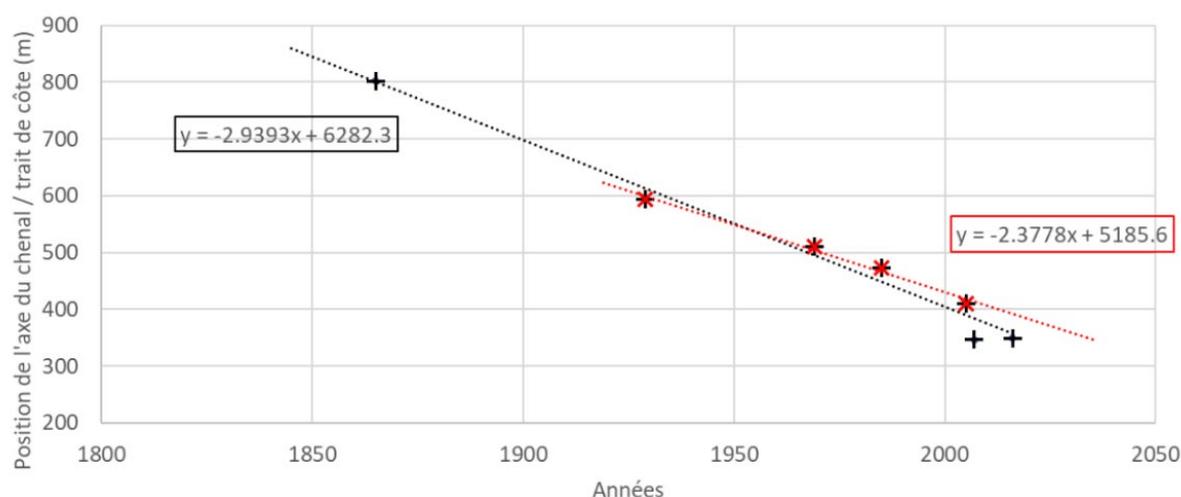
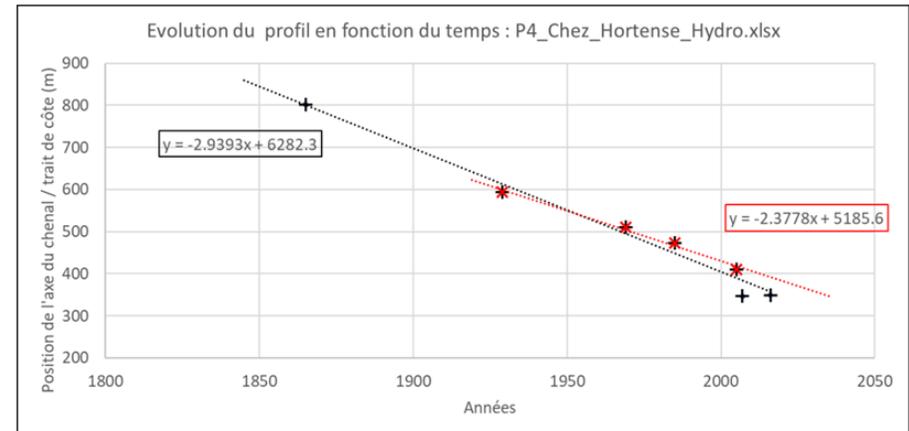
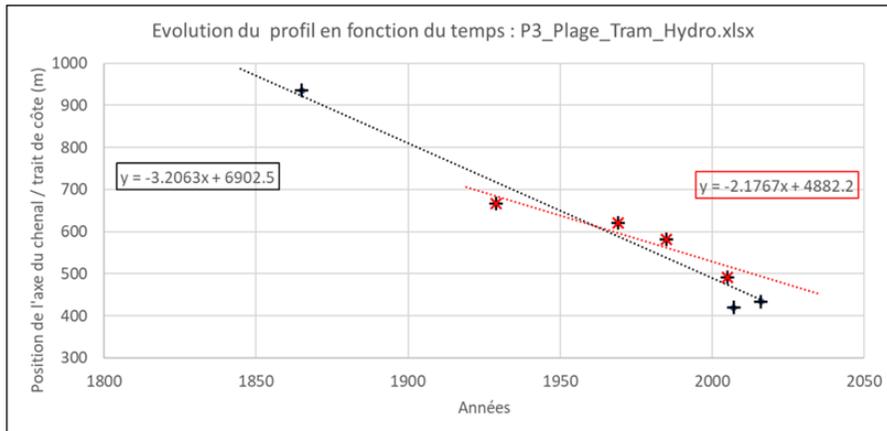
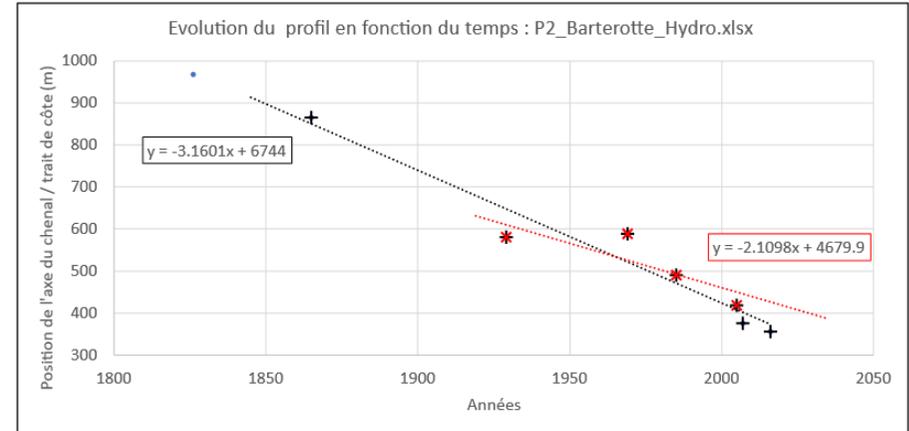
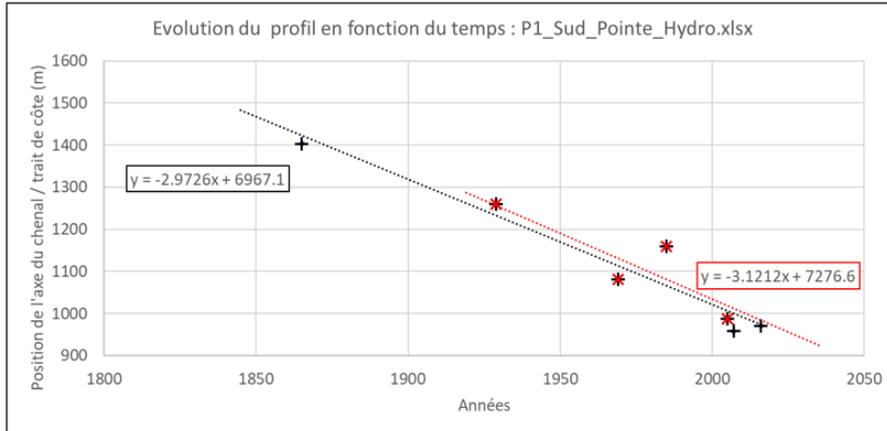


Figure 4-9 : Vitesse de déplacement du chenal du Ferret par rapport au trait de côte actuel, le long du profil P4 "Chez Hortense" de 1865 à 2020.

Il est important de constater que pour les différents profils (Figure 4-10), le déplacement du chenal est très régulier (vitesse relativement constante au cours du temps), avec une augmentation de la vitesse de déplacement plus les profils sont situés vers le sud.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET



PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

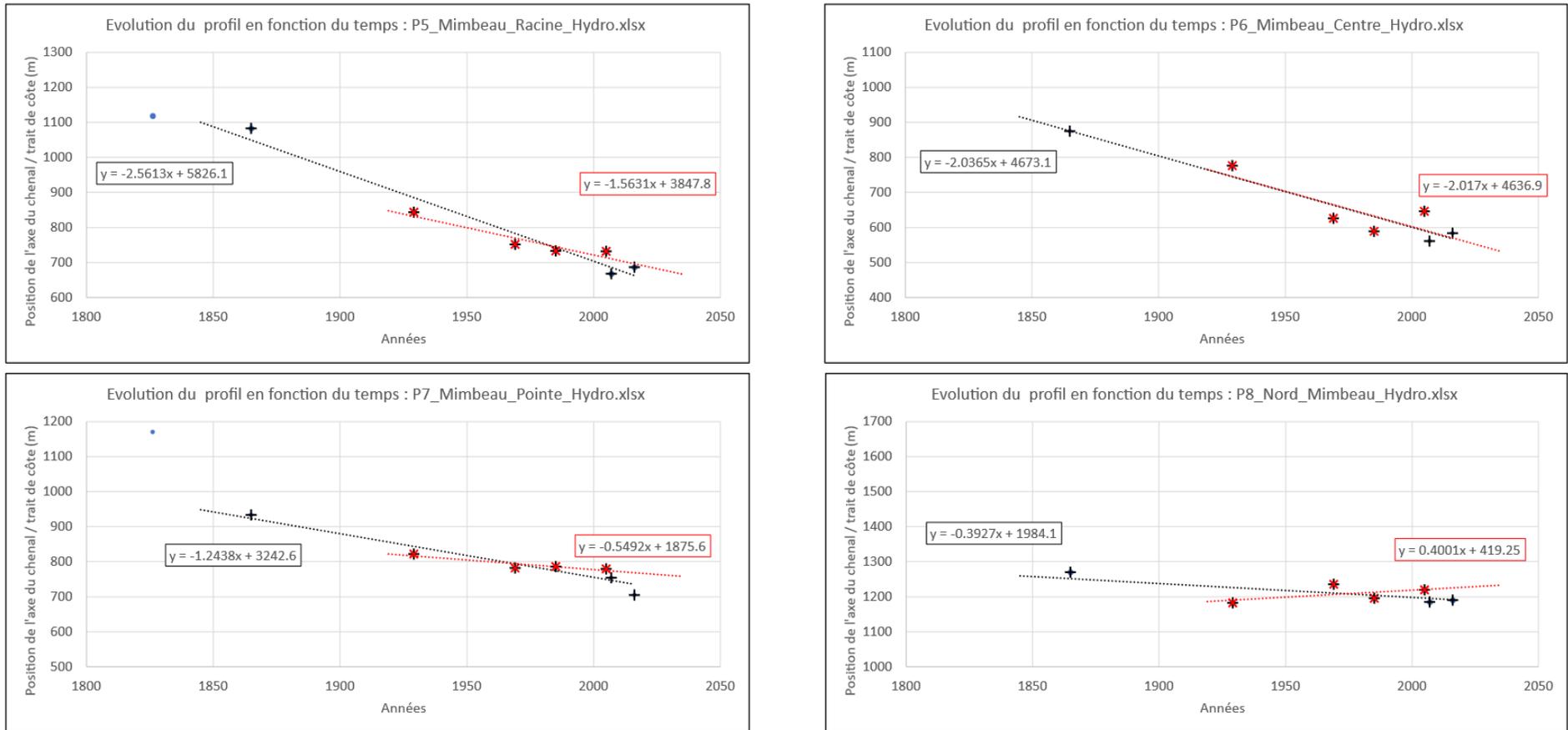


Figure 4-10 : Vitesse de déplacement du chenal du Ferret par rapport au trait de côte actuel, sur les différents profils de 1865 à 2020.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

Sur l'ensemble de la façade de l'embouchure, l'analyse des profils de 1826 à 2016 (Figure 4-11) montre que les profils s'écartent donc de plus en plus de Bélisaire (profils rassemblés) vers la Pointe (profils écartés).

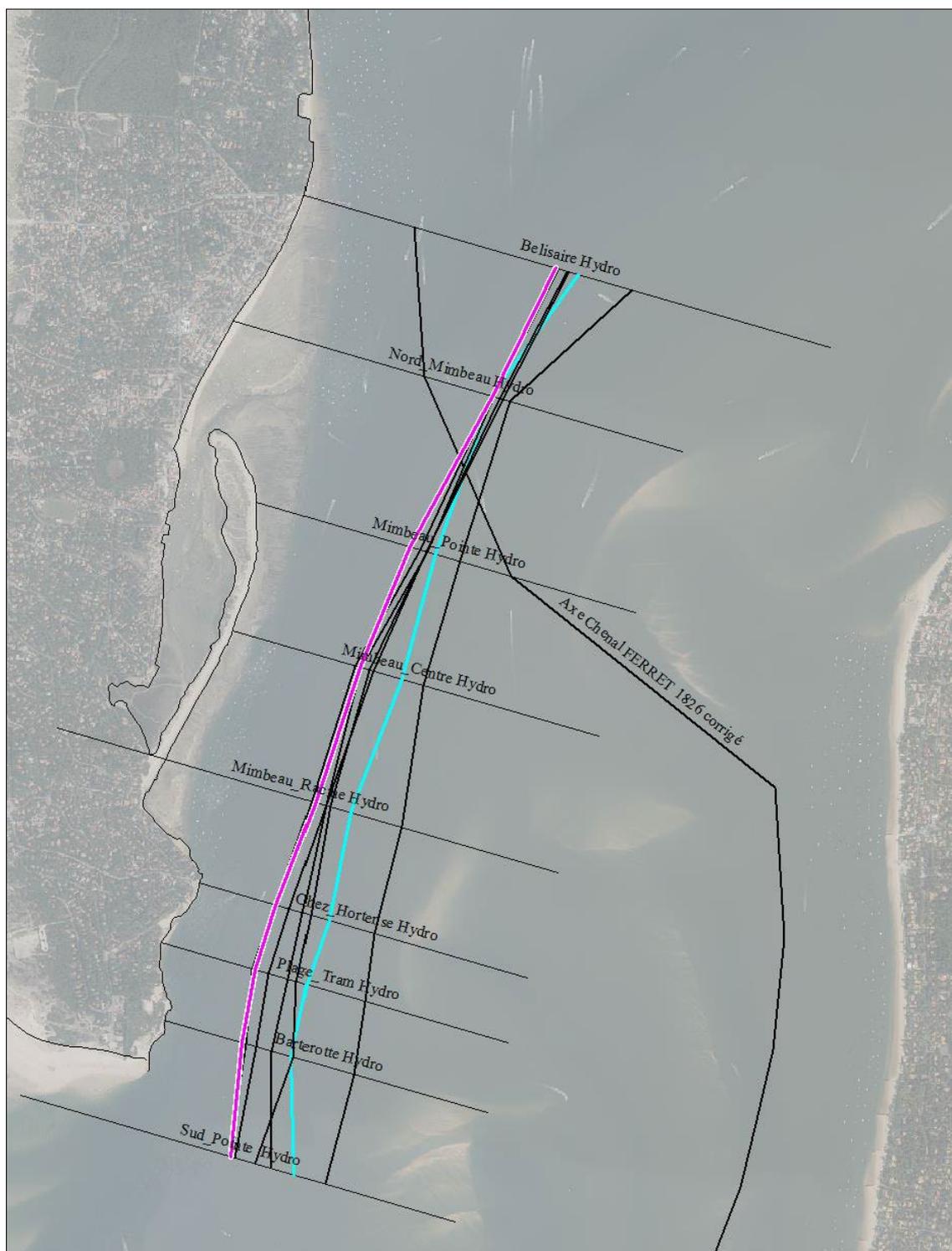


Figure 4-11 : Visualisation de l'axe du chenal du Ferret entre 1826 et 2016 (en vert, 1929 ; en rose, 2016).

