

AVRIL - SEPTEMBRE 2021

# RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ÉTUDES



Bordeaux INP  
ENSEGID

ELSA DURAND

## DIAGNOSTIC DE LA SENSIBILITÉ DU DELTA DE LA LEYRE AUX ALÉAS LITTORAUX ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



OBSERVATOIRE  
CÔTE AQUITAINE

Réseau d'experts au service du littoral

Encadrants :

Isabelle Kisielewski, Conservatoire du littoral

Nicolas Bernon, BRGM et Observatoire de la Côte Aquitaine

## Résumé

Le delta de la Leyre, au sud-est du Bassin d’Arcachon, est constitué de marais endigués à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle dans un objectif productif. Cette étude, réalisée dans le cadre du projet LIFE Adapto, vise à diagnostiquer la vulnérabilité du delta de la Leyre, et plus particulièrement des domaines endigués de Certes et Graveyron et de l’île de Malprat, aux aléas littoraux et au changement climatique. Dans un premier temps, une analyse historique de l’évolution du trait de côte et des surfaces urbanisées est réalisée. Si au XVIII<sup>ème</sup> siècle la tendance est plutôt à l’avancée de la terre sur la mer à travers les endiguements, la tendance actuelle est plutôt à la reconnexion marine des domaines endigués dans le but de rendre au trait de côte sa mobilité naturelle et de protéger les zones côtières. L’analyse des zones urbanisées montre quant à elle un étalement et une densification du bâti, parfois à l’endroit où se trouvait historiquement la position du rivage, augmentant l’exposition des biens et des populations aux aléas littoraux. Dans un second temps, une étude de l’exposition du delta de la Leyre à ces aléas est effectuée, en prenant en compte les impacts du changement climatique. Les cartographies statiques de submersion réalisées montrent que les digues entourant les domaines de Certes et Graveyron et l’île de Malprat pourront être franchies dès 2030 dans plusieurs secteurs, en conditions normales. Dans le cas d’événements extrêmes, qui seront plus fréquents et plus intenses dans le futur, toutes les digues seront franchies en 2100, et la majorité dès 2030. Dans ce contexte, les retours d’expérience des reconnexions marines à Graveyron et Malprat montrent que les prés salés assurent des bénéfices majeurs dont le rôle apparaît aujourd’hui incontournable face aux effets du changement climatique.

**Mots clés :** delta de la Leyre, domaines endigués, reconnexions marines, pré salé, trait de côte, zones urbaines, aléas littoraux, submersion marine, changement climatique, cartographies statiques

## Abstract

The Leyre delta, located south-east of the Bay of Arcachon, consists of marshes that were dammed at the end of the 18<sup>th</sup> century. This study, carried out as part of the Adapto LIFE program, aims to diagnose the vulnerability of the Leyre delta, and particularly the dammed areas of Certes, Graveyron and Malprat, to coastal hazards and climate change. First, a historical analysis of the evolution of the coastline and urban areas is carried out. At the end of the 18<sup>th</sup> century, the tendency is to the advance of the land on the sea, while the current trend is to reconnect some dammed sectors to the sea in order to return to the coastline its natural mobility and to protect coastal areas. The analysis of the evolution of urban areas shows an expansion and a densification, sometimes where the shore was historically located, which increases the exposure of people and property to coastal hazards. Secondly, an analysis of the exposure of the Leyre delta to these hazards is carried out, taking into account the impacts of climate change. The static maps of marine flooding show that the dikes surrounding the dammed areas of Certes and Graveyron and the island of Malprat may be crossed by 2030 in some sectors, under normal conditions. In case of extreme events, which will be more frequent and intense in the future, all the dikes will be crossed by 2100, and the major part by 2030. Against that backdrop, the feedbacks from the marine reconnections that took place in Graveyron and Malprat show that the salt marshes provide major benefits whose role is essential to face the effects of climate change.

**Key words :** Leyre delta, dammed areas, marine reconnections, salt marsh, coastline, urban areas, coastal hazards, marine flooding, climate change, static maps



## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Nicolas Bernon et Isabelle Kisielewski, qui ont toujours fait preuve de disponibilité pour répondre à mes questions ou pour m'aider à avancer dans la réflexion, et grâce à qui ce stage a été une expérience très enrichissante. Un grand merci pour votre encadrement et votre bienveillance tout au long de ces six mois.

Je remercie aussi Jean-Marie Froidefond pour avoir pris le temps d'échanger avec moi et pour m'avoir transmis les cartes anciennes au format numérique qui m'ont été très utiles pour débiter l'analyse historique.

Merci également à Olivier Brivois pour sa disponibilité et son aide concernant le calcul des temps de submersion, et merci à Alexandre Nicolae-Lerma et Sophie Lecacheux pour leur aide sur le traitement des données météo-marines des tempêtes Emma, Fabien et Justine. Plus généralement, un grand merci à tous les membres de l'équipe du BRGM de Pessac pour leur accueil, leur gentillesse et leur bonne humeur.

Enfin, je tiens à remercier les stagiaires, alternants ou post-doctorants Corentin, Emilie, Mona, Katia, Naïa, Simon, Lou et Paul pour leur bonne humeur et leur soutien qui ont contribué à ce que ce stage soit une expérience mémorable. Merci pour les parties de molkky, les lectures d'horoscope et les afterworks au GascoPub ou ailleurs, et merci pour la fête de la musique.

## Avant-propos

Ce rapport est le résultat d'un travail effectué par un élève-ingénieur de 3<sup>ème</sup> année. Ce document est tel qu'il a été remis par l'élève ingénieur et ne comporte aucune correction ni commentaire de l'ENSEGID. Ce rapport ne doit donc être considéré que comme un exercice de formation.



# Table des matières

|                                                                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction .....</b>                                                                                                                    | <b>1</b>  |
| <b>1. Evolution historique du trait de côte et de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle.....</b> | <b>4</b>  |
| 1.1. Contexte de l'étude.....                                                                                                                | 4         |
| 1.1.1. Contexte géographique et géologique .....                                                                                             | 4         |
| 1.1.2. Contexte historique .....                                                                                                             | 10        |
| 1.2. Méthode .....                                                                                                                           | 13        |
| 1.2.1. Ressources bibliographiques utilisées .....                                                                                           | 13        |
| 1.2.2. Méthode de digitalisation des traits de côte et du bâti .....                                                                         | 15        |
| 1.3. Résultats et interprétation.....                                                                                                        | 18        |
| 1.3.1. Traits de côte .....                                                                                                                  | 18        |
| 1.3.2. Urbanisation.....                                                                                                                     | 23        |
| 1.4. Conclusion et discussion .....                                                                                                          | 25        |
| <b>2. Exposition du delta de la Leyre au risque de submersion marine .....</b>                                                               | <b>28</b> |
| 2.1. Définition de la submersion .....                                                                                                       | 28        |
| 2.2. Evénements historiques de submersion marine ayant impacté le delta de la Leyre .....                                                    | 30        |
| 2.3. Modélisation statique d'événements anciens et récents de submersion .....                                                               | 33        |
| 2.3.1. Méthode .....                                                                                                                         | 33        |
| 2.3.2. Résultats.....                                                                                                                        | 35        |
| 2.3.3. Comparaison avec les observations de terrain et discussion .....                                                                      | 37        |
| <b>3. Impacts du changement climatique sur les aléas littoraux .....</b>                                                                     | <b>44</b> |
| 3.1. Conséquences du changement climatique .....                                                                                             | 44        |
| 3.1.1. Elévation du niveau marin .....                                                                                                       | 44        |
| 3.1.2. Modification des états de mer et du régime des événements extrêmes .....                                                              | 46        |
| 3.1.3. Modification des marées .....                                                                                                         | 46        |
| 3.2. Impacts du changement climatique sur les risques littoraux dans le delta de la Leyre .....                                              | 47        |
| 3.2.1. Exposition du delta de la Leyre au risque d'érosion côtière .....                                                                     | 47        |
| 3.2.2. Exposition du delta de la Leyre à l'aléa submersion marine .....                                                                      | 49        |
| 3.2.3. Conclusion et discussion .....                                                                                                        | 56        |
| 3.3. S'adapter : étude des reconnections marines comme moyen d'atténuer l'impact des aléas littoraux dans le delta de la Leyre .....         | 57        |
| 3.3.1. Conséquences des reconnections marines : exemple de Graveyron et Malprat .....                                                        | 57        |
| 3.3.2. Etude d'un scénario possible de reconnection marine de la pointe de Branne à Certes ....                                              | 60        |
| <b>Conclusion .....</b>                                                                                                                      | <b>61</b> |
| <b>Bibliographie .....</b>                                                                                                                   | <b>62</b> |
| <b>Annexes.....</b>                                                                                                                          | <b>65</b> |

## Table des figures

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Sites pilotes du projet Adapto.....                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3  |
| Figure 2 : Localisation du delta de la Leyre, et des domaines de Certes et Graveyron et de l'île de Malprat étudiés dans le cadre du projet Adapto (source : Adapto) .....                                                                                                                                                 | 5  |
| Figure 3 : Formation du Bassin d'Arcachon (d'après <a href="http://data.abuledu.org/wp/?LOM=8056">http://data.abuledu.org/wp/?LOM=8056</a> ).....                                                                                                                                                                          | 6  |
| Figure 4 : Environnements côtiers du Bassin d'Arcachon (d'après Bernon et al., 2017).....                                                                                                                                                                                                                                  | 7  |
| Figure 5 : Coupe simplifiée de la topographie des bassins endigués du delta de la Leyre, d'après N. Pion (Pion, 2000).....                                                                                                                                                                                                 | 8  |
| Figure 6 : Profil géomorphologique schématique du littoral de marais maritime (Auly T. et Véga J., 2010) .....                                                                                                                                                                                                             | 8  |
| Figure 7 : Carte du Parc Naturel régional des Landes de Gascogne .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 9  |
| Figure 8 : Carte de Claude Masse (1708) à gauche et carte de Cassini (1758) à droite. Les prés salés de Certes, Graveyron et Malprat apparaissent non endigués.....                                                                                                                                                        | 10 |
| Figure 9 : Carte du Chevalier de Kearney (1768). Seul le domaine de Certes est endigué. ....                                                                                                                                                                                                                               | 11 |
| Figure 10 : Frise chronologique présentant les ressources bibliographiques utilisées et les principaux événements associés à l'évolution des domaines endigués.....                                                                                                                                                        | 14 |
| Figure 11 : Limites de la zone étudiée .....                                                                                                                                                                                                                                                                               | 15 |
| Figure 12 : Principaux indicateurs du trait de côte dans le cas de marais maritimes ou de côtes artificialisées (d'après Mallet et al., 2012).....                                                                                                                                                                         | 17 |
| Figure 13 : Illustration des indicateurs de position du trait de côte utilisés dans le cas des domaines endigués (à gauche) et des marais maritimes (à droite) .....                                                                                                                                                       | 17 |
| Figure 14 : Principales évolutions du trait de côte dans le delta de la Leyre depuis 1758.....                                                                                                                                                                                                                             | 19 |
| Figure 15 : Progression de l'endiguement des sites du delta de la Leyre entre 1768 et 1875.....                                                                                                                                                                                                                            | 20 |
| Figure 16 : Evolution des reconnections marines dans le delta de la Leyre entre 1996 et 2009 .....                                                                                                                                                                                                                         | 21 |
| Figure 17 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte dans le delta de la Leyre depuis le XVIII <sup>ème</sup> siècle. En vert la position initiale de la côte, en bleu l'évolution des endiguements, et en jaune/orange/rouge l'évolution des reconnections marines. ....                                      | 22 |
| Figure 18 : Comparaison de l'étalement urbain entre 1787 et 2020 .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 23 |
| Figure 19 : Evolution de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre entre 1934 et 2020.....                                                                                                                                                                                                                              | 23 |
| Figure 20 : Evolution de l'étalement et de la densification des zones urbanisées entre 1934 et 2020.....                                                                                                                                                                                                                   | 24 |
| Figure 21 : Evolution de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre entre 1934 et 2020 .....                                                                                                                                                                                                                             | 25 |
| Figure 22 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte et de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre depuis le XVIII <sup>ème</sup> siècle.....                                                                                                                                                             | 26 |
| Figure 23 : Schéma des différentes contributions au niveau du plan d'eau lors d'une tempête (surcotes) jusqu'au rivage (Mujica, et al., 2016).....                                                                                                                                                                         | 29 |
| Figure 24 : Exemple de chronologies possibles en cas de submersion marine (franchissement par paquets de mer, dégradation des ouvrages ou débordement) ©BRGM .....                                                                                                                                                         | 29 |
| Figure 25 : Recensement des zones inondées lors d'événements de tempête passés entre 1882 et 2008. (Informations issues de l'étude du CETE Sud-Ouest, novembre 2012). Pour les tempêtes Klaus et Xynthia, les surfaces inondées ont été cartographiées à partir de visites de terrain du BRGM (Mugica, et al., 2010) ..... | 31 |
| Figure 26 : Frise chronologique présentant les principales tempêtes historiques ainsi que les événements dont la submersion a été cartographiée plus bas.....                                                                                                                                                              | 32 |

|                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 27 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,55 m NGF, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010) .....                                                                    | 36 |
| Figure 28 : Zones de submersion observées suite à la tempête Xynthia (28/02/2010) .....                                                                                                                                                     | 43 |
| Figure 29 : Causes des variations du niveau marin relatif .....                                                                                                                                                                             | 44 |
| Figure 30 : Valeurs d'élévation du niveau de la mer calculées à l'échelle régionale en Nouvelle-Aquitaine (à gauche) et globale (à droite) dans le cas du scénario RCP 8.5 .....                                                            | 45 |
| Figure 31 : Entailles d'érosion observées au niveau de la digue à la mer de l'île de Malprat représentée en pointillés sur la vue aérienne à droite (septembre 2021) .....                                                                  | 48 |
| Figure 32 : Evolution de l'érosion de la digue à Malprat entre la fin du XX <sup>ème</sup> siècle et 2019 (Photos : Conservatoire du littoral) .....                                                                                        | 48 |
| Figure 33 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 à Certes et Graveyron (en haut) et à Malprat (en bas) selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine ..... | 50 |
| Figure 34 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 à Certes et Graveyron (en haut) et à Malprat (en bas) pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5 .....         | 52 |
| Figure 35 : Temps (j) de submersion par an selon les hauteurs d'eau atteintes pour la période actuelle, ou dans le cas de scénarios d'augmentation du niveau marin en 2030, 2050 et 2100 .....                                              | 54 |
| Figure 36 : Portions de digues basses autour des domaines de Certes et Graveyron (Brivois, 2020) .                                                                                                                                          | 55 |
| Figure 37 : Evolution de l'ouverture de la brèche de Graveyron entre 1999 et 2021 (en haut) et de l'installation du pré salé entre 1996 et 2018 (en bas) .....                                                                              | 58 |
| Figure 38 : Evolution de la reconnexion du secteur nord de Malprat entre 1996 et 2018 (en haut) et de la végétalisation de la digue de second rang entre 2005 et 2019 (en bas) .....                                                        | 59 |
| Figure 39 : Evolution de la répartition des types de végétation au niveau de la pointe de Graveyron entre 2000 et 2009 (Goeldner-Gianella L., 2013) .....                                                                                   | 59 |
| Figure 40 : Proposition de position des digues de second rang dans le cas du scénario de reconnexion marine de la pointe de Branne (d'après Brivois, 2021) .....                                                                            | 60 |

## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Ressources cartographiques utilisées pour l'analyse historique .....                                                                            | 14 |
| Tableau 2 : Ressources photographiques utilisées pour l'analyse historique .....                                                                            | 14 |
| Tableau 3 : Hauteur de la marée astronomique (m) à Eyrac et à Graveyron, en mètres NGF (Ifremer, 1997; Marcadet, 2004; Anselme, <i>et al.</i> , 2008) ..... | 34 |
| Tableau 4 : Niveaux d'eau maximaux atteints à Audenge lors des tempêtes Xynthia, Emma, Fabien, Justine, et de 1882 .....                                    | 34 |
| Tableau 5 : Recensement des submersions observées lors des tempêtes Emma, Fabien, Justine et Xynthia .....                                                  | 38 |
| Tableau 6 : Valeurs de niveaux d'eau (en mNGF) utilisées pour la cartographie des zones de submersion .....                                                 | 49 |
| Tableau 7 : Valeurs de niveaux d'eau (en mNGF) utilisées pour la cartographie des zones de submersion dues à un événement extrême futur .....               | 51 |
| Tableau 8 : Longueur cumulée des portions de digues du domaine de Certes considérées comme basses (Brivois, 2020) .....                                     | 54 |

## Table des Annexes

|                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Annexe 1 : Principales évolutions du trait de côte dans le delta de la Leyre entre 1758 et 2020 .....                                                                                                                                       | 65 |
| Annexe 2 : Comparaison entre la bande côtière de 1758 et le trait de côte de 2020. Fonds de carte : en haut, carte de Cassini (1758) et en bas, plan IGN (2020).....                                                                        | 66 |
| Annexe 3 : Progression de l'endiguement des sites du delta de la Leyre entre 1758 et 1875.....                                                                                                                                              | 67 |
| Annexe 4 : Evolution des reconnections marines dans le delta de la Leyre entre 1996 et 2009. ....                                                                                                                                           | 67 |
| Annexe 5 : Evolution de la reconnexion marine de la pointe de Graveyron entre 1983 et 2000. ....                                                                                                                                            | 68 |
| Annexe 6 : Evolution de la reconnexion marine au nord de l'île de Malprat entre 1996 et 2009. ....                                                                                                                                          | 68 |
| Annexe 7 : Principales étapes de l'endiguement des sites du delta de la Leyre entre 1758 et 1875. .                                                                                                                                         | 69 |
| Annexe 8 : Principales étapes de la reconnexion marine des sites du delta de la Leyre entre 1996 et 2009. ....                                                                                                                              | 70 |
| Annexe 9 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte dans le delta de la Leyre. En bleu, les endiguements réalisés au XVIII et XIX <sup>ème</sup> siècles, et en jaune, orange et rouge les reconnections marines récentes. .... | 71 |
| Annexe 10 : Etalement urbain digitalisé sur la carte de Belleyme (1787). ....                                                                                                                                                               | 72 |
| Annexe 11 : Etalement urbain digitalisé sur la carte du Conseil général de la Gironde (1875). De même que pour la figure 10, la surface urbanisée est uniquement illustrée de manière qualitative. 73                                       |    |
| Annexe 12 : Evolution de l'étalement urbain entre 1934 et 2020. ....                                                                                                                                                                        | 74 |
| Annexe 13 : Evolution de l'étalement urbain entre 1934 et 2020. Le code couleur utilisé met en évidence une dominance du jaune et permet de se rendre compte de l'explosion de l'étalement urbain ayant eu lieu entre 1950 et 1985. ....    | 75 |
| Annexe 14 : Evolution de l'étalement urbain entre 1950 et 2020. Cette carte met en évidence l'explosion de la surface urbanisée dans le delta de la Leyre dans la deuxième moitié du XX <sup>ème</sup> siècle. ....                         | 76 |
| Annexe 15 : Evolution de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre entre 1787 et 2020 .....                                                                                                                                              | 77 |
| Annexe 166 : Evolution de l'étalement et de la densification des zones urbanisées entre 1934 et 2020 .....                                                                                                                                  | 78 |
| Annexe 17 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte (en bleu les étapes d'endiguement, et en jaune, orange et rouge les étapes de reconnexion marine) et de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre.....                  | 79 |
| Annexe 18 : Synthèse des évolutions du trait de côte et de l'étalement urbain associé entre 1787 et 2020. Pour chaque date sont figurés d'une même couleur le trait de côte et l'étalement urbain.....                                      | 80 |
| Annexe 19 : Carte de synthèse. ....                                                                                                                                                                                                         | 81 |
| Annexe 20 : Calcul des surfaces de tissu urbain entre 1934 et 2020 .....                                                                                                                                                                    | 82 |
| Annexe 21 : Evénements répertoriés dans l'étude historique Submersions marines sur le Bassin d'Arcachon réalisée par le CETE en 2012.....                                                                                                   | 82 |
| Annexe 22 : Evénements répertoriés par Daphné Eche en 2009 dans Les submersions marines dans le Bassin d'Arcachon, Représentations sociales et Gouvernances du risque .....                                                                 | 87 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Annexe 23 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,55 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010) .....                                                                                              | 90  |
| Annexe 24 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,55 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010). En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....             | 91  |
| Annexe 25 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,23 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Emma (02/03/2018) .....                                                                                                 | 92  |
| Annexe 26 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,23 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Emma (02/03/2018). En haut, sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....               | 93  |
| Annexe 27 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,43 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Fabien (22/12/2019) .....                                                                                               | 94  |
| Annexe 28 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,43 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Fabien (22/12/2019). En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....              | 95  |
| Annexe 29 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,39 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Justine (31/01/2021) .....                                                                                              | 96  |
| Annexe 30 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,39 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Justine (31/01/2021). En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....             | 97  |
| Annexe 31 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,57 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête de 1882 .....                                                                                                           | 98  |
| Annexe 32 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,57 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête de 1882. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....                          | 99  |
| Annexe 33 : Zones de submersion observées suite à la tempête Xynthia (sources : SIBA, BRGM) ...                                                                                                                                                                        | 100 |
| Annexe 34 : Zones de submersion observées suite à la tempête Emma (source : Observatoire de la Côte Aquitaine) .....                                                                                                                                                   | 101 |
| Annexe 35 : Zones de submersion observées suite à la tempête Fabien (source : Réserve Ornithologique du Teich) .....                                                                                                                                                   | 102 |
| Annexe 36 : Zones de submersion observées suite à la tempête Justine (sources : Réserve Ornithologique du Teich, Observatoire de la Côte Aquitaine) .....                                                                                                              | 103 |
| Annexe 37 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 2.6 en Nouvelle-Aquitaine .....                                                                                  | 104 |
| Annexe 38 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 2.6 en Nouvelle-Aquitaine. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat ..... | 105 |
| Annexe 39 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 4.5 en Nouvelle-Aquitaine .....                                                                                  | 106 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Annexe 40 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 4.5 en Nouvelle-Aquitaine. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat ..... | 107 |
| Annexe 41 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine .....                                                                                  | 108 |
| Annexe 42 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat ..... | 109 |
| Annexe 43 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 2.6 .....                                                                                          | 110 |
| Annexe 44 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 2.6. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....         | 111 |
| Annexe 45 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 4.5 .....                                                                                          | 112 |
| Annexe 46 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 4.5. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....         | 113 |
| Annexe 47 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5 .....                                                                                          | 114 |
| Annexe 48 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat .....         | 115 |
| Annexe 49 : Nombre de jours et pourcentage de submersion par an pour les scénarios actuel, 2030, 2050 et 2100 selon les classes de hauteurs d'eau atteintes.....                                                                                                       | 116 |
| Annexe 50 : Projet de panneau local pour l'exposition "Rivages en mouvement" du Conservatoire du littoral, réalisé par le bureau d'études Biotope .....                                                                                                                | 117 |

## Abréviations

**BNF** : Bibliothèque Nationale de France

**BP** : Before Present

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**CAT-NAT** : Catastrophes naturelles

**CEREMA** : Centre d'études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

**CETE** : Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement

**CPBA** : Conservatoire Patrimonial du Bassin d'Arcachon

**DDTM** : Direction Départementale des Territoires Marins

**GES** : Gaz à Effet de Serre

**GIEC** : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

**GIP** : Groupement d'Intérêt Public

**IGN** : Institut Géographique National

**IPCC** : Intergovernmental Panel on Climate Change

**LIDAR** : Light Detection And Ranging

**MNHN** : Museum National d'Histoire Naturelle

**NGF** : Nivellement Général de la France

**OCNA** : Observatoire de la Côte de Nouvelle-Aquitaine (anciennement OCA, Observatoire de la Côte Aquitaine)

**ONF** : Office National des Forêts

**PPRL** : Plan de Prévention des Risques Littoraux

**RCP** : Representative Concentration Pathways

**RGF** : Réseau Géodésique Français

**SCoT** : Schéma de Cohérence Territoriale

**SHAAPB** : Société Historique et Archéologique du Bassin d'Arcachon

**SHOM** : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

**SIBA** : Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon

**SSA** : Société Scientifique d'Arcachon

**SYBARVAL** : Syndicat du Bassin d'Arcachon Val de l'Eyre

**TRI** : Territoire à risque important d'inondation

## Introduction

Aujourd'hui, d'après l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature), 3,8 milliards de personnes résident à moins de 150 km des côtes. Les rivages naturels sont de plus en plus prisés par les populations pour le cadre de vie ou les activités de tourisme qu'ils offrent. Ils sont ainsi soumis à une artificialisation grandissante et perdent peu à peu leur rôle de transition naturelle entre terre et mer. Le contexte mondial de forte démographie littorale est vérifié sur de nombreuses côtes européennes, et notamment sur le littoral français. En Métropole, plus de 10 % de la population totale se concentre sur seulement 4 % du territoire dans les 885 communes côtières, qui ont également une très forte capacité d'accueil touristique (Insee, SOeS, 2009).

En région Nouvelle-Aquitaine, les environnements littoraux sont très diversifiés, incluant des dunes littorales, falaises, marais maritimes, cordons de sable et de galets, environnements artificiels (ports, sites endigués). Au sein de ce linéaire côtier se détache le Bassin d'Arcachon, une lagune dominée par l'environnement de marais maritime. Les rivages naturels sont vastes, mais la forte proportion de littoraux artificialisés par des ouvrages de défense contre la mer témoigne de l'exposition particulière du littoral néo-aquitain aux aléas de submersion marine et d'érosion côtière (AcclimaTerra, Le Treut, H. (dir), 2018). Dès lors que ces aléas sont associés à des enjeux, comme ceux qui caractérisent les zones côtières très anthropisées du Bassin d'Arcachon, ils peuvent constituer des risques qui menacent les populations, les écosystèmes ou les biens qui bordent les zones côtières.

L'histoire récente de la côte néo-aquitaine est marquée par des événements extrêmes majeurs tels que les tempêtes Lothar et Martin (1999), Klaus (2009), Xynthia (2010) ou encore celles de l'hiver 2013/2014. La tempête Xynthia en particulier a rappelé que les côtes basses sont très vulnérables à l'aléa submersion. En dépit de leur situation abritée, les domaines endigués du delta de la Leyre, au sud-est du Bassin d'Arcachon, sont donc concernés par l'aléa submersion en raison de leur sensibilité aux surcotes et de la longue course dont disposent les vagues formées sur le plan d'eau lagunaire (Goeldner-Gianella L., 2013). De plus, les aléas littoraux seront largement affectés par le changement climatique qui va profondément impacter les forçages à leur origine. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude, qui vise à diagnostiquer la sensibilité du delta de la Leyre aux aléas littoraux et au changement climatique.

Jusqu'à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, le delta de la Leyre était constitué d'importants prés salés, qui ont ensuite été endigués par de grands propriétaires privés dans un objectif productif. Trois d'entre eux, les domaines de Certes et Graveyron et l'île de Malprat, sont aujourd'hui la propriété du Conservatoire du littoral, qui en assure la protection et en délègue la gestion au Département de la Gironde et à la Commune de Biganos.

Le Conservatoire du littoral est un établissement public administratif de l'Etat dont les objectifs sont la préservation des milieux naturels et des paysages remarquables et menacés, l'équilibre des littoraux et la prise en compte du changement climatique par une gestion raisonnée avec ses partenaires locaux, l'accès et l'accueil du public dans le respect des sites pour une sensibilisation à la préservation de l'environnement, et enfin le développement durable pour toutes les activités présentes sur les sites. Afin d'atteindre ces objectifs, le Conservatoire du littoral s'appuie sur une politique d'acquisition consistant à acheter les terrains situés en bord de mer et de lacs, dans un périmètre géographique bien précis dont les contours sont définis en concertation avec les élus locaux et les services de l'Etat. La gestion de ces sites est ensuite confiée aux collectivités territoriales, parfois établissements publics, ou associations agréées. Les gestionnaires emploient des gardes ou agents du littoral qui entretiennent, mettent en valeur les espaces naturels et accueillent les visiteurs sur les sites.

Le Conservatoire du littoral est l'un des porteurs du projet Adapto, dans lequel s'inscrit ce stage. Mis en place en 2015 avec le soutien financier du projet LIFE de l'Union européenne, il vise à explorer des solutions face aux effets du changement climatique sur le littoral en préconisant une gestion souple du trait de côte. Le but est de recréer des zones naturelles d'interface entre terre et mer qui permettent de redonner une souplesse au trait de côte afin de mieux intégrer les évolutions à venir (lifeadaptto.eu)

Le second porteur du projet Adapto est le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), un établissement public à caractère industriel et commercial, qui fait référence dans les applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol. Son action est orientée vers la recherche scientifique, l'appui aux politiques publiques et la coopération internationale. Le BRGM est également l'un des deux porteurs techniques de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA), en collaboration avec l'ONF (Office National des Forêts). Créé en 1996, l'OCNA a pour rôle de mettre au service des acteurs du littoral un outil d'observation, d'aide à la décision et de partage de la connaissance pour la gestion et la prévention des risques côtiers. Dans l'objectif d'améliorer la connaissance du Bassin d'Arcachon et de suivre son évolution, l'OCNA a mis en place un programme de suivi géomorphologique du littoral de cette lagune. Initié en 2017 sur le territoire restreint de l'île aux Oiseaux puis testé en 2018 et 2019 à l'échelle du Bassin d'Arcachon, ce programme de suivi géomorphologique est mis en place dans le cadre du « Module 1 : Suivi et acquisition de données » et du sous-module dédié au Bassin d'Arcachon du programme d'actions de l'OCNA. Ce programme s'appuie sur les compétences des acteurs territoriaux tels que le SIBA (Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon), les collectivités territoriales, mais également le Conservatoire du littoral, dans un souci de mutualisation et de partage des données acquises par chacun d'entre eux et utiles à la description des évolutions du littoral de la lagune (Bernon, 2020). C'est dans cette perspective que le BRGM, au travers de l'OCNA, participe aux actions du projet Adapto en Nouvelle-Aquitaine en collaboration avec le Conservatoire du littoral.

Dans le cadre du projet Adapto, trois scénarios de mobilité du trait de côte sont étudiés :

- « Résister » : reconstruire, restaurer et rehausser toutes les digues et cordons dunaires afin de tenter d'empêcher tant que possible toute submersion future
- « Subir » : ne rien changer dans la gestion et l'entretien des digues
- « S'adapter » : permettre à la nature d'éroder les digues ou aux dunes de reculer afin d'établir une gestion souple du trait de côte se rapprochant le plus possible des processus naturels.

Dix sites pilotes appartenant au Conservatoire du littoral sont étudiés en France métropolitaine et en Outre-mer (Figure 1). Les mêmes démarches expérimentales y sont réalisées, en appliquant sur chaque territoire une grille de lecture et d'analyse du contexte (gestion des risques, analyse paysagère, économie, perceptions sociales...).



Figure 1 : Sites pilotes du projet Adapto

Cette étude s'inscrit principalement dans l'action « Approche historique » du site pilote « Delta de la Leyre », qui vise à reconstruire l'évolution historique du trait de côte et de l'étalement urbain sur le site.

Dans cet objectif, une revue bibliographique des données retraçant l'évolution du delta de la Leyre, plus spécifiquement de l'île de Malprat et des domaines de Certes et Graveyron, a été mise en œuvre afin d'établir une base de données cartographique et photographique et de reconstituer de manière illustrée l'évolution historique des sites. Dans un second temps, l'exposition du delta aux aléas littoraux a été analysée, à travers l'étude d'événements de submersion marine historiques ayant affecté le Bassin d'Arcachon et la cartographie de submersions marines dues à des tempêtes anciennes et récentes. Ensuite, une approche prospective prenant en compte les impacts du changement climatique a été réalisée afin d'analyser les trajectoires possibles d'évolution de la vulnérabilité du territoire à ce changement.

# 1. Evolution historique du trait de côte et de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle

## 1.1. Contexte de l'étude

Cette première partie présente l'étude historique réalisée dans le cadre du projet Adapto sur les bassins endigués du delta de la Leyre. Dans un premier temps, le contexte géographique, géologique et historique du site d'étude est présenté, puis la méthode mise en œuvre pour la constitution d'une base de données cartographique et photographique et la reconstitution illustrée de l'évolution du trait de côte et de l'étalement urbain est expliquée. Enfin, les résultats de cette analyse sont exposés et commentés.

### 1.1.1. Contexte géographique et géologique

- *Description du secteur d'étude*

Le Bassin d'Arcachon est une lagune semi-fermée sur la côte de Nouvelle-Aquitaine, au sud-ouest du département de la Gironde et en bordure nord du département des Landes. Sa superficie varie entre 174 km<sup>2</sup> à marée haute et 60 km<sup>2</sup> à marée basse. La configuration de cette lagune, de forme triangulaire fermée par la flèche sableuse du Cap Ferret, lui confère une zone d'embouchure vers l'océan Atlantique et une zone d'estuaire intérieur : l'estuaire de la Leyre.

Le secteur du delta de la Leyre, analysé dans le cadre de cette étude, est situé au sud-est du Bassin d'Arcachon. Un delta, selon R. Paskoff, correspond à « *l'embouchure d'un cours d'eau où les alluvions fluviales s'accumulent au lieu d'être redistribués en majorité sur une grande étendue par les vagues et les courants littoraux* ». (Paskoff, 2003)

La zone étudiée s'étend de la commune de Lanton au nord à celle de Gujan-Mestras au sud-ouest, en passant par Audenge, Biganos et le Teich. Le linéaire côtier dans ce secteur est caractérisé par la présence de domaines endigués et de marais maritimes. Les domaines faisant principalement l'objet de cette étude sont Certes et Graveyron et l'île de Malprat, dont le Conservatoire du littoral est propriétaire. La figure suivante (Figure 2) présente les domaines endigués et les principales villes côtières qui les entourent, ainsi que les principaux environnements qui caractérisent le delta de la Leyre.

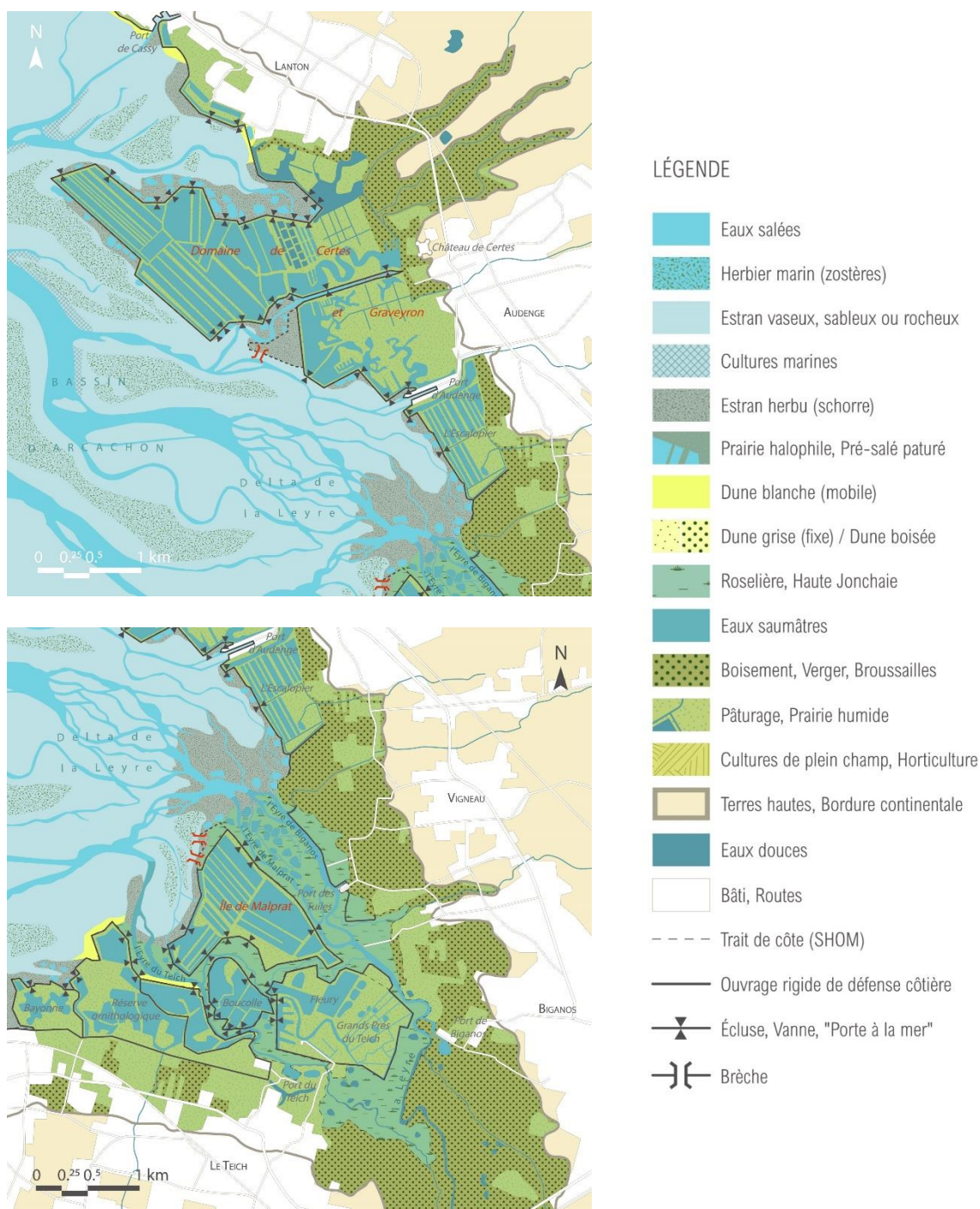


Figure 2 : Localisation du delta de la Leyre, et des domaines de Certes et Graveyron et de l'île de Malprat étudiés dans le cadre du projet Adapto (source : Adapto)

Les domaines de Certes et Graveyron couvrent 530 hectares (gironde.fr) sur les communes d'Audenge et de Lanton.

Certes est constitué d'une partie terrestre, le château et son parc de 100 hectares, et d'une partie « maritime » composée de bassins, digues et chemins sur une superficie de 296 hectares (SHAAPB, 2018). On y trouve également des prairies gérées par pâturage.

Graveyron occupe une superficie de 135 hectares et est ceinturé par une digue de 4,8 km. Deux grands ensembles se distinguent : le secteur de la pointe, couvrant 13,5 hectares, où se reconstitue peu à peu un pré salé depuis qu'une tempête a ouvert une brèche en 1996, et le reste du domaine endigué,



occupé pour moitié par des réservoirs à poissons et pour l'autre moitié par des prairies. La chasse à la tonne y est pratiquée en contrebas des digues, tout comme à Certes (Anselme, *et al.*, 2008).

L'île de Malprat, sur la commune de Biganos, est une île de 140 hectares entourée de digues (villedebiganos.fr). Au nord de l'île, la digue a fait l'objet d'une érosion importante et un pré salé est en reconstitution devant une digue de second rang construite en 2005. La chasse y est également pratiquée.

- *Histoire géologique*

Le Bassin d'Arcachon doit sa formation à la présence d'une faille orientée nord-ouest/sud-est, résultant de la flexure celtaquitaine ayant eu lieu au Trias. Cette faille a influencé le réseau hydrographique de la Leyre et de son estuaire. Par la suite, durant le Quaternaire, les variations du niveau de la mer ont permis l'incision par la Leyre des couches tertiaires. En effet, il y a 18 000 ans, à la fin de la période glaciaire, le niveau de la mer était bien plus bas qu'aujourd'hui. Une période de réchauffement climatique a alors provoqué une remontée du niveau marin : la transgression Flandrienne (14 000 à 5 000 ans BP). Cet événement provoque la transformation de la basse vallée de l'Eyre, envahie par les eaux marines, en un vaste estuaire divisé en multiples chenaux. La forme actuelle du Bassin résulte de la migration progressive de l'estuaire de la Leyre vers le sud lors de cette transgression.

Vers 3 000 BP, le delta se présente comme un estuaire dont la partie la plus au nord se situe au niveau de l'actuelle commune de Lège. A partir de 1300 BP, l'estuaire se comble et s'obstrue peu à peu. Vers -400 av. JC, la presqu'île du Cap Ferret commence à s'allonger : c'est le début de l'isolement du Bassin d'Arcachon. Le refroidissement climatique ayant lieu vers l'an 0 provoque le déplacement des bancs de sable dans le delta de la Leyre. La fermeture de la lagune se poursuit ensuite. Vers 1300, une période de refroidissement et de légers réchauffements génère des apports sableux dans le delta (Bernon, 2020; SHAAPB, 2018; Joineau, 2017). Les différentes étapes de la fermeture du Bassin d'Arcachon sont illustrées sur les schémas suivants (Figure 3) :

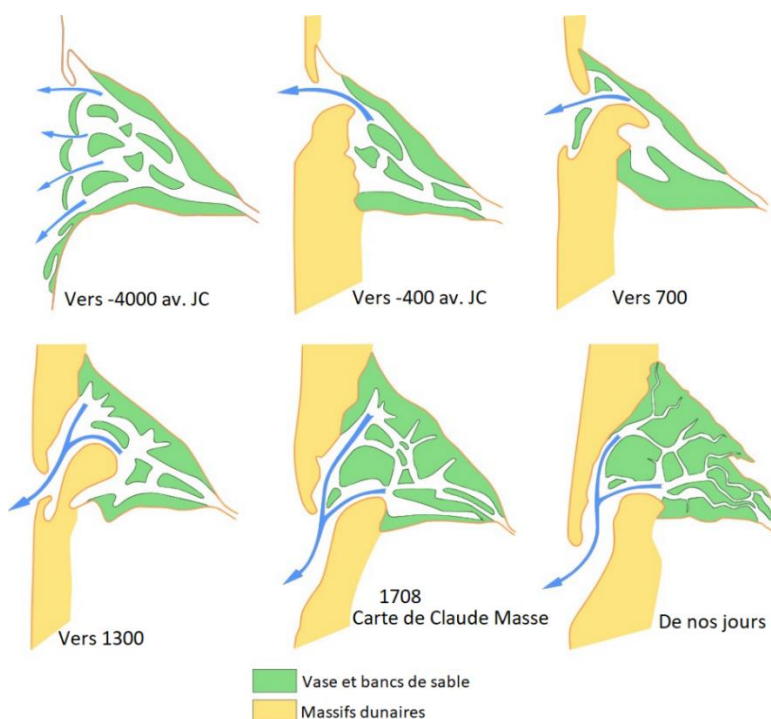


Figure 3 : Formation du Bassin d'Arcachon (d'après <http://data.abuledu.org/wp/?LOM=8056>)



L'histoire de la formation géologique du Bassin d'Arcachon explique en partie la variété des milieux qui s'y trouvent, et notamment la spécificité de l'environnement du delta de la Leyre. En effet, avec l'isolement de la lagune actuelle, différents environnements de dépôt, détaillés ci-après, se distinguent au niveau du bassin en fonction des conditions hydrodynamiques auxquelles ils sont soumis.

- *Environnement et géomorphologie du delta de la Leyre*

Le secteur externe du Bassin est principalement marqué par des dépôts sableux, tandis que le secteur interne, où se trouvent les domaines étudiés, est caractérisé par des dépôts vaseux. Ainsi, le Bassin d'Arcachon est composé de milieux naturels très variés, typiques des zones humides côtières : estrans sableux et sablo-vaseux, prés salés, et réseaux de chenaux et esteys. Il est également caractérisé par des environnements influencés par l'action humaine : parcelles ostréicoles, ports, lacs de tonne aménagés au sein du schorre, plages sableuses et bassins endigués. Les sites de Certes et Graveyron et l'île de Malprat sont d'anciens prés salés ayant été endigués à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle dans un objectif productif. Autour de ces domaines endigués, l'environnement naturel est constitué de marais maritimes (Figure 4).

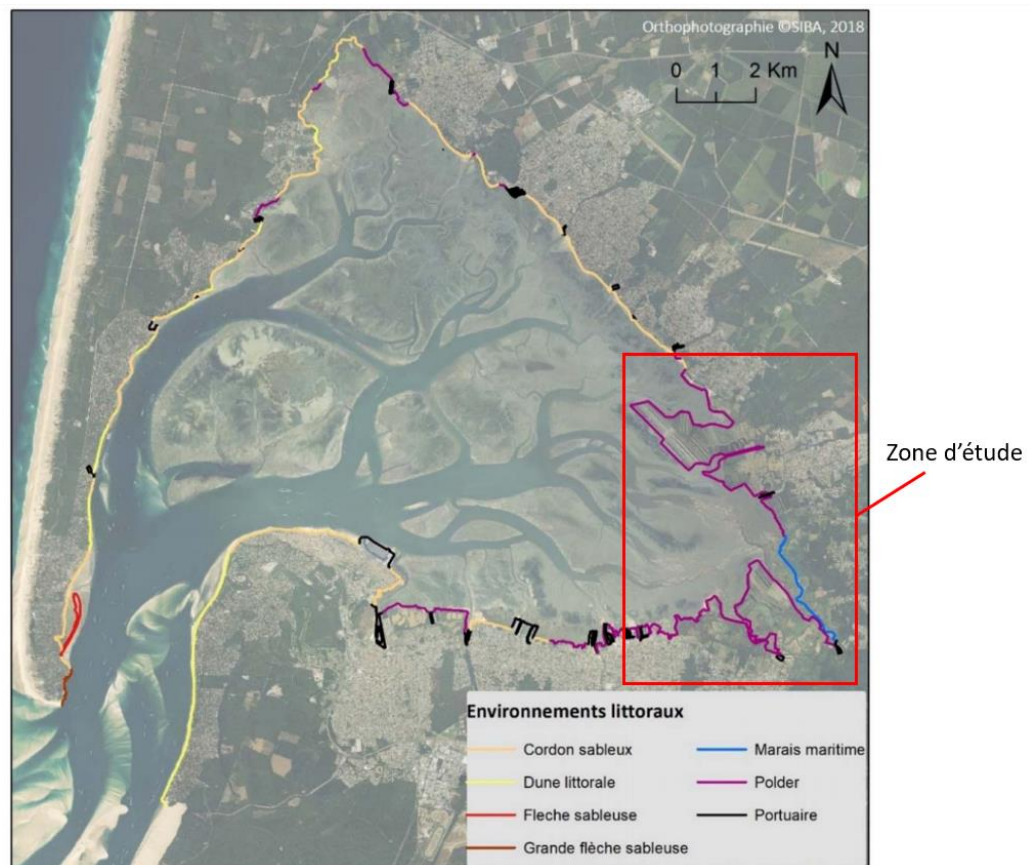


Figure 4 : Environnements côtiers du Bassin d'Arcachon (d'après Bernon et al., 2017)

Les domaines endigués sont formés de bassins et de « profonds » délimités par des prairies hygrophiles et méso-hygrophiles pâturées appelées également « bosses » et entourés d'une digue périphérique. (Figure 5).

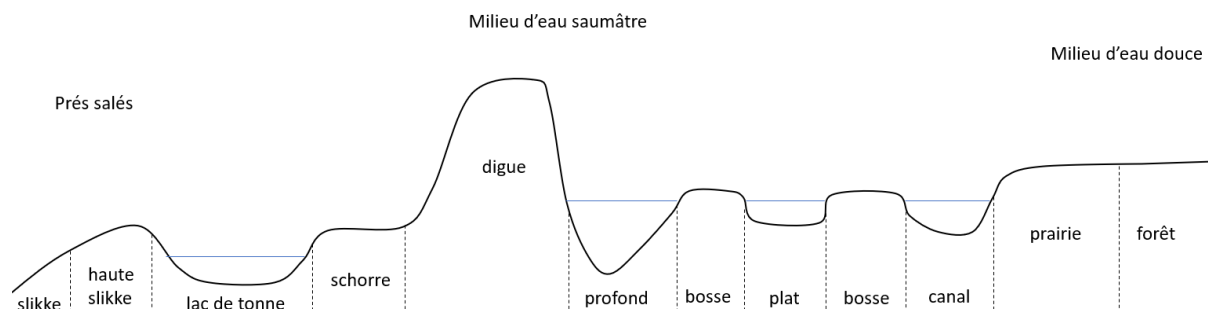


Figure 5 : Coupe simplifiée de la topographie des bassins endigués du delta de la Leyre, d'après N. Pion (Pion, 2000)

Le milieu de marais maritime est composé de plusieurs compartiments géomorphologiques représentés le long d'un profil type sur la figure suivante (Figure 6) :

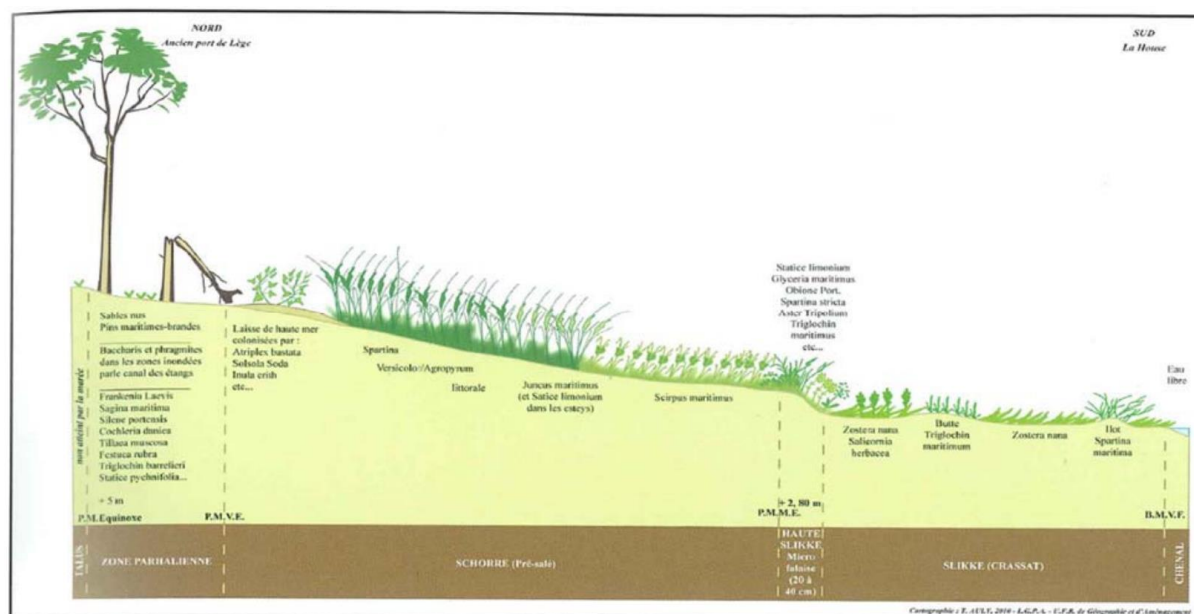


Figure 6 : Profil géomorphologique schématisé du littoral de marais maritime (Auly T. et Véga J., 2010)

Différentes communautés végétales colonisent le milieu en fonction des contraintes environnementales auxquelles elles sont soumises. Ainsi, au niveau du schorre, les espèces les plus communes sont l'obione, la salicorne ou les spartines (*Spartina anglica* et *Spartina maritima*). Cela permet de différencier ce compartiment de la slikke, colonisée par les zoostères, entéromorphes ou ulves (Bernon, 2020).

- *Hydrologie de la Leyre*

La Leyre constitue le principal apport d'eau douce dans le Bassin. Ce fleuve, long de 115,9 km (sandre.eaufrance.fr), résulte de la confluence de la Grande Leyre et de la Petite Leyre à Moustey. Il occupe un bassin versant de plus de 2000 km<sup>2</sup> (sage-leyre.fr), recouvert en grande partie par le territoire du Parc Naturel régional des Landes de Gascogne (Figure 7).



Figure 7 : Carte du Parc Naturel régional des Landes de Gascogne

Les débits mensuels moyens sont d'environ 7,8 m<sup>3</sup>/s en période d'étiage (juillet, août et septembre), tandis qu'ils sont de l'ordre de 29,3 m<sup>3</sup>/s en période de crue (janvier, février et mars) (Plus, *et al.*, 2006).

Par comparaison avec le volume d'eau salée oscillant, entraîné par la marée, le volume d'eau douce introduit par la rivière de l'Eyre est environ 400 fois plus faible (Feniès, 1984; Allard, *et al.*, 2009).

De plus, la circulation de ce volume d'eau douce dans le Bassin est largement influencée par les vents. En effet, les eaux de la Leyre mettront par exemple respectivement 5 ou 13 jours pour atteindre Eyrac, au niveau de l'entrée du Bassin, par vent de nord ou de sud (Plus, *et al.*, 2006).



### 1.1.2. Contexte historique

Les bassins endigués du delta de la Leyre bénéficient d'une histoire riche, et leur morphologie a évolué au cours du temps en fonction des propriétaires qui se sont succédé. La plupart des informations présentées dans cette partie proviennent de l'exposition « Certes et Graveyron, terres d'utopies » réalisée par Vincent Joineau en 2017.

- *Domaine de Certes*

Au Moyen-âge, le domaine de Certes est une immense seigneurie de 100 000 hectares bordant le Bassin d'Arcachon. Les communautés y vivent de l'élevage indispensable à l'activité agricole : les déchets produits par l'exploitation du bétail sont répandus sur les terres consacrées aux céréales. Historiquement, la situation du domaine est avant tout stratégique. De nature mobile, la flèche du Cap Ferret est située plus au nord qu'aujourd'hui, et depuis Certes, situé en face des passes, on peut contrôler tout ce qui entre et qui sort du Bassin d'Arcachon. Le château fait office de tour de guet, et le contrôle de tout le Bassin passe par Certes (SHAAPB, 2018).

En 1383, un marché est installé à Certes pour y favoriser la création d'un village. Jusqu'à la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle, Certes reste une seigneurie, passant d'abord aux mains des Jaubert de Barrault puis des Durfort de Civrac, et le château de Certes est peu à peu abandonné. Au début du XVIII<sup>ème</sup> siècle, Claude Masse décrit Certes comme "un château entouré de fossés pleins d'eau."



Figure 8 : Carte de Claude Masse (1708) à gauche et carte de Cassini (1758) à droite. Les prés salés de Certes, Graveyron et Malprat apparaissent non endigués

Vers 1750, c'est l'apparition de la physiocratie, école de pensée économique et politique qui consiste à chercher le bonheur des peuples et la richesse des nations à travers 3 leviers :

- L'accroissement des surfaces cultivées et des rendements agricoles
- L'amélioration de la circulation des productions et des hommes
- La colonisation des terres nouvelles pour accroître les populations productives.

Une pénurie ayant provoqué la hausse des prix du sel en 1752, le marquis de Civrac voit dans la création de salines une opportunité de tirer profit des prés salés. En 1761, il décide donc d'aménager des marais salants et de construire un nouveau château, plus en retrait du rivage. Les premiers aménagements ont lieu en 1764 à Certes, sur ce qui s'appelait alors l'île de Branne.

En 1768, 17 hectares de marais sont déjà aménagés. Le chantier est placé sous l'autorité de deux spécialistes : l'ingénieur Sellier et le topographe Clavaux. Sellier décide de rattacher les îles de Branne et de Groc (indiquées sur la carte de Masse, Figure 8) à la presqu'île de Certes, aménagée en marais salants. La presqu'île de Graveyron, n'est en revanche pas encore endiguée (Figure 9).



Figure 9 : Carte du Chevalier de Kearney (1768). Seul le domaine de Certes est endigué.

Le projet initial du marquis de Civrac était de ceinturer 615 hectares de prés salés grâce à une digue de 6 km dont le sommet s'élève au-dessus du niveau des plus fortes marées d'équinoxe, précédée d'une avant-digue. Cette digue de 6 km, dont la base devait mesurer 15 mètres de large, devait s'élever à 4 mètres de haut. Finalement, construite entre 1763 et 1770, elle est longue de 3785 mètres et haute de 5 mètres. Cette digue a été érigée par dépôt de couches de terre de 30 cm d'épaisseur, sa partie superficielle étant couverte d'une "bonne terre" afin d'y fixer des mottes de terre et d'herbes. Les marais salants étaient formés de canaux et de bassins délimités par des buttes appelées bosses. Au total, la construction de la digue, le creusement des canaux et la formation des bossess ont nécessité le déplacement de 2 millions de tonnes de terre.

Les paroisses de Lanton, Audenge, Certes et Biganos étant alors très peu peuplées (seulement 200 familles), des sauniers en provenance de Saintonge ont été recrutés par le marquis de Civrac. Entre 1765 et 1770, Audenge voit donc sa population augmenter de 40%.

Cependant, les caractéristiques physico-chimiques du Bassin d’Arcachon et la baisse des prix du sel dans les années 1770 provoquent une réduction de la rentabilité du projet salicole du marquis de Civrac, et l’exploitation du sel est peu à peu abandonnée à Certes.

Au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, François Valetton de Boissière, courtier maritime et négociant, acquiert le domaine. C’est Ernest Valetton de Boissière qui en hérite en 1843. Il décide de convertir les marais salants en réservoirs à poissons. En 1857, Napoléon III impose aux communes et aux propriétaires d’assainir et ensemercer les landes. Valetton de Boissière et la commune d’Audenge s’emploient donc rapidement à répondre à cette obligation : les marécages deviennent une immense forêt de pins maritimes. L’activité piscicole se poursuit et, en 1860, elle est plus rentable que la saliculture et la culture des prairies réunies. En 1866, seuls 21 hectares de marais salants sont exploités à Certes sur les 255 aménagés en 1771.

Après le décès d’Ernest Valetton de Boissière en 1894, Jean Descas et les frères Larroque achètent le domaine en 1895 et développent l’élevage. Le domaine de Certes fait face à deux incendies du massif forestier en 1943 et 1949. En 1964, la famille Descas vend le domaine.

En 1971, Raymond Tachon devient propriétaire et développe la pisciculture et la maïsiculture. Entre 1971 et 1975, près de 1200 hectares sont défrichés pour y cultiver du maïs. Le domaine forestier de Certes n’est alors plus formé que de 435 ha de pins. Les digues des réservoirs à poissons sont profondément dégradées. De plus, le domaine de Certes est doublement menacé car la pression immobilière s’intensifie sur les rives du Bassin d’Arcachon.

Après plusieurs phases de négociations, le Conservatoire du littoral rachète donc le domaine en 1984. C’est le Conseil départemental de la Gironde qui en assure la gestion depuis 1991.

- *Domaine de Graveyron*

Après avoir été endigués par le Marquis d’Arcambal, les domaines de Graveyron et de Malprat sont achetés en 1790 par deux négociants bordelais, Bertrand Ducru et Jacques Goyneau. Le domaine de Graveyron s’organise alors autour de 2 espaces :

- le marais de Graveyron (constitué d’une grande maison, de dépendances, d’une maison de gardeur, de 11 hectares de terres labourables, de prairies et “un beau réservoir à poissons”, c’est-à-dire le domaine endigué à des fins d’exploitation piscicole).
- une maison dite « de la Ruscade » (une maison de maître avec des granges et écuries, un logement de paysan et une charmille)

Dix propriétaires se sont succédé pendant une période de deux siècles, se transmettant le domaine de père en fils ou de mère en fille à l’exception des deux premiers propriétaires. Durant ces deux siècles, les domaines endigués constitués lors de la création des digues par le Marquis d’Arcambal sont restés identiques dans leurs limites et leur nature.

En 1997, la dernière propriétaire de Graveyron, Anne-Marie de Moneys d’Ordières, décède, et le domaine est légué à l’association les Petits frères des Pauvres. Le 11 décembre 1998, l’association vend les 135 hectares du domaine de Graveyron au Conservatoire du littoral.

- *Ile de Malprat*

C'est en 1768 que les travaux d'endiguement de l'île de Malprat débutent, sous l'impulsion du Marquis d'Arcambal, afin de débiter l'exploitation salicole. En 1793, la suppression de l'exonération de la taxe sur le sel par Louis XV met fin à la saliculture, de même qu'à Certes. Les derniers propriétaires de l'île vivaient grâce aux revenus issus de la pêche et de la chasse privée. En 1997, à la mort d'Anne-Marie de Moneys, l'île est léguée à ses héritiers qui effectuent une procédure de dation en paiement. Le Conservatoire du littoral devient propriétaire de l'île de Malprat en 2002, une fois la procédure instruite.

Depuis 2006, un garde du littoral rattaché aux services techniques de la Ville de Biganos surveille l'écosystème de l'île et participe à son entretien régulier par des travaux d'aménagement et de réhabilitation.

## 1.2. Méthode

### 1.2.1. Ressources bibliographiques utilisées

La reconstitution historique de l'évolution du trait de côte et de l'urbanisation dans le delta de la Leyre a été réalisée à partir de cartes anciennes et de photographies aériennes.

Les cartes anciennes ont notamment été collectées dans l'ouvrage *Cartes anciennes du Bassin d'Arcachon*, publié en 2019 par la Société Historique et Archéologique d'Arcachon et du Pays de Buch (SHAAPB), qui recense des cartes du Bassin d'Arcachon du Moyen-Age à nos jours (SHAAPB, 2020). Ces cartes ont ensuite été récupérées au format numérique sur les sites internet de la Bibliothèque Nationale de France Gallica, du Conservatoire Patrimonial du Bassin d'Arcachon (CPBA), auprès de Vincent Joineau, historien, ou de Jean-Marie Froidefond, l'un des auteurs du livre, rencontré en début de stage. Ces cartes anciennes sont un outil privilégié pour observer au mieux l'évolution du trait de côte, qui a principalement eu lieu à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle lors de l'endiguement des prés salés existants.

Afin d'observer l'évolution de l'urbanisation ainsi que les modifications de la position des digues, plus récentes, des photographies aériennes ont également été récupérées depuis 1934 sur la plateforme IGN Remonter le temps ([remonterletemps.ign.fr](http://remonterletemps.ign.fr)).

L'ensemble des cartes et photographies utilisées pour la reconstitution historique de l'évolution du delta de la Leyre figure dans les tableaux suivants (Tableau 1 ; Tableau 2) ainsi que sur la frise chronologique (Figure 10) :



Tableau 1 : Ressources cartographiques utilisées pour l'analyse historique

| Date      | Type de document                                                                                                             | Auteur                                            | Source                                                    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1708      | Carte de Claude Masse du « 6 <sup>ème</sup> carré »                                                                          | Claude Masse                                      | IGN                                                       |
| 1758      | Carte du fond du bassin d'Arcachon levée vers 1758                                                                           | Cassini                                           | N°104 XL1-A 64<br>Archives municipales de Bordeaux        |
| 1768      | Carte du Chevalier de Kearney, ingénieur hydrographe                                                                         | Chevalier de Kearney                              | BNF/Gallica                                               |
| 1756-1815 | Carte                                                                                                                        | Cassini                                           | Géoportail IGN                                            |
| 1772      | Plan du Bassin d'Arcachon et de ses environs                                                                                 | Clavaux, ingénieur et officier de la Légion Corse | BNF/Gallica                                               |
| 1787      | Carte de Guyenne établie sous l'autorité de Pierre de Belleyne, avec des levés par N. Mesny (1787-1791)<br>Cartes n°25 et 26 | Belleyne                                          | Vincent Joineau<br>Archives départementales de la Gironde |
| 1847-1855 | Carte de la France (dite de l'Etat-Major), feuille de La Teste                                                               | Etat major                                        | Géoportail IGN                                            |
| 1865      | Carte                                                                                                                        | Bouquet de la Grye et Caspari                     | SSA                                                       |
| 1875      | Carte                                                                                                                        | Conseil général de la Gironde                     | Archives départementales de la Gironde                    |

Tableau 2 : Ressources photographiques utilisées pour l'analyse historique

| Date | Type de photographie                          | Précision        | Source                                                                                |
|------|-----------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1934 | Photos aériennes argentiques en noir et blanc | Echelle 1/15370  | IGN Remonter le temps                                                                 |
| 1950 | Photos aériennes argentiques en noir et blanc | Echelle 1/26288  |                                                                                       |
| 1983 | Vue aérienne historique PIGMA                 | Résolution 50 cm | <a href="https://www.pigma.org/geoserver/wms">https://www.pigma.org/geoserver/wms</a> |
| 1996 | Photos aériennes argentiques couleur          | Echelle 1/25530  | IGN Remonter le temps                                                                 |
| 2000 | Photos aériennes argentiques couleur          | Echelle 1/25319  |                                                                                       |
| 2009 | Photos aériennes numériques couleur           | Résolution 40 cm |                                                                                       |
| 2020 | Orthophotographie                             | Environ 10 cm    | SIBA                                                                                  |

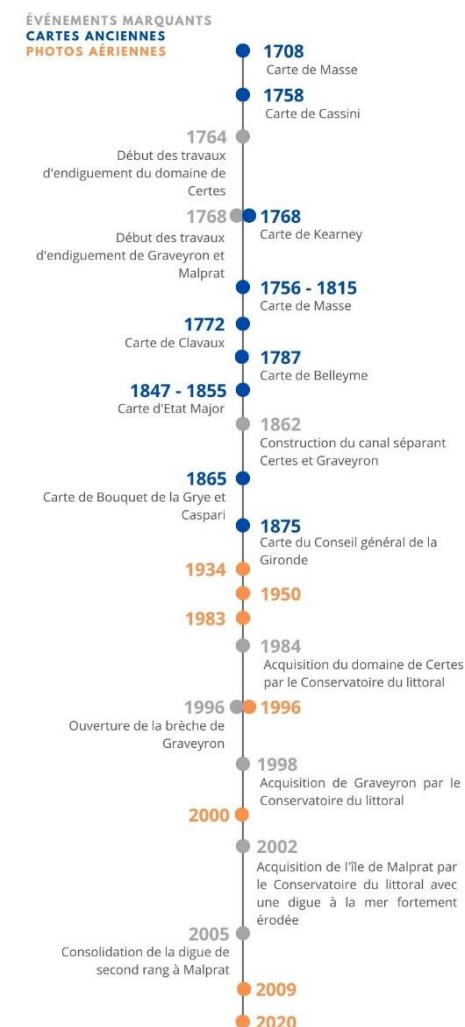


Figure 10 : Frise chronologique présentant les ressources bibliographiques utilisées et les principaux événements associés à l'évolution des domaines endigués

### 1.2.2. Méthode de digitalisation des traits de côte et du bâti

- *Délimitation de la zone étudiée*

La zone d'étude de l'évolution du trait de côte est située entre la plage Suzette à Lanton au nord du domaine de Certes, et le port de la Barbotière à Gujan-Mestras à l'ouest de l'île de Malprat.

Pour délimiter l'extension dans les terres de la zone d'étude, une limite topographique à +7 m NGF, tracée à partir du LiDAR (Light Detection And Ranging : laser topographique haute résolution aéroporté) 2016 du SIBA, a été choisie. En effet, la cartographie du TRI (territoire à risque important d'inondation) du Bassin d'Arcachon indique que les submersions marines atteignent toujours une côte inférieure à 7 m NGF dans le delta de la Leyre, même pour les événements de faible probabilité. La cartographie de l'évolution de l'urbanisation a donc été réalisée dans cette zone (Figure 11).

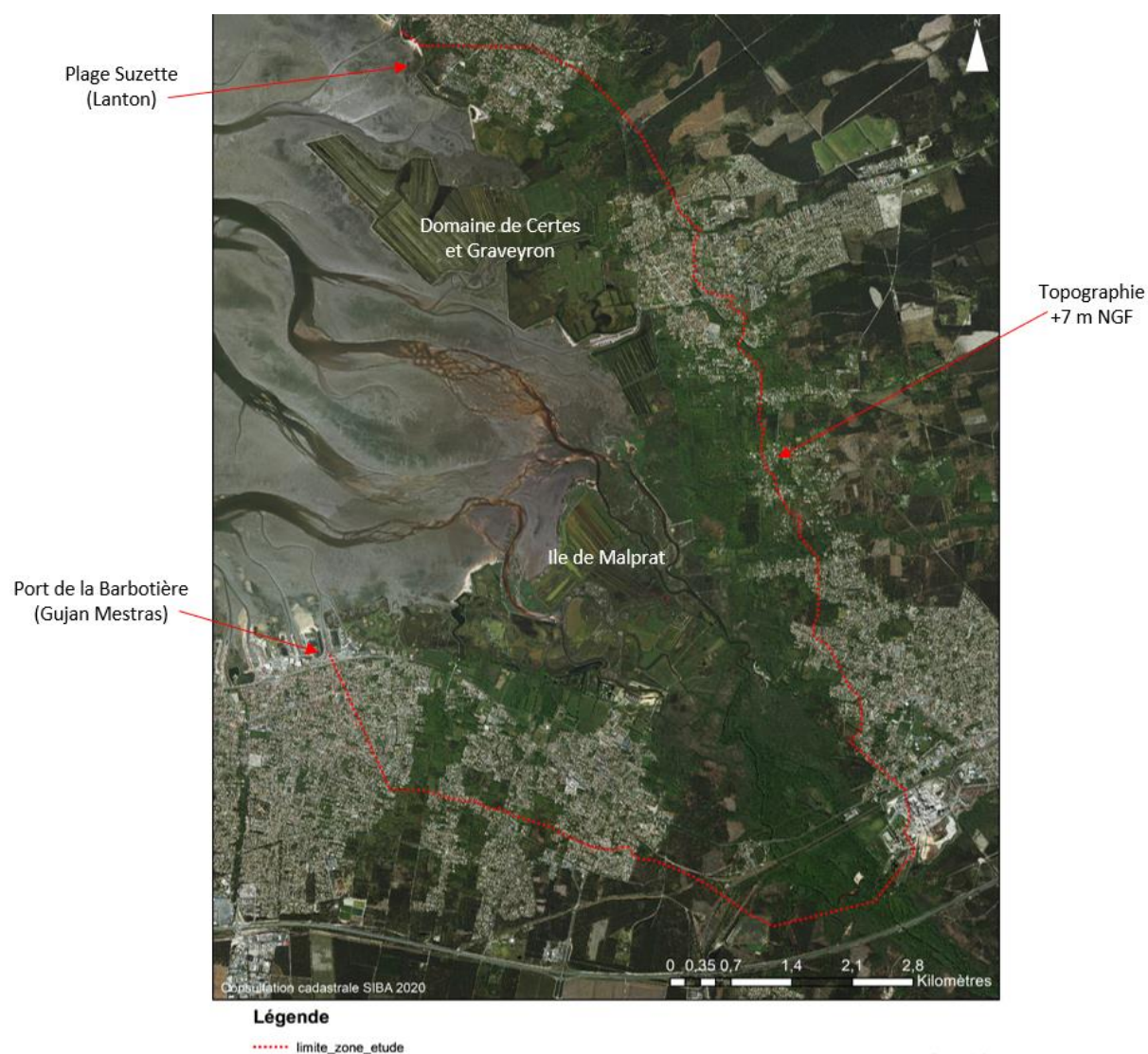


Figure 11 : Limites de la zone étudiée

- *Géoréférencement*

Le traitement des données cartographiques et photographiques a été intégralement réalisé à l'aide du logiciel de système d'information géographique ArcGIS.

La première étape a consisté à géoréférencer les cartes anciennes et photographies aériennes collectées. Toutes les données cartographiques et photographiques ont été géoréférencées dans le système de projection RGF 93 – Lambert 93. L'orthophotographie de 2020 a été choisie comme image de référence. Des points remarquables tels que des intersections de digues, des habitations, des cimetières ou des églises ont notamment été utilisés pour le géoréférencement.

Pour les photographies aériennes, l'erreur résiduelle a été considérée comme acceptable lorsqu'elle était inférieure à 5 mètres. Deux types de photographies ont été utilisées : des photographies aériennes argentiques entre 1934 et 2000, dont la précision est indiquée par une échelle, et des photographies aériennes numériques, caractérisées par une résolution. La précision des données photographiques utilisées figure dans le Tableau 2 plus haut.

La résolution et l'échelle des cartes anciennes disponibles étant très variable, et les points utilisés pour le géoréférencement placés avec moins de précision, l'erreur résiduelle a été considérée comme acceptable jusqu'à 50 à 100 mètres. En effet, au XVIII<sup>ème</sup> siècle, la cartographie de précision en est encore à ses débuts. La méthode de triangulation est utilisée : celle-ci consiste à mesurer la distance entre deux points B et C puis, à partir d'un point de référence A, à utiliser les formules de trigonométrie afin de connaître les distances BA et CA. La carte est ensuite tracée en utilisant une chaîne de triangles adjacents tracés sur papier, dont les sommets correspondent à des repères (clocher, tour,...). La précision de la mesure des longueurs des côtés et des angles conditionne la qualité du résultat (SHAAPB, 2020). Bien que d'une grande exactitude pour l'époque, cette technique de levé reste donc moins fiable que les méthodes utilisées aujourd'hui.

En plus de l'incertitude liée à la donnée (taille du pixel ou exactitude de la position des points figurés par le cartographe sur les cartes anciennes), il faut également considérer l'incertitude due à la méthode du géoréférencement, à l'orthorectification et à l'opérateur.

- *Digitalisation des traits de côte*

Selon le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), le trait de côte est la limite géographique entre le domaine marin et le domaine continental. Il correspond à « *la laisse des plus hautes mers dans le cadre d'une marée astronomique de coefficient 120 et dans des conditions météorologiques normales (pas de vent du large, pas de dépression atmosphérique susceptible d'élever le niveau de la mer)* ». Afin de limiter l'incertitude due à la subjectivité qui existe dans l'appréciation de la position du trait de côte par l'opérateur, différents descripteurs sont utilisés. La Figure 12 (Mallet, *et al.*, 2012) résume les principaux indicateurs du trait de côte existant en France Métropolitaine dans le cas de milieux de marais maritimes ou de côtes artificialisées, que l'on retrouve dans le delta de la Leyre.

| Milieu                                                | Indicateurs de trait de côte fréquemment utilisés | Classe/type                   |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| Marais maritime                                       | laisse de mer                                     | hydrodynamique                |
|                                                       | ligne de débris (trace de tempête passée)         | hydrodynamique                |
|                                                       | limite supérieure du schorre                      | géomorphologique et botanique |
|                                                       | limite supérieure de la slikke                    | géomorphologique et botanique |
| Côte artificialisée (ouvrages en l'absence de plages) | limite côté mer de l'aménagement                  | géomorphologique              |
|                                                       | limite côté terre de l'aménagement                | géomorphologique              |
|                                                       | sommet des ouvrages                               | géomorphologique              |

Figure 12 : Principaux indicateurs du trait de côte dans le cas de marais maritimes ou de côtes artificialisées (d'après Mallet et al., 2012)

Ainsi, dans la portion de marais maritime non artificialisé du delta, le trait de côte a été considéré comme étant la limite supérieure du schorre (transition entre une végétation « terrestre » et une végétation caractérisant le schorre). Au niveau des bassins endigués, c'est le pied de digue qui a été choisi comme indicateur du trait de côte (Figure 13).



Figure 13 : Illustration des indicateurs de position du trait de côte utilisés dans le cas des domaines endigués (à gauche) et des marais maritimes (à droite)

- *Digitalisation du bâti*

Les zones urbanisées ont été digitalisées sur la base de la méthode utilisée par le GIP littoral (Groupement d'Intérêt public) pour l'occupation du sol de 1985 (dite « OCS historique »), disponible sur la plateforme régional d'échange de données PIGMA. Deux couleurs différentes ont été utilisées afin de distinguer le tissu urbain continu, plus dense, du tissu urbain discontinu, plus aéré.

Selon la nomenclature utilisée par le GIP Littoral, le tissu urbain continu regroupe à la fois les espaces occupés par une urbanisation de type collectif dense comme les noyaux de villes anciens, et les espaces structurés par une urbanisation de type individuel dense (maisons à 1 ou 2 étages au plus avec jardins de petites dimensions, lotissements assez denses).

A l'inverse, le tissu urbain discontinu regroupe à la fois les espaces occupés par des maisons individuelles espacées qui coexistent avec des surfaces végétalisées et boisées ou du sol nu sur des surfaces non négligeables, les sièges d'exploitations agricoles et bâtiments agricoles isolés, les habitats touristiques spécifiques, et les habitats collectifs hauts.

La distinction réalisée entre ces deux types de tissu urbain sur les photographies aériennes reste qualitative.

### 1.3. Résultats et interprétation

Cette partie présente un résumé des principaux résultats obtenus lors de la reconstitution de l'évolution du trait de côte et de l'étalement urbain sur la période 1758-2020. L'ensemble des illustrations réalisées dans le cadre de cette étude historique figure en annexe (Annexe 1 à Annexe 19).

#### 1.3.1. Traits de côte

Le trait de côte digitalisé à partir de cartes anciennes et de photos aériennes entre 1758 (avant endiguement des prés salés du delta de la Leyre) et 2020. Les principales évolutions du trait de côte sont représentées sur la figure suivante (Figure 14). La position initiale de la côte est figurée par une « bande côtière », la carte réalisée par Cassini en 1758 ne permettant pas de tracer un trait de côte - correspondant à la limite supérieure du schorre - avec précision.

Cette figure permet de mettre en évidence une première phase d'avancée du trait de côte sur la mer entre 1758 et 1787 (*Phase 1* : Endiguements et avancée du trait de côte sur la mer), période correspondant aux travaux d'endiguement de site de Certes, puis de Graveyron et de l'île de Malprat.

Ensuite, une période de stabilité est observée : jusqu'en 1996, le trait de côte reste relativement immobile. En effet, la présence et l'entretien régulier des digues externes des domaines endigués ont, à partir des éléments cartographiques et photographiques disponibles, fixé le trait de côte de la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle (ce qui n'exclut pas des reculs ponctuels dans le temps et dans l'espace).

Enfin, depuis 2000, les cartes montrent des zones de recul du trait de côte (*Phase 2* : Reconnexions marines et recul du trait de côte) au gré des reconnexions marines survenues dans le cadre de la stratégie de gestion mise en place par le Conservatoire du littoral, d'abord à la pointe de Graveyron puis au nord de l'île de Malprat.