Les taux de déplacement de l'axe du chenal ont été calculés sur chacun des profils sur 75 ans (1929-2005) et sur 150 ans (1865-2016) (Figure 4-12) : ils montrent une évolution régulière qui tend à diminuer vers Bélisaire. Le profil « Bélisaire » est plus difficile à caractériser car il se situe à la confluence des chenaux de Piquey et du Teychan.

De façon générale, l'axe du chenal du Ferret s'est déplacé vers l'ouest et aucun « cycle » n'est mis en évidence. C'est plutôt une rotation régulière du chenal qui est observée à partir d'un point fixe virtuel situé à environ 600 m au nord du profil Bélisaire. L'hypothèse formulée est que le taux de déplacement du chenal est proportionnel à la distance par rapport à ce point fixe ; ainsi, le taux de déplacement annuel retenu est de 3 m par an (valeur au niveau du profil P4 « Chez Hortense »).

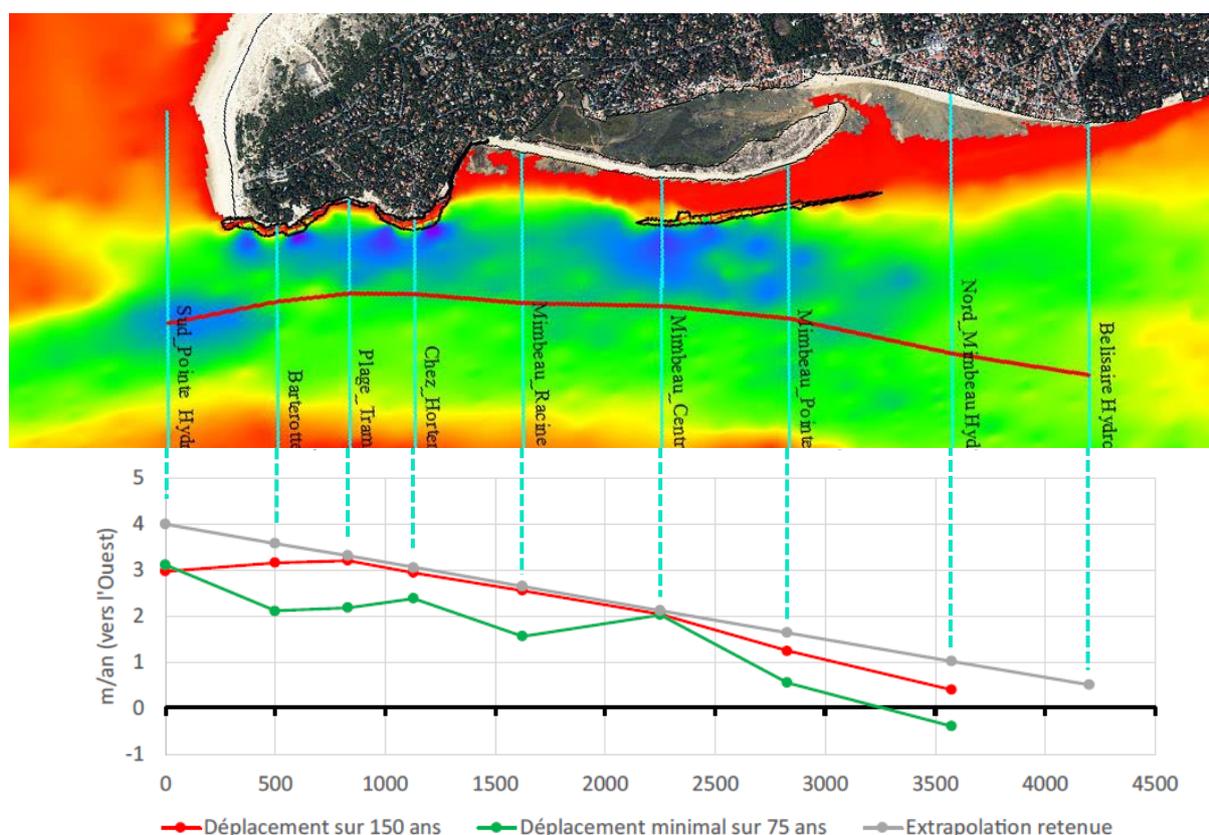


Figure 4-12 : Déplacement annuel de l'axe du chenal du Ferret sur les différents profils de 1865 à 2016.

4.2.2.3.3. Relation entre l'axe du chenal et le trait de côte « naturel »

L'analyse des données bathymétriques met en évidence que le déplacement du chenal du Ferret est lié à l'engraissement du banc de Bernet situé juste en face. La migration vers la côte du chenal entraînerait alors l'érosion du littoral du Ferret.

Afin d'évaluer l'évolution du trait de côte sur la façade de l'embouchure, il faut déterminer une distance « naturelle » entre le chenal du Ferret et la côte.

Grâce à la bathymétrie de 1929 et l'orthophotographie de 1934 (Figure 4-13), il est possible de mesurer une distance minimale de référence de 550 mètres entre l'axe hydraulique du chenal du Ferret et le trait de côte. Cette distance est reportée et visible sur les 2 profils P4 de 1865 et 1929 au droit de « Chez Hortense » (Figure 4-14).

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « RECUIL DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

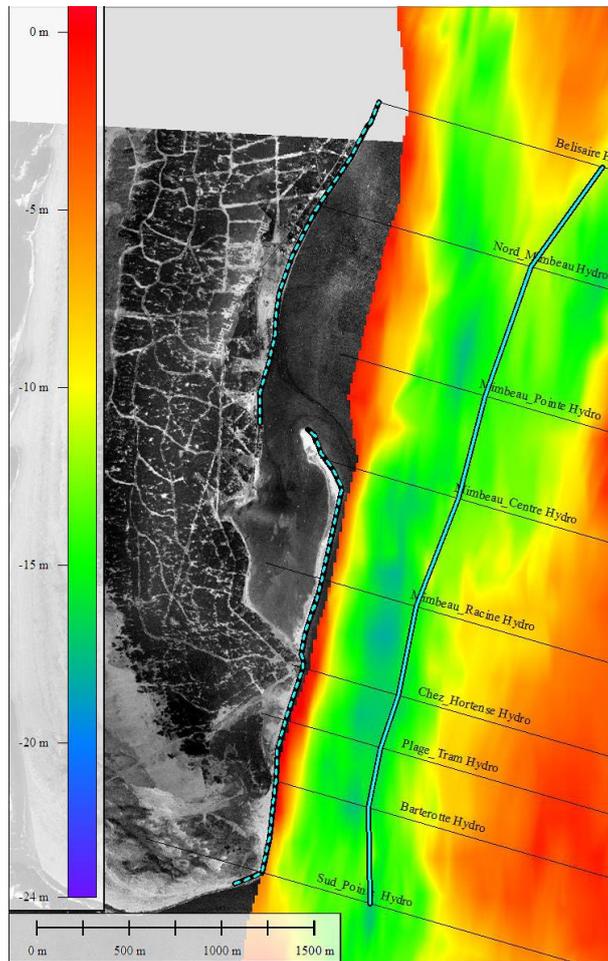


Figure 4-13 : Configuration naturelle avant l'installation des ouvrages sur la façade de l'embouchure (bathymétrie de 1929 et orthophotographie de 1934).

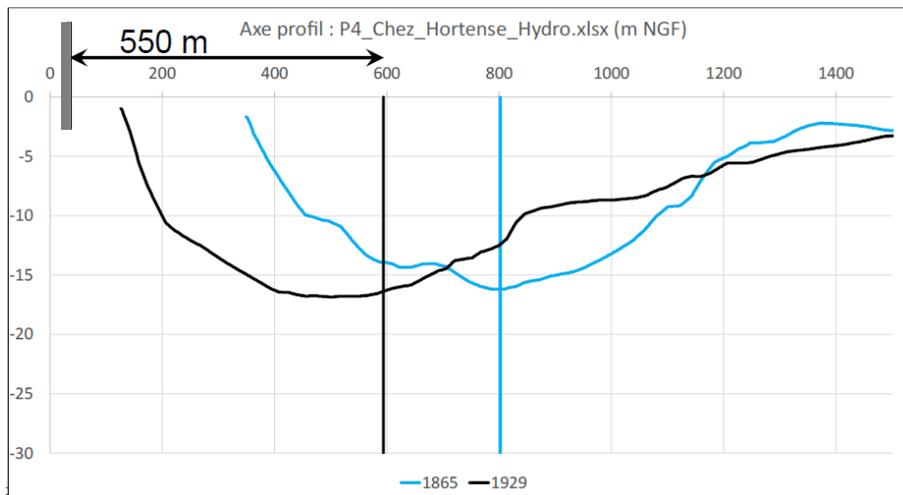


Figure 4-14 : Distance au trait de côte naturel (symbolisé par la barre grise) de l'axe du chenal du Ferret avant la construction des ouvrages au droit de "Chez Hortense".

4.2.3. Choix de l'indicateur du trait de côte

Après analyse des trois indicateurs précédents, les constats suivants peuvent être faits :

A) Trait de côte

Comme indiqué précédemment, il n'est pas possible d'utiliser cet indicateur, de manière fiable et représentative, pour représenter l'évolution de l'ensemble de la façade.

Une exception sera faite pour la flèche du Mimbeau, avec une exploitation partielle.

B) Profil bathymétrique

L'extrapolation des données étant trop incertaine à partir du milieu du 20^{ème} siècle, il n'est pas apparu souhaitable d'utiliser cet indicateur pour l'évolution du trait de côte sur cette façade, même si certaines cohérences ont été retrouvées avec le déplacement du chenal.

C) Position du chenal du Ferret

Les résultats précédents sur la position de l'axe du chenal du Ferret montrent des résultats relativement cohérents et réguliers, avec un déplacement vers l'ouest de quelques mètres par an. Ils sont cohérents avec d'autres résultats précédemment envisagés par d'autres méthodes. Par rapport à l'utilisation d'un profil bathymétrique, l'utilisation de l'axe du chenal du Ferret permet de beaucoup mieux prendre en compte les données récentes. Ces résultats permettent *a priori* aussi de caractériser la tendance actuelle de stabilisation du chenal du Ferret, imposée par les différents ouvrages le long de la côte.

En conséquence, **c'est donc l'axe du chenal qui a été choisi comme indicateur pour caractériser de manière fiable et représentative l'évolution de la façade « embouchure ».**

4.2.4. Analyse de l'évolution du trait de côte

4.2.4.1. Prise en compte des ouvrages

Les fortes modifications anthropiques subies par la façade de l'embouchure au cours du temps (construction d'ouvrages longitudinaux, rechargements de plage, etc.) empêchent le suivi de l'évolution du trait de côte par un indicateur naturel homogène sur plusieurs années. Certaines zones doivent donc faire l'objet d'une méthode de calcul spécifique pour s'adapter au fonctionnement hydrodynamique unique du secteur et prendre en considération l'impact de ces actions anthropiques sur l'évolution du trait de côte.

Sur la façade de l'embouchure, les ouvrages à considérer pour estimer l'évolution du trait de côte sont (Figure 4-15) :

- Les ouvrages sous-marins devant la flèche du Mimbeau,
- Les ouvrages longitudinaux de protection entre l'enracinement du Mimbeau et la pointe du Cap Ferret.

En effet, ces ouvrages ont participé à la stabilisation du trait de côte depuis leur construction. Cette stabilisation du trait de côte a aussi été renforcée par les rechargements en sable sur une partie de la flèche du Mimbeau.

Pour cette façade, les hypothèses proposées de prise en compte des ouvrages sont décrites en 2.6.3.1. Pour rappel, ces ouvrages peuvent s'apparenter à des « ouvrages poids » ayant nécessité des volumes de matériaux très importants, potentiellement en quantité beaucoup plus importante qu'un ouvrage conventionnel. Les fortes dimensions des ouvrages, notamment leur profondeur, augmentent d'autant plus la quantité de matériaux de type « bloc » mis en œuvre. Ces matériaux, contrairement à des matériaux de remblais (et tout particulièrement les remblais sableux) n'auront pas tendance après la ruine de l'ouvrage à se disperser et à « disparaître ». En conséquence, en cas de désordre majeur, pouvant être défini comme étant une « ruine » brutale de l'ouvrage, il ne pourra pas être considéré un « effacement » (disparition) rapide de l'ouvrage. Aussi, contrairement aux risques du submersion (où la perte de la partie supérieure de l'ouvrage peut se traduire très rapidement par une submersion totale

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

des zones en arrière), le risque d'érosion est très dépendant de la présence d'ouvrages sous-marins. De même, si la ruine ne concerne qu'un tronçon d'ouvrage, les ouvrages encore en place continueront d'exercer une influence sur l'évolution du trait de côte, notamment en limitant le recul du trait de côte au droit des zones encore protégées.

La distance de l'axe du chenal du Ferret par rapport au trait de côte est mise en évidence sur les données de 2016 (Figure 4-16) ; cette distance prend en considération l'impact des ouvrages et des opérations de gestion des sédiments réalisés depuis la fin du 20^{ème} siècle.



Figure 4-15 : Ouvrages pris en compte pour l'analyse de l'évolution du trait de côte sur la façade de l'embouchure.



Figure 4-16 : Position du chenal du Ferret et du trait de côte en 2016 (en rose). Rappel des positions naturelles du chenal du Ferret en 1929 et du trait de côte en 1934 (en vert).

4.2.4.2. Calcul pour l'estimation de la position du trait de côte à 100 ans

Pour la façade de l'embouchure, la définition du « trait de côte » n'est pas la même en fonction des secteurs et des périodes d'observation. En effet, les indicateurs pour suivre son évolution ont changé au cours du temps sur certains secteurs, notamment des côtes naturelles devenues des côtes artificielles fixées. Les ouvrages actuels n'étant pas pris en considération à échéance 2120, suivant le principe qu'« aucun ouvrage n'est infailible », il apparaît difficile d'appliquer sur cette façade la méthode de calcul recommandée dans le guide PPRL (MEDDE, 2014), à savoir :

$$L_r = L_{r0} + 100.Tx + L_{max} + Ecc$$

Aussi, il est nécessaire d'adapter la formule et la méthodologie de calcul du recul du trait de côte aux différents secteurs de cette façade, en redéfinissant les termes avec :

- L_r : La position du trait de côte à 100 ans (m)
- $L_{r0} + 100.Tx$: La caractérisation de l'évolution du littoral par la perte ou le gain de matériaux due à l'érosion, aux mouvements de sable, à la ruine des ouvrages, en lien avec les conditions hydrodynamiques et hydro-sédimentaires de l'ensemble de la zone (m)
- L_{max} : La valeur de recul du trait de côte consécutif à un événement tempétueux majeur ou une variation brusque dans le profil (m)
- Ecc : L'effet de l'élévation du niveau de la mer sur l'évolution du trait de côte, avec rééquilibrage dans le profil des différents matériaux (hors phénomènes d'érosion) en fonction des conditions hydrodynamiques (m)

4.3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le secteur « 44 ha »

Pour cette zone, contrairement à la façade océanique, l'analyse de l'évolution du trait de côte sur plus de 100 ans n'a pas montré de cycles particuliers, tel le cycle des passes pour la pointe du Cap Ferret. D'autres types d'hypothèses ont pu être faits, néanmoins, faute d'arguments pertinents ou de visualisation concrète sur le terrain (au travers des bathymétries et des photos historiques), ces hypothèses ne peuvent pas être retenues dans le cadre de la présente étude.

En conséquence, pour caractériser l'aléa « recul du trait de côte » à l'horizon 2120 sur le secteur des 44 ha, seulement deux hypothèses ont été formulées :

- A. L'effacement des ouvrages,
- B. Le maintien partiel des ouvrages existants.

4.3.1. Scenario A : effacement des ouvrages

Cette hypothèse de non prise en compte des ouvrages pour l'estimation de la position du trait de côte en 2120 est considérée comme pessimiste et non réaliste au vu de la gestion actuelle et du potentiel mode de dégradation de ces ouvrages (voir en 2.6).

Aussi, **cette hypothèse n'est pas retenue.**

4.3.2. Scenario B : maintien partiel des ouvrages

Cette hypothèse se base sur une temporalité de maintien des ouvrages puis de dégradation progressive de ces derniers (voir méthodologie en 2.6.3).

Pour estimer l'évolution du trait de côte à 2120, il faut considérer :

- La position du chenal du Ferret depuis la construction des ouvrages (Figure 4-16) pour la projection 2020-2040 (continuité des modes de gestion actuels),
- La position naturelle du trait de côte et du chenal du Ferret (Figure 4-13) pour la projection 2050-2120 (libre évolution du trait de côte sans ouvrages),
- La période intermédiaire 2040-2050 est assimilée à une période de rééquilibrage où les ouvrages se dégraderont progressivement avant leur effacement total (ou plutôt leur inaction sur l'évolution du littoral car, en pratique, il restera au fond du chenal des ruines sous-marines des ouvrages actuels).

Pour estimer la position du trait de côte par rapport à la position de l'axe du chenal, comme vu précédemment dans la méthodologie, et plus particulièrement dans le chapitre 4.2.2.3.3 Relation entre l'axe du chenal et le trait de côte « naturel », il est fait l'hypothèse qu'en l'absence d'ouvrage, le chenal

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

du Ferret reprendra un profil similaire à celui de la fin 19^{ème} / début du 20^{ème} siècle. Il sera donc considéré une distance d'environ 550 mètres entre l'axe du chenal et le « trait de côte ».

Cette hypothèse apparaît la plus cohérente pour décrire la relation entre le chenal et le littoral, sous réserve que le chenal soit en phase de déplacement vers l'ouest, et donc d'érosion du littoral. Si le chenal venait à se stabiliser, cette distance tendrait à augmenter jusqu'à atteindre un autre type de profil d'équilibre (ce profil théorique d'équilibre n'a pas été défini dans le cadre de la présente étude ; il se rapprocherait potentiellement des profils constatés plus au nord). Cette considération implique que même si la phase de déplacement vers l'ouest du chenal venait à s'arrêter, le littoral continuerait à s'éroder, mais potentiellement avec une vitesse d'érosion de plus en plus faible au cours des années (de prime abord, il est fort probable que dans ce cas, une stabilisation du trait de côte prenne de nombreuses années).

De manière préalable, pour estimer l'impact des ouvrages sur le secteur des 44 ha, et de manière indépendante du calcul du recul du trait de côte en 2120, une projection a été faite de la position actuelle (2020) du trait de côte si les ouvrages n'avaient pas été réalisés (Figure 4-17). Cette analyse, non cohérente pour une situation à court terme, a pour objectif d'aider à comprendre la méthodologie qui sera mise en place pour définir la configuration à l'horizon 2120.

A partir de ces éléments, des projections par période, conformément aux hypothèses de dégradation progressive des ouvrages, ont été estimées à partir des observations (Tableau 4-1).

Tableau 4-1 : Estimation de la distance trait de côte-chenal du Ferret de 2020 à 2120 au niveau du profil P4 "Chez Hortense".

| | Période | Chenal / Ouvrages | Mouvement chenal P4 (m/an) | Remarques | Distance Ouest-Est P4 (m) |
|--------------|-----------------------|---|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Observations | 1865 - 1929 64 ans | Absence d'ouvrage, évolution libre du chenal | -3.25 m | Déplacement régulier du chenal | -208 |
| | 1929 - 2007 78 ans | Années 30 : début ouvrages Hortense Années 40 ? : début ouvrages pointe Mimbeau 1985 : début ouvrages Bartherotte | -3.17 m | | -247 |
| | 2007 - 2016 9 ans | Depuis les années 2000, les ouvrages tendent à bloquer le déplacement du chenal | Env. 0 m | Stabilisation du chenal | + 2 |
| Projections | 2020 - 2040 20 ans | Ouvrages actuels fonctionnels | 0 m | Continuité de la période précédente | 0 |
| | 2040 - 2050 10 ans | Dégradation progressive des ouvrages, Le déplacement de l'axe du chenal reprend et s'accélère pendant la période | / | Tx variable, estimé à dire d'expert | -30 |
| | 2050 - 2120 70 ans | Ruine totale des ouvrages. Impact mineur sur l'écoulement du chenal du Ferret | -3 m | Recul linéaire | -210 |

Ainsi, sur l'ensemble du secteur « 44 ha », il est considéré une évolution du même type que le profil P4, à savoir une rotation régulière du chenal du Ferret au cours du temps (voir 4.2.2.3.2) et une évolution du trait de côte en conséquence estimée à :

$$L_{r0} + 100.Tx = \text{axe du chenal du Ferret en 2120} + 550 \text{ mètres (voir Figure 4-18).}$$

A ce taux d'évolution est appliqué un L_{max} déterminé à partir du recul maximal connu, à savoir le glissement de terrain au niveau de la plage du Tram en 2014 (voir Figure 4-19), ayant entraîné un recul du trait de côte de l'ordre de 50 mètres :

$$L_{max} = 50 \text{ mètres.}$$

La prise en compte du changement climatique est estimée selon l'hypothèse d'un rééquilibrage naturel de la pente de stabilité du chenal de l'ordre de 5 %, soit une valeur de :

$$Ecc = 20 \text{ mètres.}$$

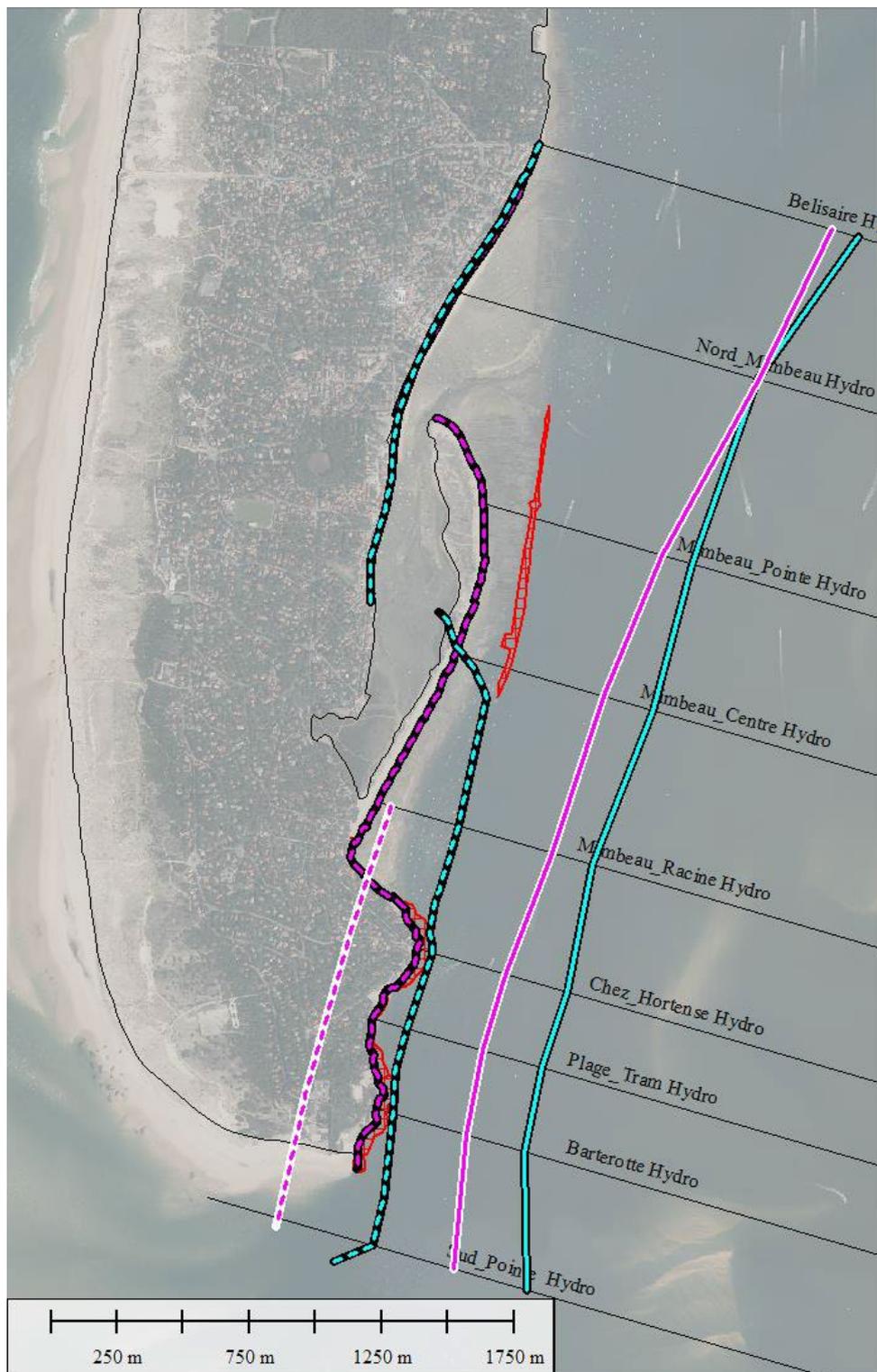


Figure 4-17 : Estimation de la position du trait de côte en 2020 sur le secteur des 44 ha (en pointillés roses sur fond blanc) si les ouvrages n'avaient pas été construits. Rappel des positions naturelles du chenal du Ferret en 1929 et en 2016 (traits pleins vert et rose) et du trait de côte en 1934 et en 2016 (traits en pointillés vert et rose).