# Evolution du trait de côte dans le Delta de la Leyre entre 1758 et 2020

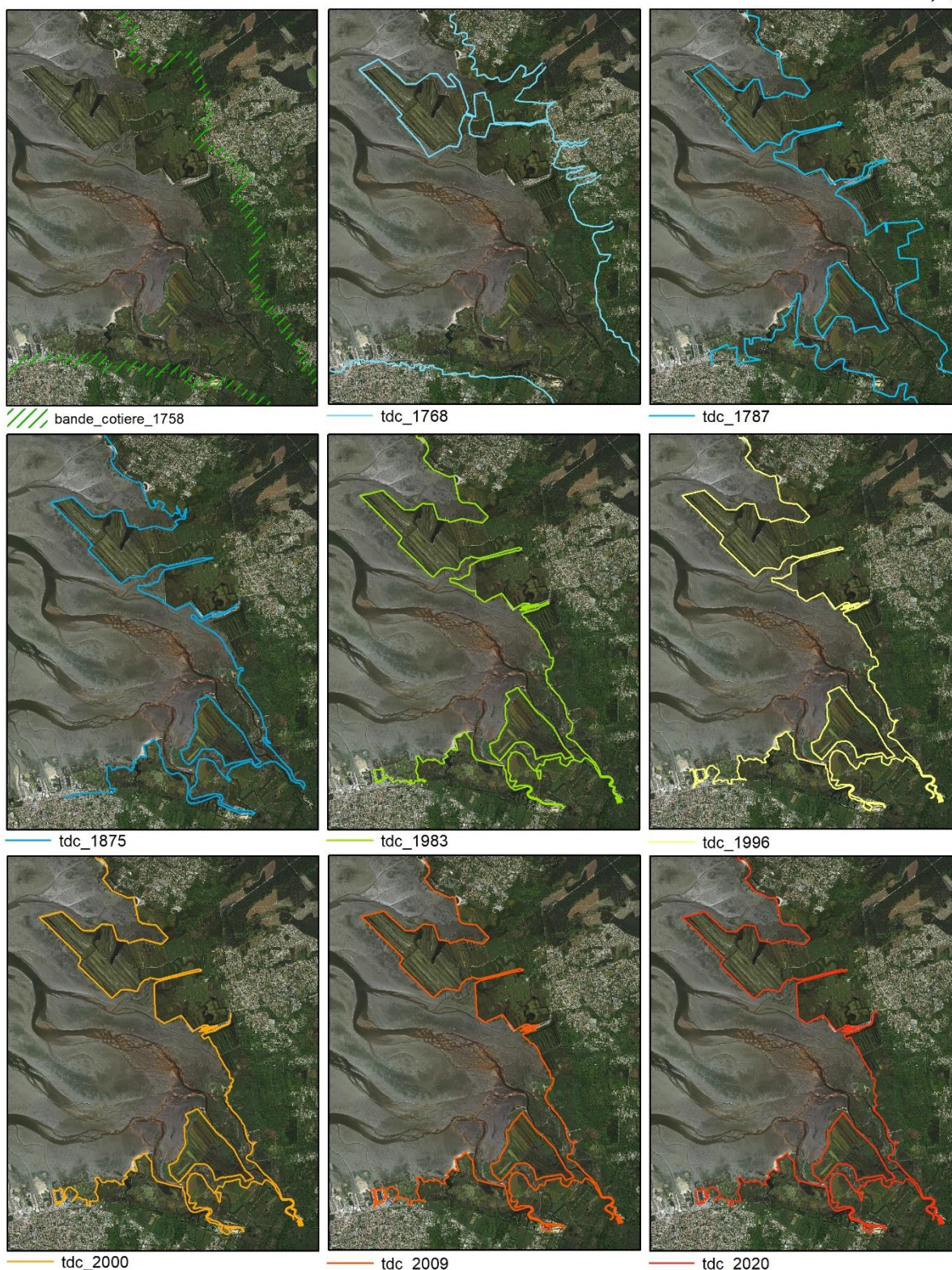


Figure 14 : Principales évolutions du trait de côte dans le delta de la Leyre depuis 1758



- Phase 1 : Endiguements et avancée du trait de côte sur la mer

Les cartes du Chevalier de Kearney (1768), de Belleyme (1787) et du Conseil Général de la Gironde (1875) permettent d'observer la progression de l'endiguement des sites du delta de la Leyre (Figure 15).

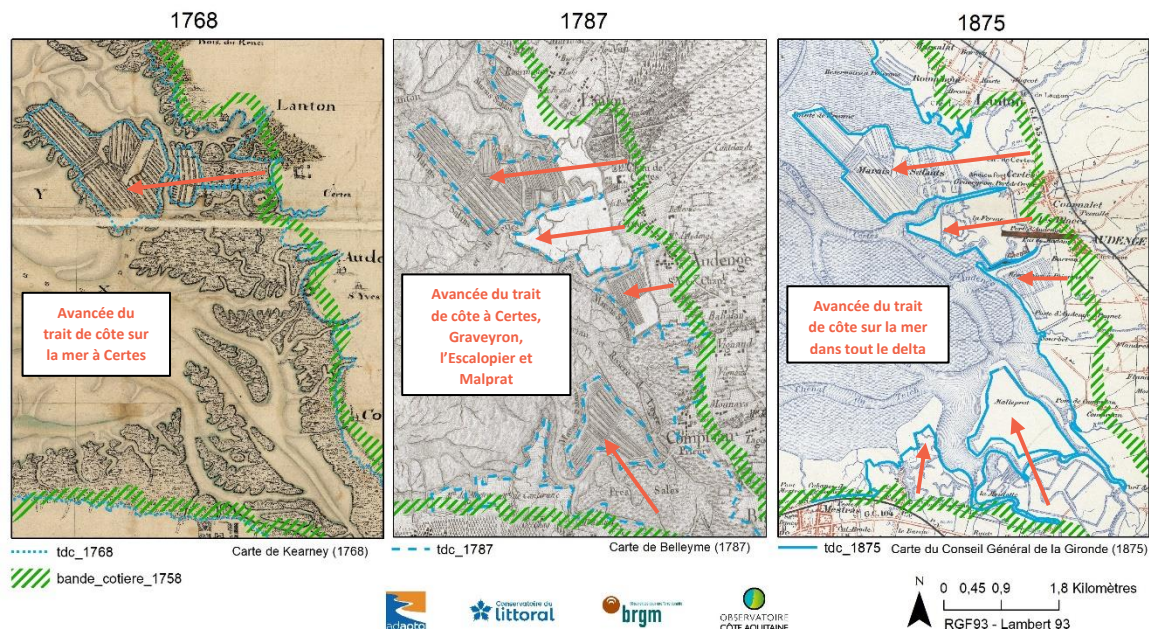


Figure 15 : Progression de l'endiguement des sites du delta de la Leyre entre 1768 et 1875

Le premier endiguement réalisé en 1764 à Certes est visible sur la carte du Chevalier de Kearney, réalisée en 1768. La carte de Belleyme, datant de 1787, met ensuite en évidence une avancée du trait de côte sur la mer due à l'endiguement des sites de Certes et Graveyron, de l'Escalopier et de l'île de Malprat. Enfin, le dernier domaine endigué est le domaine de Bayonne, à l'ouest de l'île de Malprat, qui apparaît sur la carte de 1875 réalisée par le Conseil Général de la Gironde.

- Phase 2 : Reconnexions marines et recul du trait de côte

La seconde phase de modifications de la morphologie de la côte (Figure 16) est liée à la stratégie de gestion du Conservatoire du littoral mise en œuvre à partir de la fin du XX<sup>ème</sup> siècle au niveau de la pointe de Graveyron et du nord de Malprat. Celle-ci est fondée sur l'accompagnement des processus naturels et vise à rendre au trait de côte sa mobilité naturelle grâce à la reconnexion marine contrôlée de certains secteurs.

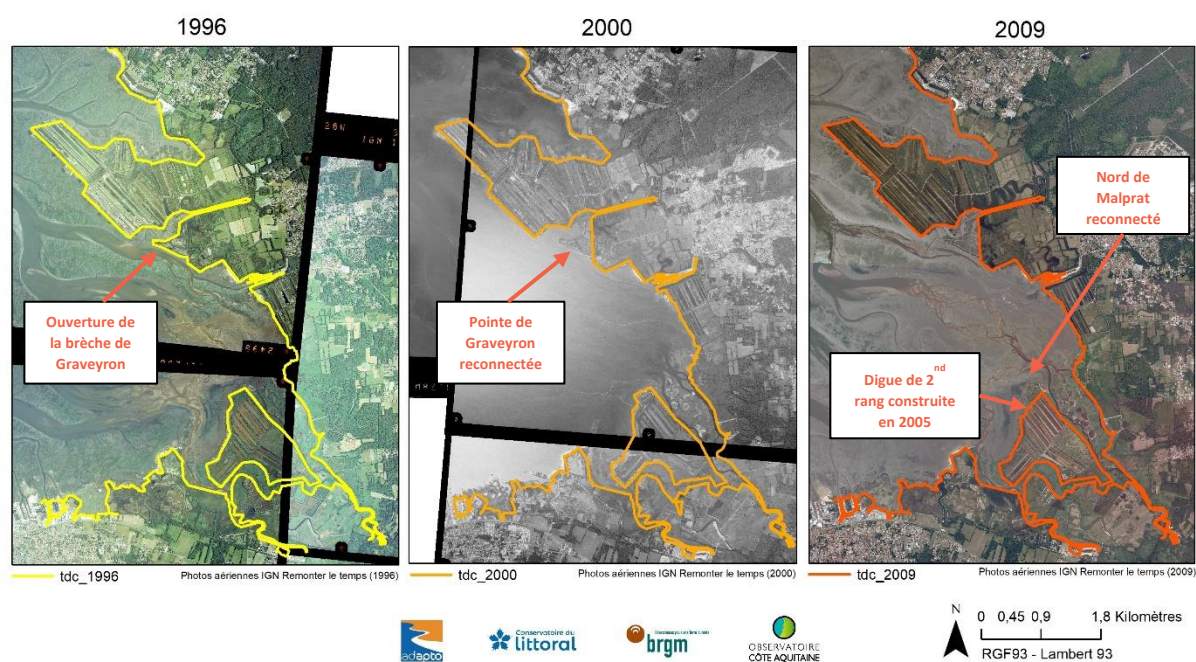


Figure 16 : Evolution des reconnections marines dans le delta de la Leyre entre 1996 et 2009

Les photographies aériennes de 1996 permettent d’observer une brèche au niveau de la pointe de Graveyron (voir zoom en Annexe 5). Sur les images datées de 2000, ce secteur reconnecté à la mer a déjà commencé à évoluer en pré-salé. Enfin, la photographie de 2009 montre un recul du trait de côte au nord de l’île de Malprat. Le trait de côte correspond donc à la digue de second rang, réalisée en 2005.

Les principales évolutions du trait de côte depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle sont illustrées sur la figure de synthèse suivante (Figure 17) :



# Principales évolutions du trait de côte dans le Delta de la Leyre depuis le XVIIIème siècle



Figure 17 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte dans le delta de la Leyre depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle. En vert la position initiale de la côte, en bleu l'évolution des endiguements, et en jaune/orange/rouge l'évolution des reconnections marines.

Ainsi, les différentes phases de mobilité du trait de côte sont le reflet de l'évolution des modes de pensée au fil des siècles. Alors que la tendance était plutôt à l'avancée de la terre sur la mer dans un objectif de production à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, les stratégies de gestion récentes du trait de côte mises en place par le Conservatoire du littoral montrent une volonté de rendre au trait de côte sa mobilité naturelle et de diminuer les aménagements anthropiques sur les zones littorales afin de les protéger au mieux.

Cette évolution est intéressante à étudier en parallèle de celle de l'étalement urbain sur les zones côtières du delta de la Leyre, qui a subi de fortes modifications depuis la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle.



### 1.3.2. Urbanisation

- *Augmentation de la surface urbanisée*

L'étalement urbain est figuré pour la première fois sur les cartes anciennes de Belleyme (1787) et du Conseil Général de la Gironde (1875). Le bâti y est figuré peu précisément, mais ces cartes permettent d'avoir une indication qualitative des surfaces urbanisées afin d'établir des comparaisons avec les surfaces urbanisées récentes. La carte suivante (Figure 18) présente une comparaison entre l'étalement urbain en 1787, digitalisé à partir de la carte de Belleyme, et celui de 2020, illustré grâce à l'orthophotographie de 2020 du SIBA.

Afin de déterminer à quelle(s) période(s) ont eu lieu les évolutions les plus importantes, le bâti a ensuite été digitalisé sur des photographies aériennes couvrant le XX<sup>ème</sup> et le début du XXI<sup>ème</sup> siècle (Figure 19). Cette carte permet de mettre en évidence une croissance importante de l'étalement urbain entre 1950 et 1983. En effet, la couleur jaune dominante indique un étalement important des zones urbanisées entre ces deux dates.

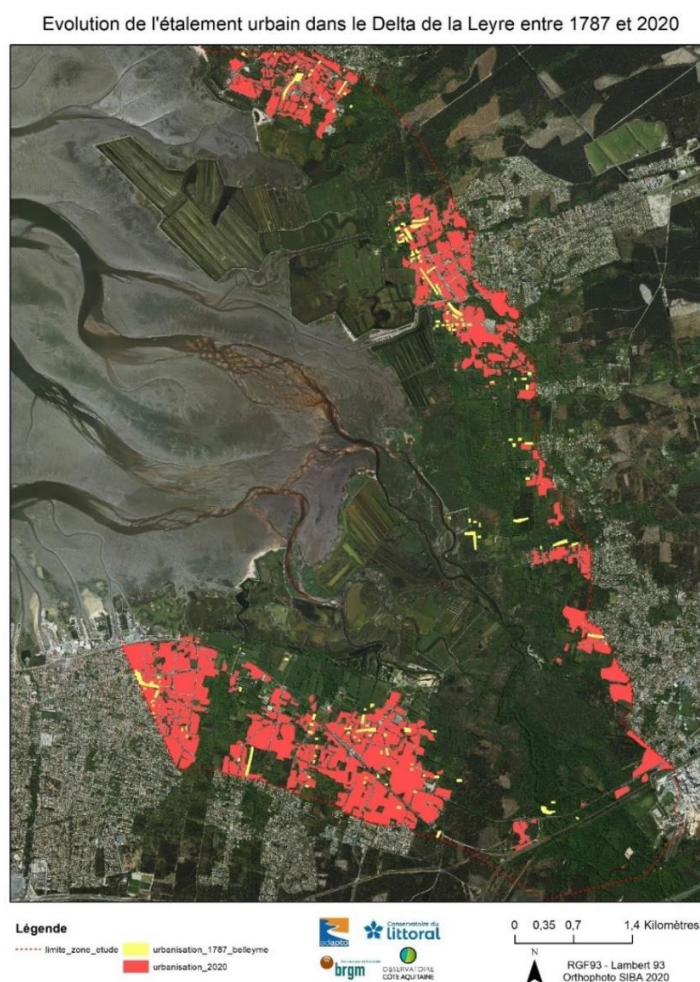


Figure 18 : Comparaison de l'étalement urbain entre 1787 et 2020



Figure 19 : Evolution de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre entre 1934 et 2020

- *Densification du bâti*

Afin d'étudier la densification des zones urbanisées, le bâti a été digitalisé selon deux catégories distinctes : tissu urbain continu et tissu urbain discontinu, distinguées selon la méthode de Digitalisation du bâti exposée plus haut. Les cartes suivantes illustrent l'évolution des deux types de tissu urbain entre 1934 et 2020 (Figure 20) :

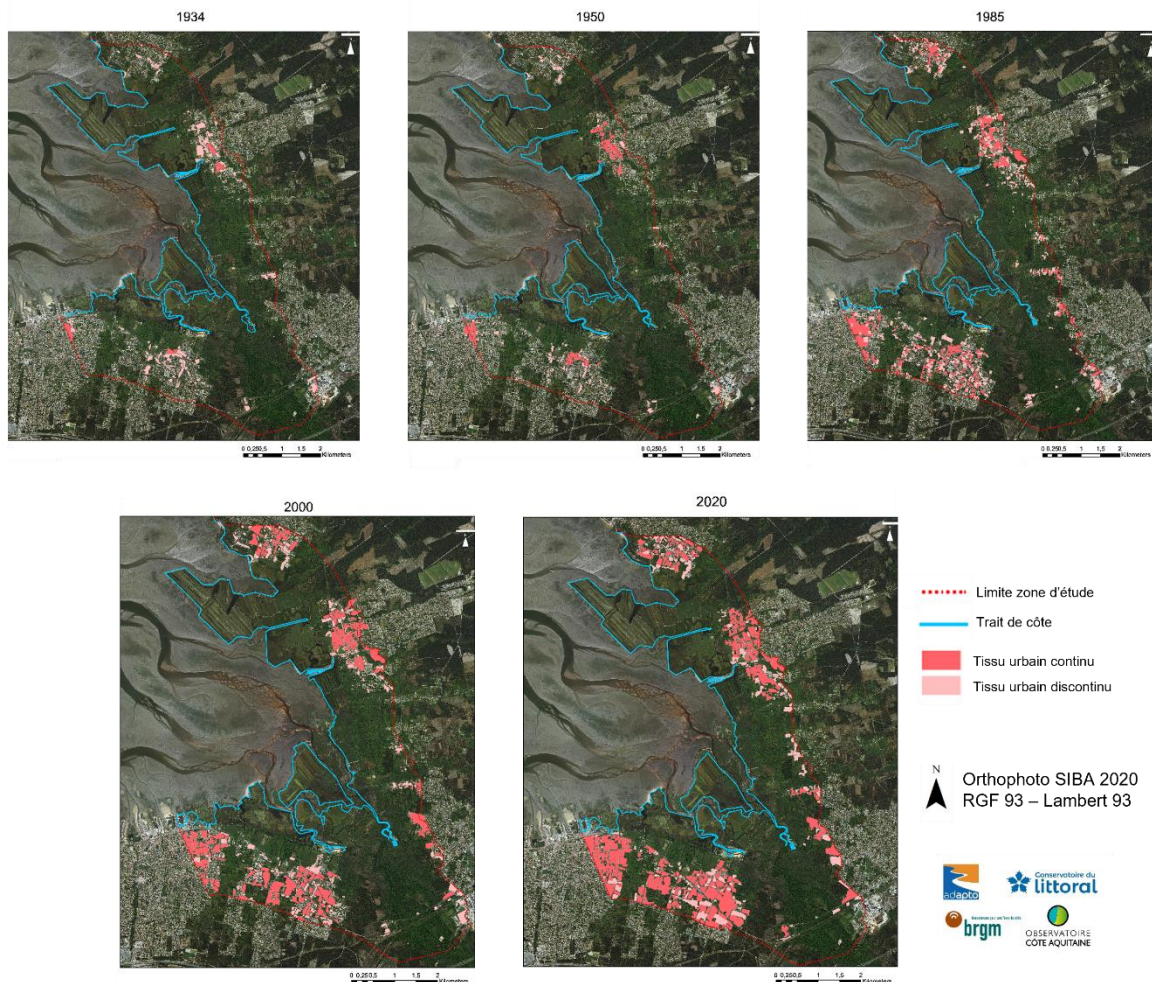


Figure 20 : Evolution de l'étalement et de la densification des zones urbanisées entre 1934 et 2020

Ces cartes indiquent une augmentation de la proportion de tissu urbain continu entre 1934 et 2020 en plus d'un étalement des zones urbanisées. Afin de confirmer cette observation, les surfaces de chaque type de tissu urbain (dense ou moins dense) et la surface totale urbanisée ont été calculées. Les résultats figurent dans le tableau en Annexe 20, et sont illustrés sur le graphique suivant (Figure 21) :



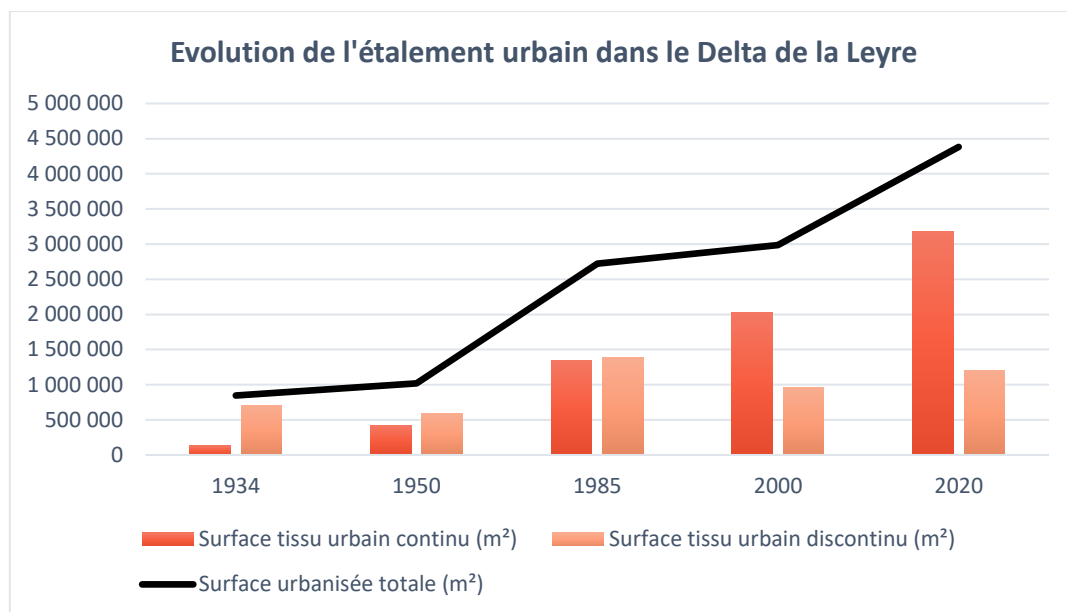


Figure 21 : Evolution de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre entre 1934 et 2020

Le calcul de la surface urbanisée totale indique que celle-ci a été multipliée par 5 environ entre 1934 et 2020. Sur ce graphique, deux phases successives de croissance importante de la surface urbanisée sont visibles : l'une entre 1950 et 1985, et l'autre entre 2000 et 2020. Ces deux phases correspondent aux mêmes tendances décrites dans le rapport de présentation du Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) réalisé par le SYBARVAL (Syndicat du Bassin d'Arcachon Val de l'Eyre) en 2013 : « *Les grandes tendances suivantes sont observées depuis 1950 : une forte augmentation de la consommation d'espace et un étalement urbain accéléré sur la période 1970 et 1990 ; un ralentissement de la consommation d'espace à partir des années 1990, date à partir de laquelle la croissance urbaine semble se faire plus par remplissage au sein des enveloppes urbanisées ; à partir de 2000, une nouvelle accélération de la consommation d'espace.* » (SYBARVAL, 2013)

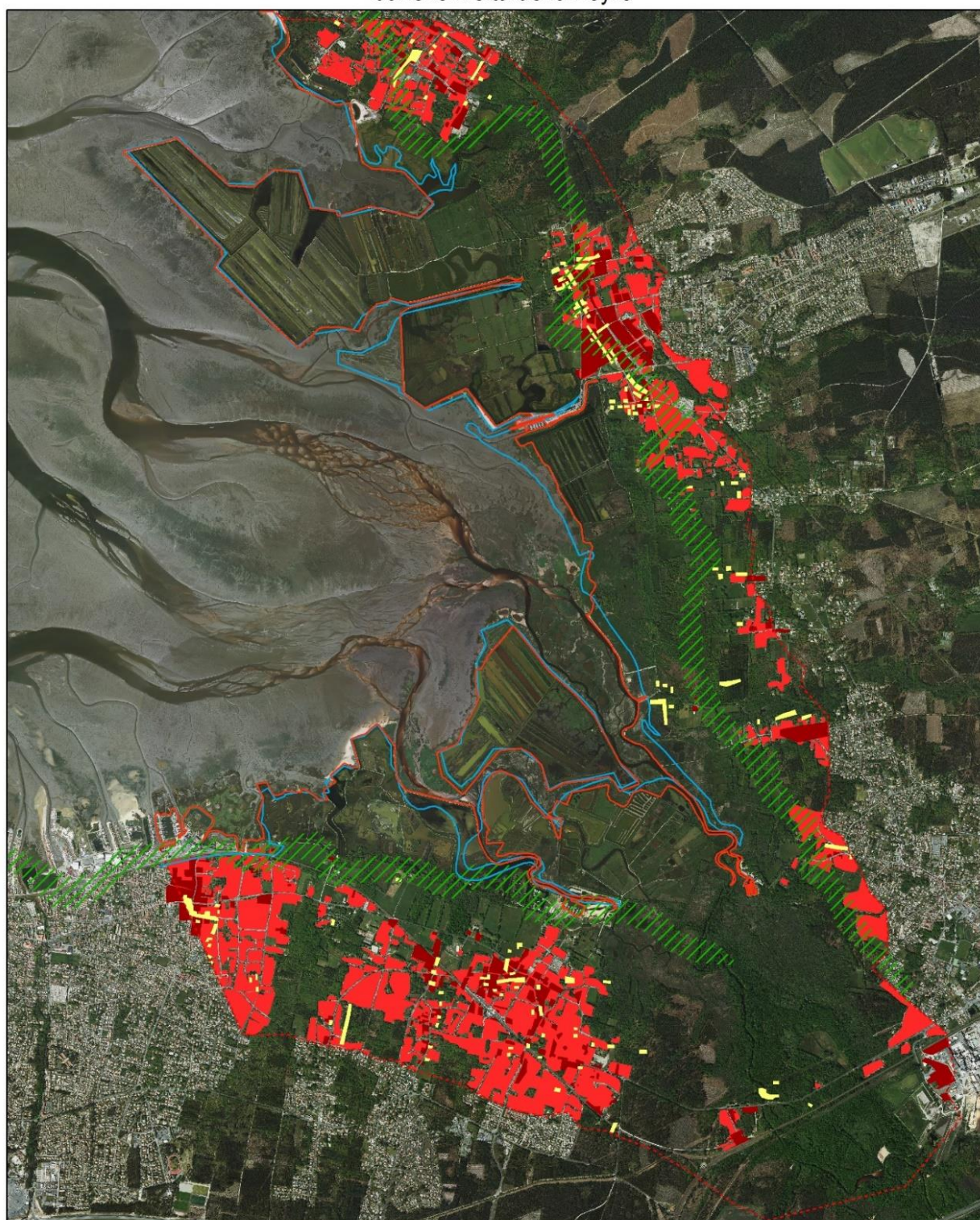
Ce graphique met en évidence une seconde information : la densification progressive du tissu urbain. Entre 1934 et 1950, les surfaces occupées par du tissu urbain discontinu, peu dense, sont prédominantes. En revanche, à partir de 2000, la surface occupée par du tissu urbain dense domine très largement. Ainsi, entre 1934 et 2020, la surface occupée par du tissu urbain discontinu a été multipliée par 2 environ, tandis que celle occupée par du tissu urbain continu a été multipliée par 23.

En plus d'un étalement des surfaces urbanisées, une forte densification du tissu urbain est donc observée dans le delta de la Leyre entre 1934 et 2020.

#### 1.4. Conclusion et discussion

La carte suivante (Figure 22) présente une synthèse des principales évolutions du trait de côte et de l'étalement urbain évoquées précédemment.

# Synthèse des principales évolutions du trait de côte et de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre



## Légende

- limite\_zone\_etude
- /// bande\_cotiere\_1758
- urbanisation\_1787\_belleyrne
- tdc\_1875
- urbanisation\_1950
- tdc\_2020
- urbanisation\_2020



0 0,35 0,7 1,4 Kilomètres



RGF93 - Lambert 93  
Orthophoto SIBA 2020

Figure 22 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte et de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle

L'environnement côtier du delta de la Leyre, bien que protégé des courants marins par sa situation en fond du Bassin d'Arcachon, est un milieu voué à évoluer. Depuis la fin de la dernière période glaciaire où le Bassin d'Arcachon n'était pas encore formé, jusqu'au Moyen-Age où le domaine de Certes était un immense pré salé situé dans l'alignement des passes, la zone littorale n'a cessé de se transformer. Ce n'est qu'à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, lors des endiguements à visée productive, que le trait de côte a été profondément avancé et fixé par l'Homme sur des secteurs initialement soumis à la mer.

Depuis, les activités humaines sur le littoral se sont fortement développées. Les littoraux sont devenus attractifs il y a un siècle et demi, d'abord dans une perspective hygiéniste et récréative (Baron, *et al.*, 2021). Le mouvement des populations vers les côtes s'est ensuite considérablement accru du fait du développement des loisirs et de l'économie touristique.

Les surfaces urbanisées se sont alors installées au niveau du trait de côte antérieur aux endiguements, étalées et densifiées, augmentant l'exposition des biens et des populations aux aléas de submersion marine.

Ce n'est qu'à partir de la fin du XX<sup>ème</sup> siècle et des acquisitions des domaines endigués du delta par le Conservatoire du littoral que le trait de côte a pu retrouver une certaine mobilité au niveau de la pointe de Graveyron et du nord de l'île de Malprat.

Ainsi, la reconstitution historique de l'évolution du trait de côte et de l'étalement urbain, bien qu'étant basée sur des approximations inhérentes à l'utilisation de cartes anciennes, et au géoréférencement de ces cartes et des photographies aériennes utilisées, a permis de mettre en évidence les mouvements qui touchent l'environnement du delta de la Leyre. Dans un contexte de changement climatique, il est essentiel d'étudier ces évolutions passées avant d'analyser les évolutions futures et de mettre en place des solutions de préservation des côtes souples permettant de s'adapter aux processus naturels à venir. Aujourd'hui, des techniques de suivi de l'évolution du trait de côte très fiables sont mises en place, notamment par l'Observatoire de la Côte de Nouvelle-Aquitaine. Une campagne de suivi géomorphologique et topographique au DGPS est réalisée annuellement sur le Bassin d'Arcachon, de même qu'un suivi photographique sur les domaines de Certes et Graveyron et l'île de Malprat.

Cette étude historique a également permis de regrouper et de présenter de manière illustrée des informations qui pourront être utilisées à des fins de sensibilisation. Les données produites ont notamment permis de réaliser un panneau local destiné à être présenté dans le cadre de l'exposition « Rivages en mouvement » du Conservatoire du littoral, une exposition itinérante sensibilisant au mouvement perpétuel des rivages. Ce panneau figure en Annexe 50.



## 2. Exposition du delta de la Leyre au risque de submersion marine

### 2.1. Définition de la submersion

Les submersions marines sont « *des inondations épisodiques de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères* » (Garry, *et al.*, 1997).

Le plus souvent, elles sont associées à des surélévations temporaires du niveau de la mer lors d'événements climatiques extrêmes (tempêtes, cyclones, tsunamis). Les surcotes marines observées lors des tempêtes sont dues à deux processus principaux :

- **La surcote atmosphérique**

Le passage d'un système dépressionnaire important peut entraîner une élévation du niveau de la mer selon deux mécanismes. Le premier est la chute de pression atmosphérique qui engendre une surélévation du plan d'eau : une diminution d'1 hPa provoque une élévation du plan d'eau de 1 cm (phénomène de baromètre inverse). Le second est la génération de courants dans les masses d'eau superficielles par le vent, qui les pousse vers la côte où elles peuvent s'accumuler et induire une élévation du niveau marin.

- **La surcote associée à la houle (wave setup)**

Les vagues déferlent lorsqu'elles s'approchent de la côte et transfèrent leur énergie au plan d'eau, ce qui contribue à le surélever jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres.

L'influence relative de l'un ou l'autre de ces deux processus sur l'amplitude de la surcote dépend fortement de la bathymétrie du domaine étudié. En présence d'un plateau continental large, l'action du forçage atmosphérique est prépondérante. En revanche, lorsque les pentes sont fortes et les côtes protégées par des récifs, c'est en théorie l'action de la houle qui prédomine (Krien, *et al.*, 2010).

Le niveau moyen du plan d'eau (ou niveau statique) lors d'une tempête est déterminé en considérant l'ensemble de ces forçages, ainsi que l'influence de la marée astronomique (Figure 23). En France métropolitaine, la marée est de type semi-diurne (2 cycles de pleine mer et de basse mer par jour). La différence de hauteur entre pleine mer et basse mer, appelée marnage, est de l'ordre de 3,8 m dans le contexte de côte mésotidale du Bassin d'Arcachon (Mujica, *et al.*, 2016).

Enfin, le niveau instantané du plan d'eau dépend du jet-de-rive (swash), c'est-à-dire le flux et reflux des vagues sur l'estran. La cote maximale atteinte par la mer au-dessus d'un niveau de référence (zéro hydrographique ou topographique) est appelée runup.



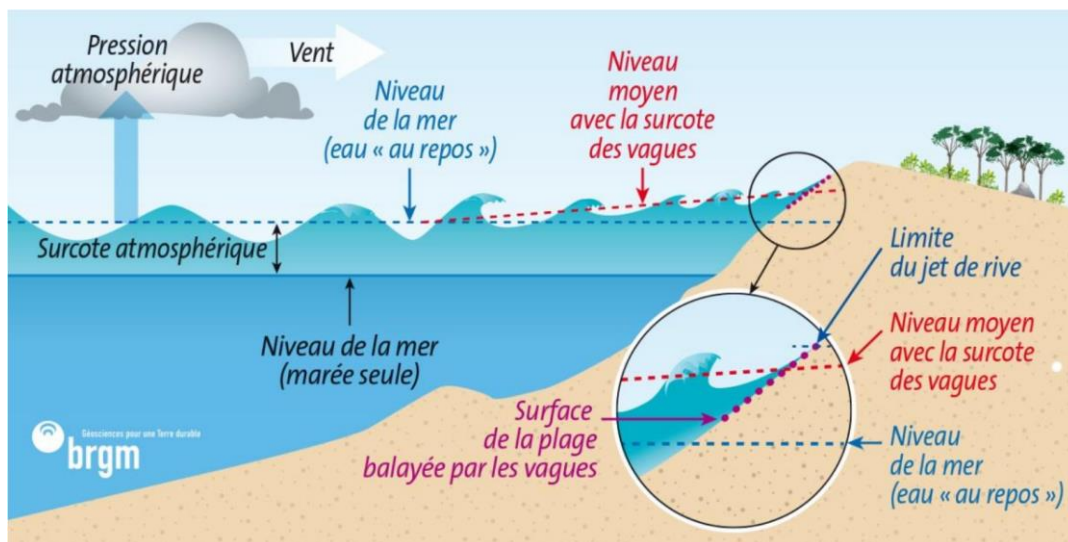


Figure 23 : Schéma des différentes contributions au niveau du plan d'eau lors d'une tempête (surcotes) jusqu'au rivage (Mujica, et al., 2016)

La submersion peut se manifester sous trois formes différentes :

- Le **franchissement** par paquets de mer, qui correspond au passage des vagues par-dessus les défenses côtières. Ce franchissement est conditionné par la position du niveau statique par rapport à la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection, et par les caractéristiques locales des vagues (hauteurs et périodes).
- Le **débordement**, qui correspond à une élévation du niveau d'eau statique au-dessus de la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection.
- La **rupture** de structures de protection causée par l'action répétée des vagues et/ou la surverse.

Ces différents processus sont illustrés sur la figure suivante (Figure 24).

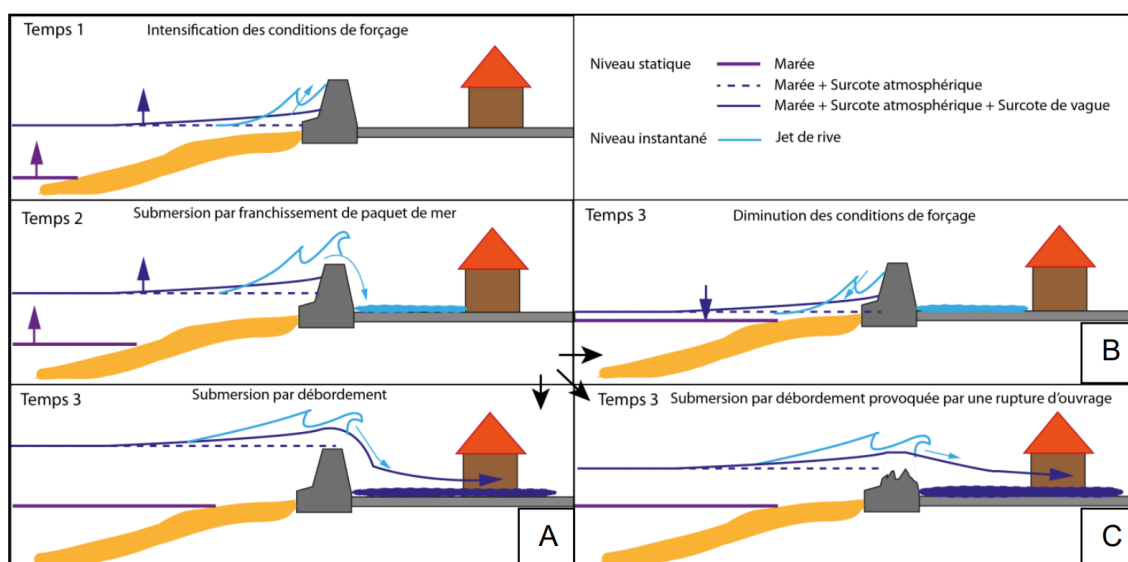


Figure 24 : Exemple de chronologies possibles en cas de submersion marine (franchissement par paquets de mer, dégradation des ouvrages ou débordement) ©BRGM

Les épisodes de tempête sont généralement caractérisés par une montée progressive du niveau statique et un renforcement de l'intensité des vagues (temps 1). A partir d'une certaine intensité, des

franchissements par paquets de mer peuvent se produire (temps 2). Si le niveau d'eau statique continue à augmenter, et dépasse la cote maximale des défenses côtières, la submersion peut passer en régime de débordement (temps 3A). Lorsque le niveau diminue du fait de la marée ou de la baisse de surcote, on peut observer un retour de l'eau accumulée à terre vers la mer, ou de nouveaux franchissements (temps 3B). Enfin, en cas de rupture d'un ouvrage de protection, des submersions par débordement peuvent survenir bien que le niveau statique soit plus bas que la cote maximale de l'ouvrage avant rupture (temps 3C).

## 2.2. Événements historiques de submersion marine ayant impacté le delta de la Leyre

Les submersions marines ne sont pas des phénomènes nouveaux dans le Bassin d'Arcachon. En effet, de nombreuses archives attestent d'événements de tempêtes historiques depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle.

Des informations sur les impacts des tempêtes passées ont notamment été recensées dans l'étude du CETE du Sud-Ouest (actuellement CEREMA) réalisée à la demande de la DDTM 33 dans le cadre des PPRL submersion marine (CETE Sud-Ouest, 2012). Ces données ont été collectées à partir de questionnaires (Etat, associations, communes, etc.) du fichier CAT-NAT et de recherches bibliographiques (archives, presse, etc...). Elles s'appuient notamment sur le mémoire rédigé par Daphné Eche en 2009 intitulé *Les submersions marines dans le Bassin d'Arcachon, Représentations sociales et Gouvernances du risque* (Eche, 2009).

Les informations figurant dans ces deux documents sont essentiellement qualitatives. La Figure 25, réalisée par le BRGM (Mugica, *et al.*, 2010) localise les secteurs ayant fait l'objet de submersions marines passées, notamment à partir des informations de l'étude du CETE. Excepté pour les événements de Klaus (24 janvier 2009) et Xynthia (28 février 2010), pour lesquels une cartographie des surfaces inondées ainsi que des mesures de hauteur d'eau ont été réalisées par le BRGM en association avec le SIBA, très peu d'informations quantitatives précises sont disponibles sur les submersions marines passées.