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

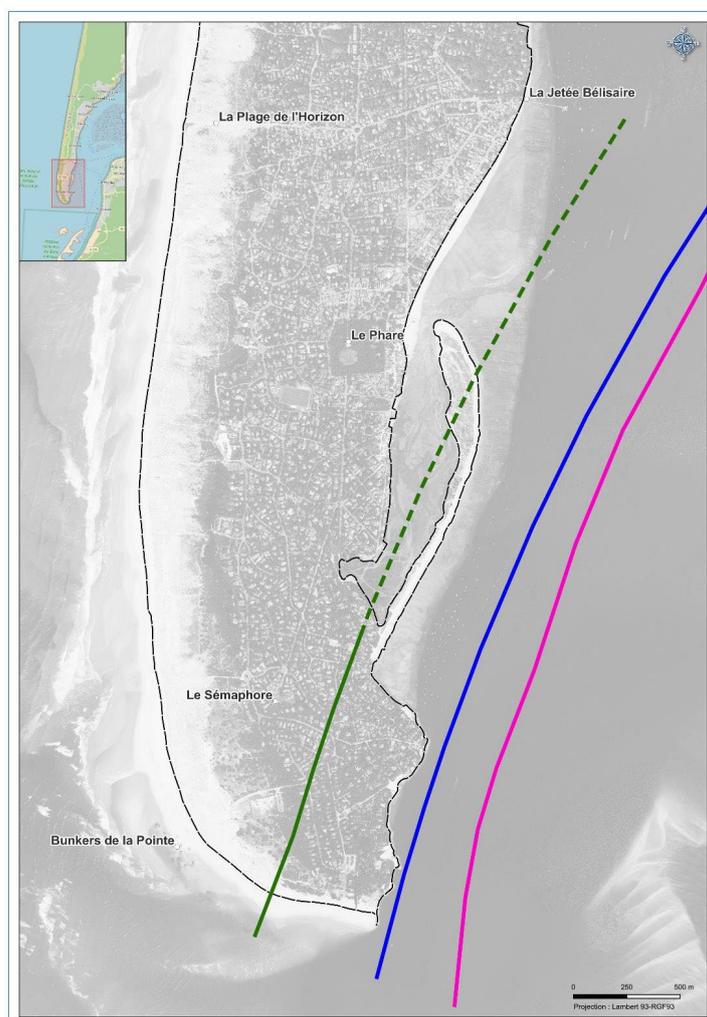


Figure 4-18 : Projection du trait de côte ($L_{T0} + 100.Tx$) à 2120 sur le secteur des 44 ha (trait plein vert) et estimation fictive de projection sur l'ensemble de la façade de l'embouchure (trait pointillé vert) à partir de l'axe du chenal du Ferret en 2016 (trait rose) et en 2120 (trait bleu).



Figure 4-19 : Vues aériennes de la plage du Tram avant et après le glissement de terrain survenu en 2014.

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

Ainsi, la projection du trait de côte en 2120 sur le secteur des 44 ha est de (voir Figure 4-20) :

$$L_r = L_{r0} + 100.Tx + L_{max} + Ecc$$

$$L_r = \text{axe du chenal du Ferret en 2120} + 550 \text{ m} + 50 \text{ m} + 20 \text{ m}$$

Compte tenu de la méthode de définition et des incertitudes, ce « trait de côte » définit la courbe de niveau de la topographie correspondant au niveau des plus hautes marées astronomiques (PHMA) à l'horizon 2120.

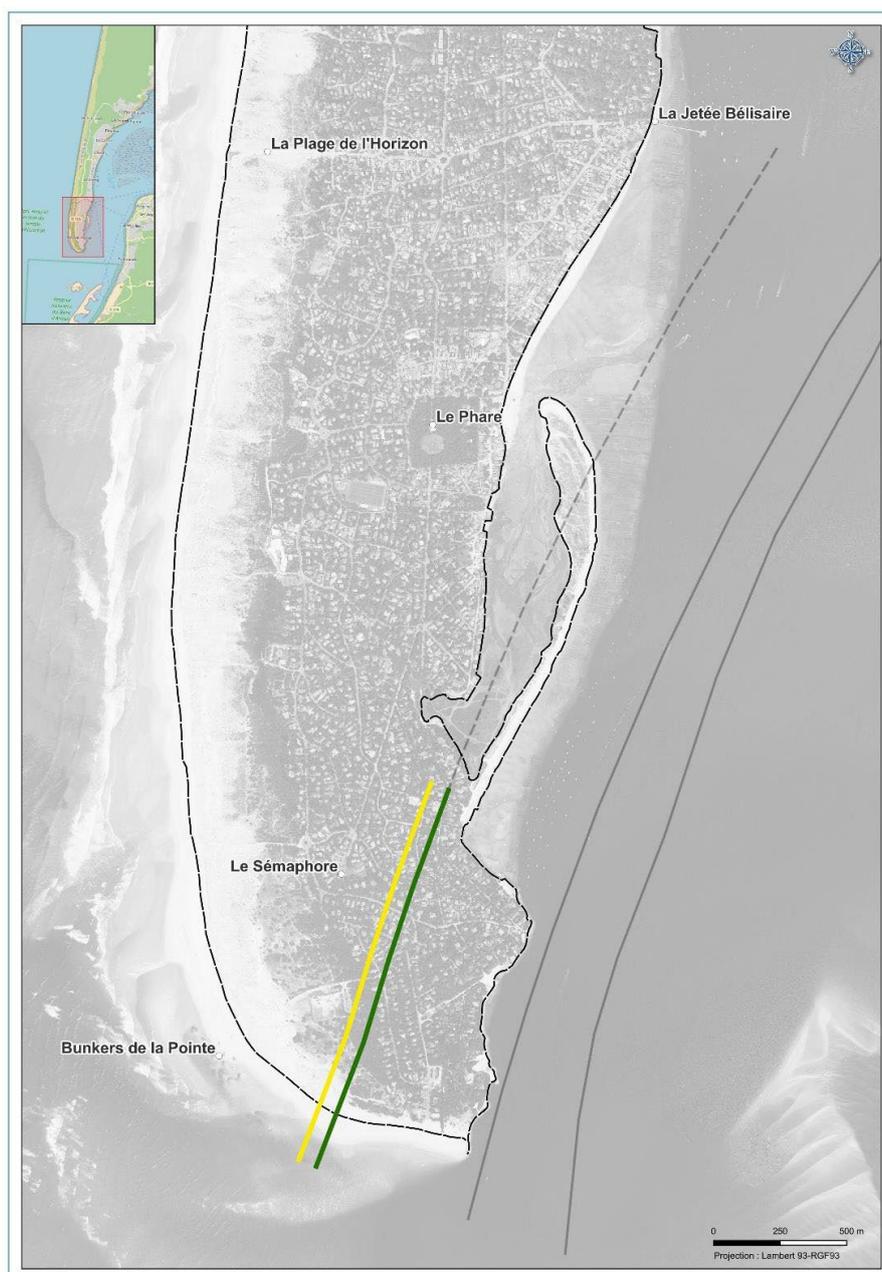


Figure 4-20 : Projection du trait de côte à 2120 sur le secteur des 44 ha ; en vert : $L_{r0} + 100.Tx$,

en jaune : $L_r = L_{r0} + 100.Tx + L_{max} + Ecc$.

4.4. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur les secteurs « Mimbeau sud » et « Mimbeau nord »

4.4.1. Contexte de l'évolution du Mimbeau

La flèche du Mimbeau a toujours été très mobile depuis sa formation dans la seconde partie du 19^{ème} siècle enracinée à la pointe du Cap Ferret. Au cours du 20^{ème} siècle, les contraintes hydrauliques du chenal du Ferret et le mouvement sédimentaire de l'ensemble de l'embouchure ont contribué à contraindre le déplacement du Mimbeau vers l'ouest. Depuis les années 50, le Mimbeau a continué de se déplacer vers l'ouest à un rythme similaire tout en s'allongeant sous l'effet combiné des vagues et des courants de marée. Entre « Chez Hortense » et la Pointe, les ouvrages construits à partir des années 50 sont parvenus à figer le trait de côte. Parallèlement à la construction des ouvrages des 44 ha, la racine de la flèche du Mimbeau a progressé vers l'ouest.

La contribution des ouvrages dans le recul de la flèche du Mimbeau ne fait pas consensus. Le déplacement de la flèche ayant toujours existé depuis sa formation, la construction des ouvrages de défense au droit de « Chez Hortense » dans les années 50 ne sont donc pas nécessairement à l'origine du recul du Mimbeau. Les processus à l'origine de ce déplacement semblent avoir débuté avant leur construction et se poursuivre encore aujourd'hui. Cependant, il apparaît nettement, par la disparition des plages et de l'estran sur cette portion de l'embouchure, que leur construction, pour contenir la migration du chenal du Ferret, a provoqué une rupture de la continuité sédimentaire entre la pointe du Cap Ferret et le Mimbeau.

Le déplacement du Mimbeau vers l'ouest est plus important à l'enracinement de la flèche, alors que l'extrémité de la flèche continue de progresser vers le nord. Ces deux mouvements se traduisent par un changement d'orientation de la flèche qui accompagne l'allongement de cette dernière sur un axe sud-nord. L'amplitude de ces deux mouvements de la flèche semble ralentir à partir de la fin des années 80 et des années 2000 (Figure 4-21).

D'après les connaissances actuelles, aucune référence ne donne d'hypothèses quant à la stabilisation de la flèche. Cette stabilisation du Mimbeau peut être attribuée à une modification de l'angle d'incidence des forçages hydrodynamiques en lien avec le changement progressif d'orientation de la flèche. Néanmoins, cette stabilisation est à relativiser car depuis les années 2000, le SIBA effectue des opérations de redistribution sédimentaire, en déplaçant environ 10 000 m³ de sable chaque année de la flèche du Mimbeau vers son enracinement. Ce volume correspond à une estimation de la dérive littorale dans ce secteur (LCHF, 1973). Le Mimbeau doit donc sa stabilité apparente à ces opérations de gestion du stock sédimentaire et des entretiens du cordon dunaire ; des brèches ont notamment été comblées à la suite des tempêtes de l'hiver 2013-2014.

La moitié nord du Mimbeau, constituée du lobe de la flèche, bénéficie naturellement de l'apport de la dérive littorale. A l'inverse, la moitié sud du Mimbeau, dont l'enracinement de la flèche est très mobile, fait face à une érosion chronique plus importante. Pour cette raison, la caractérisation de l'aléa « recul du trait de côte » est différente au niveau de l'enracinement du Mimbeau par rapport à la moitié nord de la flèche qui reste stable ou en accrétion.

Afin de proposer un scénario de projection à l'horizon 2120, la démarche de caractérisation de l'évolution passée du trait de côte par le calcul d'un taux de recul sera la même que celle appliquée sur la façade océanique (voir paragraphe 3.2), reprise et adaptée à l'évolution de l'enracinement du Mimbeau.

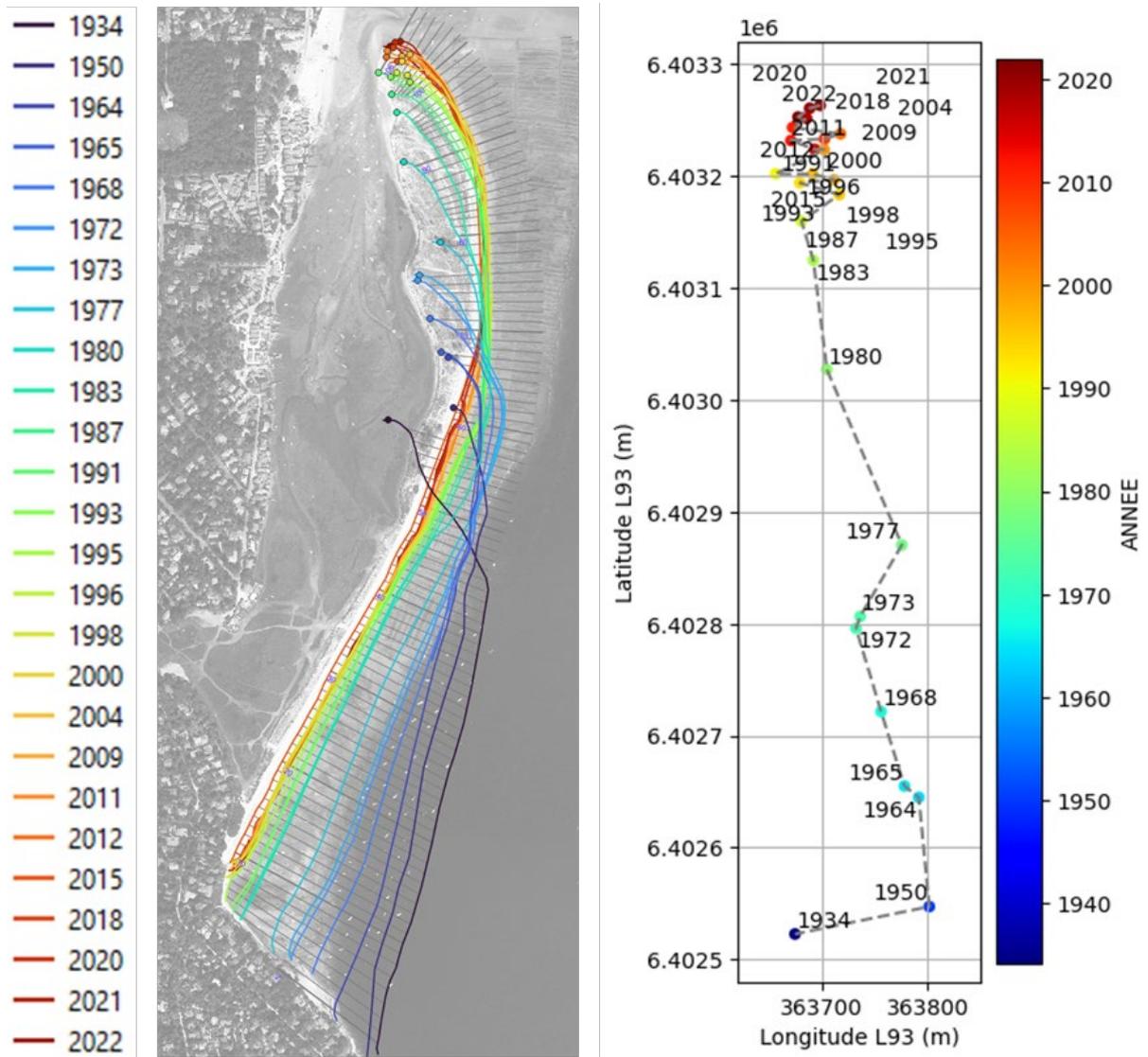


Figure 4-21 : Evolution de la flèche du Mimbeau de 1934 à 2022 ; les transects sont espacés de 20 mètres (voir explication de la méthodologie au paragraphe 3.2.2.1).

4.4.2. Evolution passée du trait de côte

En raison de la construction progressive de la flèche vers le nord et de sa rotation, un gradient d'érosion et d'accrétion autour d'un point d'inflexion est constaté (Figure 4-22). Ce point d'inflexion se situe au niveau des transects 67 et 68 qui sont à l'équilibre. La partie sud, adjacente à l'enracinement, montre une érosion visible sur toutes les images inventoriées (période de 88 ans – transects 2 à 66) ; tandis que la flèche présente un allongement vers le nord et une accrétion visible sur les images les plus récentes (transects 69 à 106).

Le secteur de l'enracinement du Mimbeau est donc en forte érosion. Vers le nord de la flèche, les taux de recul diminuent jusqu'à devenir positifs jusqu'au lobe. Les taux de reculs les plus forts sont localisés dans les 10 premiers transects de l'enracinement, soit les 200 premiers mètres de la flèche : les T_x dépassent - 7 m/an. Ces taux les plus forts sont calculés sur les transects qui longent le quartier des 44 ha et où le Mimbeau, du fait de son recul, n'est aujourd'hui plus présent (voir localisation des transects sur Figure 4-21 et Figure 4-22).

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « RECUIL DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

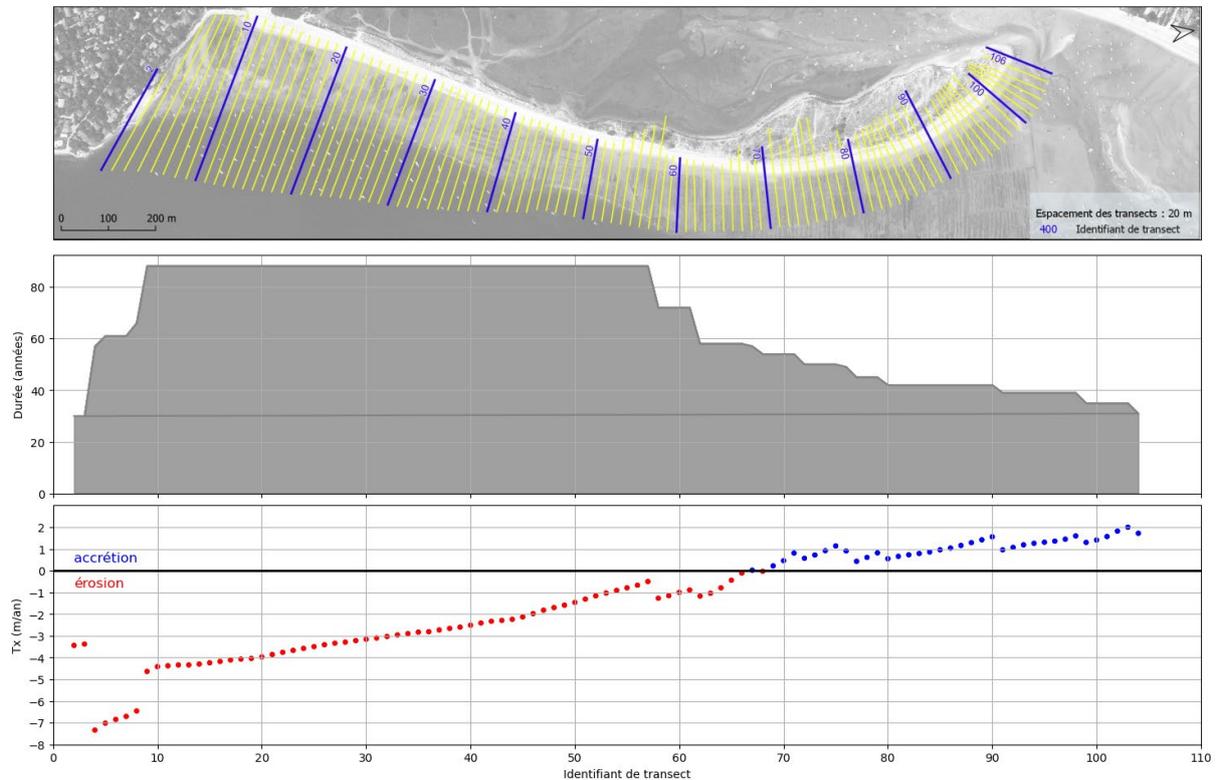


Figure 4-22 : Gradient des taux d'évolution de la flèche du Mimbeau autour du point d'inflexion.

L'enracinement actuel du Mimbeau se situe aux abords du transect 10 (voir position en Figure 4-23). Afin de garantir une longévité maximale de l'analyse, c'est sur ce transect que s'appuie l'analyse du taux de recul. L'évolution passée de la position du trait de côte n'y est pas linéaire : une érosion modérée est constatée des années 30 aux années 60, puis une accélération forte de l'érosion jusque dans les années 80, ensuite une érosion de nouveau plus modérée jusque dans les années 2000 (T_x de - 2,71 m/an – droite en violet sur la Figure 4-23), et enfin une stabilisation apparente de la position du trait de côte (T_x de - 0,38 m/an pour la période 2000-2022 – droite en bleu sur la Figure 4-23). Cette évolution peut être expliquée par les hypothèses évoquées précédemment sur l'origine naturelle et anthropique de la stabilisation du Mimbeau.

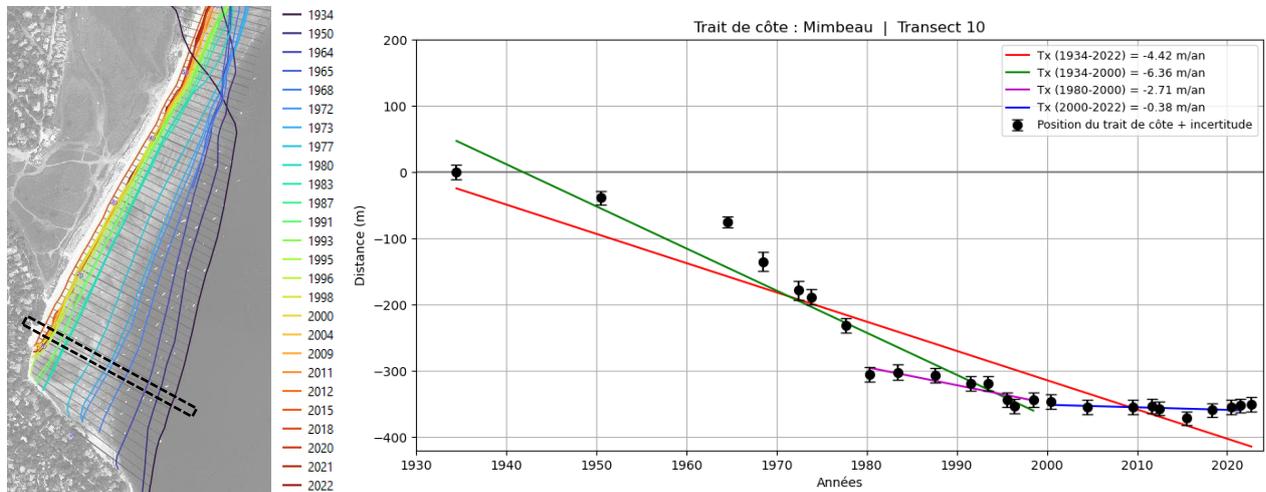


Figure 4-23 : Taux d'évolution calculés sur 4 périodes entre 1934 et 2022 au niveau du transect 10.

Sur l'ensemble de la période analysée (1934-2022), le T_x moyen est de - 4,42 m/an (droite en rouge sur la Figure 4-23). Cette valeur est similaire à celle proposée dans la bibliographie disponible (ARTELIA et GEOTRANSFERT, 2015b). En ne considérant que la période 1934-2000, soit avant les interventions de gestion des sédiments du SIBA, le T_x est de - 6,36 m/an (droite en vert sur la Figure 4-23).

Cependant, ces régressions linéaires ne représentent pas parfaitement les évolutions observées du Mimbeau. Aussi, et afin de reproduire le plus fidèlement les observations réelles de l'évolution du Mimbeau, une courbe logarithmique est construite à partir des T_x disponibles sur la période 1934-2000.

4.4.3. Scénario de projection à l'horizon 2120 sur le secteur « Mimbeau sud »

La courbe logarithmique construite est calibrée pour représenter le recul plus important du Mimbeau en début de période observée, puis le recul plus modéré jusque dans les années 2000. Cette courbe reproduit donc plus fidèlement l'évolution non linéaire observée du Mimbeau qui se traduit notamment par un ralentissement progressif du taux de recul.

Il n'est pas possible de calculer un T_x à partir d'une courbe logarithmique dont l'équation est construite différemment d'une droite de régression linéaire. En revanche, en projetant cette tendance logarithmique jusqu'en 2120, il est possible d'avoir une estimation de la position du trait de côte dans 100 ans (voir courbe bleue sur la Figure 4-24). La stabilisation de la position du Mimbeau par les interventions humaines est exclue du calibrage de cette courbe, car la pérennité de ces modes de gestion n'est pas assurée jusqu'en 2120.

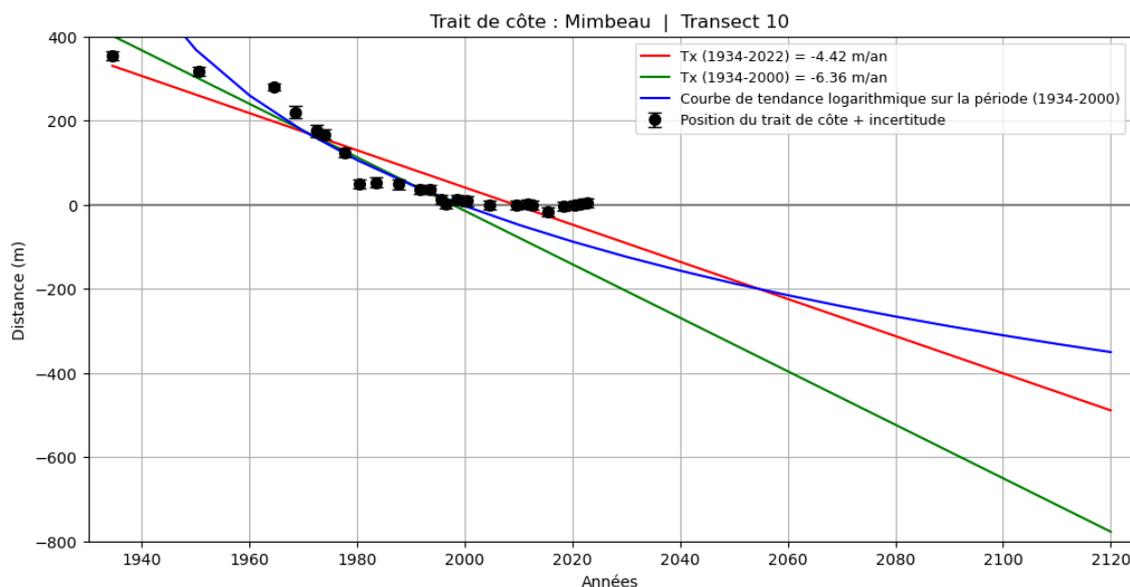


Figure 4-24 : Taux d'évolution 1934-2022 et 1934-2000 et courbe logarithmique sur la période 1934-2000 au niveau du transect 10.

En s'appuyant sur cette tendance logarithmique, la position du trait de côte en 2120 se situerait environ 350 mètres en arrière de celle de 2020 (voir courbe bleue sur la Figure 4-24). Ce recul est appliqué sur l'intégralité du secteur de l'enracinement du Mimbeau, soit :

$$L_{r0} + 100.T_x = \text{tendance logarithmique (voir Figure 4-24)} = 350 \text{ mètres.}$$

Conformément à la méthodologie d'élaboration des PPRL, le scénario de projection à l'horizon 2120 intègre une valeur correspondante à la survenue d'un événement majeur (L_{max}) et l'effet du changement climatique (E_{cc}).

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

En l'absence d'événement majeur connu et afin de prendre en compte de manière suffisamment sécuritaire ce type d'événement, une valeur cohérente avec la perte brutale d'un des ouvrages de défense actuellement situés en haut de plage a été retenue :

$$L_{max} = 10 \text{ mètres.}$$

La prise en compte du changement climatique est estimée selon l'hypothèse d'un rééquilibrage naturel de la pente de stabilité du chenal, basé sur une valeur de l'ordre de 5 %, soit une distance de :

$$Ecc = 20 \text{ mètres.}$$

La bande de recul totale est donc de 380 mètres sur l'intégralité de ce secteur par rapport à la position du trait de côte en 2020 (Tableau 4-2).

Tableau 4-2 : Calcul de la projection appliquée sur le secteur "Mimbeau sud".

| Paramètre | Projection |
|-------------------------------------|----------------|
| Tendance Log | - 350 m |
| <i>L_{max}</i> | - 10 m |
| <i>Ecc</i> | - 20 m |
| <i>L_r en 2120</i> | - 380 m |

Ces hypothèses de recul de l'enracinement du Mimbeau conduirait à sa disparition, en fusionnant avec le rivage vers l'ouest, qui deviendrait lui-même exposé à l'érosion. L'extrémité de la flèche du Mimbeau deviendrait un banc de sable qui s'allongerait vers le nord jusqu'à disparaître en fusionnant avec les plages entre le phare et Bélisaire (Figure 4-25).