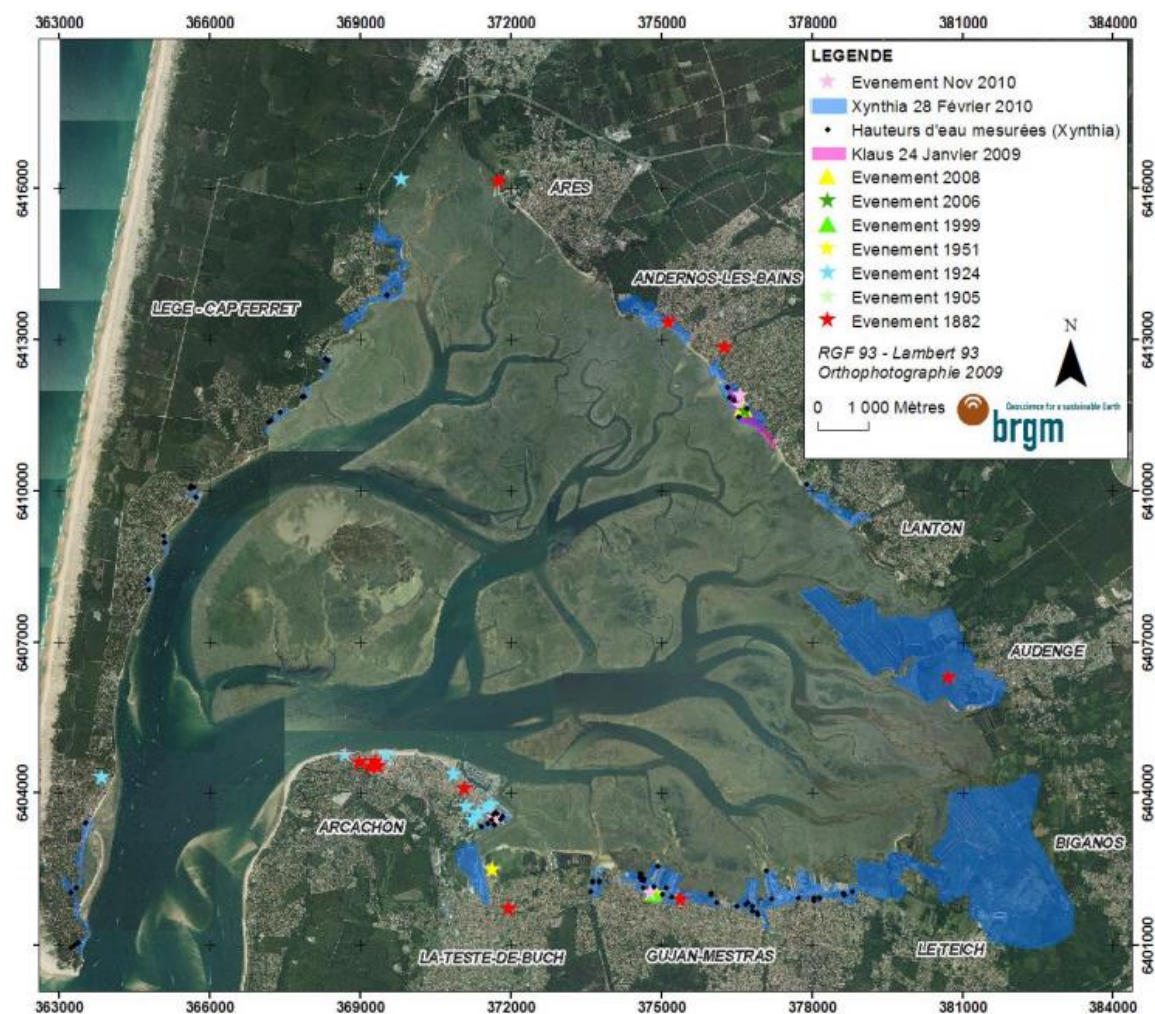


Figure 25 : Recensement des zones inondées lors d'événements de tempête passés entre 1882 et 2008. (Informations issues de l'étude du CETE Sud-Ouest, novembre 2012). Pour les tempêtes Klaus et Xynthia, les surfaces inondées ont été cartographiées à partir de visites de terrain du BRGM (Mugica, et al., 2010)

Le rapport du CETE indique que les submersions marines sont relativement fréquentes sur le Bassin d'Arcachon, comme en témoigne le nombre d'événements recensés depuis la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Les deux siècles passés ont connu chacun 3 à 4 événements de grande ampleur qui ont laissé des traces significatives (dommages, témoignages...) : 1882, 1896, 1897, puis 1924, 1951, 1984 et 1999. Le point commun entre ces événements est qu'ils se sont produits en hiver (décembre, janvier ou février) ou en octobre (1882 et 1984). (DREAL Nouvelle-Aquitaine, 2016; SIBA, 2016; CETE Sud-Ouest, 2012)

L'ensemble des événements répertoriés dans les rapports du CETE et de Daphné Eche figure dans les tableaux en Annexe 21 et Annexe 22. La frise chronologique suivante présente les événements historiques les plus importants ayant impacté le Bassin d'Arcachon, ainsi que ceux qui seront étudiés dans la suite de cette étude (Figure 26).

## Principales tempêtes historiques

### Submersions cartographiées dans cette étude

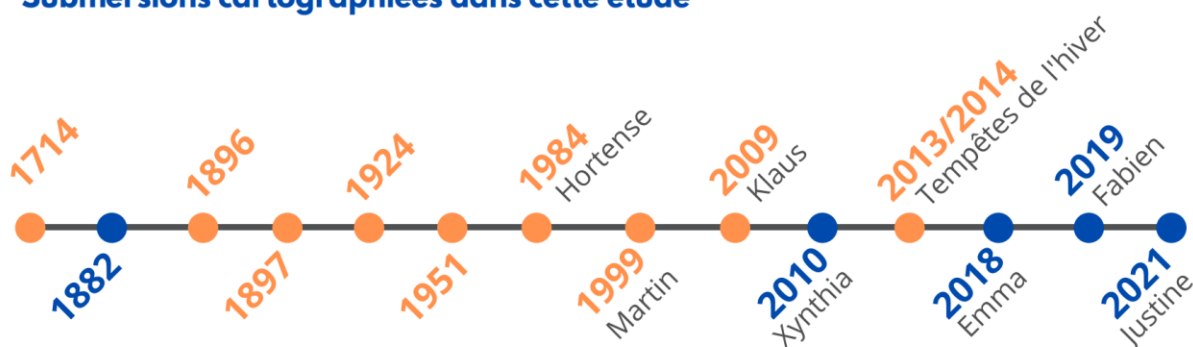


Figure 26 : Frise chronologique présentant les principales tempêtes historiques ainsi que les événements dont la submersion a été cartographiée plus bas

Il est probable que le recensement réalisé par le CETE ne soit pas exhaustif. En effet, ce rapport met en évidence les nombreuses informations sur les secteurs d’Arcachon, Andernos-les-Bains et Gujan-Mestras, mais le secteur du delta de la Leyre est peu développé. Cependant, dans l’exposition « Certes et Graveyron, terres d’utopies », Vincent Joineau évoque des submersions au niveau des domaines de Certes et Graveyron dès la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle.

A Certes, en 1762, le chemin de Pontails est “submergé par les eaux” empêchant la circulation entre le quartier de Certes et le bourg d’Audenge. Le procureur d’office du duc de Civrac oblige les habitants des deux agglomérations à construire une digue “ou chemin de hauteur et largeur suffisante pour éviter d’être submergé par les eaux”.

En 1784 et 1786, un état des lieux réalisé dans le domaine de Certes révèle que l’état des digues est catastrophique. De plus, entre les 21 et 25 décembre 1787, les digues des marais salants sont encore dégradées par des « débordements et ouragans » qui s’abattent sur l’est du Bassin d’Arcachon. Un programme de confortement des digues est alors mis en place : plus de 20 000 m<sup>3</sup> de terre sont acheminés en charrette, puis émiettés et végétalisés.

A Graveyron, entre 1796 et 1797, deux violents “débordements et des crues extraordinaires de la mer” sont évoqués.

Ainsi, l’étude des submersions historiques montre que le Bassin d’Arcachon, et par conséquent le delta de la Leyre, est une zone fragile qui a toujours été impactée par les événements climatiques extrêmes, le contexte géomorphologique des sites du delta de la Leyre leur conférant un rôle d’interface entre terre et mer directement exposée aux submersions.



### 2.3. Modélisation statique d'événements anciens et récents de submersion

Afin de caractériser l'exposition du delta aux risques de submersion marine, l'impact de quatre tempêtes récentes a été étudié : Xynthia (28 février 2010), Emma (2 mars 2018), Fabien (22 décembre 2019) et Justine (31 janvier 2021), ainsi que celui d'une tempête ancienne, celle du 28 octobre 1882.

#### 2.3.1. Méthode

Des cartographies statiques des submersions dues aux tempêtes Emma, Fabien, Justine et Xynthia, et à l'événement de 1882 ont été réalisées. Ces cartographies sont basées sur une projection du niveau d'eau maximal atteint lors de l'événement sur la topographie de la zone étudiée.

Les conditions météo-marines associées aux tempêtes étudiées sont les suivantes :

- Pour la tempête **Emma**, la station météo de la pointe du Cap-Ferret a enregistré des vents à la côte de 70 à 75 km/h avec des rafales supérieures à 100 km/h. Le minimum dépressionnaire (979 hPa) est enregistré le 1<sup>er</sup> mars vers 19h-22h.  
Cet événement est survenu lors des grandes marées (coefficient 102 le 1<sup>er</sup> et 106 le 2 mars 2018). Des surcotes relativement importantes ont été mesurées : à Eyrac, à la pleine-mer de 4h50, la surcote était de l'ordre de 30 cm. Le niveau total enregistré à Arcachon-Eyrac était seulement 10 cm plus bas que le niveau observé lors de la tempête Xynthia (Bulteau, *et al.*, 2018).
- La tempête **Fabien** est caractérisée par un coefficient de marée assez faible (61 à 64), mais qui a été accentué par la crue de la Leyre et une hauteur d'eau de 3,9 à 4 mètres (Réserve ornithologique du Teich, 2021). Au niveau de la réserve ornithologique du Teich, une pluviométrie de 15 mm et des rafales de vent à plus de 100 km/h ont été enregistrées dans la nuit.
- Le coefficient de marée de la tempête **Justine** est modéré (84 à 93), mais associé à une forte pluviométrie (10 à 15 mm journaliers enregistrés sur la ROT), une surcote de 30 à 70 cm à la ROT, de la houle et des vents forts. La note bilan de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (Robinet, *et al.*, 2021) fait état d'un niveau maximal de 5,16 m CM enregistré à Eyrac, dont une surcote de 80 cm à la pleine mer. La vitesse moyenne du vent mesurée à la station du Cap-Ferret s'élève à 72 km/h, avec des rafales d'environ 100 km/h.
- Selon le SIBA (SIBA, 2010), la tempête **Xynthia** est associée à un coefficient de marée de 102, une hauteur d'eau maximale de 4,55 m CM enregistrée à Eyrac le 28 février 2010, ainsi qu'une surcote de 0,9 mètres, soit un total de 5,46 m CM. La vitesse du vent a atteint 130 à 144 km/h le 28 février. Le passage de la tempête a coïncidé avec une marée haute de coefficient 102 et des fortes houles comprises entre 6 et 7 m. La pression a chuté de 20 hPa en moins de 24h (Aubié, *et al.*, 2010).
- Lors de l'événement de **1882**, des coefficients de marée de 110 et 108 ont été enregistrés respectivement le 27 et les 28 et 29 octobre (Eche, 2009). Bien qu'il n'existe pas de donnée chiffrée pour la vitesse des vents, dans *Pages d'histoire locale*, Jacques Ragot indique que la tempête est caractérisée par un « vent violent d'ouest ».

Pour la tempête Xynthia, le niveau d'eau maximal considéré pour la cartographie de la submersion est de 3,55 m NGF. En effet, le rapport réalisé par le SIBA suite à la tempête indique qu'une hauteur d'eau maximale de 3,50 à 3,60 m NGF a été mesurée à Audenge (SIBA, 2010).

Pour les tempêtes Emma, Fabien et Justine, des chroniques de hauteur d'eau mesurées par le marégraphe appartenant au SIBA au port d'Audenge sont disponibles entre 2018 et 2021. Pour chacun des 3 événements, le niveau d'eau maximal atteint pendant la période de la tempête a été extrait de ces données.

Pour la tempête de 1882, un niveau maximal de 5,40 m cote marine, soit 3,42 mNGF a été enregistré à Eyrac (*CETE Sud-Ouest, 2012*). Or, il a été démontré qu'il existe à marée haute un décalage de 15 cm entre les hauteurs d'eau mesurées à Eyrac et celles mesurées près du domaine de Graveyron (Ifremer, 1997; Marcadet, 2004; Anselme, *et al.*, 2008).

Ces écarts de niveaux d'eau entre Eyrac et Graveyron figurent dans le tableau suivant (Tableau 3), repris de Anselme *et al.*, 2008.

Tableau 3 : Hauteur de la marée astronomique (m) à Eyrac et à Graveyron, en mètres NGF (Ifremer, 1997; Marcadet, 2004; Anselme, *et al.*, 2008)

|           | PM 120 | PM 95 | PM 70 (PMM) | PM 45 | Niveau moyen | BM 45 | BM 95 | BM 120 |
|-----------|--------|-------|-------------|-------|--------------|-------|-------|--------|
| Eyrac     | 2,92   | 2,37  | 1,89        | 1,42  | 0,51         | -0,68 | -1,53 | -1,93  |
| Graveyron | 3,07   | 2,52  | 2,04        | 1,57  | 0,51         | -0,70 | -1,55 | -1,95  |

Ainsi, à marée haute, un décalage de 15 cm est observé entre Eyrac et Graveyron. Ces 15 cm ont donc été ajoutés aux niveaux d'eau maximum relevés lors de la tempête de 1882 pour établir la cartographie statique de submersion.

Les niveaux d'eau utilisés pour ces cinq cartographies statiques de la submersion figurent dans le tableau suivant (Tableau 4) :

Tableau 4 : Niveaux d'eau maximaux atteints à Audenge lors des tempêtes Xynthia, Emma, Fabien, Justine, et de 1882

|         | Niveau d'eau maximal atteint à Audenge (m NGF) | Date       | Heure         |
|---------|------------------------------------------------|------------|---------------|
| 1882    | 3,57                                           | 28/10/1882 | Non précisée  |
| Xynthia | 3,55                                           | 28/02/2010 | Non précisée  |
| Emma    | 3,23                                           | 02/03/2018 | 5h31 – 5h34   |
| Fabien  | 3,43                                           | 22/12/2019 | 00h48 – 00h49 |
| Justine | 3,39                                           | 31/01/2021 | 6h12 – 6h16   |

Dans un premier temps, le LiDAR 2016 a été découpé sur la zone du delta de la Leyre. Ensuite, les zones dont la cote est inférieure à celle du niveau marin mesuré lors de la tempête ont été extraites grâce à l'outil Setnull. Les zones dont la cote est inférieure ou égale à 1 m NGF ont été considérées comme appartenant au domaine marin et ont été figurées en bleu. Ainsi, à titre d'exemple, pour la cartographie de la zone submergée lors de la tempête Emma, d'après les hypothèses considérées ici et expliquées ci-dessus, les zones submergées sont comprises entre 1,00 m et 3,23 m NGF.

La portion de l'image LiDAR obtenue a ensuite été superposée à l'orthophotographie de 2020 réalisée par le SIBA afin de figurer une zone submergée.

### 2.3.2. Résultats

La figure suivante (Figure 27) présente la cartographie statique de la submersion due à la tempête Xynthia sur les domaines de Certes et Graveyron (en haut) et l'île de Malprat (en bas). Une cartographie de cette submersion sur tout le delta de la Leyre ainsi que les cartographies réalisées pour les tempêtes Emma, Fabien, Justine, et de 1882 figurent en Annexe (Annexe 23 à Annexe 32).

Les portions de digues situées sous la cote atteinte lors de la tempête apparaissent colorées en mauve. Ces zones sont mises en évidence par des flèches sur les cartes.

Dans le cas de la tempête **Emma**, la cartographie indique donc une entrée d'eau au niveau du point le plus bas de la digue nord-ouest de la pointe de Branne à Certes. A Graveyron, une portion de digue est franchie dans le secteur de Verduret, pointé par la flèche. A Malprat, une portion de la digue à la mer au nord est plus basse que le niveau d'eau atteint, ainsi que deux autres portions au sud de l'île. Les digues franchies lors de la tempête **Justine** sont sensiblement les mêmes que pour la tempête Emma, les niveaux d'eau atteints lors de ces deux tempêtes étant relativement proches.

Pour la tempête **Fabien**, pour laquelle le niveau d'eau atteint était légèrement plus élevé que pour les tempêtes Emma et Justine, la même zone d'entrée d'eau est observée au niveau de la pointe de Branne à Certes, ainsi que deux autres sur la digue nord du domaine. A Graveyron, la carte indique que la digue en arrière de la pointe est plus basse que la hauteur d'eau atteinte lors de la tempête. Il est donc possible qu'elle ait été franchie et que le domaine ait été submergé. Cependant, la cartographie statique ne prend pas en compte l'effet du pré salé présent devant la digue qui a pu exercer un effet « éponge » et atténuer la submersion. Des entrées d'eau sont également visibles au niveau du canal séparant Certes et Graveyron, et au niveau du port d'Audenge. A Malprat, les digues franchies se situent toujours au niveau de la digue à la mer au nord, ainsi qu'au sud de l'île.

Les zones de digues submergées sur la cartographie concernant la tempête **Xynthia** sont également approximativement les mêmes que pour la tempête Fabien. Le niveau d'eau atteint lors de Xynthia étant légèrement plus élevé, cette tempête est la seule dont la cartographie indique un franchissement au niveau de la digue au sud de Certes.

Les zones d'entrée d'eau lors de la tempête de 1882 n'ont pas été figurées, le LiDAR utilisé pour cette carte étant celui de 2016, trop récent pour figurer de manière pertinente les digues de 1882.

Cartographie des zones situées sous la cote 3.55 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010)

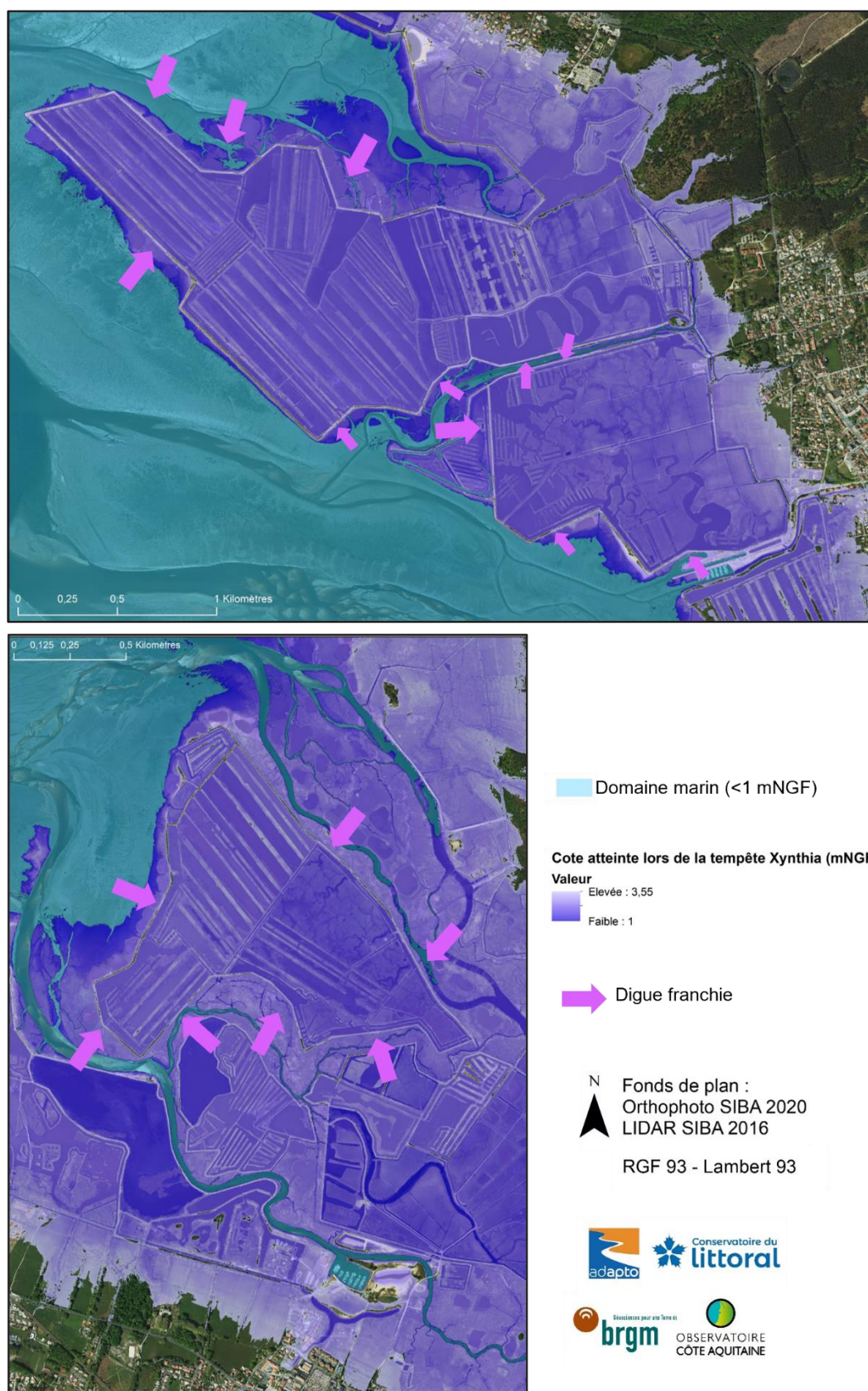


Figure 27 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,55 m NGF, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010)



La cartographie statique permet de projeter un niveau d'eau sur la topographie du site et d'obtenir une zone « submergée » correspondant à l'ensemble des points situés sous une cote donnée. Cependant, cette approche ne prend pas en compte l'effet des ouvrages de protection. Ainsi, une zone identifiée comme basse et colorée sur la carte a pu être protégée par la digue et ne pas subir de submersion. Elle ne considère pas non plus la dynamique de submersion, soit le parcours de la lame d'eau dans les terres et la temporalité de l'événement. Des zones basses peuvent donc avoir été identifiées mais non atteintes par un événement en fonction de leur localisation, de l'occupation du sol et de la durée de submersion. Néanmoins, l'approche statique de la submersion présente l'avantage d'être relativement rapide et peu coûteuse à mettre en œuvre comparativement à la modélisation numérique. Cette méthode reste largement employée en préalable à la simulation numérique, ou encore en l'absence de données pour l'implantation d'un modèle.

### 2.3.3. Comparaison avec les observations de terrain et discussion

Afin d'obtenir des indications sur la pertinence des cartes réalisées, celles-ci ont donc été comparées à des observations recensées après les différentes tempêtes.

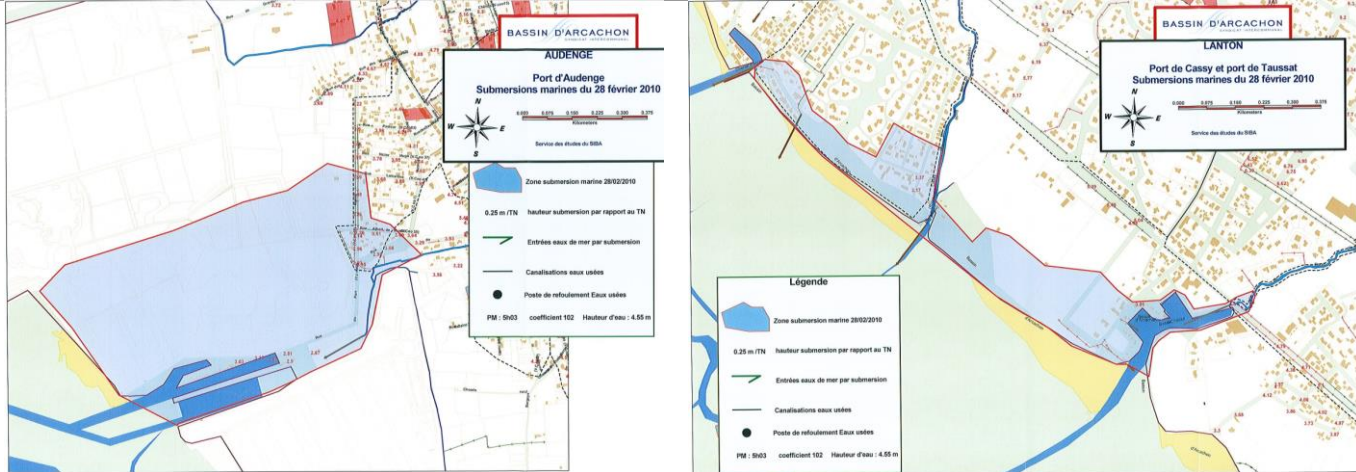
- *Recensement des observations*

Les observations de submersions ou d'entrées d'eau ont été collectées dans des documents réalisés par divers acteurs : l'Observatoire de la côte Aquitaine, le BRGM, les agents de la réserve ornithologique du Teich ou le SIBA. Ces données sont recensées dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Recensement des submersions observées lors des tempêtes Emma, Fabien, Justine et Xynthia

| Tempête       | Observations                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Source                                                                                                           |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Emma</b>   | <p><u>Audenge, port ostréicole :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inondation des cabanes ostréicoles et des restaurants sur les quais</li> <li>- Inondation des domaines de Certes et Graveyron :</li> <li>• Certes <ul style="list-style-type: none"> <li>- prairies de Passaduy : les fossés ont contenu les volumes d'eau du ruisseau débordant sur les prairies</li> <li>- grandes plaines : prairies non impactées</li> </ul> </li> <li>• Graveyron : <ul style="list-style-type: none"> <li>- secteur Verduret : 90% des prairies inondées</li> <li>- fossés d'eau douce saturés : chemin central inondé</li> </ul> </li> </ul> <p><u>Le Teich</u><br/>Des hauteurs d'eau de plus de 50 cm ont submergé les prairies et les chemins. Effondrements partiels des sentiers sur digues.<br/>Fleury : 50% des parcelles ont été inondées. La partie endiguée du site n'a pas été inondée</p> <p><u>Lanton</u><br/>Franchissements et débordements au niveau du bassin de baignade et des réservoirs au sud de ce secteur</p> <p><u>Cassy</u><br/>Submersion sur l'esplanade (pelouse) et les parkings autour du port et dans l'étang au sud du port</p> | Note de l'Observatoire de la Côte Aquitaine – Bilan de l'événement du 02/03/2018 (Bulteau, <i>et al.</i> , 2018) |
| <b>Fabien</b> | <p><u>Réserve Ornithologique du Teich</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- événement anticipé par vidange des unités "Grand large", "Quancard" et "Marais ouest"</li> <li>- nombreuses zones de submersion marines identifiées :</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Suivi des intempéries et des submersions marines – Digues de la ROT (Réserve ornithologique du Teich, 2021)      |
|               | <p><u>Andernos</u></p> <p>Quelques débordements sur le front de mer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Port ostréicole : inondation probable de quelques cabanes d'ostréiculteurs situées en bout de quai par débordement</li> <li>• Eglise Saint-Éloi : projection de paquets de mer au-dessus du perré situé face à l'église</li> <li>• Esplanade centrale : projection de paquets de mer au-dessus du perré</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Fiche tempête de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (fichetempete.brgm.fr)                                      |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Justine | <p><u>Réserve Ornithologique du Teich</u><br/> Événement anticipé par une vidange des unités “Grand large”, “Quancard” et “Marais ouest”.<br/> Plusieurs zones de submersion marine ont été observées sur la digue, continuant à fragiliser les secteurs à risques bien qu’aucun dégât « majeur » n’ait été identifié.</p> <div data-bbox="324 327 974 790"> </div> <div data-bbox="1008 327 1657 790"> </div> <p>Quelques débordements au fond du Bassin d’Arcachon (au niveau des ports de Gujan-Mestras, Le Teich, Biganos et Lanton) et des franchissements de vagues sur le front de mer d’Andernos lors des marées hautes du dimanche 31/01 et du lundi 01/02 le matin.</p> <p><u>Andernos-les-Bains</u><br/> Franchissements de paquets de mer place Gambetta et dans le secteur du Mauret. L’eau a rempli le casier des piscines qui n’a toutefois pas débordé côté rue.<br/> Quelques débordements au niveau du port ostréicole sur une quinzaine de mètres au fond des quais côté parking</p> <p><u>Lanton</u><br/> Les parkings et le sentier piéton faisant le tour du port de Cassy ont été inondés. Traces d’inondations au fond du camping le coq Hardy</p> <p><u>Le Teich</u><br/> Submersion du port</p> <p><u>Gujan-Mestras</u><br/> Submersion des ports de Meyran et de la Molle</p> | <p>Suivi des intempéries et des submersions marines – Dignes de la ROT (Réserve ornithologique du Teich, 2021)</p> <p>Note de l’Observatoire de la Côte Aquitaine - Bilan de la tempête Justine du 30 et 31 janvier 2021 et des fortes houles du 1er février 2021 (Robinet, <i>et al.</i>, 2021)</p> |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Xynthia            | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Communes</th><th>Quartier ou rue</th><th>Hauteur de submersions mesurées</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arcachon</td><td>Aiguillon</td><td>0.45 m</td></tr> <tr> <td>La teste de Buch</td><td>Port ostréicole</td><td>0.55 m</td></tr> <tr> <td>Gujan-Mestras</td><td>La Hume – port</td><td>0.40 m à 0.60 m</td></tr> <tr> <td></td><td>Ports de Meyran</td><td>0.18 m à 0.51 m</td></tr> <tr> <td>Gujan-Mestras</td><td>Meyran : amont voie ferrée</td><td>0.10 m</td></tr> <tr> <td></td><td>Du port de Larros au port de la Molle</td><td>0.10 m à 0.50 m</td></tr> <tr> <td></td><td>La barbotière en amont voie ferrée :</td><td>Jusqu'à 0.35 m</td></tr> <tr> <td>Audenge</td><td>Port</td><td>0.60 m environ</td></tr> <tr> <td>Lanton Taussat</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Andernos les Bains</td><td>Le Mauret : bd de l'océan</td><td>0.90 m</td></tr> <tr> <td></td><td>Le port ostréicole bd de la Plage</td><td>0.60 m</td></tr> <tr> <td>Lège-Cap Ferret</td><td>Le Four</td><td>0.30 m</td></tr> <tr> <td></td><td>Le Canon -Piraillan</td><td>0.20 m</td></tr> </tbody> </table> <p><u>Certes et Graveyron</u><br/>L'eau est passée par-dessus les digues sans faire de brèche. Le site est submergé, le chemin intérieur est inaccessible. L'étable de Graveyron en cours de restauration est inondée.<br/>Les tonnes à l'intérieur du domaine ont été inondées.<br/><u>Malprat</u> : l'eau est rentrée dans le site. La maison de l'éclusier et la grange ont les pieds dans l'eau</p> | Communes                                                                                                                                                                                                | Quartier ou rue | Hauteur de submersions mesurées | Arcachon | Aiguillon | 0.45 m | La teste de Buch | Port ostréicole | 0.55 m | Gujan-Mestras | La Hume – port | 0.40 m à 0.60 m |  | Ports de Meyran | 0.18 m à 0.51 m | Gujan-Mestras | Meyran : amont voie ferrée | 0.10 m |  | Du port de Larros au port de la Molle | 0.10 m à 0.50 m |  | La barbotière en amont voie ferrée : | Jusqu'à 0.35 m | Audenge | Port | 0.60 m environ | Lanton Taussat |  |  | Andernos les Bains | Le Mauret : bd de l'océan | 0.90 m |  | Le port ostréicole bd de la Plage | 0.60 m | Lège-Cap Ferret | Le Four | 0.30 m |  | Le Canon -Piraillan | 0.20 m | <p>Conséquences de la tempête Xynthia du 28/02/2010 sur le littoral du Bassin d'Arcachon (SIBA, 2010)</p> |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|----------|-----------|--------|------------------|-----------------|--------|---------------|----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|---------------|----------------------------|--------|--|---------------------------------------|-----------------|--|--------------------------------------|----------------|---------|------|----------------|----------------|--|--|--------------------|---------------------------|--------|--|-----------------------------------|--------|-----------------|---------|--------|--|---------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Communes           | Quartier ou rue                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Hauteur de submersions mesurées                                                                                                                                                                         |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| Arcachon           | Aiguillon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.45 m                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| La teste de Buch   | Port ostréicole                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.55 m                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| Gujan-Mestras      | La Hume – port                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0.40 m à 0.60 m                                                                                                                                                                                         |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
|                    | Ports de Meyran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0.18 m à 0.51 m                                                                                                                                                                                         |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| Gujan-Mestras      | Meyran : amont voie ferrée                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0.10 m                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
|                    | Du port de Larros au port de la Molle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0.10 m à 0.50 m                                                                                                                                                                                         |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
|                    | La barbotière en amont voie ferrée :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Jusqu'à 0.35 m                                                                                                                                                                                          |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| Audenge            | Port                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0.60 m environ                                                                                                                                                                                          |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| Lanton Taussat     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                         |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| Andernos les Bains | Le Mauret : bd de l'océan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0.90 m                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
|                    | Le port ostréicole bd de la Plage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0.60 m                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
| Lège-Cap Ferret    | Le Four                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0.30 m                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
|                    | Le Canon -Piraillan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0.20 m                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |
|                    |  <p><u>Andernos-les-Bains</u><br/>Submersion entre Saint-Brice et les Quinconces et dans le quartier du Mauret. Des niveaux d'eau allant jusqu'à 83 cm ont été mesurés allée de Fontainevieille et au niveau du boulevard de l'Océan.<br/><u>Taussat et Cassy</u><br/>45 cm au port de Taussat, 58 cm à Cassy</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>SIBA, 2010</p> <p>Compte-rendu des observations relatives aux impacts de la tempête Xynthia sur le littoral aquitain. Rapport final BRGM/RP-58511-FR, 40 p., 51 fig (Aubié, <i>et al.</i>, 2010)</p> |                 |                                 |          |           |        |                  |                 |        |               |                |                 |  |                 |                 |               |                            |        |  |                                       |                 |  |                                      |                |         |      |                |                |  |  |                    |                           |        |  |                                   |        |                 |         |        |  |                     |        |                                                                                                           |



|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  <p>Submersion des domaines de Certes et Graveyron (Photographie : Conseil départemental de la Gironde)</p>                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>BARCASUB : « La SUBmersion marine et ses impacts environnementaux et sociaux dans le Bassin d'ARCAchon (France) : est-il possible, acceptable et avantageux de gérer ce risque par la dépoldérisation ? » Rapport final, 178 p. (Goeldner-Gianella L., 2013)</p> |
|  | <p>Observations et levés sur le terrain réalisés les jours suivants la tempête par le BRGM et le SIBA :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laisses de mer et traces sur les murs</li> <li>• Zones encore inondées quelques jours après la tempête</li> <li>• Dépôts de sables et de vases avec des figures sédimentaires donnant des informations sur la direction et la vitesse de l'écoulement</li> </ul> <p>Voir carte en Figure 25</p> | <p>Caractérisation de l'aléa submersion marine dans le cadre des PPRL du Bassin d'Arcachon – Approche dynamique avec prise en compte des ouvrages de protection côtière. Rapport final. BRGM/RP-64807-FR (Mujica, <i>et al.</i>, 2016)</p>                          |

- *Cartographie des observations et comparaison avec la modélisation statique*

A partir des observations récoltées, des cartographies des submersions observées lors des tempêtes étudiées ont été réalisées. Ces cartes sont la traduction d'informations partielles : les zones non cartographiées traduisent soit un manque d'information, soit une zone non submergée.

La carte suivante présente les submersions ayant pu être observées et faire l'objet d'un retour lors de la tempête Xynthia (Figure 28). Les cartographies réalisées pour les autres tempêtes sont disponibles en annexe (Annexe 33 à Annexe 36).

A Graveyron, les observations sur la tempête **Emma** reportées dans la note de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (Bulteau, *et al.*, 2018) indiquaient que 90% des prairies étaient inondées dans le secteur de Verduret, ce qui est cohérent avec l'entrée d'eau observée à Verduret sur la cartographie statique. Les zones submergées à Fleury et au niveau des Grands près du Teich sont également retrouvées sur les cartographies statiques car les digues y sont franchies en plusieurs endroits. Seuls les débordements au niveau du bassin de baignade de Lanton ne sont pas figurés sur la cartographie, où la digue apparaît plus haute que le niveau d'eau maximal atteint. Il est possible que ces franchissements de digue se soient produits à cause des mouvements des vagues et du jet-de-rive, non pris en compte en modélisation statique, qui ont pu provoquer des franchissements de la digue par paquets par exemple.

Dans le cas des tempêtes **Fabien** et **Justine**, les observations de submersions au niveau de la Réserve ornithologique du Teich sont retrouvées sur les cartographies statiques réalisées. Cependant, les témoignages indiquent que la crue de la Leyre située à proximité de ces secteurs a joué un rôle important dans ces submersions, ce qui n'est pas pris en compte par les cartographies statiques.

Enfin, les nombreuses submersions de digues au niveau des domaines de Certes et Graveyron cartographiés pour la tempête **Xynthia** sont retrouvés dans les observations réalisées, de même que celle de l'île de Malprat, du Teich et du Gujan-Mestras. Seul le franchissement de la digue du bassin de baignade de Lanton n'est une nouvelle fois pas indiqué sur la cartographie statique réalisée.

Ainsi, la cartographie statique, bien qu'elle ne permette pas de figurer avec précision les zones submergées car elle ne prend pas en compte l'effet des ouvrages de protection ou de la dynamique de submersion, est un outil efficace pour repérer les zones les plus basses des digues où se sont produites des entrées d'eau. Cependant, cette approche pourrait être complétée par une modélisation dynamique de la submersion engendrée par les tempêtes étudiées dans l'objectif de restituer fidèlement la chronologie des tempêtes, leurs caractéristiques, et de prendre en compte plus finement les caractéristiques du terrain (occupation du sol, connexions hydrauliques,...).



## Zones de submersion observées suite à la tempête Xynthia (28/02/2010)



### Submersions observées après la tempête Xynthia

 Zone submergée

Sources : SIBA, BRGM

0 0,25 0,5 1 Kilomètres



Orthophotographie SIBA 2020  
RGF 93 - Lambert 93

Figure 28 : Zones de submersion observées suite à la tempête Xynthia (28/02/2010)



### 3. Impacts du changement climatique sur les aléas littoraux

#### 3.1. Conséquences du changement climatique

D'après le Conseil scientifique du Conservatoire du littoral (Baron, *et al.*, 2021), la température moyenne à la surface du globe a augmenté de 0,87°C entre les années 1850-1900 et 2006-2015. Les projections à l'horizon 2100 indiquent une élévation de cette température entre 0,9°C et 5,4°C si l'on considère l'ensemble de la fourchette des scénarios et modèles. Ce réchauffement a de nombreuses conséquences négatives sur le milieu, et impacte notamment les aléas littoraux d'érosion et de submersion marine à travers trois phénomènes principaux : l'élévation du niveau marin, la modification des états de mer et du régime des événements extrêmes, et la modification des marées.

##### 3.1.1. Elévation du niveau marin

L'élévation du niveau marin résulte de plusieurs processus : la dilatation thermique des océans, la fonte des glaciers continentaux, de la calotte glaciaire, les apports en eaux souterraines et continentales (Church, *et al.*, 2013). A ces processus globaux s'ajoutent des effets régionaux tels que ceux de la circulation océanique, la redistribution des masses d'eau, la chaleur et salinité de l'océan, la pression atmosphérique, ou encore la déformation de la Terre en réponse à ces redistributions de masse (subsidence, ajustement isostatique) (Figure 29).

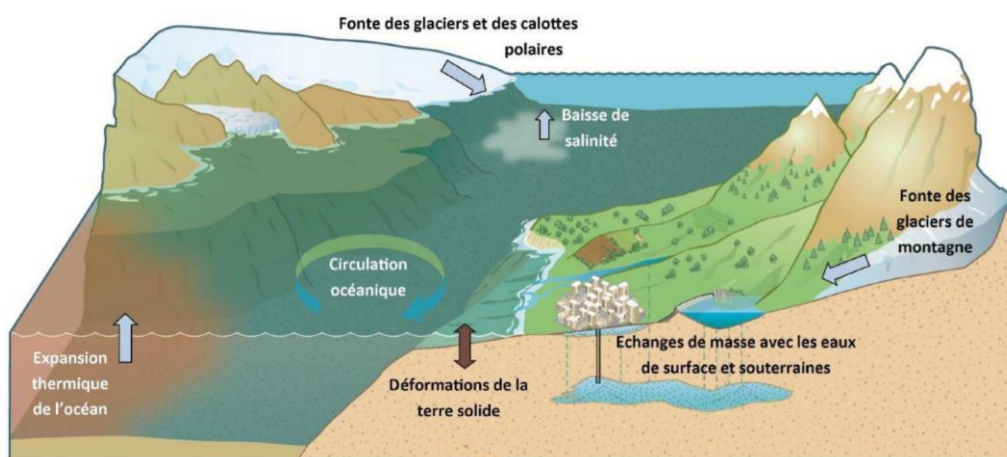


Figure 29 : Causes des variations du niveau marin relatif (Bernon, *et al.*, 2017; Cazenave, *et al.*, 2014)

Cette élévation du niveau marin est en cours depuis le dernier maximum glaciaire, il y a 20 000 ans, où le niveau des océans était environ 130 m plus bas (GIEC, 2019). Au cours des 3000 dernières années, la hausse du niveau marin était très faible (+ 0,5 mm/an). On assiste à une accélération considérable de celle-ci au cours du XX<sup>ème</sup> siècle : le rythme d'élévation entre 2006 et 2015, soit + 3,6 mm/an (+3,1 à +4,1 mm/an, fourchette très probable), est sans précédent au cours du siècle dernier (degré de confiance élevé) (GIEC, 2019). En France métropolitaine, l'élévation moyenne du niveau marin est de 3 mm/an (Baron, *et al.*, 2021).

Afin d'anticiper et d'adapter au mieux nos sociétés à ces évolutions de plus en plus rapides, le GIEC participe à l'élaboration de projections du niveau de la mer à différentes échéances selon différents scénarios basés sur quatre trajectoires d'émission et de concentration de gaz à effets de serre (GES), d'aérosols et d'ozone, ainsi que d'occupation des sols.



Ces trajectoires, appelées RCP (Representative Concentration Pathways) sont plus ou moins optimistes quant à l'évolution des forçages atmosphériques dus aux activités humaines : RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5. Le scénario RCP 2.6 implique de fortes réductions d'émissions de GES par la communauté internationale.

Les tendances évolutives actuelles de températures atmosphériques mondiales semblent s'aligner sur les perspectives du scénario pessimiste, qui correspond à la prolongation des émissions de GES actuelles sans mesure de réduction (scénario RCP 8.5) qui aura les plus forts impacts sur l'environnement et les sociétés.

Ces projections prévoient une hausse du niveau de la mer entre 43 cm (RCP 2.6) et 84 cm (RCP 8.5) d'ici 2100, mais ne sont pas toujours très représentatives à l'échelle régionale et locale (GIEC, 2019).

Des projections régionales de l'élévation du niveau de la mer en Nouvelle-Aquitaine ont été réalisées par le BRGM (Bernon, *et al.*, 2017), en prenant en compte différentes contributions régionales et globales : expansion thermique, dynamique océanique et baromètre inverse, glaciers de montagne, bilans de masse de surface et effets dynamiques des calottes polaires groenlandaise et antarctique, contribution des eaux souterraines, contribution de l'ajustement isostatique global et d'autres mouvements verticaux du sol.

Les valeurs régionales et globales calculées pour le scénario RCP 8.5 (Bernon, *et al.*, 2017) figurent sur les graphiques suivants (Figure 30) :

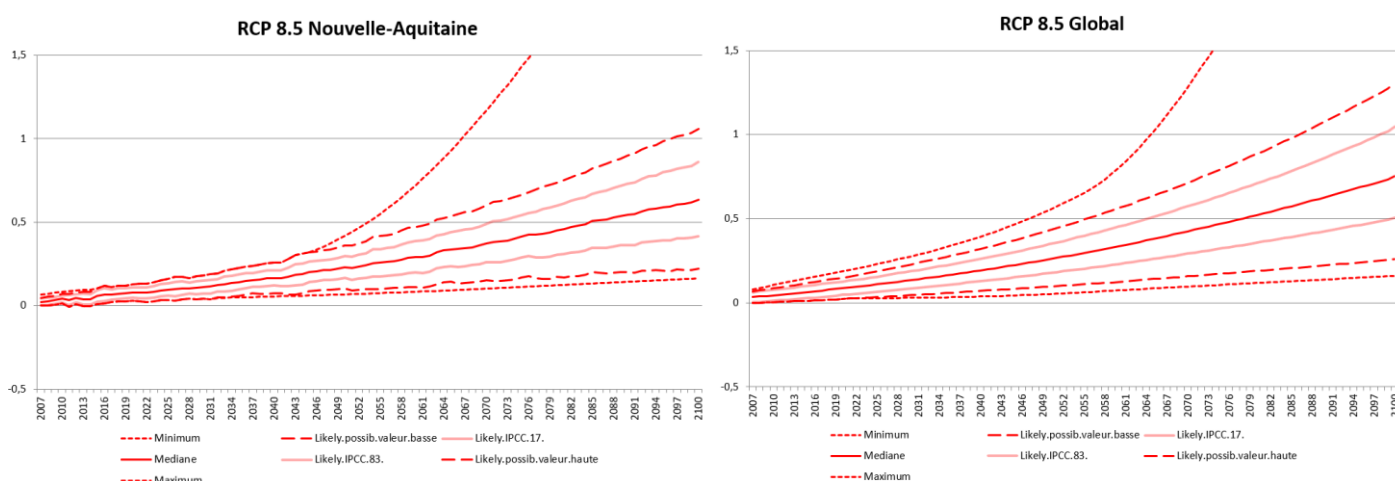


Figure 30 : Valeurs d'élévation du niveau de la mer calculées à l'échelle régionale en Nouvelle-Aquitaine (à gauche) et globale (à droite) dans le cas du scénario RCP 8.5

Pour chaque scénario de changement climatique, plusieurs valeurs sont calculées :

- la valeur médiane
- les valeurs vraisemblables IPCC
- les valeurs vraisemblables sans hypothèse sur la forme des distributions
- les valeurs min/max

Dans le cadre de cette étude, c'est la valeur médiane de l'élévation du niveau marin prévue qui a été utilisée pour réaliser les projections à 2030, 2050 et 2100.

### 3.1.2. Modification des états de mer et du régime des événements extrêmes

Les hauteurs extrêmes de vagues, qui contribuent aux niveaux marins extrêmes, à l'érosion des côtes et aux submersions, ont augmenté d'environ 0,8 cm/an dans l'Atlantique Nord pendant la période 1985–2018 (degré de confiance moyen) (GIEC, 2019).

Au niveau régional, Elodie Charles (Charles, 2012) a démontré une augmentation significative de la hauteur de vague en été sur la période 1970 – 2001 (0,54 cm/an à la bouée Gascogne). L'analyse des changements du climat de vagues futurs (2061-2100) dans le Golfe de Gascogne indique une baisse générale des hauteurs de vague ainsi qu'une rotation horaire des directions des vagues en été. L'analyse complète des conditions de vagues (hauteur, période et direction) a mis en évidence une augmentation de la fréquence des houles hivernales en provenance de l'Atlantique Nord. Les changements de conditions de vagues identifiés sont engendrés par une association de différentes contributions du vent, à l'échelle océanique, régionale et locale.

De plus, le GIEC (GIEC, 2019) affirme avec un degré de confiance élevé que les épisodes de niveaux marins extrêmes, auparavant rares (un événement par siècle environ) devraient avoir lieu une fois par an au minimum dans de nombreux endroits d'ici à 2050 selon tous les scénarios RCP, et en particulier dans les régions tropicales. L'intensité de ces événements sera également bien plus forte : le renforcement des vents et des pluies lors des cyclones tropicaux et l'augmentation des vagues extrêmes, s'ajoutant à l'élévation du niveau relatif de la mer, exacerbent les événements de niveau marin extrême et les aléas côtiers (degré de confiance élevé).

Ces informations sont données au niveau mondial, mais en dépit des disparités régionales susceptibles d'exister, il est raisonnable de considérer que les événements extrêmes seront plus **fréquents** et plus **intenses** dans l'Atlantique Nord.

### 3.1.3. Modification des marées

Des études mettent en évidence une troisième conséquence du changement climatique pouvant impacter les aléas littoraux : la modification de la dynamique des marées. Ce phénomène a notamment été étudié en Europe du nord-ouest, des côtes d'Espagne du nord jusqu'à la Norvège (Idier, *et al.*, 2017).

Il a été montré que, sur le plateau ouest européen, le niveau relatif de pleine mer<sup>1</sup> évolue proportionnellement avec la remontée du niveau marin. Ces variations peuvent localement représenter jusqu'à 15% de la remontée du niveau marin (soit 15 cm en plus ou en moins pour une élévation du niveau marin d'un mètre). La hausse du niveau marin a donc un effet significatif sur les caractéristiques de marée dans certaines zones.

Cependant, selon les caractéristiques physiques des différentes zones géographiques, l'amplitude des marées ne sera pas forcément proportionnelle à l'augmentation du niveau marin. En effet, dans certaines zones, les frottements de l'eau sur le fond vont diminuer lorsque le niveau d'eau va augmenter, les écarts entre marée haute et marée basse seront donc renforcés, augmentant les risques d'érosion et de submersion. A l'inverse, le marnage pourrait diminuer dans d'autres endroits car ces frottements, associés à la résonance des ondes et leur réflexion à l'approche des côtes, feront baisser l'amplitude de la marée.

---

<sup>1</sup> Le niveau marin relatif est évalué en prenant en compte le niveau eustatique et les variations de niveau dues à la tectonique. Le niveau relatif de pleine mer est le niveau relatif le plus élevé atteint par la mer au cours d'un cycle de marée.

Outre les phénomènes physiques, les stratégies de protection contre la submersion du littoral sont également à considérer. En effet, selon les zones géographiques, une protection au niveau des rivages actuels engendrerait une augmentation des hauteurs de pleine mer, tandis qu'une absence de protection provoquerait leur diminution. Selon Déborah Idier (Guiné, 2017), « les villes proches du rivage se protègent contre les risques d'érosion et de submersion qui vont s'accroître. Si des digues bloquent cette montée des eaux, il y aura un impact sur les littoraux des pays voisins qui en seront démunis ».

### 3.2. Impacts du changement climatique sur les risques littoraux dans le delta de la Leyre

La morphologie des bassins endigués et marais maritimes du delta de la Leyre en fait une zone particulièrement exposée aux aléas littoraux, d'autant plus dans un contexte de changement climatique et d'élévation du niveau marin. En effet, les marais maritimes sont de vastes plaines de basse altitude faiblement inclinées vers l'océan. Les domaines endigués sont quant à eux de larges territoires artificiels construits sur l'espace maritime dont la cote altitudinale est généralement en dessous du niveau des plus hautes mers. Pour ces raisons, ces environnements sont fortement exposés à l'élévation du niveau de la mer.

#### 3.2.1. Exposition du delta de la Leyre au risque d'érosion côtière

Les systèmes d'endiguement en milieu maritime sont en première ligne à la côte et sont soumis aux actions conjuguées de la houle et des niveaux marins. Si le niveau marin augmente, les digues seront soumises à une énergie plus importante, favorisant leur érosion. De plus, les domaines endigués seront soumis à une intensification des phénomènes de submersion. Or, les surverses peuvent également contribuer à éroder petit à petit les ouvrages :

- par destruction de la végétation et mise à nu des sols (Bernon, *et al.*, 2017)
- par érosion externe : création de brèches après des surverses successives
- par érosion interne : en lien avec l'augmentation des vitesses d'écoulement de l'eau à proximité de l'ouvrage (boulance ou renard hydraulique)

Selon une étude réalisée sur les impacts de l'élévation du niveau marin sur l'évolution du domaine de Graveyron (Anselme, *et al.*, 2008), les digues qui l'entourent sont déjà en permanence soumises à l'érosion lors des marées de vives eaux, et surtout lors des tempêtes de secteur ouest. La plupart des digues font régulièrement l'objet de travaux de restauration par enrochement et par reprofilage.

L'ouverture de la brèche de Graveyron est un exemple d'érosion de digue due à une submersion lors d'une tempête ayant eu lieu en 1996. Les événements extrêmes étant amenés à se reproduire plus fréquemment et de manière plus intense, de nombreuses autres brèches pourraient se former dans le futur.

A Malprat, des entailles à l'arrière des tonnes de chasses témoignent de l'importance du phénomène d'érosion (Figure 31).



Figure 31 : Entailles d'érosion observées au niveau de la digue à la mer de l'île de Malprat représentée en pointillés sur la vue aérienne à droite (septembre 2021)

Des photographies réalisées en un même lieu au niveau de la digue à la mer de Malprat entre la fin du XX<sup>ème</sup> siècle et 2019 attestent également de l'ampleur du recul du trait de côte causé par l'érosion dans certains secteurs (Figure 32).



Figure 32 : Evolution de l'érosion de la digue à Malprat entre la fin du XX<sup>ème</sup> siècle et 2019 (Photos : Conservatoire du littoral)

Ainsi, le changement climatique, à travers les phénomènes d'élévation du niveau de la mer, et d'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes impacte déjà plusieurs zones du delta de la Leyre, et ces impacts sont voués à s'intensifier dans le futur.



### 3.2.2. Exposition du delta de la Leyre à l'aléa submersion marine

#### 3.2.2.1. Cartographie statique de différents scénarios d'élévation du niveau marin à différentes échéances

Afin d'étudier la vulnérabilité du delta de la Leyre à l'aléa submersion marine dans un contexte de changement climatique, une modélisation statique de la submersion marine prévue en 2030, 2050 et 2100 selon les scénarios RCP 2.6, RCP 4.5 et RCP 8.5 a été réalisée. Pour rappel, les hypothèses associées à ces trois scénarios sont les suivantes :

- RCP 2.6 : l'objectif de contenir le réchauffement global à 2°C d'ici 2100 par rapport à la période préindustrielle est atteint
- RCP 4.5 : les émissions de gaz à effet de serre sont celles auxquelles les Etats se sont déjà engagés dans l'accord de Paris. Ce scénario ne permet pas d'atteindre l'objectif de 2°C mais suppose déjà une réduction importante des émissions de GES.
- RCP 8.5 : les émissions actuelles se poursuivent

#### • Méthode

Pour chacun des scénarios, la valeur médiane de l'estimation de l'élévation du niveau de la mer en Nouvelle-Aquitaine en 2030, 2050 et 2100 (Bernon *et al.*, 2017) a été ajoutée au niveau d'eau maximal prévu par le SHOM en 2015, où s'est produit une « marée du siècle » avec un fort coefficient de 119 le 21 mars 2015, et une grande marée le 29 septembre 2015 de coefficient 117, où le niveau d'eau maximal a été enregistré à Eyrac.

Le décalage de hauteur d'eau de 15 cm entre Eyrac et Audenge (Tableau 3) a une nouvelle fois été pris en compte pour ces cartographies. Les valeurs des niveaux d'eau utilisés pour les cartographies figurent dans le tableau suivant (Tableau 6).

Tableau 6 : Valeurs de niveaux d'eau (en mNGF) utilisées pour la cartographie des zones de submersion

| Projection | Niveau d'eau maximal mesuré à Eyrac (29/09/2015, coefficient 117) | Niveau d'eau à Audenge (+15 cm) | Valeur médiane de l'élévation du niveau marin | Niveau d'eau utilisé pour la cartographie |
|------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| RCP 2.6    |                                                                   |                                 |                                               |                                           |
| 2030       | 2,91                                                              | 3,06                            | 0,12                                          | <b>3,18</b>                               |
| 2050       |                                                                   |                                 | 0,20                                          | <b>3,26</b>                               |
| 2100       |                                                                   |                                 | 0,38                                          | <b>3,44</b>                               |
| RCP 4.5    |                                                                   |                                 |                                               |                                           |
| 2030       | 2,91                                                              | 3,06                            | 0,11                                          | <b>3,17</b>                               |
| 2050       |                                                                   |                                 | 0,21                                          | <b>3,27</b>                               |
| 2100       |                                                                   |                                 | 0,46                                          | <b>3,52</b>                               |
| RCP 8.5    |                                                                   |                                 |                                               |                                           |
| 2030       | 2,91                                                              | 3,06                            | 0,11                                          | <b>3,17</b>                               |
| 2050       |                                                                   |                                 | 0,23                                          | <b>3,29</b>                               |
| 2100       |                                                                   |                                 | 0,63                                          | <b>3,69</b>                               |

Les niveaux d'eau obtenus ont ensuite été projetés sur la topographie du site, en utilisant la même méthode que pour la cartographie de la submersion due aux tempêtes présentée plus haut (2.3.1. Méthode).

- *Résultats*

La cartographie obtenue dans le cas du scénario RCP 8.5 sur les domaines de Certes et Graveyron et l'île de Malprat est présentée sur la figure suivante (Figure 33). Une cartographie statique de submersion sur tout le delta de la Leyre ainsi que les cartographies réalisées en prenant en compte l'élévation du niveau marin prévue selon les scénarios RCP 2.6 et 4.5 sont disponibles en annexe (Annexe 37 à Annexe 42).

Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine

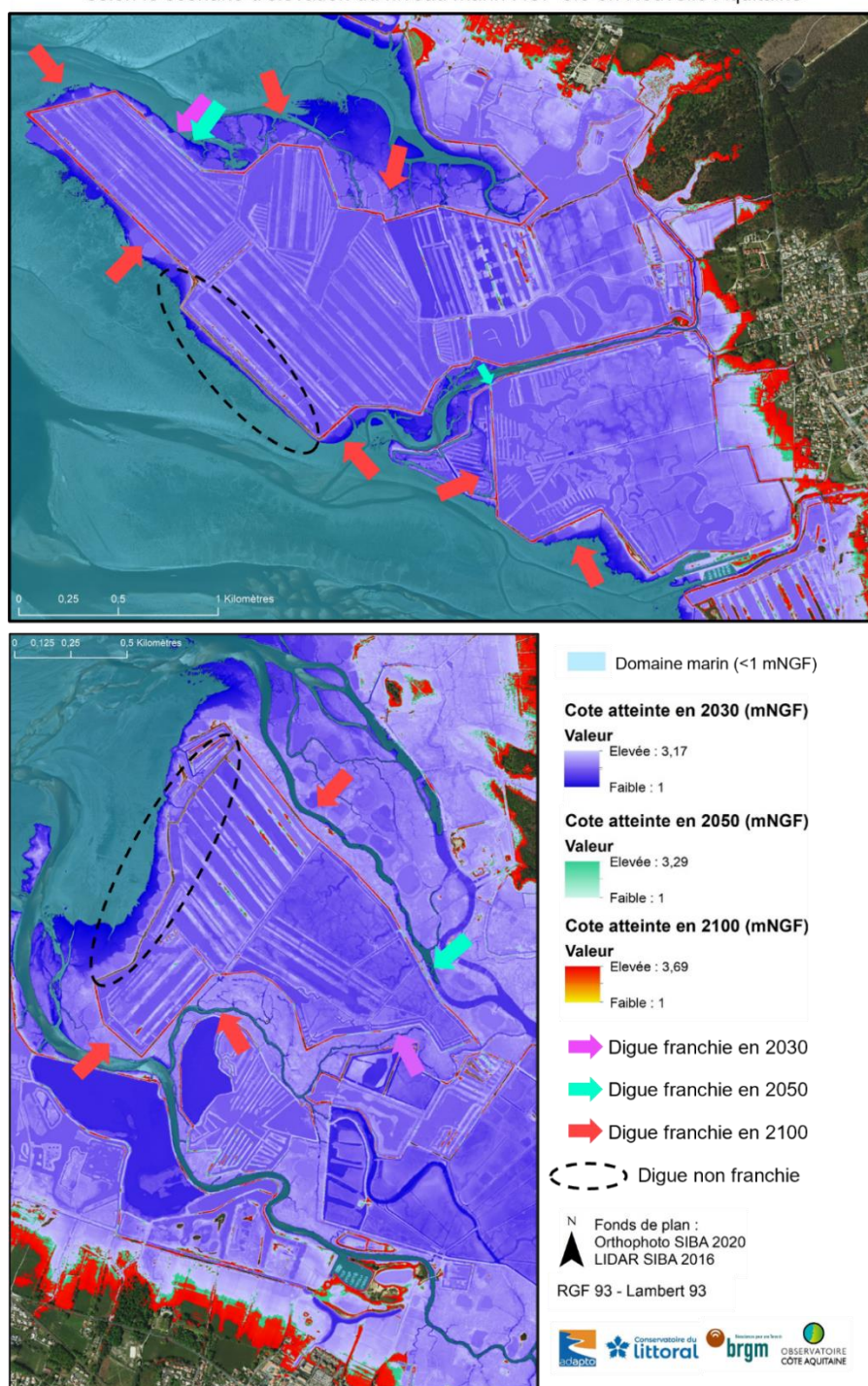


Figure 33 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 à Certes et Graveyron (en haut) et à Malprat (en bas) selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine

Sur le domaine de Certes, la carte indique une entrée d'eau au niveau de la digue nord-est de la pointe de Branne dès 2030. A Graveyron, La première zone d'entrée d'eau se situe à Verduret, dès 2050. La plupart des autres digues sera submergée à l'horizon 2100, à l'exception d'une portion de la digue sud-ouest de Certes qui reste émergée pour l'ensemble des projections réalisées.

A Malprat, la zone la plus basse où se produisent les premières entrées d'eau dès 2030 et à l'horizon 2050 est située au sud-est de l'île. Des entrées d'eau en 2100 sont également mises en évidence dans les secteurs sud-ouest et nord-est de l'île. La digue à la mer, au nord-ouest, reste plus haute que les niveaux d'eau atteints en 2100 selon le scénario RCP 8.5 et n'est pas submergée selon cette cartographie.

Cependant, ces projections de niveau d'eau ne tiennent pas compte des hauteurs d'eau extrêmes qui peuvent survenir lors de tempêtes et occasionner des submersions sur des secteurs plus étendus encore. Le paragraphe suivant présente donc des cartographies réalisées en utilisant des projections de niveaux d'eau extrêmes.

### 3.2.2.2. Cartographie statique de l'impact d'un événement extrême (Xynthia) associé aux scénarios d'élévation du niveau marin

- *Méthode*

Afin de modéliser l'étendue des submersions occasionnées lors d'événements extrêmes dans le futur, la valeur médiane de l'élévation du niveau marin prévue en 2030, 2050 et 2100 a ici été ajoutée au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia : 3,55 m NGF (SIBA, 2010). Les valeurs des niveaux d'eau projetées sur la topographie pour la réalisation des cartographies figurent dans le tableau suivant (Tableau 7).

Tableau 7 : Valeurs de niveaux d'eau (en mNGF) utilisées pour la cartographie des zones de submersion dues à un événement extrême futur

| Projection | Niveau d'eau maximal mesuré pendant la tempête Xynthia à Audenge | Valeur médiane de l'élévation du niveau marin | Niveau d'eau utilisé pour la cartographie |
|------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| RCP 2.6    |                                                                  |                                               |                                           |
| 2030       | 3,55                                                             | 0,12                                          | <b>3,67</b>                               |
| 2050       |                                                                  | 0,20                                          | <b>3,75</b>                               |
| 2100       |                                                                  | 0,38                                          | <b>3,93</b>                               |
| RCP 4.5    |                                                                  |                                               |                                           |
| 2030       | 3,55                                                             | 0,11                                          | <b>3,66</b>                               |
| 2050       |                                                                  | 0,21                                          | <b>3,76</b>                               |
| 2100       |                                                                  | 0,46                                          | <b>4,01</b>                               |
| RCP 8.5    |                                                                  |                                               |                                           |
| 2030       | 3,55                                                             | 0,11                                          | <b>3,66</b>                               |
| 2050       |                                                                  | 0,23                                          | <b>3,78</b>                               |
| 2100       |                                                                  | 0,63                                          | <b>4,18</b>                               |

- *Résultats*

La figure suivante (Figure 34) présente la cartographie statique réalisée pour les domaines de Certes et Graveyron dans le cas d'un événement extrême futur selon le scénario RCP 8.5. Les cartographies globales de la submersion sur tout le delta de la Leyre ainsi que celles réalisées en prenant en compte les scénarios RCP 2.6 et 4.5 sont disponibles en annexe (Annexe 43 à Annexe 48).



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5

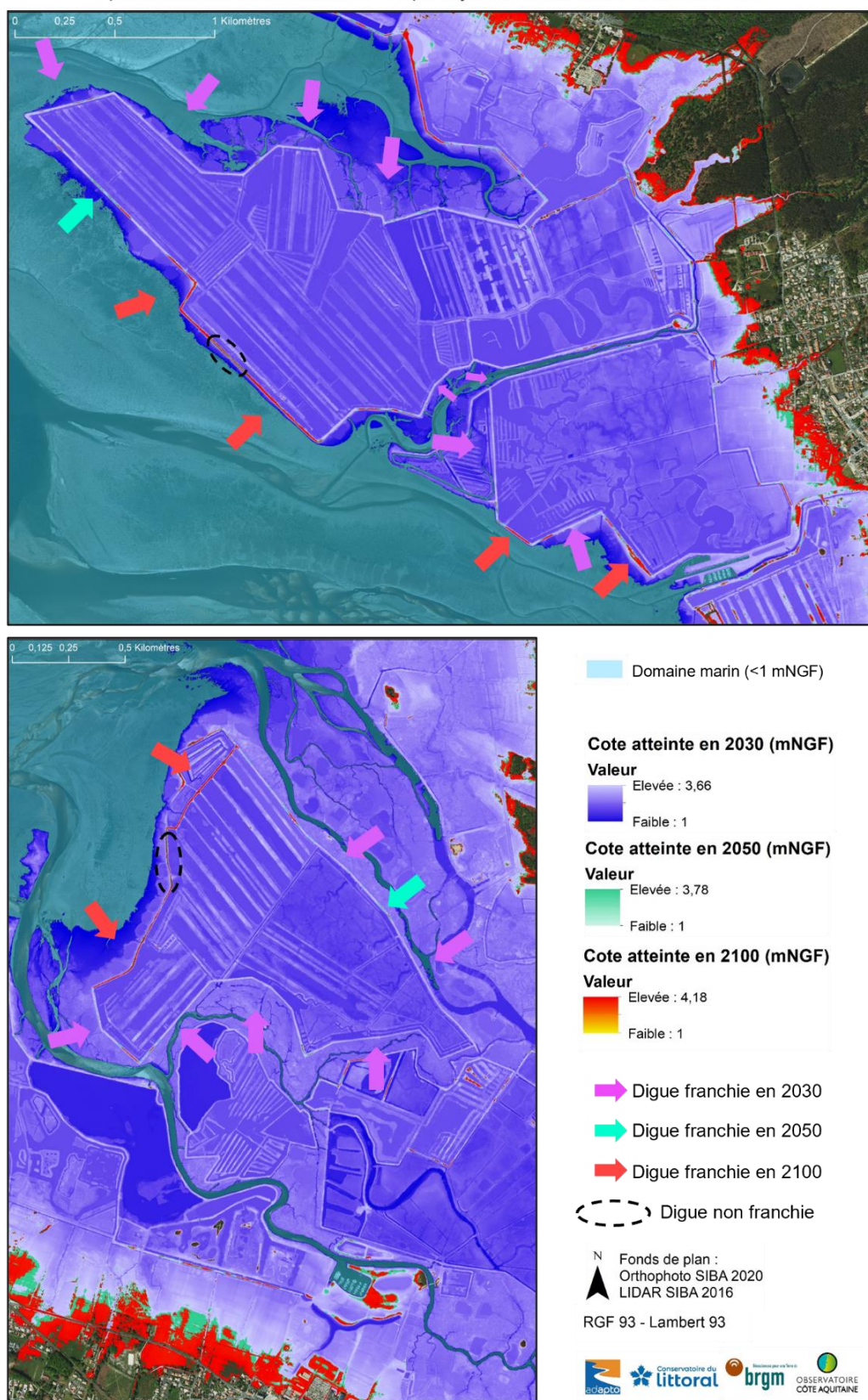


Figure 34 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 à Certes et Graveyron (en haut) et à Malprat (en bas) pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5



La carte précédente indique que la majorité des digues des domaines de Certes et Graveyron et de Malprat sont franchies dès 2030 dans le cas d'un événement extrême. Même les digues les plus hautes, situées au sud-ouest de Certes et au nord-ouest de Malprat, seront submergées en 2100 en cas de tempête. Seules deux portions de digue de faible étendue sont plus hautes que le niveau marin extrême projeté en 2100.

### *3.2.2.3. Calcul des temps de submersion annuels du domaine de Certes*

Les cartographies statiques de la submersion projetée en 2030, 2050 et 2100 réalisées plus haut indiquent qu'une portion de digue du domaine de Certes pourrait être franchie dès 2030, en conditions normales, sans tempête, et que de nombreuses autres seront submergées aux horizons 2050 et 2100. Afin de déterminer la durée annuelle pendant laquelle ces digues seront submergées dans le futur, une analyse des fréquences d'occurrence des hauteurs d'eau pour des scénarios actuel et futurs a été réalisée selon la même méthode que celle ayant été appliquée sur le site pilote Adapto du Marais de Cagny, dans l'estuaire de l'Orne (Garcin, *et al.*, En cours).

- *Méthode*

L'objectif est d'obtenir la durée annuelle pendant laquelle les digues du domaine de Certes sont franchies et le domaine est submergé. Pour cela, une analyse sur les niveaux d'eau de 2015 a été réalisée. Pour rappel, l'année 2015 est associée à de forts coefficients de marée, avec notamment une « marée du siècle » de coefficient 119 enregistrée au mois de mars.

D'abord, un marégramme sur une année complète (2015) a été créé à partir des données calculées par le logiciel Shomar développé par le SHOM. Le pas de temps des données de hauteurs d'eau téléchargées est de 5 minutes. Les hauteurs d'eau, fournies dans le référentiel hydrographique, ont ensuite été transformées dans le référentiel topographique IGN 69 en utilisant les paramètres fournis dans les références altimétriques maritimes du SHOM (SHOM, 2020) : à Eyrac, il faut retrancher 1,98 m au niveau fourni dans le référentiel hydrographique pour obtenir le niveau NGF. Enfin, 15 cm ont été ajoutés au niveau d'eau d'Eyrac afin de tenir compte du décalage existant entre la hauteur d'eau à l'entrée du Bassin d'Arcachon et à Audenge (Tableau 3) (Ifremer, 1997; Marcadet, 2004; Anselme, *et al.*, 2008).

Des marégrammes futurs ont également été créés en prenant en compte l'élévation du niveau marin prévue en 2030, 2050 et 2100 selon les scénarios RCP 2.6, RCP 4.5 et RCP 8.5.

Les valeurs de niveaux d'eau constituant ces marégrammes (actuel, 2030, 2050 et 2100) ont été triées dans l'ordre croissant, puis regroupées en classes par tranches de 20 cm. Pour chaque marégramme, une analyse de la durée cumulée pendant laquelle les hauteurs d'eau sont atteintes ou dépassées sur l'année a été réalisée : le nombre de jours de submersion par an pour chaque tranche altimétrique de 20 cm a été calculé.

- *Résultats*

Le graphique suivant (Figure 35) présente le nombre de jours par an où les valeurs de hauteur d'eau sont atteintes ou dépassées pour la période actuelle, en 2030, 2050 ou 2100. Les valeurs exactes du nombre de jours et du pourcentage annuel où les différentes hauteurs d'eau sont atteintes figurent dans le tableau en Annexe 49.

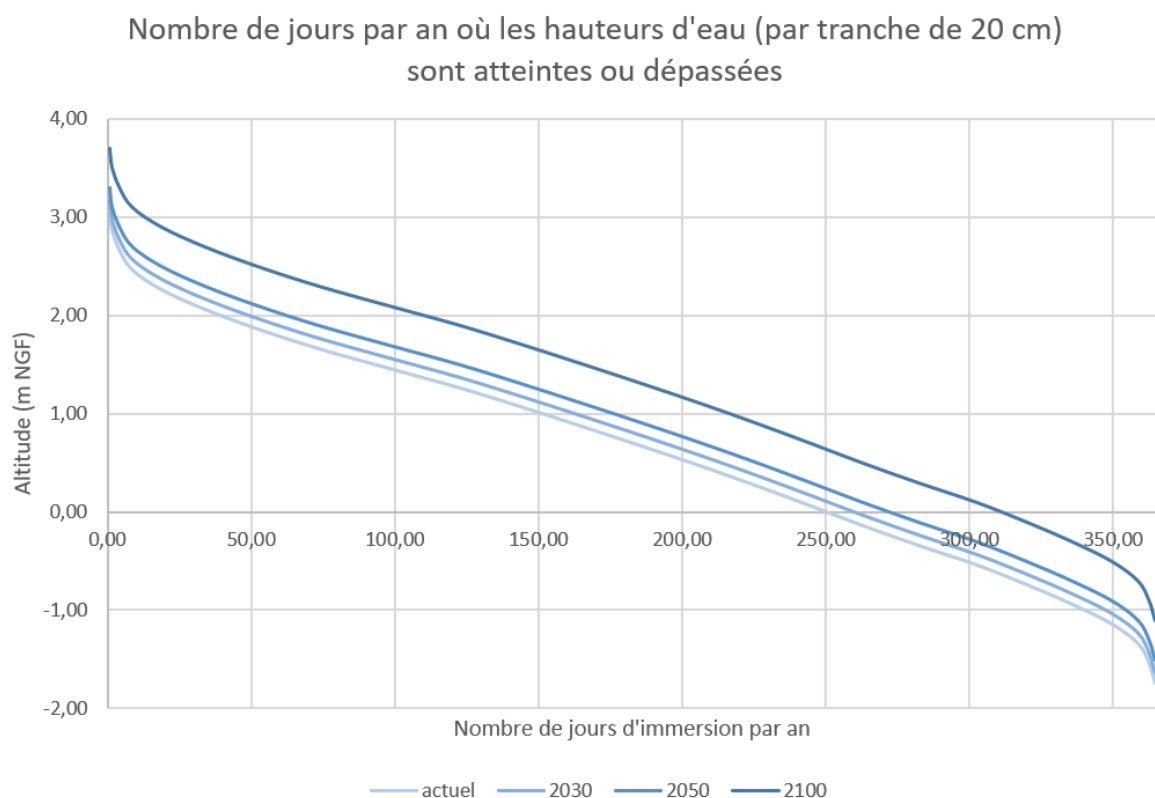


Figure 35 : Temps (j) de submersion par an selon les hauteurs d'eau atteintes pour la période actuelle, ou dans le cas de scénarios d'augmentation du niveau marin en 2030, 2050 et 2100

Le graphique indique par exemple que des hauteurs d'eau de 3,00 m NGF environ sont très rarement atteintes dans la période actuelle et en 2030, tandis qu'elles seront atteintes environ 9 jours par an en 2100. Ce résultat est cohérent avec l'étude réalisée par Anselme *et al.* en 2008, selon laquelle la fréquence des hauteurs d'eau supérieures à 3,12 sera multipliée par 9 en 2100 (Anselme, *et al.*, 2008).

- *Interprétation*

Les hauteurs d'eau atteintes dans la période actuelle, en 2030, 2050 et 2100, correspondant au niveau maximal de pleine mer hors événement extrême, ont été comparées à la hauteur des digues externes du domaine de Certes afin de déterminer la durée pendant laquelle le domaine sera submergé en fonction des niveaux d'eau atteints.

Un classement de ces digues par classes de hauteurs de 10 cm a été réalisé à partir du LiDAR 2016 (Brivois, 2020). Sur les 8700 mètres de digues qui entourent le domaine de Certes, environ 900 mètres sont considérés comme étant des points bas (<3,40 mNGF), répartis comme suit (Tableau 8) :

Tableau 8 : Longueur cumulée des portions de digues du domaine de Certes considérées comme basses (Brivois, 2020)

| Hauteur de digue (m NGF) | Linéaire concerné (m) |
|--------------------------|-----------------------|
| Entre 3,30 et 3,40       | 549                   |
| Entre 3,20 et 3,30       | 240                   |
| Entre 3,10 et 3,20       | 105                   |
| <3,10                    | 10                    |

Ces portions de digue sont illustrées sur la figure suivante sur les domaines de Certes et Graveyron (Figure 36) :

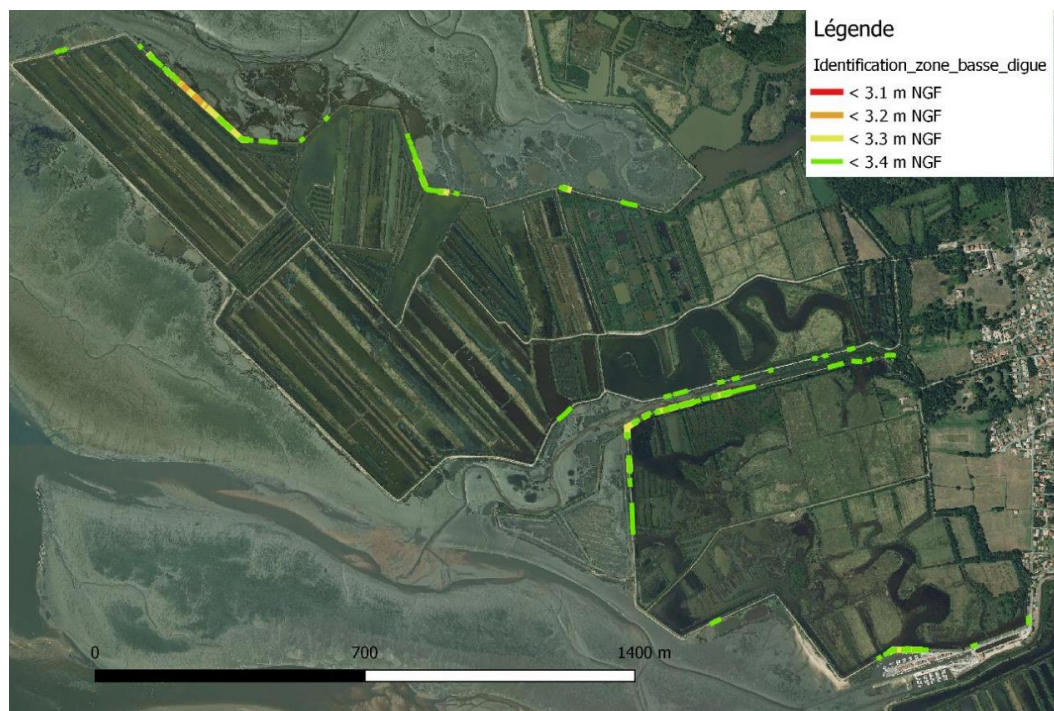


Figure 36 : Portions de digues basses autour des domaines de Certes et Graveyron (Brivois, 2020)

Ainsi, pour la période actuelle, les digues ne sont pas franchies par la mer en situation normale (niveau maximal de pleine mer hors événement extrême) : la hauteur d'eau maximale atteinte est inférieure à la hauteur minimale des digues ( $3,06 < 3,10$  mNGF).