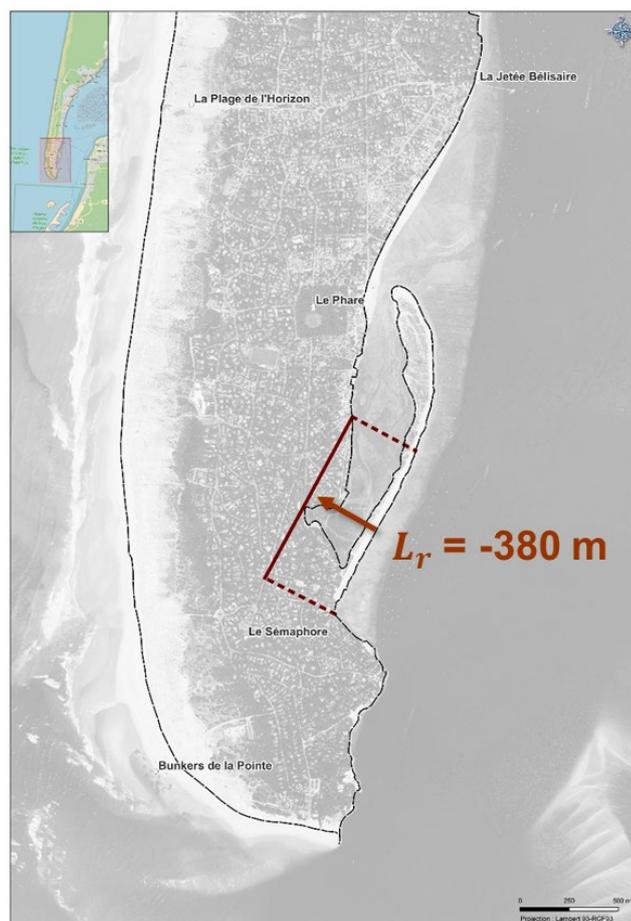


Figure 4-25 : Projection du trait de côte à 2120 sur le secteur « Mimbeau sud ».

4.4.4. Scénario de projection à l'horizon 2120 sur le secteur « Mimbeau nord »

Le secteur **Mimbeau nord** s'étend de l'inflexion de la flèche du Mimbeau à la jetée de Bélisaire. Sur ce secteur, la côte est doublée par la partie Nord de la flèche sableuse du Mimbeau, enracinée sur la côte au sud et qui s'étend vers le nord. Cette dernière est une barrière naturelle à l'agitation marine et protège le littoral interne de la conche du Mimbeau ; toute cette portion du littoral est très urbanisée.

D'après les projections réalisées de migration du chenal du Ferret, ce linéaire ne sera pas impacté directement à l'horizon 2120 (voir Figure 4-18, trait pointillé vert). Néanmoins, compte tenu des incertitudes liées à la réponse du littoral face à l'élévation du niveau moyen de la mer et de l'absence de protections dimensionnées pour y répondre, il a été choisi d'appliquer sur cette zone un principe de précaution en considérant une valeur de T_x de - 0,5 m/an et des valeurs de L_{max} et de E_{cc} identiques à celles du secteur « Mimbeau sud » (Tableau 4-3), soit une bande de recul globale de 80 mètres à l'horizon 2120 (Figure 4-26).

Tableau 4-3 : Calcul de la projection appliquée sur le secteur "Mimbeau nord".

| Paramètre | Projection |
|---------------|------------|
| 100. T_x | - 50 m |
| L_{max} | - 10 m |
| E_{cc} | - 20 m |
| L_r en 2120 | - 80 m |



Figure 4-26 : Projection du trait de côte à 2120 sur le secteur "Mimbeau nord".

4.4.5. Hypothèse d'une « brèche » dans le Cap Ferret

L'hypothèse d'une brèche dans le Cap Ferret a plusieurs fois été évoquée au cours de l'étude mais quasiment pas traitée de manière pertinente dans la bibliographie. Cette brèche se produirait au droit de l'axe du chenal du Teychan, soit approximativement entre l'extrémité nord de la flèche du Mimbeau et la jetée Bélisaire. Une chronologie de ce phénomène est sommairement évoquée mais de manière qualitative (en fonction de la disparition des enrochements plus au sud) sans indiquer le temps que le processus mettrait pour arriver à une situation de brèche.

Une brèche dans une langue sableuse est un phénomène naturel qui se produit quand certaines situations hydrodynamiques et hydrosédimentaires sont réunies. Ce phénomène est souvent très impactant car la situation passe relativement brutalement d'une configuration hydrosédimentaire à une autre configuration très différente, avec une phase de transition relativement rapide où un faible échange de masse d'eau de part et d'autre s'amplifie de manière très importante.

Néanmoins, un début de brèche ne peut être constaté qu'à partir du moment où il y a de manière effective un échange de masse d'eau de part et d'autre (en raison de la faible hauteur ou/et largeur de la langue sableuse). En l'absence d'échange de masse d'eau, la brèche n'existe pas et les processus physiques le long des deux littoraux restent contraints par leur propre dynamique.

Dans le cas du Cap Ferret, pour qu'une brèche se crée dans la langue sableuse avant 2120, compte tenu d'une largeur de l'ordre de 1 km dans cette zone, il faudrait qu'il se produise une érosion le long du littoral provoquant en recul de l'ordre de 10 m/an. Cette hypothèse n'est actuellement justifiée par aucun indicateur et apparaît disproportionnée par rapport à l'érosion annuelle envisagée sur la zone des 44 ha.

En conséquence, l'hypothèse d'une brèche ne fera pas partie des scénarios envisagés dans le cadre de la présente révision du PPRL de Lège-Cap Ferret.

4.5. Conclusion sur la façade « embouchure »

Sur la façade « embouchure » du Cap Ferret, 3 secteurs ont été étudiés séparément pour la projection du trait de côte à l'horizon 2120 :

- Le secteur « 44 ha » où a été appliqué un recul de 550 mètres à partir de l'axe du chenal du Ferret en 2120 auquel s'ajoute un recul de 70 mètres (**$L_{max} + Ecc$**),
- Le secteur « Mimbeau sud » où a été appliqué un recul de 380 mètres,
- Le secteur « Mimbeau nord » où a été appliqué un recul de 80 mètres.

En combinant ces 3 secteurs (Figure 4-27), il apparaît que les limites de secteurs ne sont pas réalistes. Aussi, en phase 3, il sera nécessaire :

- D'harmoniser les projections de chaque secteur avec les secteurs adjacents,
- En cas de superposition de deux traits de côte projetés, de sélectionner la projection la plus reculée (principe de sécurité).

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

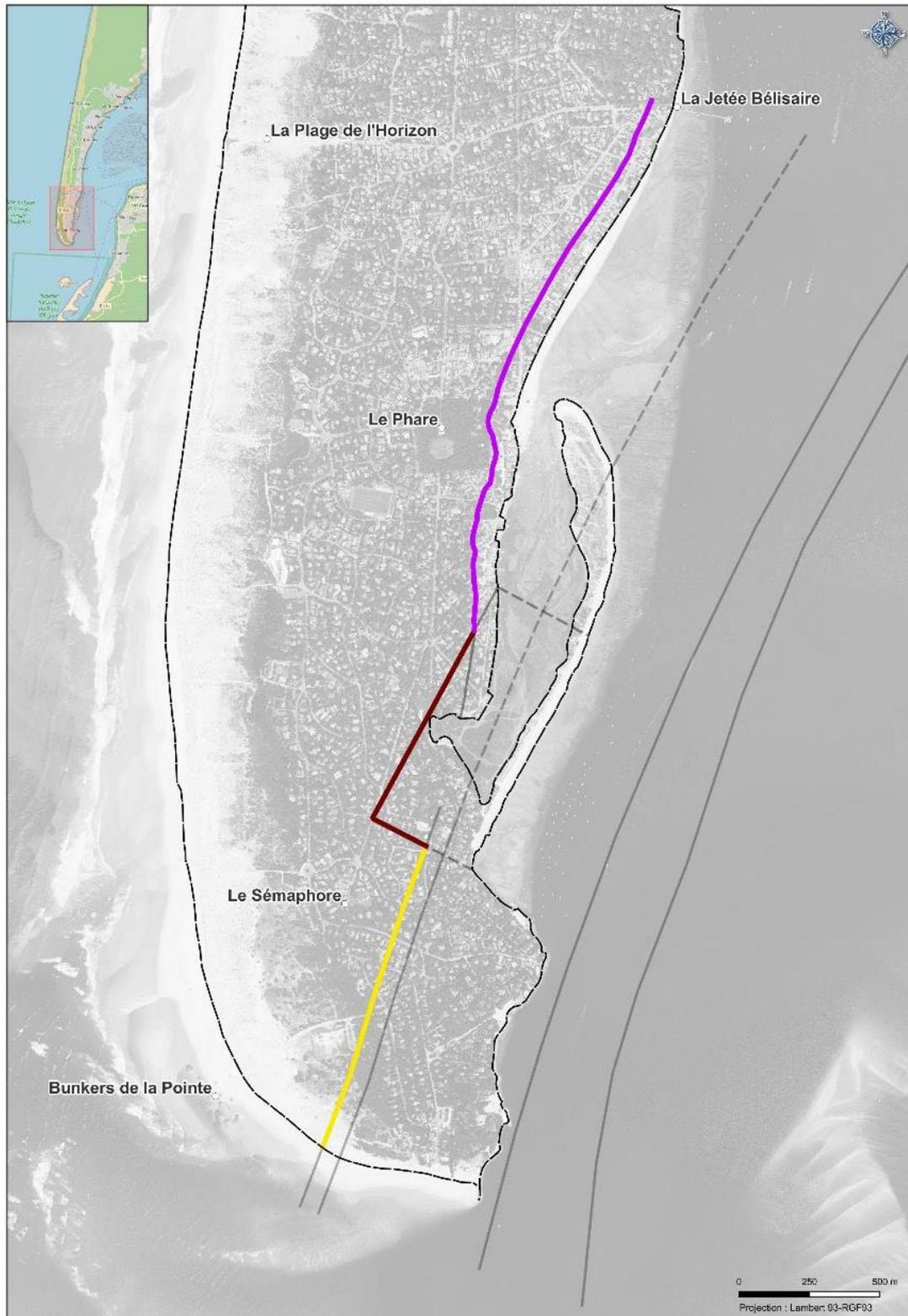


Figure 4-27 : Synthèse de la projection du trait de côte à l'horizon 2120 sur la façade de l'embouchure du Cap Ferret.

5. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur la façade interne du Cap Ferret

5.1. Rappel des caractéristiques de la façade interne

La façade interne du Cap Ferret est découpée en 2 secteurs (du sud vers le nord) (voir Figure 1-4) :

- Le secteur **Chenal de Piquey**, de la jetée de Bélisaire à la Pointe aux Chevaux, où les estrans sont étroits et bordés par le chenal de Piquey, plus stable et moins profond que le chenal du Ferret,
- Le secteur **Vasières**, de la Pointe aux Chevaux à Jane de Boy, où les estrans sont larges au droit du chenal principal.

Ces deux secteurs sont soumis à des mécanismes similaires de mer de vent, d'agitation du plan d'eau, de surcote et de niveaux extrêmes. Les modes de gestion sont également similaires : la plupart du linéaire est ouvragé depuis plus d'un siècle et les plages sableuses font l'objet de nombreux rechargements. Les ouvrages fixes sont très hétérogènes et souvent en mauvais état (voir exemples en 2.6.2).

Aussi, ces deux secteurs seront traités de façon homogène pour l'ensemble de la façade.

5.2. Méthodologie

Comme pour les autres façades, une première analyse des positions passées du trait de côte a été faite à partir des orthophotographies disponibles. Mais contrairement aux autres façades, la forte anthropisation du littoral ne permet de pas d'établir une mesure de l'évolution du trait de côte (Figure 5-1). De plus, les données topographiques ne sont pas assez nombreuses à long terme pour évaluer les modifications du niveau des plages.

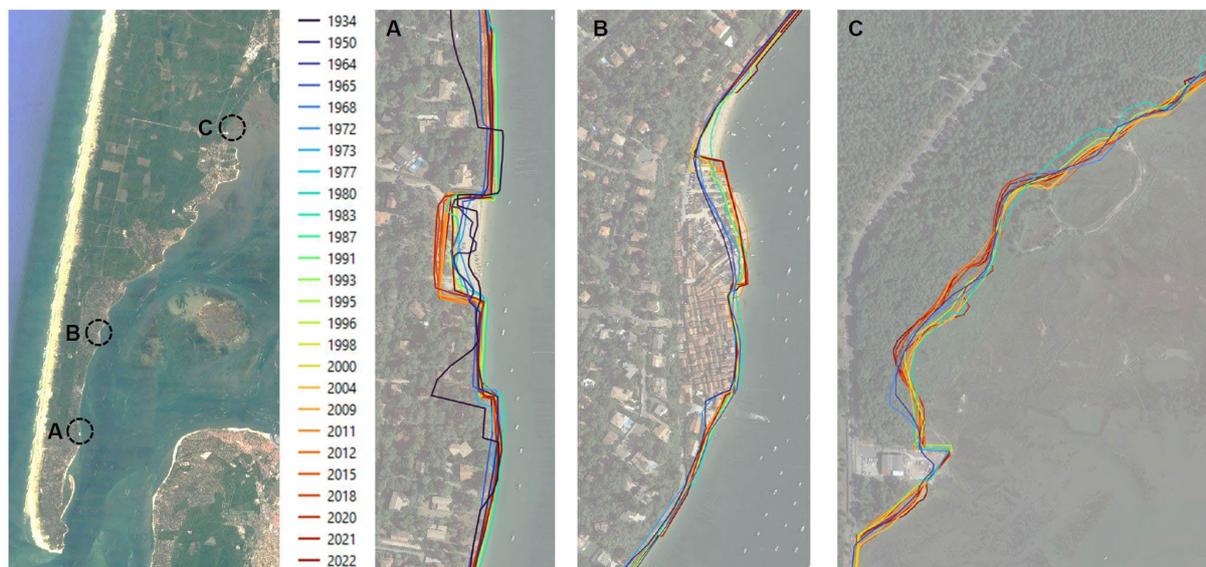


Figure 5-1 : Analyse des positions passées du trait de côte sur la façade interne et zoom sur 3 zones ; A-Plage des Américains, B-Village ostréicole et plage de l'Herbe, C-Prés salés au niveau de Jane de Boy.