A partir de 2030, les 10 mètres linéaires de digue inférieurs à 3,10 mNGF ainsi que les 105 mètres dont la hauteur est comprise entre 3,10 et 3,20 mNGF seront susceptibles d'être franchis pendant environ un jour par an, sans tenir compte des événements extrêmes.

En 2050, en plus de ces mêmes 115 mètres franchis en 2030, les valeurs de niveaux d'eau indiquent que les 240 mètres de digues mesurant entre 3,20 et 3,30 mNGF seront également submergés environ un jour par an, soit 355 mètres au total.

Enfin, en 2100, ces 355 mètres de digues seront submergés pendant plus de 4 jours par an en moyenne. Les 549 mètres linéaires de digues mesurant entre 3,30 et 3,40 mNGF seront franchis environ un jour et demi par an. Des portions de digue entre 3,40 et 3,49 mNGF pourront également être submergées environ un jour par an.

A ces prévisions doivent s'ajouter les durées où le domaine de Certes est submergé suite à des événements extrêmes, qui, comme indiqué plus haut (p. 46), seront plus fréquents et plus intenses dans le futur.

### 3.2.3. Conclusion et discussion

Les cartographies statiques réalisées ont permis de montrer que, dès 2030 à Certes, une entrée d'eau se fera au niveau de la portion de digue la plus basse de la pointe de Branne en conditions normales lors d'une marée de fort coefficient. Ce franchissement devrait se produire pendant environ un jour par an en 2030, et plus de 4 jours par an en 2100. Selon les cartes présentées, les digues au sud-est de Malprat seront également franchies dès 2030. Seules deux portions de digue au sud-ouest de Certes et au nord-ouest de Malprat restent émergées jusqu'aux projections de 2100.

A Graveyron, la première zone où une entrée d'eau est susceptible de se produire se situe au niveau du secteur de Verduret : la digue y serait franchie dès 2050 en conditions normales, sans tempête. Ce résultat est cohérent avec une autre étude réalisée sur l'impact de l'élévation du niveau marin sur le domaine endigué de Graveyron (Anselme, *et al.*, 2008) selon laquelle en 2050, le domaine sera submersible même en dehors des épisodes de surcote.

A ces prévisions doivent s'ajouter les submersions ayant lieu lors de tempêtes : les cartographies statiques réalisées dans le cas d'un événement extrême indiquent que toutes digues seront franchies en 2100 lors d'événements extrêmes tels que Xynthia, et la plupart dès 2030. De plus, ces événements seront plus fréquents et plus intenses dans le futur. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes pourra être associée à une augmentation de l'érosion des digues ou de l'ouverture de brèches, qui intensifieront encore les risques de submersion.

Les zones de submersion figurées sur les cartes doivent cependant être considérées en gardant en mémoire qu'il s'agit de cartographies statiques reposant sur des hypothèses (décalage de 15 cm entre Eyrac et Audenge) et ne prenant pas en compte les apports d'eau douce de la Leyre. Bien que cette méthode ne permette pas de prendre en compte le rôle des ouvrages de protection en tant qu'obstacle à l'écoulement et la dynamique de submersion, elle est adaptée pour identifier la vulnérabilité des ouvrages à l'élévation du niveau marin. Ces cartes fournissent des indications sur les points les plus bas des ouvrages de protection, et permettent de prévoir à quelle échéance ces points seront susceptibles d'être dépassés par les niveaux d'eau futurs.



### 3.3. S'adapter : étude des reconnections marines comme moyen d'atténuer l'impact des aléas littoraux dans le delta de la Leyre

#### 3.3.1. Conséquences des reconnections marines : exemple de Graveyron et Malprat

- *Conséquences des reconnections marines*

Les reconnections marines des secteurs endigués, consistent en « l'élimination totale ou partielle de la digue qui séparait le [domaine endigué] des eaux marines et le retour de ces eaux au sein du [domaine endigué] où se développent alors des conditions écologiques nouvelles dues à la reprise des inondations et à la resalinisation du milieu. » (Goeldner, 1999). La zone reconnectée à la mer est alors soumise au battement des marées, alternativement submergée et au contact de l'air libre, permettant le développement d'un pré salé. Or, les écosystèmes de pré salé sont source de nombreux services écosystémiques.

D'abord, ils permettent d'atténuer les submersions marines à la fois en freinant les vagues grâce à la végétation qui s'y développe, mais aussi en exerçant une action de rétention d'eau par « effet éponge ». Ils protègent également de l'érosion grâce à l'atténuation de la force des vagues par la végétation qui absorbe une partie de leur énergie. De plus, les prés salés sont un facteur important de la stabilité des substrats sédimentaires qu'ils colonisent, les systèmes racinaires fixant les sédiments au sein desquels ils se développent. La présence de secteurs reconnectés devant les domaines endigués assure donc une gestion souple du phénomène d'érosion. Enfin, cette action d'atténuation de l'impact des vagues permet une plus grande sédimentation, et ainsi une accretion sédimentaire liée à la reconnection au fonctionnement hydro-sédimentaire de la lagune, améliorant encore l'atténuation des submersions.

Au-delà de la protection contre les aléas littoraux, les prés salés permettent également l'amélioration de la qualité des eaux, le développement de la végétation induisant une augmentation de la surface d'échange et de captation des polluants. L'activité photosynthétique des spartines permet également la captation du carbone atmosphérique. Enfin, le pré salé permet le développement d'espèces d'intérêt halieutique. En effet, il est très riche en nutriments et favorable à la production de biomasse organique, ce qui en fait un secteur de refuge et d'alimentation pour les juvéniles et une frayère privilégiée qui contribue à l'activité de pêche du Bassin.

Par ailleurs, les reconnections marines contribuent à diversifier le paysage en restaurant l'habitat pré salé, zone humide la plus menacée sur le littoral national, et qui compte parmi les plus riches de France sur le Bassin d'Arcachon.

Enfin, une analyse réalisée par le bureau d'études Vertigo Lab évaluant la valeur économique des services écosystémiques rendus (Binet, *et al.*, 2015) a montré que les bénéfices économiques associés à la reconnection marine sur le delta sont d'environ 675 000 euros par an. En effet, si la proportion de services de production est grandement diminuée par les reconnections, la part de services de régulation (régulation des inondations, de l'érosion, du climat global, pollinisation, production de biomasse d'intérêt halieutique) est quant à elle considérablement accrue. C'est de plus sans compter sur les économies générées par l'arrêt de l'entretien des digues à la mer, qui est plus onéreux que celui des digues de second rang, protégées par les prés salés, qui n'ont pas pu être pris en compte dans cette évaluation.

Les services rendus par les reconnections marines sont donc nettement supérieurs à ceux de l'option de consolidation des digues de premier rang et permettent, par une gestion intégrée de la bande côtière, une atténuation significative des impacts du changement climatique.

Cependant, cette stratégie de reconnection marine n'est pas toujours acceptée par les populations locales qui peuvent considérer qu'il s'agit d'une perte d'un patrimoine culturel important auquel elles sont attachées. Cette opposition révèle un manque de connaissance sur les effets d'un retour à la mer, et probablement une peur de voir le domaine endigué disparaître sous les eaux.

Les exemples des reconnections marines réalisées à Graveyron et à Malprat sont alors un moyen d'avoir un retour d'expérience et d'informer sur cette solution de gestion fondée sur l'accompagnement des processus naturels.

- *Exemples des reconnections marines de Graveyron et de Malprat*

Lors des acquisitions foncières de Graveyron et Malprat par le Conservatoire du littoral en 1998 et 2002, il est constaté que certaines digues sont en très mauvais état, et que des unités hydrauliques sont reconnectées à la mer. Le conseil scientifique du Conservatoire, ayant déjà commencé à alerter sur la nécessaire prise en compte de l'élévation du niveau marin liée au changement climatique, recommande de permettre à la mer d'éroder les digues pour favoriser la restauration des prés salés d'origine qui ont déjà commencé à se réinstaller, et qui ont un rôle protecteur.

Ainsi, à Graveyron, la brèche créée lors d'une tempête en 1996 est laissée ouverte afin de continuer le processus de reconnection marine de la pointe du domaine qui a commencé. La figure suivante (Figure 37) montre l'évolution de l'ouverture de la brèche de Graveyron et de la réinstallation du pré salé dans le secteur de la pointe.



Figure 37 : Evolution de l'ouverture de la brèche de Graveyron entre 1999 et 2021 (en haut) et de l'installation du pré salé entre 1996 et 2018 (en bas)

Sur l'île de Malprat, lorsque le Conservatoire acquiert le domaine en 2002, la digue à la mer est fortement érodée. Lors de la première visite du Conseil scientifique du Conservatoire en 2002, les

prairies étaient déjà balayées régulièrement par les marées. Une digue de second rang y est construite en 2005. Les photographies suivantes (Figure 38) montrent le développement du pré salé et la végétalisation de cette digue de second rang, témoins de l'efficacité de la reconnexion marine.



Figure 38 : Evolution de la reconnexion du secteur nord de Malprat entre 1996 et 2018 (en haut) et de la végétalisation de la digue de second rang entre 2005 et 2019 (en bas)

Depuis leur installation, il n'a pas été nécessaire d'entretenir les digues de second rang situées derrière les prés salés de Graveyron et de Malprat, ce qui montre bien l'action d'atténuation de la force des vagues évoquée précédemment. De plus, en 2013, le programme de recherche Barcasub (Goeldner-Gianella L., 2013) a montré que, dans les secteurs reconnectés aux processus hydrosédimentaires marins, l'accrétion sédimentaire se traduit par un exhaussement de l'estran de 3,5 cm/an environ. La restauration du pré salé y est effective, et ainsi l'atténuation des submersions marines. La figure suivante (Figure 39) présente une analyse de l'évolution des schorres de Graveyron entre 2000 et 2009 réalisée par l'UMR PRODIG dans le cadre du programme Barcasub.

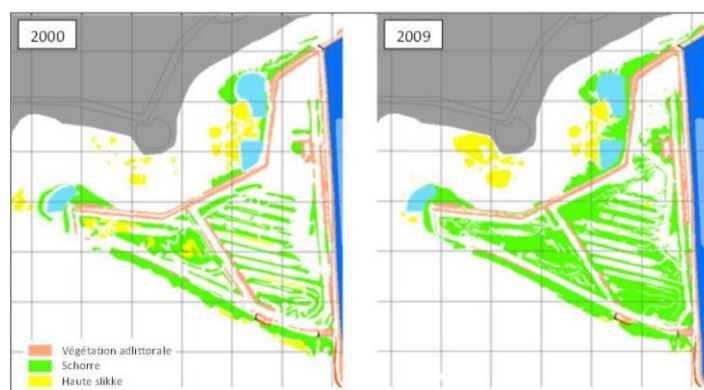


Figure 39 : Evolution de la répartition des types de végétation au niveau de la pointe de Graveyron entre 2000 et 2009 (Goeldner-Gianella L., 2013)

Cette étude montre que les espaces correspondant à la haute slikke en 2000 ont largement évolué vers un schorre. L'exemple du domaine endigué de Graveyron montre que les reconnections marines peuvent permettre une efficace réinstallation d'un pré salé dans le delta de la Leyre.

Ainsi, les prés salés, zone humide littorale aujourd'hui la plus menacée, assurent des bénéfices majeurs dont le rôle apparaît aujourd'hui incontournable face aux effets du changement climatique.



### 3.3.2. Etude d'un scénario possible de reconnexion marine de la pointe de Branne à Certes

Les cartographies statiques de submersions futures exposées ci-dessus indiquent que certaines portions de digue du domaine de Certes pourraient être submergées dès 2030 en conditions normales. Suite au retour d'expérience des reconnexions marines de Graveyron et de Malprat, permettre au pré salé de se reconstituer au niveau à Certes constituerait un moyen de lutter efficacement contre l'impact des aléas littoraux.

L'étude d'un scénario de reconnexion marine à Certes n'a fait l'objet au cours de ce stage que d'un atelier de travail avec des techniciens du Conseil départemental de la Gironde ayant en charge la gestion du domaine. La réflexion sur une potentielle reconnexion marine à Certes s'est basée notamment sur les cartographies statiques de submersions futures réalisées dans le cadre de la présente étude, ainsi que sur l'identification des secteurs où les ouvrages sont les plus bas. A l'issue de cet atelier, il a été retenu une proposition de scénario possible d'ouverture de brèche dans la digue nord-est de la pointe de Branne.

La reconnexion de ce secteur nécessiterait la construction d'une digue de second rang en amont. Dans le cas où cette digue serait également franchie par les eaux à mesure que l'élévation du niveau marin se poursuit, une seconde digue arrière pourrait être édifiée afin de permettre la reconstitution d'un pré salé sur une plus large étendue. Les positions des digues de second rang proposées ainsi que le secteur de digue le plus bas sont illustrés sur la figure suivante (Figure 40).



Figure 40 : Proposition de position des digues de second rang dans le cas du scénario de reconnexion marine de la pointe de Branne (d'après Brivois, 2021)

Cette proposition va à présent faire l'objet d'analyses cartographiques de la part du BRGM et du MNHN (Museum National d'Histoire Naturelle). Ces analyses seront ensuite étudiées dans le cadre d'élaboration du plan de gestion du site, pour pouvoir proposer une stratégie d'adaptation aux impacts du changement climatique.



## Conclusion

D'une part, la reconstitution historique réalisée en première partie a permis de mettre en évidence deux phases d'évolution principales du trait de côte dans le delta de la Leyre, en lien avec l'évolution des modes de pensées au cours des siècles : d'abord, une avancée de la terre sur la mer à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle dans un objectif productif, puis, à la fin du XX<sup>ème</sup> et au début du XXI<sup>ème</sup> siècle, un recul du trait de côte à travers les reconnections marines permises au niveau de la pointe de Graveyron et du nord de l'île de Malprat, traduisant une volonté de rendre aux rivages leur mobilité naturelle afin de les préserver.

En parallèle, l'analyse de l'évolution des surfaces urbanisées a montré que celles-ci se sont progressivement installées au plus près des zones côtières, étalées et densifiées à l'endroit où se trouvait auparavant la position du rivage, augmentant l'exposition des biens et des populations aux aléas littoraux.

D'autre part, l'étude de l'exposition du delta de la Leyre aux aléas littoraux dans un contexte de changement climatique a permis de mettre en évidence les secteurs de digues susceptibles de subir des submersions grâce à la cartographie statique. Selon l'élévation du niveau marin projetée par le scénario RCP 8.5 du GIEC, vers lequel semblent se diriger les sociétés actuelles, à Certes, dès 2030, des entrées d'eau pourront survenir sur la portion basse de la digue de la pointe de Branne pendant un jour par an environ, et plus de 4 jours par an en 2100. A Graveyron, la première zone d'entrée d'eau se situerait dans le secteur de Verduret, où la digue serait franchie dès 2050. A Malprat, des portions de digue au sud-est de l'île seront submergées dès 2030.

A ces projections doivent s'ajouter les impacts des événements extrêmes. En cas de tempête future, toutes les digues des domaines endigués pourraient être franchies en 2100, et la plupart dès 2030. Le recensement de tempêtes historiques a montré que 3 à 4 événements de grande ampleur se sont produits ces deux derniers siècles. Or, ces événements seront amenés à se reproduire plus fréquemment et de manière plus intense dans le futur, augmentant l'exposition du delta de la Leyre à l'aléa de submersion marine, mais aussi à l'érosion côtière. En effet, les tempêtes ont déjà endommagé les ouvrages de protection dans le delta et continueront à les dégrader.

Ainsi, les différentes analyses réalisées dans le cadre de cette étude ont montré qu'il existe une intensification à la fois des enjeux et des aléas naturels dans le delta de la Leyre, ce qui en fait une zone de plus en plus vulnérable. Dans ce contexte, les retours d'expérience des reconnections marines à Graveyron et Malprat montrent que les prés salés assurent des bénéfices majeurs dont le rôle apparaît aujourd'hui incontournable face aux effets du changement climatique.

## Bibliographie

**AcclimaTerra, Le Treut, H. (dir)** Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine, 488 p. [Rapport]. - [s.l.] : Région Nouvelle-Aquitaine, 2018.

**Allard J., Chaumillon E. et Feniès H.** A synthesis of morphological evolutions and Holocen stratigraphy of a wave dominated estuary : the Arcachon lagoon, SW France. Continental Shelf Research, 29, 957-969. [Rapport]. - 2009.

**Anselme Brice [et al.]** Impacts de l'élévation du niveau marin sur l'évolution future d'un marais maritime endigué : le domaine de Graveyron, bassin d'Arcachon (France) [Article] // Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8, Numéro 1. - avril 2008.

**Aubié S [et al.]** Compte-rendu des observations relatives aux impacts de la tempête Xynthia sur le littoral aquitain. Rapport final BRGM/RP-58511-FR, 40 p., 51 fig [Rapport]. - 2010.

**Baron Nacima [et al.]** Les littoraux à l'épreuve du changement climatique - Note du Conseil scientifique du Conservatoire du littoral [Rapport]. - 2021.

**Bernon N. [et al.]** Cartographie de la vulnérabilité du littoral au recul du trait de côte dans un contexte de changement climatique à l'échelle du bassin Adour-Garonne. Rapport final. BRGM/RP-67395-FR, 96 p., 57 [Rapport]. - 2017.

**Bernon N.** Programme de suivi géomorphologique du littoral du Bassin d'Arcachon. Rapport final. BRGM/RP-69736-FR, 42 p., 27 fig., 3 tab., 3 ann. [Rapport]. - 2020.

**Binet T., Diazabakana A. et Durou N.** Estimation des bénéfices de la protection des sites du Conservatoire du Littoral : état des lieux et perspectives à l'horizon 2050 - Etude de cas de la zone sud-est Bassin d'Arcachon - délégation Aquitaine, Vertigo Lab, Conservatoire du littoral, 77 p. [Rapport]. - Rochefort, France : [s.n.], 2015.

**Brivois Olivier** Action C8 Adapto : site supplémentaire Polder de Graveyron et Domaine de Certes dans le Delta de la Leyre (bassin d'Arcachon). - 2020.

**Bulteau T [et al.]** Note de l'Observatoire de la Côte Aquitaine - Bilan de l'événement du 02/03/2018, Référence : NT\_AQI\_2018\_005 [Rapport]. - 2018.

**Cazenave A. et Le Cozannet G.** Sea level rise and its coastal impacts. Earth's Future, 2, pp 15-34 [Rapport]. - 2014.

**CETE Sud-Ouest** Submersions marines sur le bassin d'Arcachon, étude historique – Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest [Rapport]. - 2012.

**Charles Elodie** Impact du changement climatique sur le climat de vagues en zone côtière, par régionalisation dynamique : application à la côte aquitaine . Océanographie. Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2012. Français. fftel-01280874 [Rapport]. - 2012.

**Church [et al.]** Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Rapport]. - Cambridge and New York : Cambridge University Press, 2013.

**DREAL Nouvelle-Aquitaine** Mise en œuvre de la Directive Inondation - Rapport d'accompagnement des cartographies du TRI du Bassin d'Arcachon [Rapport]. - 2016.

**Eche Daphné** Les submersions marines dans le Bassin d’Arcachon, représentations sociales et gouvernances du risque (juin 2009). Rapport de Master 1 de Géographie - Environnement [Rapport]. - 2009.

**Feniès Hugues** Faciès, séquences et géométrie des dépôts de chenaux de Marée du Bassin d’Arcachon : une lagune mésotidale. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 278 p. [Rapport]. - 1984.

**fichetempete.brgm.fr** <http://fichetempete.brgm.fr/pages/tempete.jsf?tid=20081196> [En ligne].

**Garcin Manu et Brivois Olivier** Projet Adapto (LIFE) - Action supplémentaire C8 - Le Marais de Cagny (estuaire de l’Orne). BRGM/RP--FR [Rapport]. - En cours.

**Garry G. [et al.]** Plans de prévention des risques littoraux (PPR). Guide méthodologique. Ministère de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement et Ministère de l’Équipement, des Transports et du Logement, La docu [Rapport]. - 1997.

**GIEC** Résumé à l’intention des décideurs, Rapport spécial du GIEC sur l’océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique [sous la direction de H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. M [Rapport]. - 2019.

**gironde.fr** [www.gironde.fr](http://www.gironde.fr) [En ligne]. - [www.gironde.fr/environnement/decouverte-des-espaces-naturels-de-gironde/domaine-de-certès-et-graveyron](http://www.gironde.fr/environnement/decouverte-des-espaces-naturels-de-gironde/domaine-de-certès-et-graveyron).

**Goeldner Lydie** "De la Nature conquise à la nature conquérante, La dépoldérisation : ouvrons les digues", 19ème Atelier du Conservatoire du littoral, 23 juin 1999, Paris, Institut Océanographique [Rapport]. - 1999.

**Goeldner-Gianella L. Bertrand F.** BARCASUB : « La SUBmersion marine et ses impacts environnementaux et sociaux dans le Bassin d’ARCACHON (France) : est-il possible, acceptable et avantageux de gérer ce risque par la dépoldérisation ? » Rapport final, 178 p. [Rapport]. - 2013.

**Guiné Fanny** Le réchauffement climatique va modifier l'amplitude des marées en Europe [Article] // Le Monde. - 2017.

**Idier Déborah [et al.]** Sea-level rise impacts on the tides of the European Shelf, Continental Shelf Research, Volume 137, 2017, ISSN 0278-4343, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.01.007>. [Rapport]. - 2017.

**Ifremer** Etude intégrée du bassin d’Arcachon, Laboratoire DEL, tomes 1 à 5, Arcachon. [Rapport]. - 1997.

**Insee, SOeS** L’Observatoire du littoral, Démographie et économie du littoral [Rapport]. - 2009.

**Joineau Vincent** "Certès et Graveyron, terres d'utopies" (exposition). - 2017.

**Krien Y. [et al.]** Méthodes pour l’évaluation à l’échelle nationale de l’emprise maximale de l’aléa submersion marine. Rapport BRGM/RP-58101-FR, 88 p, 28 fig., 4 tabl [Rapport]. - 2010.

**lifeadapto.eu** [www.lifeadapto.eu](http://www.lifeadapto.eu) [En ligne].

**Mallet Cyril [et al.]** Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte – Rapport BRGM/RP-60616-FR, 162 p., 100 fig., 7 ann. [Rapport]. - 2012.

**Marcadet C** La réouverture du polder de Graveyron (bassin d’Arcachon, Gironde) : risque de submersion, réactions sociales et gestion du site. Maîtrise de géographie, Université Paris I, 97 p. [Rapport]. - 2004.

**Mugica J, Delvallée E et Pedreros R** Application de modèles numériques pour l’estimation de l’altitude du plan d’eau à Andernos-les-Bains. Rapport BRGM/RP-58723-FR. 92 p., 64 fig., 14 tab., 6 ann. [Rapport]. - 2010.

**Mujica J. [et al.]** Caractérisation de l’aléa submersion marine dans le cadre des PPRL du Bassin d’Arcachon – Approche dynamique avec prise en compte des ouvrages de protection côtière. Rapport final. BRGM/RP-64807-FR [Rapport]. - 2016.

**Paskoff R.** Les littoraux, Impacts des aménagements sur leur évolution, 3e édition, 260 p [Rapport]. - Paris : Armand Colin éd., 2003.

**Pion Nicolas** Historique, évolution et devenir du domaine de Certes, TER de géographie, Bordeaux III [Rapport]. - 2000.

**Plus Martin [et al.]** Caractérisation des composantes hydrodynamiques d’une lagune mésotidale, le Bassin d’Arcachon. Rapport Ifremer Nov. 2006 – RST/LER/AR/06.007, 54 p. [Rapport]. - 2006.

**remonterletemps.ign.fr** <https://remonterletemps.ign.fr/> [En ligne].

**Réserve ornithologique du Teich** Suivi des intempéries et submersions marines – Dignes de la ROT [Rapport]. - 2021.

**Robinet Arthur et Lecacheux Sophie** Note de l’Observatoire de la Côte Aquitaine Bilan de la tempête Justine du 30 et 31 janvier 2021 et des fortes houles du 1er février 2021, NT\_AQI\_2021\_006 [Rapport]. - 2021.

**sage-leyre.fr** [www.sage-leyre.fr](http://www.sage-leyre.fr) [En ligne].

**sandre.eaufrance.fr** <http://www.sandre.eaufrance.fr/> [En ligne].

**SHAAPB** Cartes anciennes du Bassin d'Arcachon [Livre]. - 2020.

**SHAAPB** Histoire du domaine de Certes [Livre]. - 2018.

**SHOM** Références Altimétriques Maritimes - Ports de France métropolitaine et d’outre-mer, Cotes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée [Rapport]. - 2020.

**SIBA** Conséquences de la tempête Xynthia du 28/02/2010 sur le littoral du Bassin d’Arcachon [Rapport]. - 2010.

**SIBA** Stratégie locale de gestion des risques d’inondation (SLGRI). Territoire à Risques Importants (TRI) [Rapport]. - 2016.

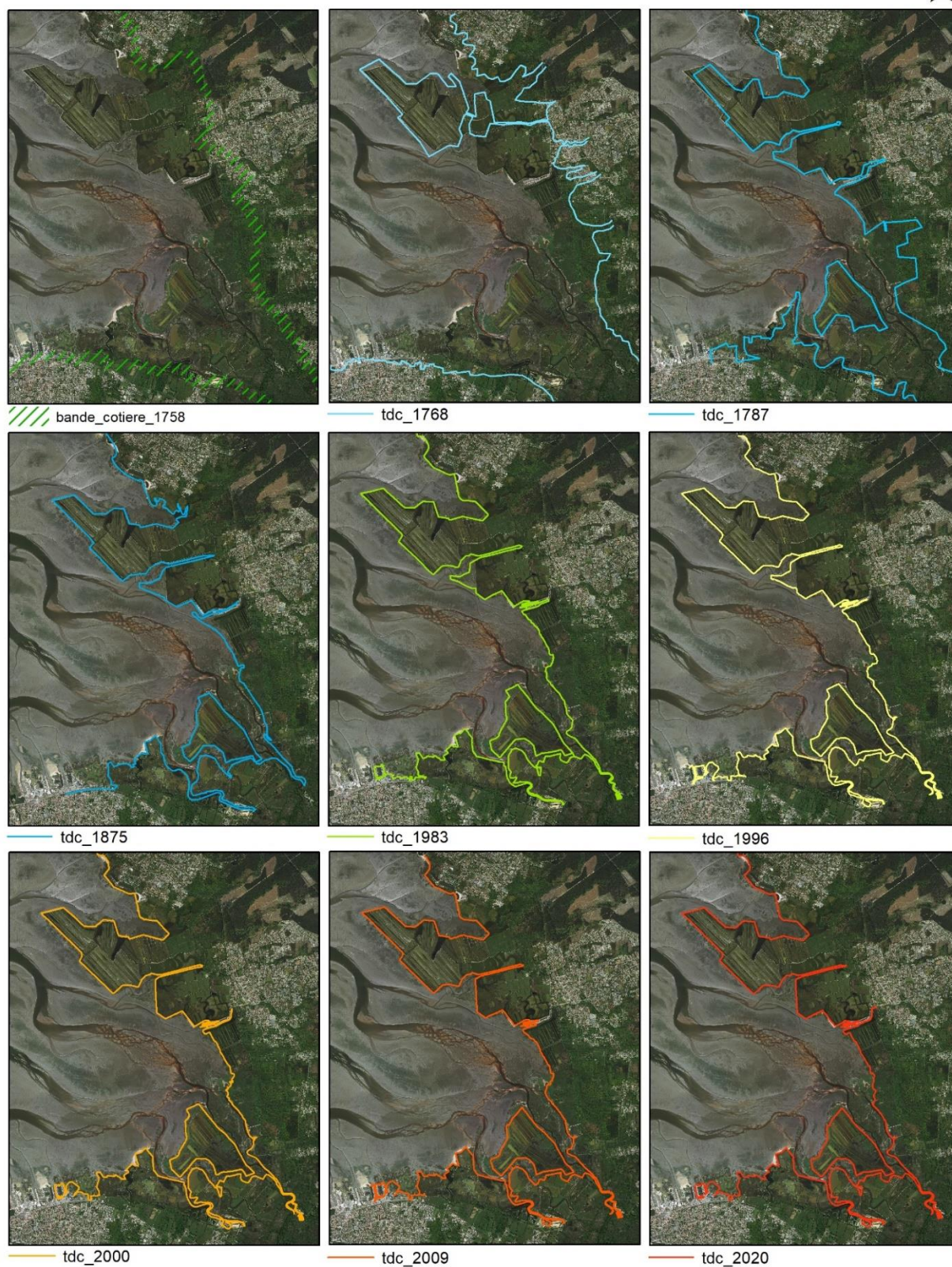
**SYBARVAL** Schéma de cohérence territoriale Bassin d'Arcachon Val de l'Eyre, Résumé non technique, décembre 2013 [Rapport]. - 2013.

**villedebiganos.fr** [En ligne].

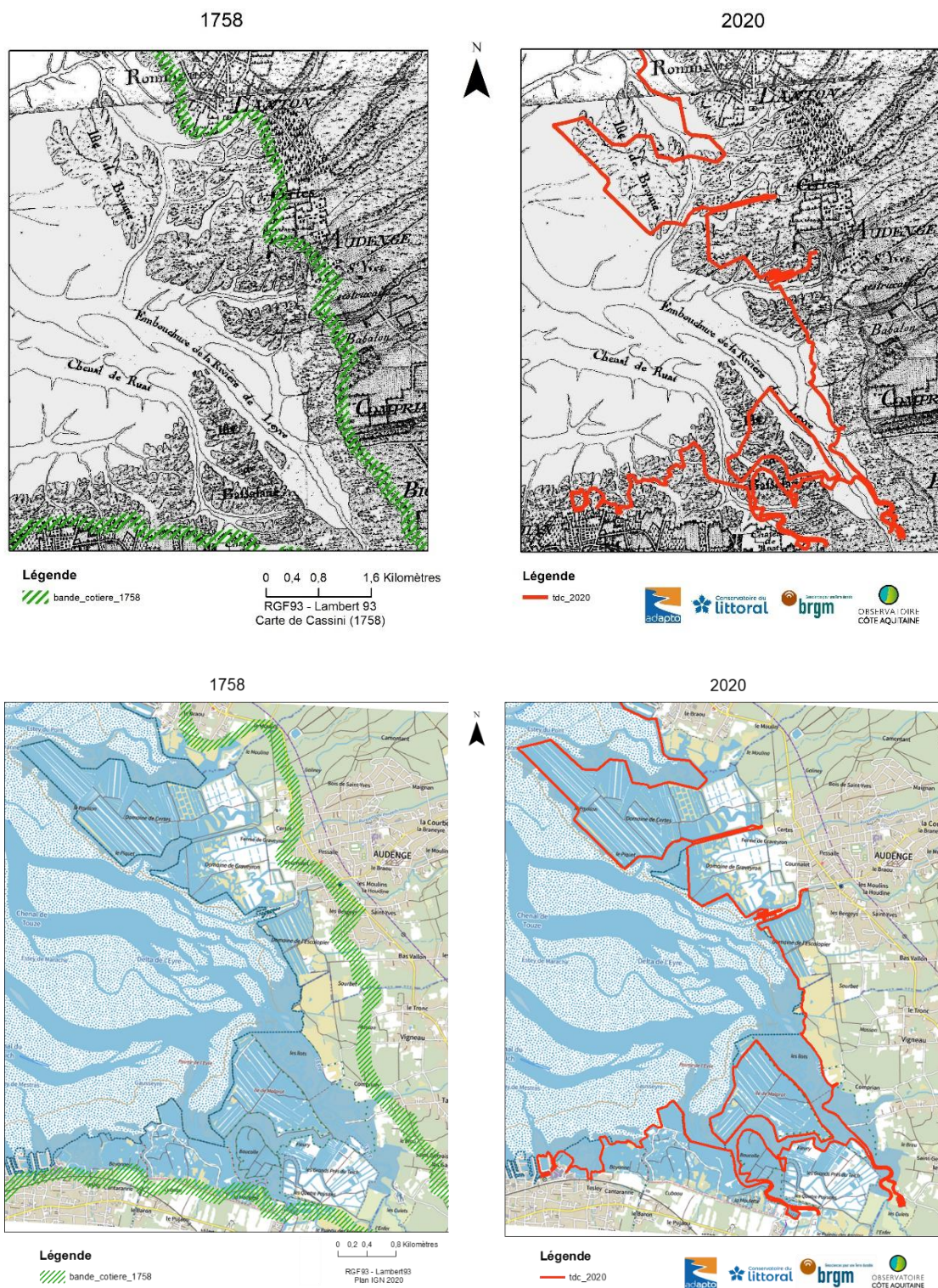


## Annexes

### Evolution du trait de côte dans le Delta de la Leyre entre 1758 et 2020





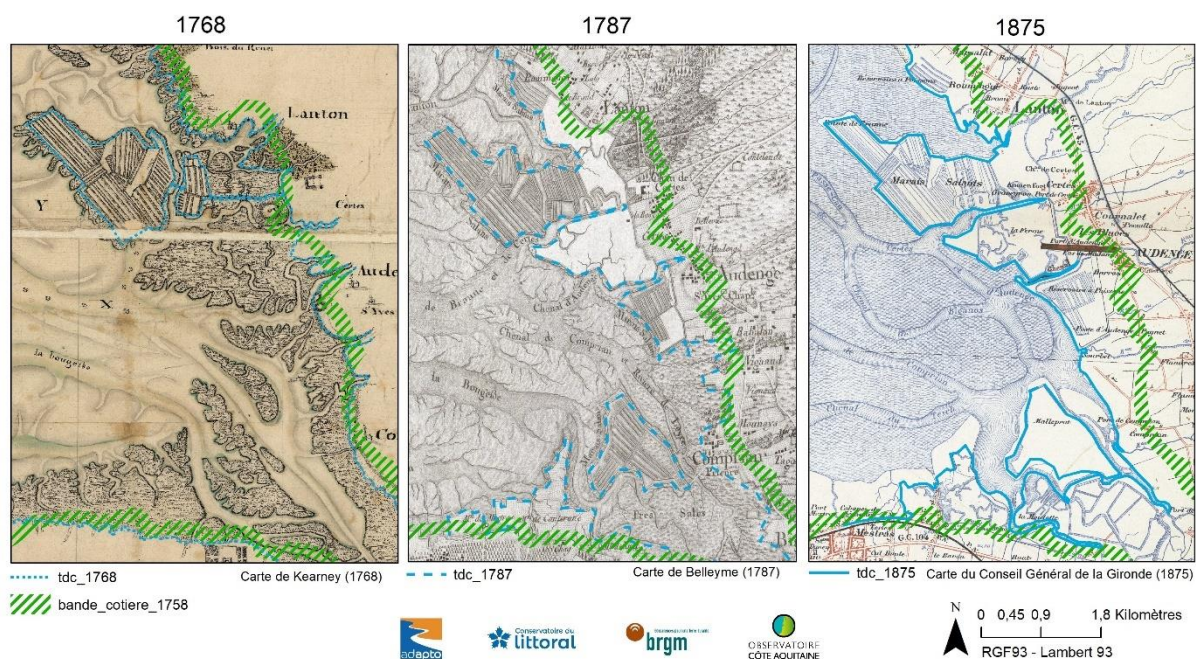


Annexe 2 : Comparaison entre la bande côtière de 1758 et le trait de côte de 2020. Fonds de carte : en haut, carte de Cassini (1758) et en bas, plan IGN (2020)

Ces représentations sont inspirées de l'exposition *Rivages en mouvement*, réalisée par le Conservatoire du littoral en lien avec différents partenaires techniques, scientifiques et financiers dans le cadre de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de côte (SNGITC).

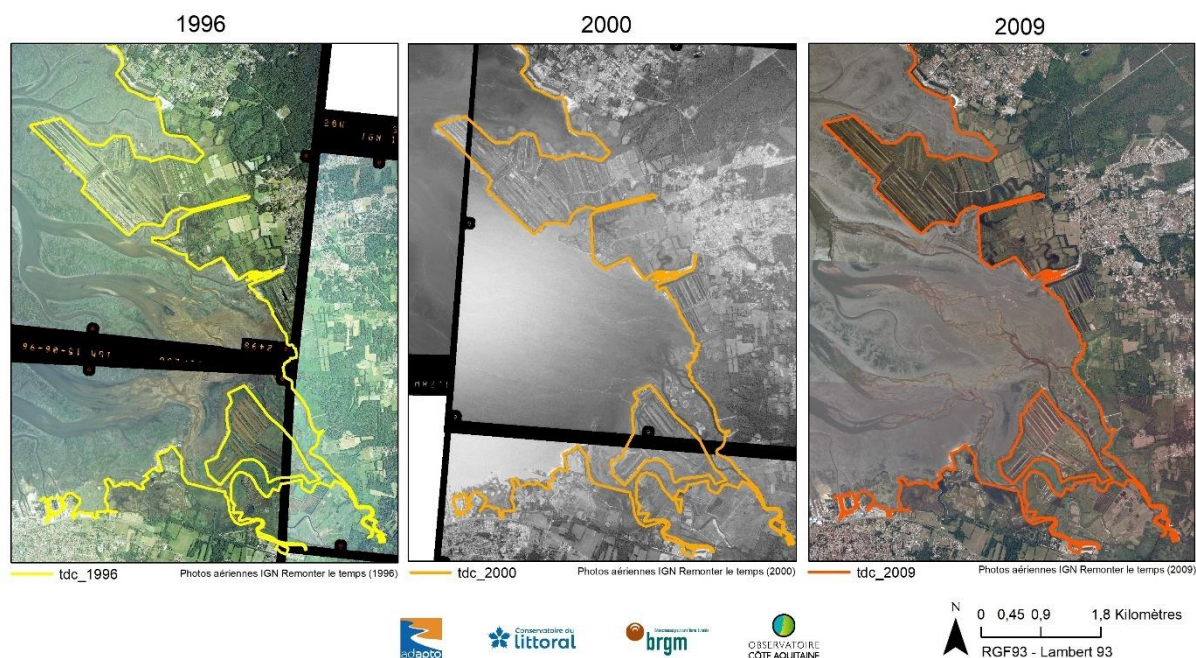
<http://rivages-en-mouvement.conservatoire-du-littoral.fr/>





Annexe 3 : Progression de l'endiguement des sites du delta de la Leyre entre 1758 et 1875.

En 1768, seul le domaine de Certes est endigué. A partir de 1787, l'endiguement des sites de Graveyron, l'Escalopier et de l'île de Malprat est mis en évidence. Sur la carte de 1875, le dernier site du delta de la Leyre est endigué : le domaine de Bayonne.

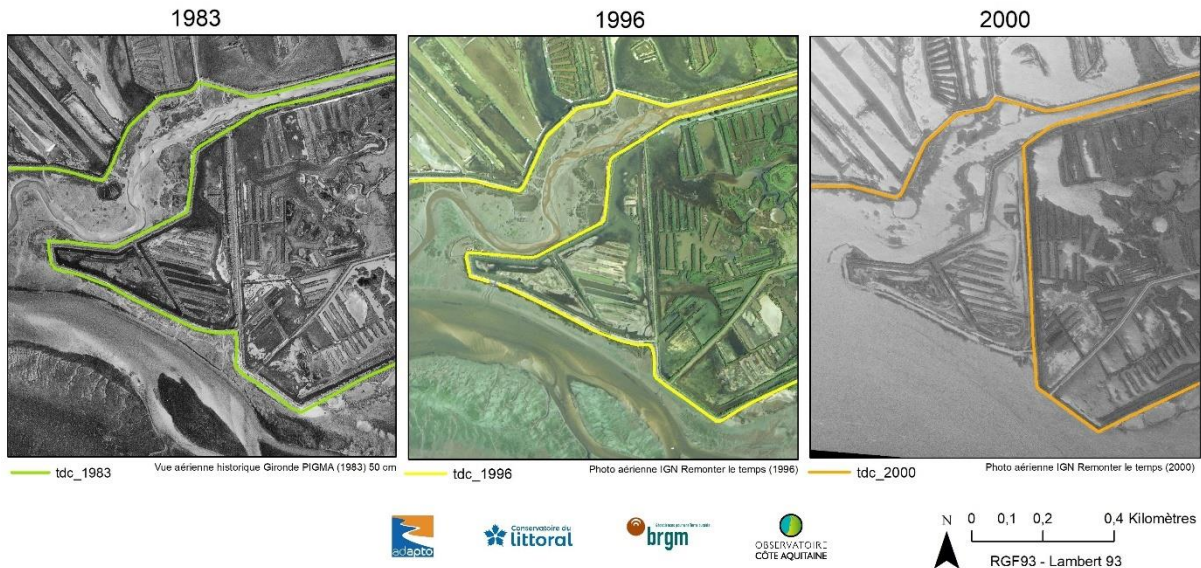


Annexe 4 : Evolution des reconnexions marines dans le delta de la Leyre entre 1996 et 2009.

En 1996, aucune zone n'est reconnectée à la mer mais une brèche est visible au niveau de la pointe de Graveyron. En 2000, la reconnexion de la pointe de Graveyron est mise en évidence, puis en 2009 celle de Malprat.



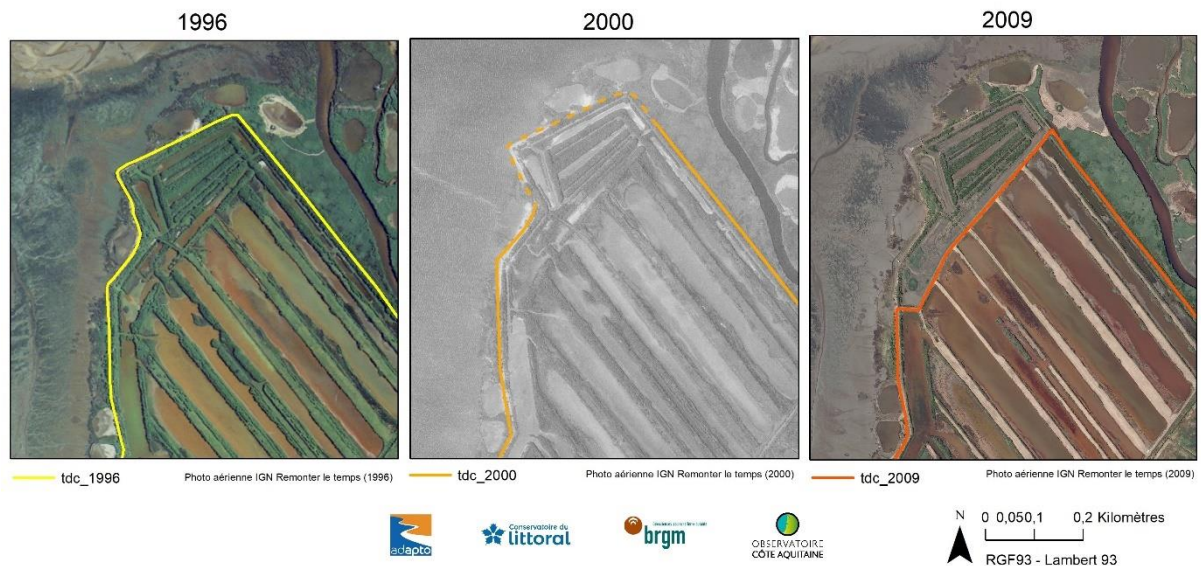
### Evolution du trait de côte de la pointe de Graveyron entre 1983 et 2000



#### Annexe 5 : Evolution de la reconnexion marine de la pointe de Graveyron entre 1983 et 2000.

En 1996, la brèche est visible au niveau de la pointe de Graveyron. En 2000, la pointe est reconnectée à la mer.

### Evolution du trait de côte au nord de Malprat entre 1996 et 2009



#### Annexe 6 : Evolution de la reconnexion marine au nord de l'île de Malprat entre 1996 et 2009.

En 2000, la digue externe est fragilisée. En 2005, la zone nord de Malprat est reconnectée à la mer et la digue de second rang est construite. Cette évolution est observable sur le trait de côte de 2009.



## Evolution de l'endiguement des domaines du Delta de la Leyre entre 1768 et 1875



### Légende

-  bande\_cotiere\_1758
-  tdc\_1768
-  tdc\_1787
-  tdc\_1875



0 0,25 0,5 1 Kilomètres



RGF93 - Lambert 93  
Orthophoto SIBA 2020

*Annexe 7 : Principales étapes de l'endiguement des sites du delta de la Leyre entre 1758 et 1875.*

En 1768, seul le domaine de Certes est endigué. Les domaines de Graveyron, l'Escalopier et Malprat suivent en 1787, puis le domaine de Bayonne sur la carte de 1875.



## Evolution des reconnections marines dans le Delta de la Leyre entre 1996 et 2009



*Annexe 8 : Principales étapes de la reconnexion marine des sites du delta de la Leyre entre 1996 et 2009.*

En 1996, une brèche est visible à la pointe de Graveyron, en 2000, la pointe de Graveyron est reconnectée et en 2009, le nord de Malprat est reconnecté (digue de second rang construite en 2005).



## Principales évolutions du trait de côte dans le Delta de la Leyre depuis le XVIIIème siècle



### Légende

- |                    |          |          |
|--------------------|----------|----------|
| bande_cotiere_1758 | tdc_1768 | tdc_1996 |
|                    | tdc_1787 | tdc_2000 |
|                    | tdc_1875 | tdc_2009 |



0 0,25 0,5 1 Kilomètres

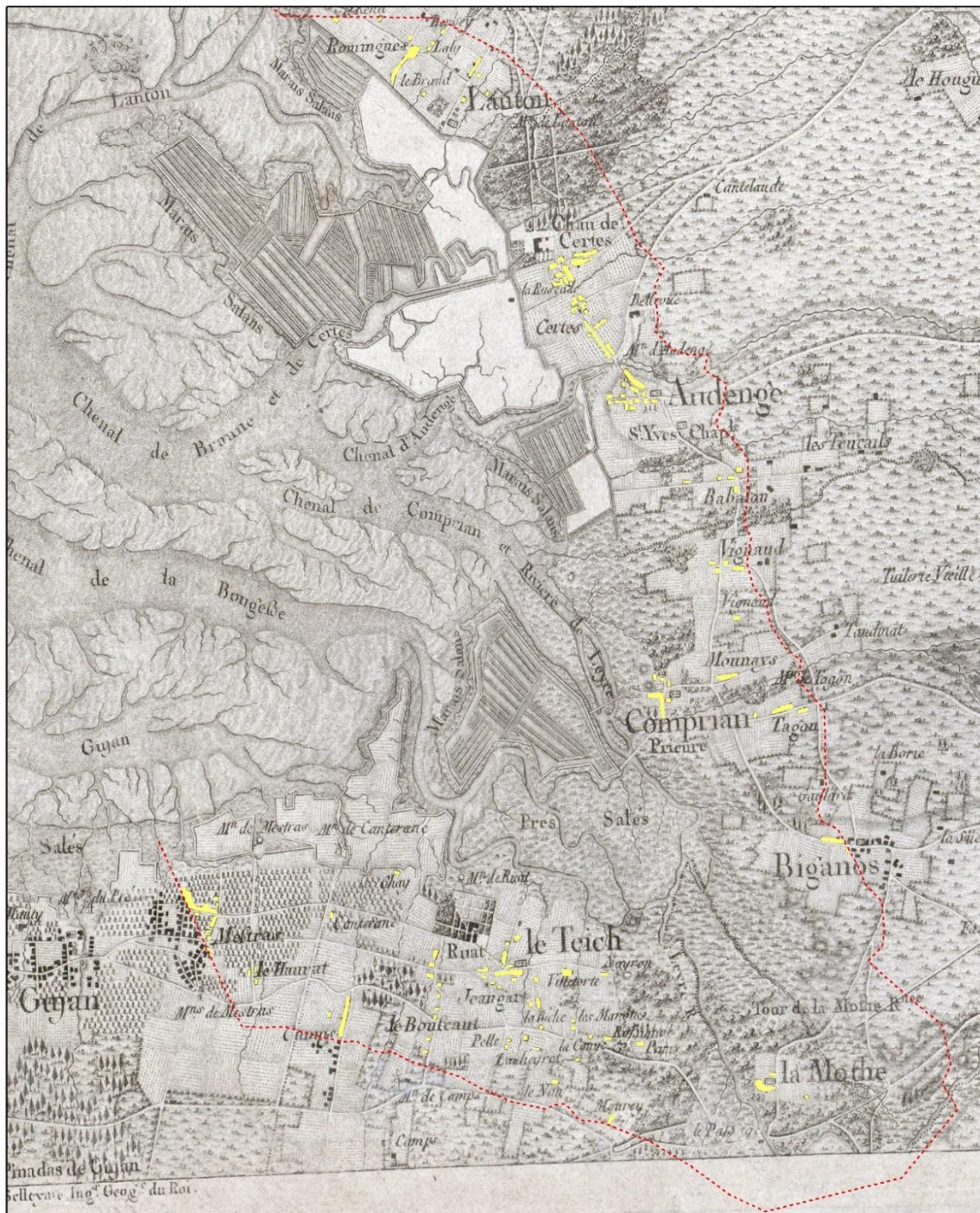


RGF93 - Lambert 93  
Orthophoto SIBA 2020

Annexe 9 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte dans le delta de la Leyre. En bleu, les endiguements réalisés au XVIII et XIX<sup>ème</sup> siècles, et en jaune, orange et rouge les reconnections marines récentes.



## Etalement urbain en 1787 (carte de Belleyme)



### Légende

--- limite\_zone\_etude      urbanisation\_1787\_belleyme



0 0,35 0,7 1,4 Kilomètres



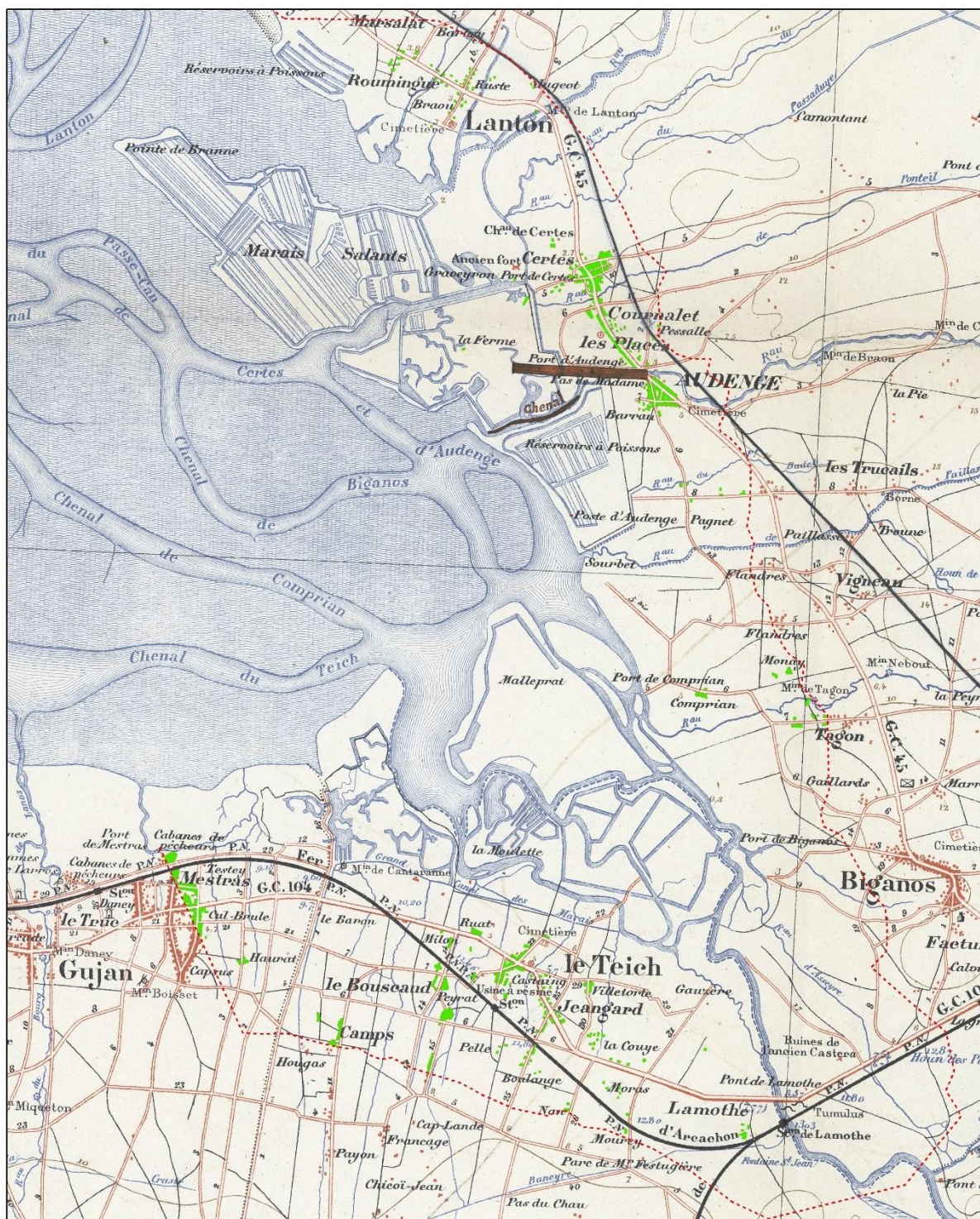
RGF93 - Lambert 93  
Carte de Belleyme (1787)

Annexe 10 : Etalement urbain digitalisé sur la carte de Belleyme (1787).

Le bâti a été digitalisé en se basant sur les petits carrés figurés par Belleyme pour rendre compte de la position des habitations. Les zones colorées en jaune ne reflètent donc pas précisément la surface urbanisée en 1787 mais permettent de mettre en évidence qualitativement l'extension des zones urbaines à cette date.



## Etalement urbain en 1875 (carte du Conseil Général de la Gironde)



### Légende

----- limite\_zone\_etude      urbanisation\_1875\_CG\_Gironde



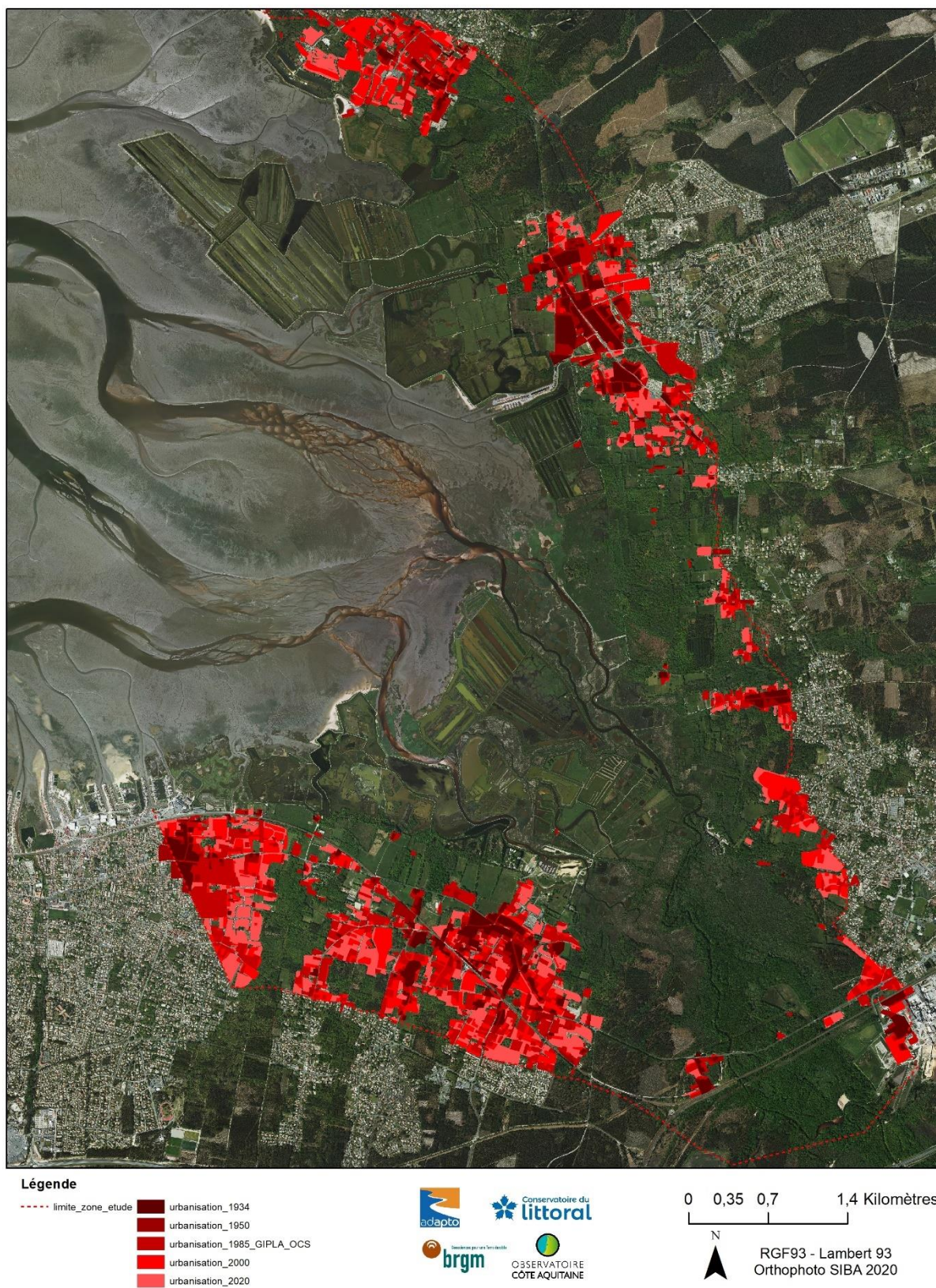
0 0,35 0,7 1,4 Kilomètres

RGF93 - Lambert 93  
Carte du Conseil Général de la Gironde (1875)

Annexe 11 : Etalement urbain digitalisé sur la carte du Conseil général de la Gironde (1875). De même que pour la figure 10, la surface urbanisée est uniquement illustrée de manière qualitative.



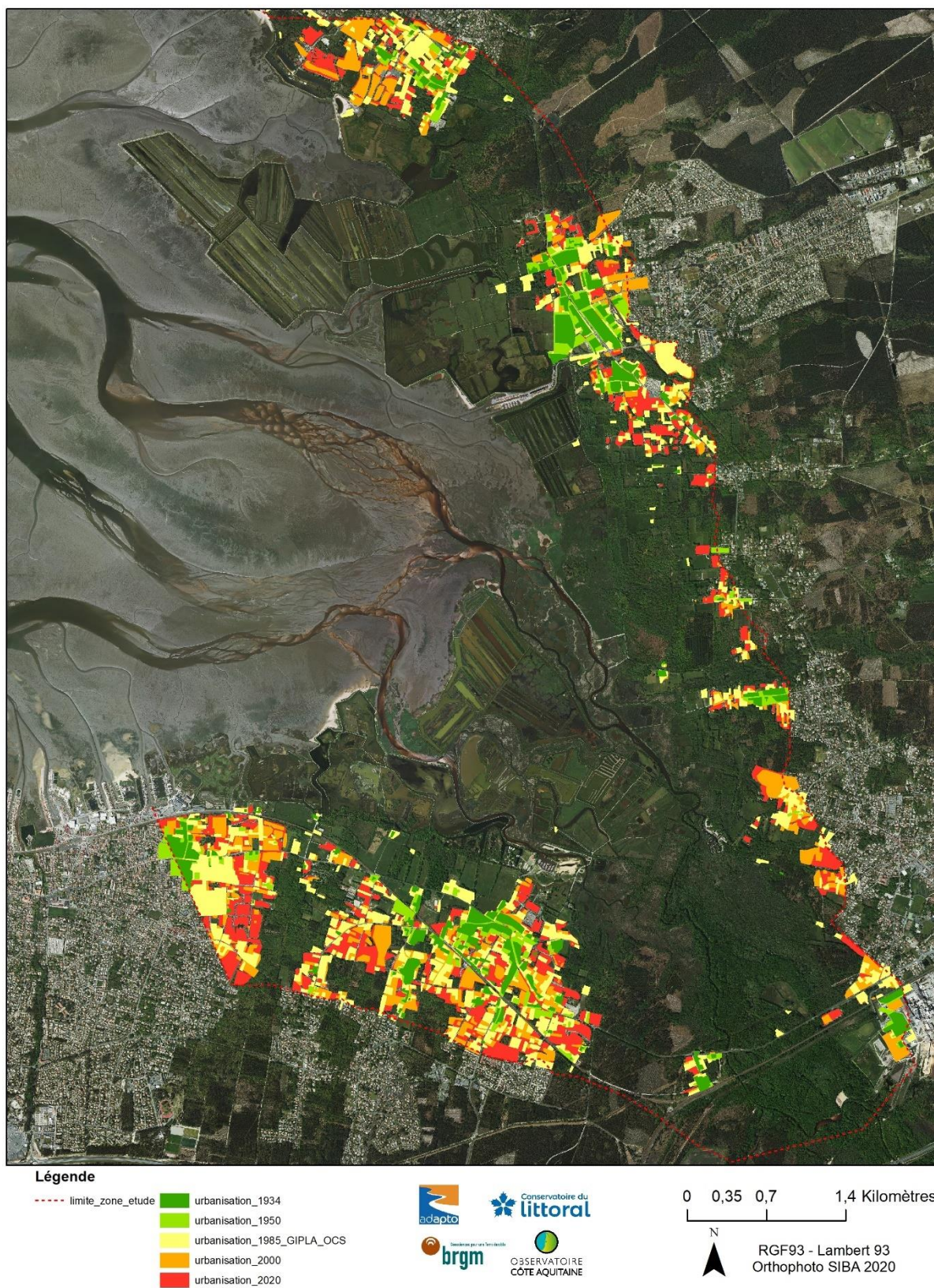
## Evolution de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre entre 1934 et 2020



Annexe 12 : Evolution de l'étalement urbain entre 1934 et 2020.



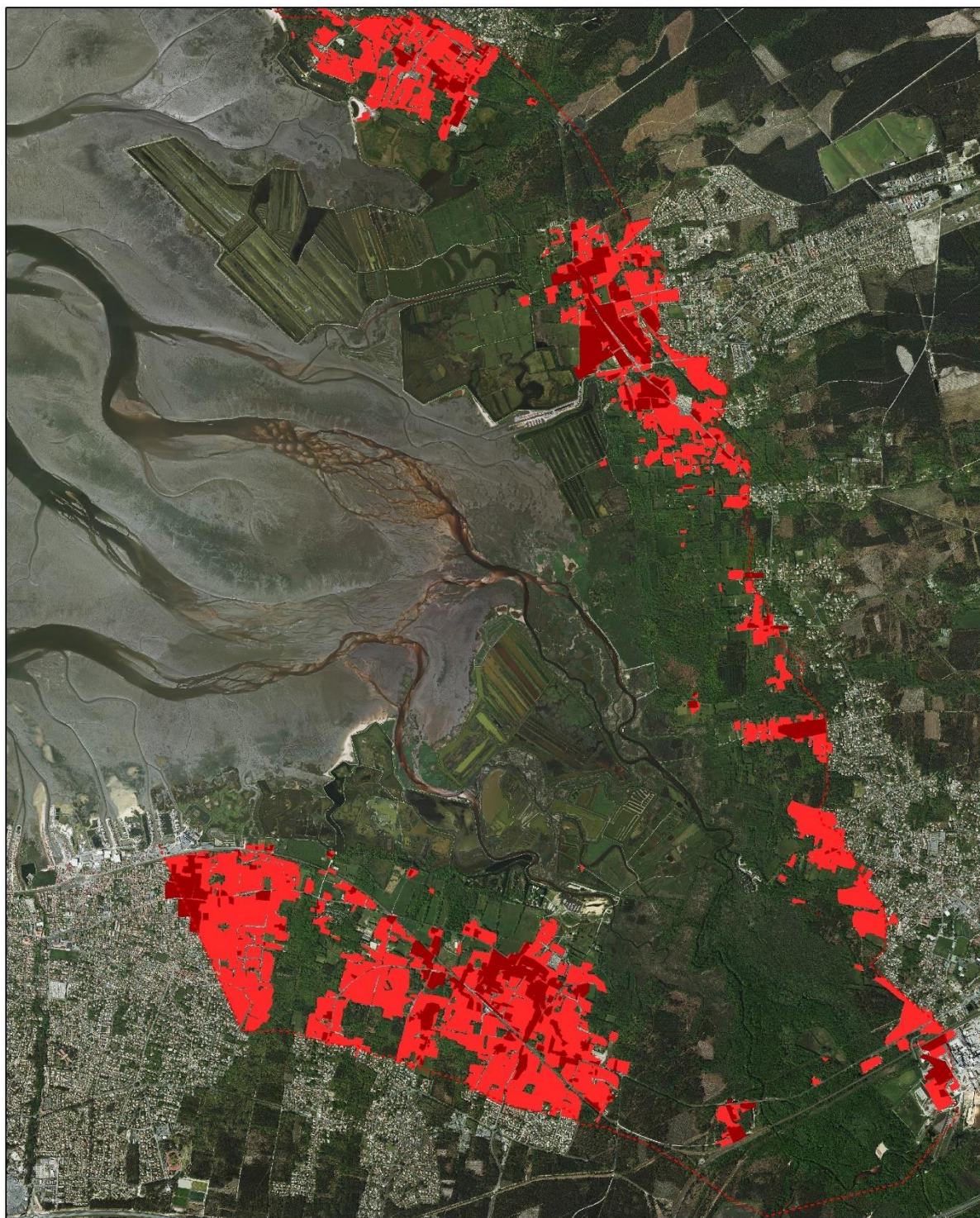
## Evolution de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre entre 1934 et 2020



Annexe 13 : Evolution de l'étalement urbain entre 1934 et 2020. Le code couleur utilisé met en évidence une dominance du jaune et permet de se rendre compte de l'explosion de l'étalement urbain ayant eu lieu entre 1950 et 1985.

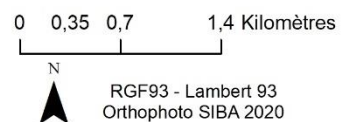


## Evolution de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre avant et après les années 1970



### Légende

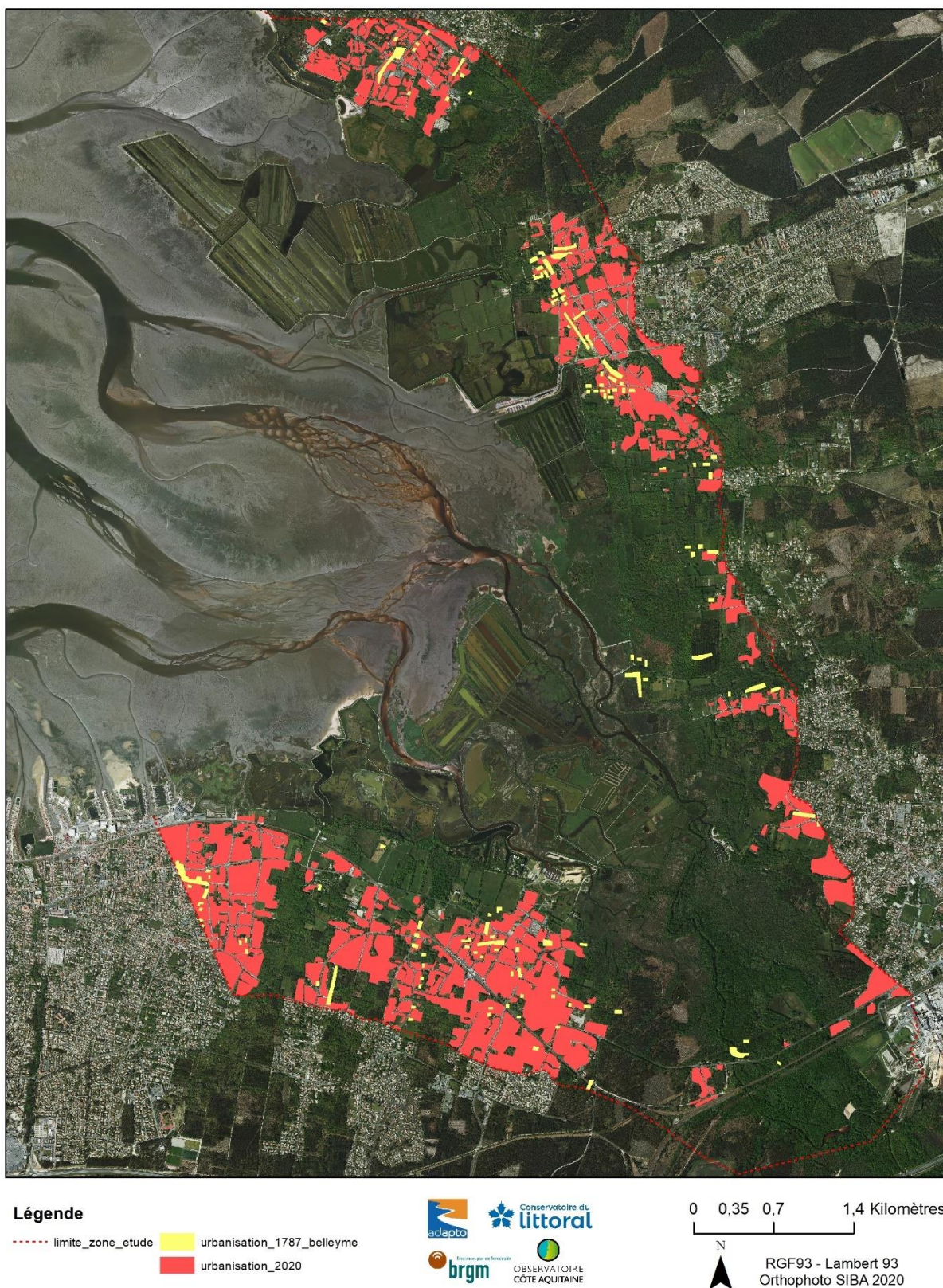
- limite\_zone\_etude
- urbanisation\_1950
- urbanisation\_2020



Annexe 14 : Evolution de l'étalement urbain entre 1950 et 2020. Cette carte met en évidence l'explosion de la surface urbanisée dans le delta de la Leyre dans la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle.



## Evolution de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre entre 1787 et 2020



Annexe 15 : Evolution de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre entre 1787 et 2020

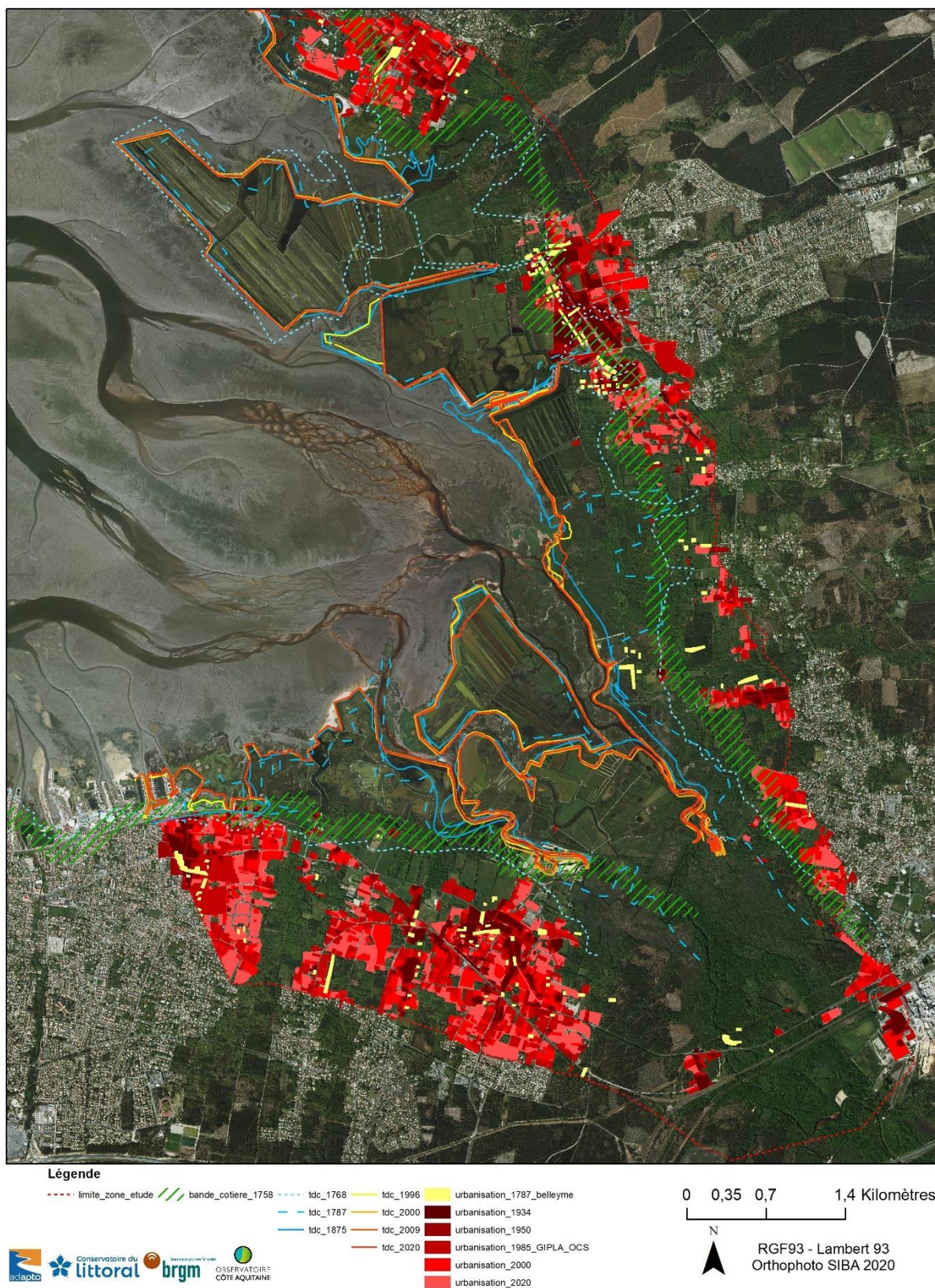




Annexe 166 : Evolution de l'étalement et de la densification des zones urbanisées entre 1934 et 2020



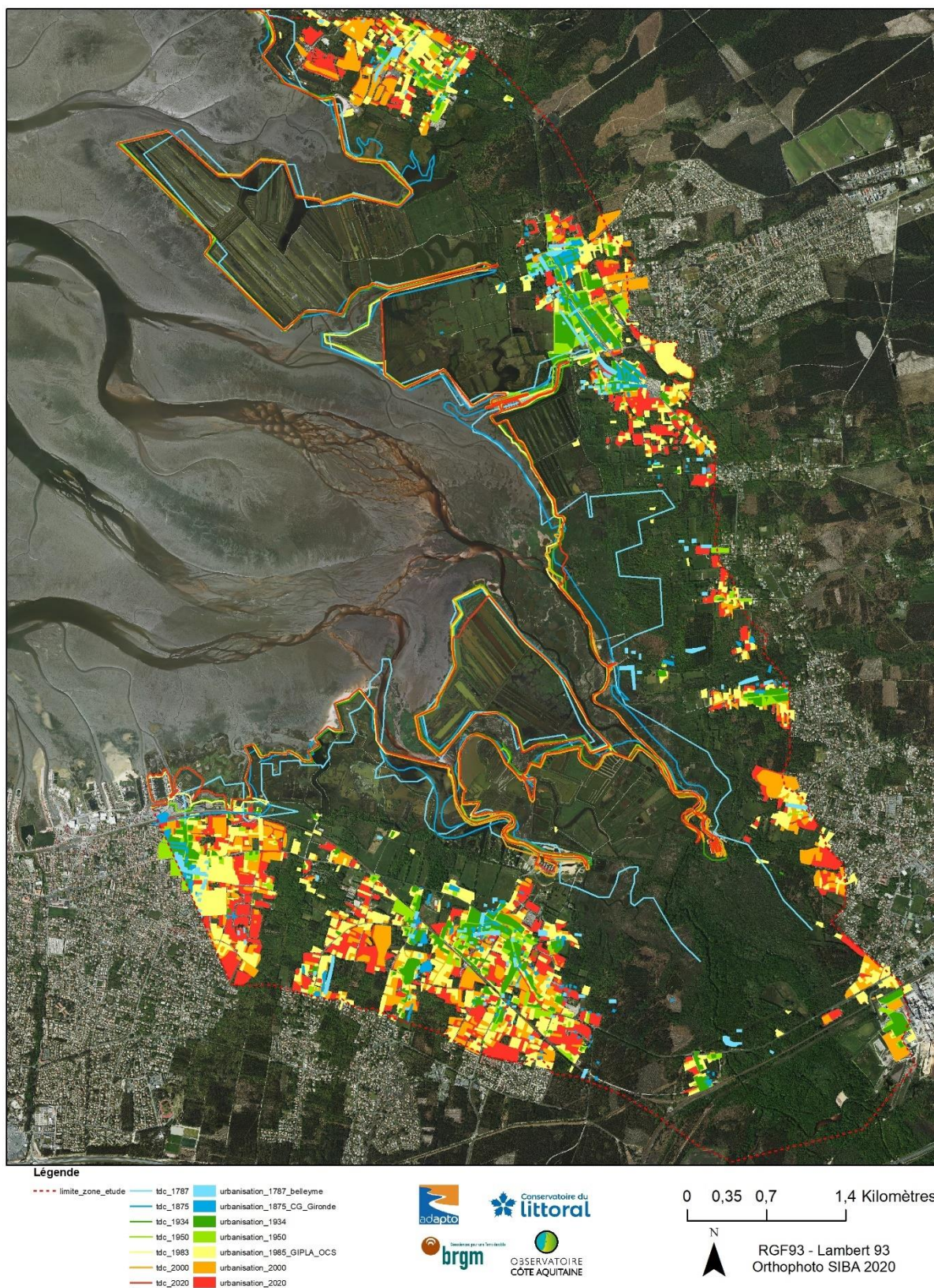
## Evolution du trait de côte et de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre



Annexe 17 : Synthèse des principales évolutions du trait de côte (en bleu les étapes d'endiguement, et en jaune, orange et rouge les étapes de reconnexion marine) et de l'étalement urbain dans le delta de la Leyre.