Au vu du manque de données disponibles et d'indicateurs fiables, il n'est pas possible d'appliquer la méthodologie rétrospective PPRL sur cette façade pour estimer une projection du trait de côte à 2120.

5.3. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte pour la façade interne du Cap Ferret

D'après les orthophotographies, il apparaît que les plages sableuses naturelles sont en érosion ; le recul du trait de côte n'est cependant pas quantifiable à cause des rechargements récurrents et des ouvrages longitudinaux présents sur une grande partie du linéaire.

L'impact du changement climatique sur le recul du trait de côte est, sur cette façade, lié à la présence des zones basses rétro-littorales. En effet, ces zones seront submergées et reconnectées au bassin d'Arcachon à l'horizon 2120 car les ouvrages auront perdu leur efficacité. Il s'agit d'un travail cartographique qui sera réalisé au cas par cas (en phase 3).

La méthodologie d'élaboration des PPRL n'étant pas applicable, l'estimation de la position du trait de côte à 100 ans a été définie en prenant en considération (Tableau 5-1) :

- Un T_x de - 0,5 m/an déterminé en accord avec un principe de précaution, soit un recul minimal estimé à - 50 mètres en 2120,
- Un L_{max} caractérisant le recul du trait de côte consécutif à un événement tempétueux majeur estimé à 10 mètres, en accord avec un principe de précaution,
- Un Ecc correspondant aux zones basses rétro-littorales (par croisement cartographique).

Soit un recul minimal de **60 mètres** appliqué sur la façade interne avant croisement avec les zones basses (voir exemple en Figure 5-2).

Tableau 5-1 : Calcul de la projection appliquée sur la façade interne du bassin d'Arcachon.

| Paramètre | Projection |
|--|--|
| 100. T_x | - 50 m |
| L_{max} | - 10 m |
| Ecc | <i>Cas par cas, croisement avec les zones basses</i> |
| L_r minimale en 2120 | - 60 m |

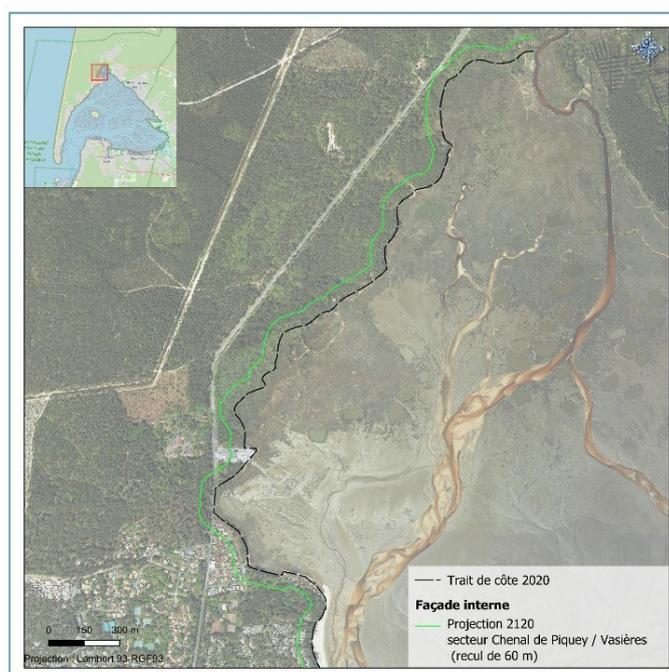


Figure 5-2 : Exemple de la projection du trait de côte à l'horizon 2120 sur la façade interne du bassin d'Arcachon (secteur vasières).

6. Conclusion

6.1. Synthèse de la phase 2.1

L'objectif de cette phase était de définir une méthodologie de projection de l'aléa « recul du trait de côte » à 2120 sur l'ensemble de la commune de Lège-Cap Ferret.

Ce travail a nécessité parfois de s'affranchir de la méthodologie d'élaboration des PPRL afin de se rapprocher au mieux des évolutions futures en accord avec les dynamiques locales dans un contexte de prévention des risques sur le littoral de la commune. En effet, la méthodologie retenue propose une caractérisation inédite de l'aléa « recul du trait de côte » prenant en considération :

- L'impact de l'élévation du niveau moyen de la mer liée au changement climatique,
- Des indicateurs d'évolution du littoral adaptés pour chacun des secteurs littoraux,
- Les aménagements et actions anthropiques présents et leur évolution future.

Plusieurs scénarios d'évolution ont été proposés sur les 3 façades de la commune, à savoir la façade océanique, l'embouchure et la façade interne du bassin. Chacune de ces façades ont été analysées secteur par secteur afin de correspondre au mieux aux mécanismes qui régissent les mouvements littoraux locaux et prévoir de façon adaptée la position du trait de côte en 2120.

Les scénarios proposés projettent un trait de côte à 2120 en recul par rapport au trait de côte de référence de 2020 (Tableau 6-1, Figure 6-1 et Figure 6-2).

Tableau 6-1 : Récapitulatif des reculs du trait de côte projetés à 2120 sur le littoral de Lège-Cap Ferret.

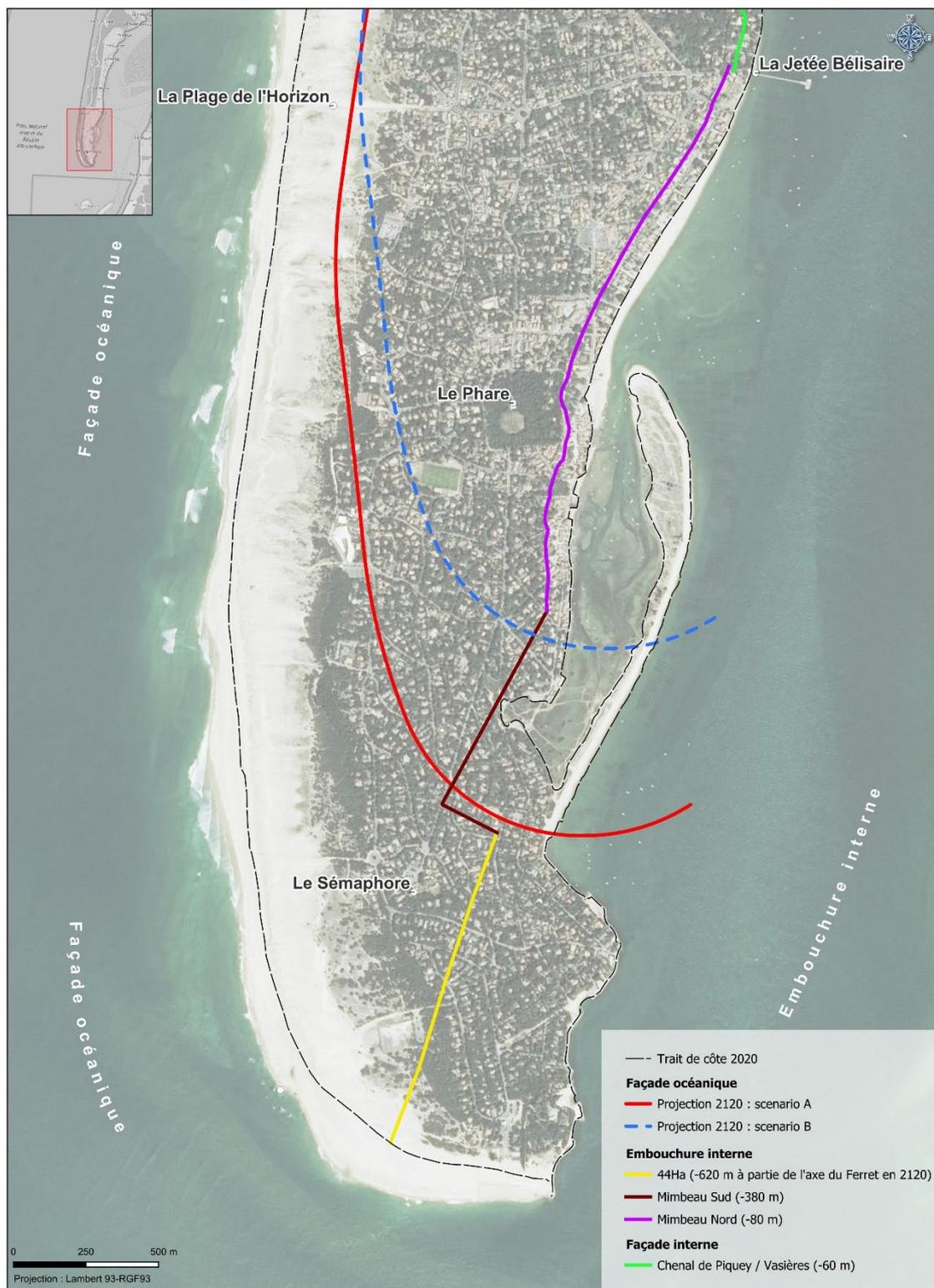
| | Secteur | Recul du trait de côte estimé à 2120 |
|--------------------------|------------------|---|
| Façade océanique | Nord | - 80 mètres |
| | Centre | - 210 mètres |
| | Pointe | - 1 150 mètres ou - 1 800 mètres |
| Façade embouchure | 44 ha | - 620 mètres à partir de l'axe du chenal du Ferret en 2120 |
| | Mimbeau sud | - 380 mètres |
| | Mimbeau nord | - 80 mètres |
| Façade interne | Chenal de Piquey | - 60 mètres minimum, avant croisement avec les zones basses en arrière-littoral |
| | Vasières | |

Les projections à 2120 ayant été faites secteur par secteur, la représentation cartographique présente des incohérences entre secteurs qui n'ont pas la même distance de recul projetée et n'est donc pas réaliste à ce stade des travaux de révision du PPRL (moitié sud de la commune, voir Figure 6-2).



Figure 6-1 : Synthèse des projections du trait de côte à 2120 sur le littoral de Lège-Cap Ferret

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET



6.2. Suites de l'étude

A la suite de la phase 2.1 qui traite de l'aléa « recul du trait de côte » sera traité l'aléa « migration dunaire » en phase 2.2. Cette phase proposera une méthodologie d'analyse de l'aléa cohérente et concertée au sein du groupe de travail dédié.

A l'issue de la phase 2, il sera nécessaire de choisir le scénario de recul du trait de côte à retenir pour le secteur de la Pointe du Cap Ferret. Ce choix est déterminant et indispensable pour lancer la suite de l'étude, à savoir la cartographie des aléas.

En effet, la phase 3 sera découpée en 4 temps :

1. Affinement de la cartographie de projection du trait de côte sur la façade interne du Bassin d'Arcachon par croisement de la bande de recul de 50 mètres avec les zones basses,
2. Harmonisation des tracés des projections du trait de côte des différents secteurs sur l'ensemble du littoral de la commune de Lège-Cap-Ferret,
3. Détermination des valeurs de migration dunaire à horizon 2120 sur la façade océanique d'après les données fournies par le groupe de travail dédié,
4. Cartographie de l'aléa migration dunaire à horizon 2120 sur la façade océanique,
5. Croisement cartographique des deux aléas à l'échelle communale.

Il est nécessaire de rappeler que cette étude concerne la détermination du zonage des aléas littoraux « recul du trait de côte » et « migration dunaire » à 2120. Bien qu'ayant vocation à être traduit réglementairement au sein d'un Plan de prévention des risques littoraux (PPRL), le trait de côte projeté à ce stade ne constitue pas une limite du zonage PPRL.

Bibliographie

- ARTELIA, GEOTRANSFERT, 2015a. Erosion au niveau des Passes du Bassin d'Arcachon. Phase 1.
- ARTELIA, GEOTRANSFERT, 2015b. Erosion au niveau des Passes du Bassin d'Arcachon. Phase 2 : Définition et cartographie du niveau d'alea.
- Boak, E.H., Turner, I.L., 2005. Shoreline definition and Detection: A Review. *J. Coast. Res.* 688–703. <https://doi.org/10.2112/03-0071.1>
- BRGM, Cerema, 2022. Recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte, Coédition BRGM et Cerema. ed.
- BRGM, ONF, 2018. Atlas morphodynamique de la côte sableuse aquitaine (No. BRGM/RP-67152-FR).
- Cerema, 2020. Dynamiques et évolution du littoral : De la pointe de Suzac à la frontière espagnole (No. Synthèse-fascicule 7), Dynamiques et évolution du littoral. Cerema.
- Cerema, 2018. Expertise des risques littoraux sur le secteur de Lège-Cap-Ferret - Note d'expertise.
- Cerema, 2015. Analyse du fonctionnement hydro-sédimentaire du littoral. Cahier technique. (Guide méthodologique).
- CETE SO, 2012. Analyse des ouvrages de la façade Est de la Pointe du Cap Ferret : Synthèse et analyse de la stabilité des ouvrages (No. EQ-CT33-12-154-FR).
- Cooper, A., Pilkey, OH., 2004. Longshore drift: Trapped in an expected universe. *J. Sediment. Res.* 599–606.
- Desmazes, F., Le Cozannet, G., Maspataud, A., 2017. Travaux méthodologiques pour la prise en compte de l'élévation du niveau de la mer pour l'alea "recul du trait de côte" (No. Rapport final).
- Gassiat, L., 1989. Hydrodynamique et évolution sédimentaire d'un système lagune – flèche littorale. Le Bassin d'Arcachon et la flèche du Cap Ferret (Océanographie). Bordeaux 1, Bordeaux.
- GEOLITHE, 2016. Lège-Cap Ferret (33) : Diagnostic des ouvrages de défense contre la mer (No. No. 16-131 I 1).
- GIEC-IPCC, 2022. Sixth Assessment Report, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, the Working Group II contribution.
- Idier, D., Castelle, B., Poumadre, M., Balouin, Y., Bertoldo, R.B., Bouchette, F., Boulahya, F., Brivois, O., Calvete, D., Capo, S., Certain, R., Charles, E., Chateauminois, E., Delvalle, E., Falqus, A., Fattal, P., Garcin, M., Garnier, R., Héquette, A., Larroud, P., Lecacheux, S., Le Cozannet, G., Maanan, M., Mallet, C., Maspataud, A., Oliveros, C., Paillart, M., Parisot, J., Pedreros, R., Robin, N., Robin, M., Romieu, E., Ruz, M.-H., Thibot, J., Vinchon, C., 2013. Vulnerability of sandy coasts to climate variability. *Clim Res* 19–44. <https://doi.org/10.3354/cr01153>
- LCHF, 1973. Etude hydraulique du Bassin d'Arcachon (Rapport général M.I.A.C.A). Département de la Gironde. Service Maritime.
- Le Cozannet, G., Bulteau, T., Castelle, B., Ranasinghe, R., Wöppelmann, G., Rohmer, J., Bernon, N., Idier, D., Louisor, J., Salas-y-Méla, D., 2019. Quantifying uncertainties of sandy shoreline change projections as sea level rises. *Sci. Rep.* 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37017-4>
- Mallet, C., Garnier, C., Millescamps, B., Maugard, F., Mugica, J., Nahon, A., Rosebery, D., 2014. Compte-rendu des observations post-tempêtes sur le littoral aquitain (décembre 2013 - janvier 2014) (No. BRGM/RP-63182-FR).
- MEDDE, 2014. Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux.
- Mugica, J., Bernon, N., 2017. Analyse préalable à la révision des PPRL érosion marine en Gironde. Intérêt et besoins techniques (No. BRGM/RP-67148-FR).

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

Nahon, A., 2018. Évolution morphologique actuelle d'une flèche littorale holocène : le Cap Ferret, à l'embouchure du Bassin d'Arcachon. Université Bordeaux 1, Bordeaux.

Nédélec, Y., Revel, J., 2015. Instabilité et consolidation de talus littoraux sur la façade est du cap Ferret (Gironde). Presented at the Rencontres Universitaires de Génie Civil, Bayonne, France.

SOGREAH, 2008. Synthèse des évolutions hydrosédimentaires de la presqu'île du Cap-Ferret - Face orientale du Cap-Ferret.

SOGREAH, LARAG, 1995. Evolution prévisible du Littoral de la Gironde. Préfecture de la Gironde.

SOGREAH, PAB, 1997. Diagnostic de l'évolution du littoral sur la face orientale de la flèche du Cap Ferret : Examen de la faisabilité de solutions de protection envisageables.

Liste des Figures

| | |
|---|-----------|
| Figure 1-1 : Les 3 grandes façades littorales de la commune de Lège-Cap Ferret..... | 10 |
| Figure 1-2 : Découpage de la façade océanique en 3 secteurs..... | 11 |
| Figure 1-3 : Découpage de la façade « embouchure » en 3 secteurs..... | 13 |
| Figure 1-4 : Découpage de la façade interne en 2 secteurs..... | 14 |
| Figure 2-1 : Représentation de l'équation retenue pour la caractérisation de l'évolution du trait de côte ; les reculs additionnés sont représentés schématiquement et ne respectent pas des proportions réalistes..... | 15 |
| Figure 2-2 : Représentation de la limite du pied de dune en haut de plage de la pointe du Cap Ferret (en vert, à gauche) et de la ligne de rivage instantanée en bas de plage (en orange, à droite) sur l'orthophotographie de 2018..... | 17 |
| Figure 2-3 : Indicateurs du trait de côte recommandés pour l'élaboration du PPRL de Lège-Cap Ferret..... | 18 |
| Figure 2-4 : Recul constatés au cours de l'hiver 2013-2014 sur le Cap Ferret (d'après Artelia, 2015)..... | 21 |
| Figure 2-5 : Scenarios d'élévation du niveau marin à 2120 et projections au droit du bassin d'Arcachon. Les valeurs médianes d'élévation du niveau de la mer de chaque scénario sont représentées en trait plein sur le graphique (d'après GIEC, 2022). | 22 |
| Figure 2-6 : Profil-type de rééquilibrage d'une plage en tenant compte de l'élévation du niveau marin (Cooper et Pilkey, 2004). | 22 |
| Figure 2-7 : Estimation du taux moyen de recul annuel en présence d'ouvrages de protection sur les côtes basses meubles protégées (MEDDE, 2014). | 23 |
| Figure 2-8 : Exemples d'ouvrages se substituant au trait de côte dans le bassin d'Arcachon (A-Les 44 ha, B et C-Piraillan, D-Le Canon) (clichés Créocéan, 2020)..... | 24 |
| Figure 2-9 : Exemples d'ouvrages perpendiculaires au trait de côte présents sur la façade interne du Cap Ferret dans le bassin d'Arcachon (A-Mimbeau, B-Piraillan, C-La Pointe) (clichés Créocéan, 2020). | 24 |
| Figure 3-1 : Images Lidar 2016 du littoral de la façade océanique (BRGM et ONF, 2018). | 27 |
| Figure 3-2 : Traits de côte digitalisés sur la façade océanique (les points correspondent à l'apex de la pointe). | 29 |
| Figure 3-3 : Exemple d'évolution du trait de côte au niveau d'un transect du secteur Nord (transect 1000). | 30 |
| Figure 3-4 : Zoom sur le secteur Nord de la façade océanique..... | 31 |
| Figure 3-5 : Exemple d'évolution du trait de côte au niveau d'un transect du secteur Centre (transect 200). | 32 |

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

| | |
|---|-----------|
| Figure 3-6 : Zoom sur le secteur Centre de la façade océanique..... | 33 |
| Figure 3-7 : Tendence d'évolution du secteur Pointe entre 1934 et 2022..... | 34 |
| Figure 3-8 : Position du trait de côte au niveau du transect 14 et méthodes de calcul du Tx (régression linéaire sur le graphique du haut et variation des périodes d'érosion sur le graphique du bas) entre 1934 et 2022 sur le secteur de la Pointe..... | 35 |
| Figure 3-9 : Position du point le plus méridional de la flèche sableuse sur les différents transects du secteur de la Pointe de 1934 à 2022..... | 36 |
| Figure 3-10 : Evolution des positions de l'extrémité de la flèche sableuse de la pointe du Cap Ferret de 1934 à 2022. | 36 |
| Figure 3-11 : Scenarios de projection du trait de côte à l'horizon 2120 sur le secteur de la Pointe. | 42 |
| Figure 4-1 : Traits de côte analysés sur les secteurs « 44 ha » et « Mimbeau »..... | 44 |
| Figure 4-2 : Extraction des isobathes - 5 m et - 10 m au niveau des profils P7 à P10 du secteur « 44 ha »..... | 45 |
| Figure 4-3 : Estimation des Tx à partir des isobathes - 5 m et - 10 m au droit du Mimbeau..... | 45 |
| Figure 4-4 : Visualisations de différentes bathymétries..... | 47 |
| Figure 4-5 : Profils générés sur la façade de l'embouchure pour l'analyse des données bathymétriques (ici compilation 2006-2020)..... | 48 |
| Figure 4-6 : Sélection des 6 campagnes bathymétriques les plus significatives (trait coloré en gras) sur le P4 ; les non-significatives figurent en gris. | 49 |
| Figure 4-7 : Détermination de l'axe hydraulique du chenal du Ferret sur les 6 campagnes bathymétriques..... | 50 |
| Figure 4-8 : Déplacement du chenal du Ferret avant la construction des ouvrages au droit de "Chez Hortense" (affichage des bathymétries 1865 et 1929 uniquement)..... | 50 |
| Figure 4-9 : Vitesse de déplacement du chenal du Ferret par rapport au trait de côte actuel, le long du profil P4 "Chez Hortense" de 1865 à 2020. | 51 |
| Figure 4-10 : Vitesse de déplacement du chenal du Ferret par rapport au trait de côte actuel, sur les différents profils de 1865 à 2020..... | 53 |
| Figure 4-11 : Visualisation de l'axe du chenal du Ferret entre 1826 et 2016 (en vert, 1929 ; en rose, 2016)..... | 54 |
| Figure 4-12 : Déplacement annuel de l'axe du chenal du Ferret sur les différents profils de 1865 à 2016..... | 55 |
| Figure 4-13 : Configuration naturelle avant l'installation des ouvrages sur la façade de l'embouchure (bathymétrie de 1929 et orthophotographie de 1934)..... | 56 |
| Figure 4-14 : Distance au trait de côte naturel (symbolisé par la barre grise) de l'axe du chenal du Ferret avant la construction des ouvrages au droit de "Chez Hortense". | 56 |

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET

- Figure 4-15 : Ouvrages pris en compte pour l'analyse de l'évolution du trait de côte sur la façade de l'embouchure..... 58**
- Figure 4-16 : Position du chenal du Ferret et du trait de côte en 2016 (en rose). Rappel des positions naturelles du chenal du Ferret en 1929 et du trait de côte en 1934 (en vert)..... 58**
- Figure 4-17 : Estimation de la position du trait de côte en 2020 sur le secteur des 44 ha (en pointillés roses sur fond blanc) si les ouvrages n'avaient pas été construits. Rappel des positions naturelles du chenal du Ferret en 1929 et en 2016 (traits pleins vert et rose) et du trait de côte en 1934 et en 2016 (traits en pointillés vert et rose). 61**
- Figure 4-18 : Projection du trait de côte ($Lr_0 + 100.Tx$) à 2120 sur le secteur des 44 ha (trait plein vert) et estimation fictive de projection sur l'ensemble de la façade de l'embouchure (trait pointillé vert) à partir de l'axe du chenal du Ferret en 2016 (trait rose) et en 2120 (trait bleu). .. 62**
- Figure 4-19 : Vues aériennes de la plage du Tram avant et après le glissement de terrain survenu en 2014..... 62**
- Figure 4-20 : Projection du trait de côte à 2120 sur le secteur des 44 ha ; en vert : $Lr_0 + 100.Tx$, en jaune : $Lr = Lr_0 + 100.Tx + Lmax + Ecc$ 63**
- Figure 4-21 : Evolution de la flèche du Mimbeau de 1934 à 2022 ; les transects sont espacés de 20 mètres (voir explication de la méthodologie au paragraphe 3.2.2.1)..... 65**
- Figure 4-22 : Gradient des taux d'évolution de la flèche du Mimbeau autour du point d'inflexion. 66**
- Figure 4-23 : Taux d'évolution calculés sur 4 périodes entre 1934 et 2022 au niveau du transect 10..... 66**
- Figure 4-24 : Taux d'évolution 1934-2022 et 1934-2000 et courbe logarithmique sur la période 1934-2000 au niveau du transect 10. 67**
- Figure 4-25 : Projection du trait de côte à 2120 sur le secteur « Mimbeau sud »..... 68**
- Figure 4-26 : Projection du trait de côte à 2120 sur le secteur "Mimbeau nord"..... 69**
- Figure 4-27 : Synthèse de la projection du trait de côte à l'horizon 2120 sur la façade de l'embouchure du Cap Ferret..... 71**
- Figure 5-1 : Analyse des positions passées du trait de côte sur la façade interne et zoom sur 3 zones ; A-Plage des Américains, B-Village ostréicole et plage de l'Herbe, C-Prés salés au niveau de Jane de Boy..... 72**
- Figure 5-2 : Exemple de la projection du trait de côte à l'horizon 2120 sur la façade interne du bassin d'Arcachon (secteur vasières)..... 73**
- Figure 6-1 : Synthèse des projections du trait de côte à 2120 sur le littoral de Lège-Cap Ferret75**
- Figure 6-2 : Détail de la synthèse des projections du trait de côte à 2120 sur la Pointe du Cap Ferret et l'embouchure du bassin d'Arcachon sur le littoral de Lège-Cap-Ferret..... 77**

Liste des tableaux

| | |
|--|-----------|
| Tableau 2-1 : Synthèse des orthophotographies utilisées et calcul de l'erreur relative à la position de 2022 (découpage par secteurs différent de celui de la présente révision du PPRL). | 19 |
| Tableau 3-1 : Calcul de la projection pour le secteur Nord..... | 31 |
| Tableau 3-2 : Calcul de la projection pour le secteur Centre..... | 33 |
| Tableau 3-3 : Liste des Tx observés et projetés de 1934 à 2120 pour la construction du scenario A sur le secteur de la Pointe. | 39 |
| Tableau 3-4 : Liste des Tx observés et projetés de 1973 à 2120 pour la construction du scenario B sur le secteur de la Pointe. | 40 |
| Tableau 4-1 : Estimation de la distance trait de côte-chenal du Ferret de 2020 à 2120 au niveau du profil P4 "Chez Hortense". | 60 |
| Tableau 4-2 : Calcul de la projection appliquée sur le secteur "Mimbeau sud"..... | 68 |
| Tableau 4-3 : Calcul de la projection appliquée sur le secteur "Mimbeau nord". | 69 |
| Tableau 5-1 : Calcul de la projection appliquée sur la façade interne du bassin d'Arcachon. ... | 73 |
| Tableau 6-1 : Récapitulatif des reculs du trait de côte projetés à 2120 sur le littoral de Lège-Cap Ferret..... | 74 |

PREFECTURE DE LA GIRONDE

CARACTERISATION DES ALEAS « REcul DU TRAIT DE COTE » ET « MIGRATION DUNAIRE » DANS LE CADRE DE LA REVISION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES LITTORAUX DE LA COMMUNE DE LEGE-CAP FERRET





www.creocean.fr



[GROUPE KERAN](#)