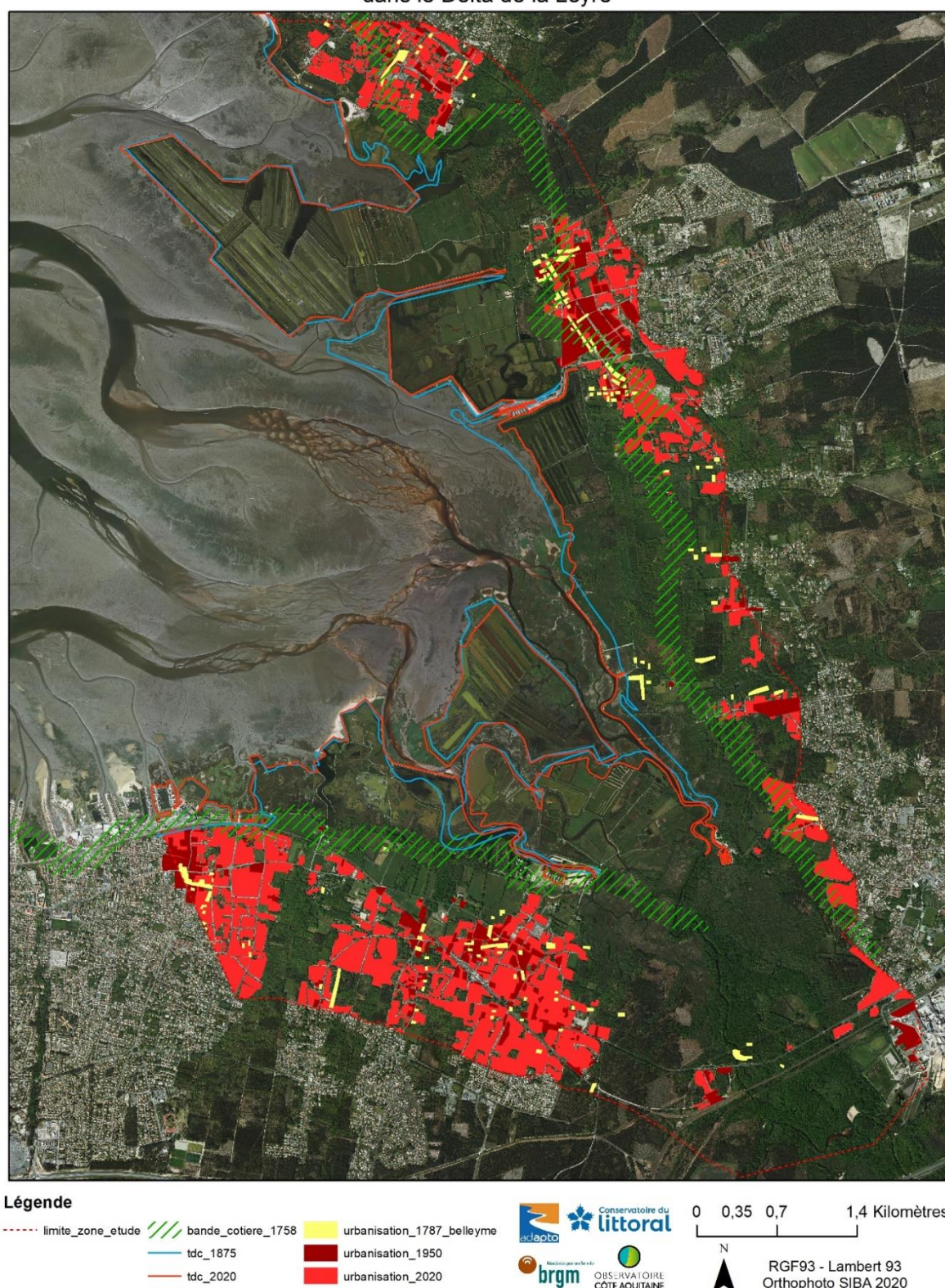
## Evolution du trait de côte et de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre



Annexe 18 : Synthèse des évolutions du trait de côte et de l'étalement urbain associé entre 1787 et 2020. Pour chaque date sont figurés d'une même couleur le trait de côte et l'étalement urbain.



# Synthèse des principales évolutions du trait de côte et de l'étalement urbain dans le Delta de la Leyre



Annexe 19 : Carte de synthèse.

Cette carte présente la position du trait de côte avant endiguement (1758), après tous les endiguements (1875), et après les reconnections marines (2020), ainsi que l'étalement urbain digitalisé sur une carte ancienne (1787), en 1950 avant l'explosion de l'urbanisation, et en 2020.



Annexe 20 : Calcul des surfaces de tissu urbain entre 1934 et 2020

| Année | Surface tissu urbain continu (m²) | Surface tissu urbain discontinu (m²) | Surface urbanisée totale (m²) |
|-------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 1934  | 137 001                           | 708 981                              | 845 982                       |
| 1950  | 420 600                           | 596 087                              | 1 016 687                     |
| 1985  | 1 339 965                         | 1 383 813                            | 2 723 778                     |
| 2000  | 2 023 049                         | 961 463                              | 2 984 512                     |
| 2020  | 3 181 180                         | 1 201 020                            | 4 382 200                     |

Annexe 21 : Evénements répertoriés dans l'étude historique Submersions marines sur le Bassin d'Arcachon réalisée par le CETE en 2012

| DATE | COEF. MAR. | VIT. VENT (km/h) | SUR COTE (cm) | PRES. (hPa) | DOMMAGES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------|------------|------------------|---------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1714 |            |                  |               |             | "nombreuses inondations submergeant entièrement l'île aux oiseaux"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1725 | 45         |                  |               |             | 5 jours de tempête, 48 morts en mer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1783 | 104        |                  |               |             | "un grand reflux d'eau salée submergea tout le jardin de la cure , avec toutes les vignes et les maisons de Mestras les plus près du bassin"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1836 | 41         |                  |               |             | 78 marins pêcheurs périssent sur les passes [ "Lou gran malur" ]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1842 |            |                  |               |             | Les ponts de Lamothe (route et chemin de fer) sont emportés.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1875 |            |                  |               |             | Digue Johnston rompue; inondation des Prés salés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1877 | 51         |                  |               |             | Vingtaine de noyés, pinasses projetées et brisées                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1878 | 63         |                  |               |             | Voie ferrée recouverte jusqu'à la route départementale; 3 morts<br>Réservoirs à poisson submergés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1882 | 110<br>108 | Violent d'Ouest  |               |             | <p>"Ce fut un véritable raz-de-marée. Noyade de 3 personnes. A Gujan, la voie de chemin de fer a été inondée par la marée sur un parcours de 6 km. La circulation est interrompue sur le chemin de fer entre LaTeste et Arcachon.</p> <p>Un épouvantable malheur vient de frapper la population d'Arès, d'Andernos et surtout celle de l'île aux Oiseaux. Aujourd'hui, à six heures du soir, au moment où la mer était dans son plein, une tempête effroyable s'est levée sur la partie du bassin qui avoisine nos côtes. La mer avec un fracas impossible à décrire, a englouti toutes les cabanes ostréicoles, et, à Arès surtout un très grand nombre de maisons".</p> <p>Arcachon 28 octobre, soir. Il règne ici un vent violent d'ouest ; le bassin est très gros. Un phénomène a été constaté une heure avant la pleine mer, un gonflement subit de l'eau a produit une sorte de ras de marée. Une inondation instantanée s'est présentée dans le quartier de la Chapelle et le quartier d'Aiguillon.</p> <p>L'île est submergée, des chevaux et des vaches sont noyés, 40 cabanes sont détruites. Les habitants sont en détresse. Le débarcadère a été enlevé. La digue de La Teste est rompue, la chaussée est envahie, la plaine inondée. Il en est de même à Mestras.</p> <p>"La voie ferrée a été envahie par l'eau 3 heures durant".</p> <p>"Beaucoup d'eau séjourne encore dans les prairies et les champs avoisinant le bassin".</p> <p>"Une tranchée de 20m s'est produite sur la route de La Teste à Arcachon".</p> <p>"Ce qui a le plus souffert à Audenge ce sont les réservoirs à poisson, [...] ils ont été absolument envahis, tous les poissons ont disparu. [...] La plus grande partie des champs récemment ensemencés en blé ont été inondés ; toute la récolte sera perdue".</p> |

| DATE | COEF.<br>MAR. | VIT.<br>VENT<br>(km/h) | SUR<br>COTE<br>(cm) | PRES.<br>(hPa) | DOMMAGES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------|---------------|------------------------|---------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1882 | 110<br>108    | Violent<br>d'Ouest     |                     |                | A Andernos, "c'est là que les ravages ont été le plus terrible. L'eau s'est élevée à plus d'une mètre dans le bourg et dans les environs. Elle est arrivée avec une telle violence qu'elle a tout renversé sur son passage, creusant de véritables vallées dans les maisons serrées du bourg et dans les bois qui l'avoisinent. Les arbres ont été secoués avec une furie épouvantable. Un grand nombre de maisons sont effondrées, démolies, les cabanes des marins et des ostréiculteurs sont détruites, ainsi que de nombreuses barques de marins. Les eaux ont envahi presque toutes les maisons d'habitation, que leurs propriétaires ont été obligés d'abandonner momentanément, la mairie et les écoles baignent dans l'eau, les élèves sont en vacances forcées. Le mur du cimetière a été démoli, le cimetière lui-même a été saccagé, les ossements sont dispersés de tous côtés".                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1882 | 110<br>108    |                        |                     |                | <p>"A Arès, les dégâts sont moindres. Ils se bornent à quelques cabanes et barques endommagées. J'ai vu les cabanes du port de Lège, elles auront aussi besoin de réparations". Vendredi après midi c'est à l'heure de la marée que la tempête s'est fait sentir avec plus de force.</p> <p>"Aidées par un fort vent de sud-ouest, les eaux se sont élevées à une hauteur prodigieuse".</p> <p>"Dans le quartier de la Chapelle on a vu l'eau monter jusqu'à moitié de l'allée Notre-Dame; plusieurs propriétés riveraines du bassin ont été inondées et quantité de jardins ont été abimés. Dans plusieurs endroits, la rue du Casino, le cours Lamarque-de-Plaisance et les quartiers bas étaient transformés en véritables lacs ; pour sortir des maisons ou traverser les rues, il fallait se mettre de l'eau jusqu'aux genoux".</p> <p>"La terrasse de l'hôtel Continental a été sensiblement endommagée ; l'eau a pénétré dans ses parties basses ainsi qu'à l'hôtel de France et ses propriétés voisines.</p> <p>Dans le quartier Saint-Ferdinand la grande Villa a été fort éprouvée, dit-on, et l'eau recouvrait une grande partie de la propriété : en avançant le désastre grandissait, il était à son comble à l'Aiguillon entièrement submergé".</p> <p>"La digue de La Teste a été rompue et l'eau a traversé la chaussée et envahi la plaine".</p> <p>(niveau de l'eau : 5 m40, information apportée dans la parution du 20 janvier 1924). De vieux arcachonnais prétendent qu'elle atteignait au plus fort de la tempête, presque les marches du terre-plein de l'église. [4], [18].</p> |
| 1896 | 95            |                        |                     |                | <p>Localités fond du bassin inondées, route Arès-La Teste coupée</p> <p>"Arcachon, 6 décembre : Depuis hier une grosse tempête sévit sur Arcachon. On nous informe que le sémaphore, miné par la mer, s'est effondré sur la plage de la Pointe Sud". "Dimanche, à 5 heures et demie du soir, la mer est montée à 5 m37 au-dessus de l'étiage. Ce chiffre est inférieur à la marée d'octobre 1882 où la mer était montée à 5 m42. Toutefois, la tempête de dimanche offrait une mer beaucoup plus démontée. En 1882, la débarcadère avait été enlevé. Cette fois il n'a été que couvert par l'eau : son tablier a été boursoufflé par endroit et demande de grosses réparations.</p> <p>A la villa Blanche, l'eau a raviné le jardin, à la Tour-Blanche, défoncé les cabines de bains, rue de la Mairie, démoli le débarcadère, un certain nombre de pinasses ont été brisées.</p> <p>L'île aux Oiseaux a été en majeure partie recouverte par l'eau, toutefois on n'a pas eu, comme 1882, d'accidents de personnes à déplorer.</p> <p>Sur la cote du Mouleau, la plage a été creusée sur une grande étendue, et la buvette tenue par M. Laurent, complètement démolie. Le Cap-Ferret a été touché "de la hauteur extraordinaire de la marée".</p> <p>Pleine mer devant la chapelle ; le 6 décembre : matin : hauteur : 3 m 80 (6 h 19), soir : hauteur : 3 m 60 (6 h 42) 5 m 37 au-dessus de l'étiage</p> <p>Vent de sud-ouest" [4], [18].</p>                                                                                                                                                           |

| DATE | COEF.<br>MAR. | VIT.<br>VENT<br>(km/h) | SUR<br>COTE<br>(cm) | PRES.<br>(hPa) | DOMMAGES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|---------------|------------------------|---------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1897 | 91            |                        |                     |                | Tout le pays de Buch dévasté ; inondation de nombreuses rues : Cours Desbiey, de la Mairie, Lamarque , Tartas, Legallais, Lafont, des Pilotes, des Trois-Bornes, du Casino, Marpont, Ste Gratienne,...[32]<br>"Le cyclone a dépassé en violence tout ce qu'on avait vu de mémoire d'homme" [1]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1902 | 52            |                        |                     |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1905 | 83            |                        |                     |                | Rues Jéhenne, Legallais inondées; cabanes pêcheurs Gujan effondrées<br>"Elle a commencé le samedi 11 novembre pour durer jusqu'au milieu de la nuit du lundi 13, soit en tout soixante douze heures".<br>"C'est dans la matinée de mardi, jour de pleine lune, que cette tempête s'est accentuée. Un vent furieux soufflait de l'ouest, soulevant la mer".<br>"Il était 4 heures de l'après-midi, c'était pleine-mer".<br>"La mer refoule jusque dans les rues Jéhenne et Legallais où la circulation devient une traversée".<br>"A l'heure de la pleine mer, on ne pouvait accéder à la jetée-promenade, ni même au pourtour et à l'extrémité de la place Thiers qui étaient noyées d'eau et d'embruns".<br>"A Gujan [...]. Un mascaret formidable balayait les jetées et sous les poussées des vagues, des cabanes de pêcheurs s'effondraient". [4].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1924 | 101           |                        |                     |                | "Le raz-de-marée. La maison forestière était inondée, l'eau arrivait au ras du sommier. (Actuelle forestière au Cap-Ferret). A 7 heures du matin, les réservoirs, la vigne, tout était emporté. Sur l'île aux oiseaux complètement recouverte de varech et les chevaux furent noyés, les localités du fond du bassin partiellement inondées. Au jour, on retrouva des pinasses échouées un peu partout, entre autres sur la place Carnot, à Arcachon, à 30 m de la plage. Un quartier de la Hume fut inondé. La route d'Arcachon à La Teste coupée. Le débarcadère d'Eyrac a souffert. A l'Aiguillon, les habitants ont été cernés par le flot. Il y eut des creux de 17m dans les passes, de 12 m sur l'île, de 7 m à Arès. A Arcachon, "Ce matin à 7h, la pleine mer de grande marée qui normalement, devrait être de 1 m, a atteint, poussée par la tempête plus de 1 m 50".<br>Cette cote n'avait jamais été constatée depuis 1882.<br>La rue des Sables, la rue Marguerite, la rue Alexandrine, les voies adjacentes et la pointe de l'Aiguillon sont couvertes par environ 50 cm d'eau, sur environ 150 m².<br>Les diverses usines et établissements situés sur la plage, à l'Aiguillon, ont éprouvé des dégâts, mais pas très importants.<br>L'usine de conserve Rödel et les établissements de construction maritime Bossuet ont été envahis par les eaux.<br>Dans la rue des Martins, l'eau a envahi les immeubles en bordure de la plage non protégés par des pierres.<br>Il n'est pas possible de faire connaître exactement la hauteur atteinte par les eaux, attendu que le marégraphe des ponts et chaussées a cessé de fonctionner à partir de 5h du matin.<br>"Le raz de marée à l'Aiguillon : Dans la nuit du 8 au 9 janvier, dès 4 heures du matin, mercredi, l'eau de mer, débordant le rivage ou refluant des égouts. Il y eut jusqu'à 50 cm d'eau chez certains".<br>"Cependant l'inondation atteignait les établissements Cameleyre, boulevard Chanzy et tous les environs ; la rue Alexandrine était dans l'eau jusqu'à la rue Coste ; toutes les habitations situées du côté Est de cette dernière rue, entre le Bd Deganne prolongé et le Bd Chanzy, ont particulièrement souffert de l'irruption subite des flots. Un grand nombre, qui se trouvent en contre- bas dans le quadrilatère formé par les rues Coste, Alexandrine, Jean Michelet et le Bd Deganne, sont devenues momentanément inhabitables". |



| DATE | COEF.<br>MAR. | VIT.<br>VENT<br>(km/h) | SUR<br>COTE<br>(cm) | PRES.<br>(hPa) | DOMMAGES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------|---------------|------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1924 | 101           |                        |                     |                | <p>"Les écluses de l'égout collecteur, en grande partie à ciel ouvert, qui débouche dans le bassin au droit de l'établissement Berthomieu, n'ayant pas été fermées, tous les jardins compris entre l'octroi et les dunes du collège St-Elme sur le trajet de cet égout sont inondés par l'eau de mer ; ils en éprouvent un grand dommage et on n'y compte pas les récoltes perdues".</p> <p>"La route de La Teste elle-même fut pendant quelques temps submergée".</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1924 | 101           |                        |                     |                | <p>"Le malheur est que, quand la marée baissa, les eaux qu'elle avait amenées formèrent cuvette et stagnèrent. Une particularité d'Arcachon consiste en ce que certains points laissés bas derrière le littoral surélevé y forment en pareil cas de véritables lagunes. succursales de Cazaux. » [4], [16].</p> <p>C'est ainsi qu'il en existe rue de la Glacière et avenue des Mérics, pendant la mauvaise saison, de véritables "Devant les établissements Castelnau [...] dans la rue de Duchenne, où se trouvait un bas-fond encore très éprouvé".</p> <p>"Bribes sur le raz de marée".</p> <p>Niveau de la marée entre 5 m 10 et 5 m 20.</p> <p>"Or le 9 janvier, l'eau n'a monté dans cette même allée Notre-Dame (actuellement allée de la Chapelle) que jusqu'à l'immeuble du pharmacien Fabès où l'ont principalement apportée les quatre bouches d'égout du carrefour fait par cette allée avec les boulevards de la Plage et de l'Océan. Le cours Lamarque n'a pas été atteint ou l'a été d'une manière insignifiante grâce aux quatre égouts qu'elle possède au coin de la rue François Legallais. Tous ces égouts d'ailleurs, dégorgent plus ou moins d'eau à toutes les fortes marées et nous avons appris que l'administration supérieure se préoccupait d'un remède à cette situation. La rue du Casino a peu souffert".</p> <p>"Donc le niveau de 1882 n'a pas été atteint".</p> <p>Le quartier de Bélisaire au ferret ainsi que l'Ile aux Oiseaux sont submergés.</p> |
| 1951 | 96            |                        |                     |                | <p>Digues des Prés salés rompues ; Quartier Les Bordes (La Teste) inondé.</p> <p>"Le niveau de l'eau se serait élevé de 50 cm au-dessus des digues protégeant les Prés salés, provoquant plusieurs brèches. L'inondation comme à chaque événement causa des destructions aux habitations (quartier des Bordes), aux installations ostréicoles, aux cultures maraîchères". [15]</p> <p>L'eau monte jusqu'à la voie de chemin de fer de Gujan-Mestras, l'eau a atteint 1,50 m environ et même davantage par endroits en contre-bas ; rupture de la digue Johnston. [1], [32]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1954 |               |                        |                     |                | 200 m de digues Parc ornithologique emportés; inondations                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1970 |               |                        |                     |                | Tornade - 300 voiliers détruits, 1 campeur tué, 10 blessés à Andernos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1972 | 75            | 133                    |                     |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1979 |               |                        |                     |                | <p>Avenues Tram et Est inondées</p> <p>Dommages considérables dans les parties basses des habitations et dans les garages de Lège-Cap-Ferret [16]</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1984 | 50            | 166                    |                     |                | <p><b>HORTENSE</b></p> <p><b>6 morts. Andernos = épice centre du cyclone sur le Bassin [32]</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1986 |               |                        |                     |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1987 |               |                        |                     |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| DATE             | COEF.<br>MAR. | VIT.<br>VENT<br>(km/h) | SUR<br>COTE<br>(cm) | PRES.<br>(hPa) | DOMMAGES                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------|---------------|------------------------|---------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1998             | 115           |                        | 71                  |                | [36]                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1999             | 83            | 173                    | 50                  | 764            | <b>MARTIN</b><br>3 morts. Eau atteint voie ferrée à Gujan-Mestras. Quartier Mauret inondé, "baignait dans la vase", le niveau de l'eau était monté jusqu'à 80 cm. [1], [32]<br>"La houle de 2 m est venue se fracasser contre les digues du bassin" [15] |
| 2002             | 55            |                        |                     |                | Rues autour du casino submergées                                                                                                                                                                                                                         |
| 2003             | 91            | 159                    |                     |                | Trombes d'eau 3 morts                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2004             | 98            | 70                     |                     |                | Orage uniquement sur Val de l'Eyre<br>Axes routiers bloqués                                                                                                                                                                                              |
| 2006             | 78            | 120                    |                     |                | Arrêté CAT-NAt Andernos<br>Mauret inondé                                                                                                                                                                                                                 |
| 2008             | 74            | 120                    |                     |                | Mauret inondé<br>Une centaine de maisons inondées à Andernos                                                                                                                                                                                             |
| 2009<br>(24/01)  | 58            | 174                    |                     | 976            | <b>KLAUS</b><br>Deux digues du parc ornithologique sont abimées sur près de 60 m ; Inondation du quartier ostréicole de Taussat et Mauret; rupture de la digue Johnston à La Teste de Buch. [32]<br>(86cm au 6 Bd Océan)                                 |
| 2009<br>(10/02)  | 104           | 150                    |                     |                | Mauret, Taussat inondés (30cm au 6 Bd Océan)<br>Piscine, camping inondés                                                                                                                                                                                 |
| 2010<br>(28/02)  | 102           | 130-144                | 90                  | 996,7          | <b>XYNTHIA</b><br>Informations très détaillées disponibles (SIBA, OCA, DDTM33, ...) sur caractéristiques et étendue des zones submergées. [22], [23], [24], ...                                                                                          |
| 2010<br>(8-9/11) | 96            | 130                    |                     |                | Quartiers du Mauret et Falgouët inondés, submersion ponctuelles à Gujan-Mesytras et Arcachon La Teste (Aiguillon) [40] ;30 cm Bd. Océan à Andernos                                                                                                       |

| Date                    | Type d'aléa                | Dégâts principaux                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Perceptions de la population                         | Vitesse maximale du vent (km/h) | Coefficient de marée | Coefficient de marée enregistré du au vent |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
| 1725 (14 déc.)          | Tempête                    | 5 jours de tempête, 48 morts en mer                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                      |                                 | 45                   |                                            |
| 1764 (8 avr.)           | Tempête                    | 4 chaloupes de perdues                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                      |                                 | 45                   |                                            |
| 1777 (24 déc.)          | Ouragan                    | 10 navires et 5 barques périssent avec leurs 65 marins                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                      |                                 | 44                   |                                            |
| 1783 (3 et 4 mars)      | Inondation                 | "un grand reflux d'eau salée submergea tout le jardin de la cure y compris le cuvier, avec toutes les vignes et les maisons de Mestras les plus près du Bassin"                                                                                                                                                                      |                                                      |                                 | 104                  |                                            |
| 1802 (2 déc.)           | Tempête                    | 5039 pins abattus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                      |                                 | 56                   |                                            |
| 1829 (25 et 26 avril)   | Ouragan                    | Bois et culture sinistrés                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                 | 63                   |                                            |
| 1836 (28 mars)          | Tempête                    | 78 marins pêcheurs périssent sur les passes, 28 cadavres retrouvé sur la plage                                                                                                                                                                                                                                                       | "années du Lou gran malur" [le grand malheur]        |                                 | 41                   |                                            |
| 1842 (janv.)            | Inondation de la Leyre     | Ponts de Lamothe (route et chemin de fer) sont emportés                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                      |                                 |                      |                                            |
| 1850                    | Cyclone                    | La croix des marins est abattue                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | "violent cyclone" ;                                  |                                 |                      |                                            |
| 1868 (déc.)             | Coup de Vent               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                      |                                 |                      |                                            |
| 1875 (11-12 ou 14 oct.) | Tornado                    | 3 marins noyés. Digue Johnston rompu, inondation des prés-salés,                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                      |                                 | 36                   |                                            |
| 1877 (7 et 8 mars)      | Ouragan                    | Un marin noyé                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                      |                                 | 51                   |                                            |
| 1877 (20 août)          | Tornado                    | "Pinasses furent enlevées par la tourmente, projetées à de grandes distances et brisées en mille pièces" ; "une vingtaine de personnes noyées sur le bassin d'Arcachon"                                                                                                                                                              | "cyclone d'une violence inouïe"                      |                                 | 63                   |                                            |
| 1878 (22 oct.)          | Marée extraordinaire forte | Voie ferrée recouverte d'eau de mer, jusqu'à la route départementale, réservoirs à poissons submergés; "chevaux, vaches et bestiaux divers qui pâturaient sur les bosses furent en majeure partie noyés"; 3 morts                                                                                                                    |                                                      |                                 |                      |                                            |
| 1882 (21 mai)           | Cyclone                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | "cyclone moins terrible" [que celui d'août 1877]     |                                 | 76                   |                                            |
| 1882 (27 oct.)          | Tempête                    | Jetée d'Erac s'effondre, des quartiers entiers sont inondés, les Bains Raimond et la grande villa sont sérieusement endommagés, mur du cimetière d'Andernos est détruit, digue du port de la Teste s'effondre, les flots envahissent les villages d'Andernos, Lanton, et Audenge, dévastant marais salants et réservoirs à poissons, |                                                      |                                 | 110                  |                                            |
| 1882 (28 et 29 oct.)    | Raz-de-marée               | Submersion du Bassin d'Arcachon; "La jetée Est du port de L.T. fut crevée et le flot fit dans la chaussée de la route de la Teste-Arcachon une brèche de 20 mètres"                                                                                                                                                                  |                                                      |                                 | 108                  |                                            |
| 1890 (20 mai)           | Cyclone                    | Bateaux coulés, arbres déracinés                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | "de mémoire d'homme on n'avait vu un pareil ouragan" |                                 | 87                   |                                            |
| 1896 (5 et 6 déc.)      | Tempête                    | Sémaphore de la Pointe sud détruit, parcs à huîtres ravagés                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                      |                                 | 95                   |                                            |
| 1897 (1 mars)           | Tempête                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | "violente tempête" ;                                 |                                 | 77                   |                                            |

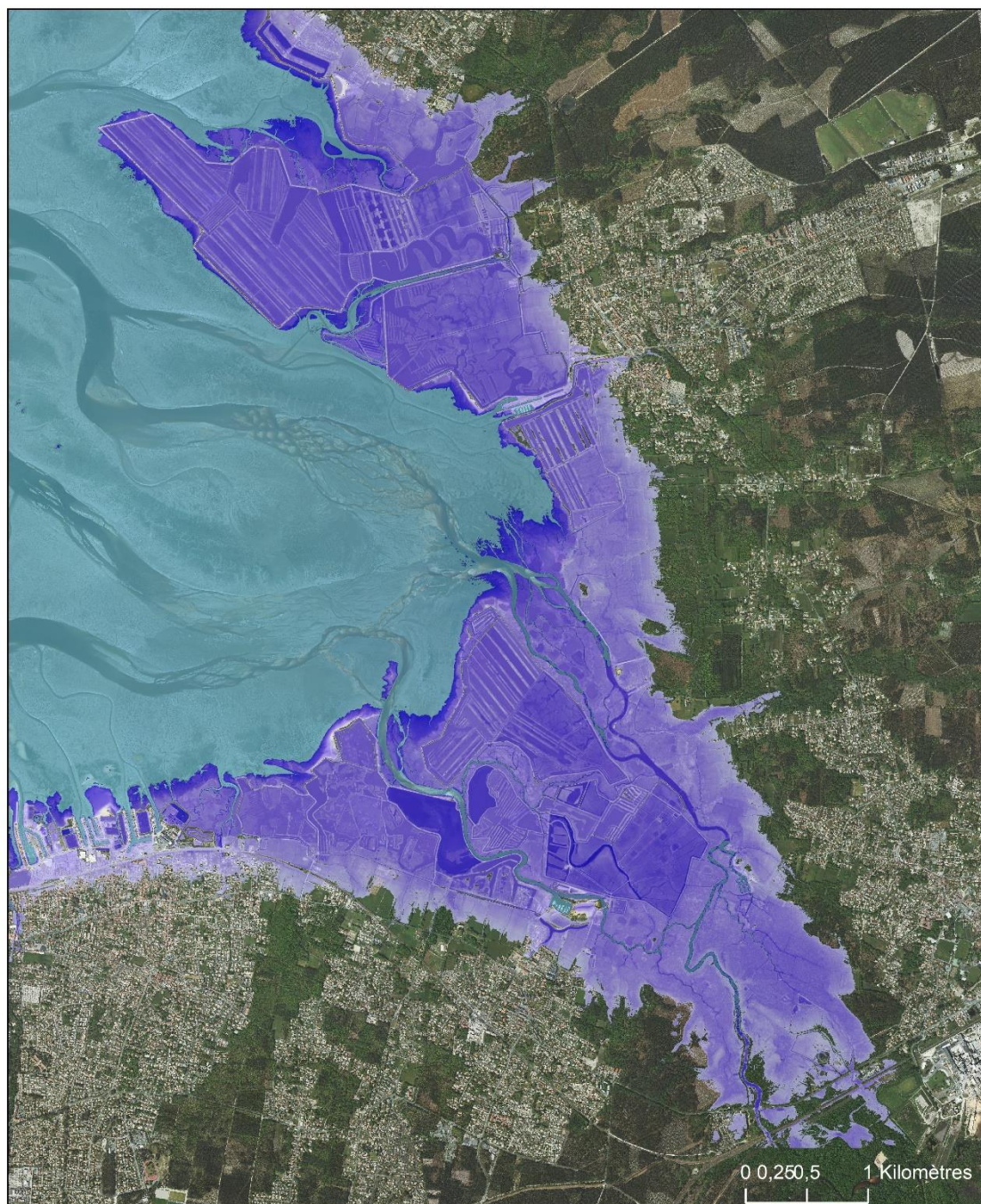


| Date                    | Type d'aléa                                | Dégâts principaux                                                                                                                                                                                                                                                                  | Perceptions de la population                                                                                                                                                                            | Vitesse maximale du vent (km/h) | Coefficient de marée | Coefficient de marée enregistré du au vent |
|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
| 1897 (13 mars)          | Tempête                                    | 2 victimes                                                                                                                                                                                                                                                                         | "Nouvelle tempête"                                                                                                                                                                                      |                                 | 26                   |                                            |
| 1897 (14 juil.)         | Cyclone et inondation                      | Dévaste tout le Pays de Buch, toitures endommagées, pointe du clocher St-Ferdinand jetée à bas, 40.000 arbres par terre, inondation des rues : cours Desbley, de la Mairie, Lamarque, Tartas, Legallais, Lafont, des Pilotes, des Trois-Bornes, du Casino, Marpont, Ste-Gratienne. | "Il [le cyclone] a dépassé en violence tout ce qu'on avait vu ici de mémoire d'homme." ; "Espérons [ ] que pareil fléau, ne viendra de longtemps s'abattre sur notre contrée"                           |                                 | 91                   |                                            |
| 1899 (15 janv.)         | Tempête                                    | "Annonce d'une tempête"                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                         |                                 | 103                  |                                            |
| 1902 (27 aout)          | Cyclone                                    | Quelques parasols envolés, événement très localisé car aux abords, les parasols étaient restés en place. Plage d'Arcachon                                                                                                                                                          | "Petit cyclone"                                                                                                                                                                                         |                                 | 52                   |                                            |
| 1903 (3 mars)           | Tempête                                    | Pertes dans le début des travaux de la jetée Thiers, quelques bateaux envolés, parcs à huîtres détruits partiellement                                                                                                                                                              | Toutefois cette tempête ne causera probablement pas d'aussi grands ravages que d'autres parce qu'elle est venue progressivement, ce qui a donné le temps de se précautionner dans la mesure du possible |                                 | 90                   |                                            |
| 1903 (27 nov.)          | Tempête                                    | Barques brisées et en dérivées, mais la tempête n'a pas causé de trop grands dégâts car "l'on était en morte-eau"                                                                                                                                                                  | "La grande tempête"                                                                                                                                                                                     |                                 | 37                   |                                            |
| 1905 (13 nov.)          | Tempête                                    | Dégâts importants à la jetée Legallais et au "promenoir" de la mairie d'Arcachon,                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                         |                                 | 83                   |                                            |
| 1911 (22 août)          | Cyclone                                    | "Une trombe" provoque un éboulement avenue Régnaud                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                         |                                 | 77                   |                                            |
| 1912 (janv.)            | Tempête                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         |                                 |                      |                                            |
| 1924 (8 et 9 janv.)     | Raz-de-marée (marée haute + forte tempête) | Jusqu'à cinquante centimètres d'eau chez certains ; La route de la Teste [fut] submergée ; jetée de Legallais à nouveau démolie ; l'Aguillon est sinistrée                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                         |                                 | 101                  |                                            |
| 1927 (31 janv.)         | Tempête                                    | Importants dégâts sur le front de mer                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                         |                                 | 72                   |                                            |
| 1927 (10 nov.)          | Tempête                                    | Dégâts sur les jetées de Thiers et de la Chapelle                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                         |                                 | 107                  |                                            |
| 1946 (3 et 4 déc.)      | Tempête                                    | Dégâts, notamment à l'apportement Legallais                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                         |                                 | 42                   |                                            |
| 1951 (29 déc.)          | Raz-de-marée                               | Les digues des prés salés sont rompues, quartier des Bordes (Teste-de-Buch) inondé, "L'eau a atteint 1.50m environ et même davantage par endroits, en contrebas [...]". rupture de la digue Johnson                                                                                | "A marqué les esprits par son ampleur et sa soudaineté en pleine nuit"                                                                                                                                  |                                 | 96                   |                                            |
| 1954                    | Tempête                                    | "50% de bateaux ont coulé", inondation, 200m de digues emportées au parc ornithologique,                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                         |                                 |                      |                                            |
| 1972 (du 11 au 13 fév.) | Tempête                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         | 133                             | 75                   |                                            |
| 1974 (9 janv.)          | Tempête                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         | 148                             | 112                  |                                            |
| 1975 (18 janv.)         | Tempête                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         | 140                             | 66                   |                                            |
| 1976 (1er et 2 déc.)    | Tempête                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         | 141                             | 47                   |                                            |
| 1980 (19 sept.)         | Tempête                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         | 137                             | 35                   |                                            |
| 1982 (14 oct.)          | Tempête                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                         | 133                             | 81                   |                                            |

| Date                 | Type d'aléa                 | Dégâts principaux                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Perceptions de la population                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Vitesse maximale du vent (km/h) | Coefficient de marée | Coefficient de marée enregistré du au vent |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
| 1982 (06 nov.)       | Tempête                     | Arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle à Andernos                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | 78                   |                                            |
| 1982 (10 déc.)       | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 138                             | 58                   |                                            |
| 1984 (4 et 5 oct.)   | Cyclone tropical (Hortense) | 6 morts, 30.000 foyers privés d'électricité, Andernos "épicerie" du cyclone sur le Bassin, "50% de bateaux ont coulé", "fort ensablement dans les régions exposées" risque de faire mourir les huîtres par "étouffements".                                                                                                                               | "On est bien content d'avoir fait couper deux pins qu'on trouvait trop près. Aujourd'hui, on se dit qu'on a bien fait de passer outre le règlement", "une population, éprouvée, mais jamais désespérée", "Jamais vu!!! De mémoire d'Arcachonnais, il faut remonter à 1954"                                                                                                    | 166                             | 50                   |                                            |
| 1989 (25 et 26 fév.) | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 137                             | 76                   |                                            |
| 1990 (11 et 12 fév.) | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 151                             | 95                   |                                            |
| 1990 (24 nov.)       | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 130                             | 55                   |                                            |
| 1992 (13 fév.)       | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 133                             | 41                   |                                            |
| 1992 (3 déc.)        | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 130                             | 38                   |                                            |
| 1993 (30 juil.)      | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 137                             | 61                   |                                            |
| 1994 (1er avril)     | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 130                             | 83                   |                                            |
| 1994 (14 sept.)      | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 155                             | 46                   |                                            |
| 1996 (6 fév.)        | Tempête                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 137                             | 87                   |                                            |
| 1996 (7 fév.)        | Tempête                     | Des milliers de pins déracinés, toitures envolées,                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 176                             | 87                   |                                            |
| 1996 (déc.)          | Tempête                     | Brèche dans la pointe Ouest de Graveyron                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 |                      |                                            |
| 1998 (27 avr.)       | Surcôle                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | 115                  |                                            |
| 1999 (27 et 28 déc.) | Ouragan                     | 3 morts, 62 blessés, 1200.000 habitants privés d'électricité, 4.000 toitures arrachées, (En Gironde les chiffres), eau a atteint la voie ferrée à Gujan-Mestras, "les côtes moins touchées que la forêt" "Force 12 sur l'échelle de Beaufort", "Le quartier du Mauret baignait dans la vase, le niveau de l'eau était monté jusqu'à 80 cm"               | "c'était l'enfer", "dans les forêts il faut ajouter aux stigmates de la tempête les dégradations liées à l'intense circulation des véhicules municipaux chargés de dégager les lieux, déclencher le plan Orsec n'aurait eu qu'un impact psychologique sur la population car tous les départements voisins sont touchés, donc n'auraient pas pu intervenir [d'après le Préfet] | 173                             | 83                   | 120-130                                    |
| 2002 (13 mai)        | Tempête                     | 40.000 foyers privés momentanément d'électricité, toitures envolées,                                                                                                                                                                                                                                                                                     | "mini tornade"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 102                             | 98                   |                                            |
| 2002 (19 août)       | Inondation                  | Rues situées autour du Casino sont submergées,                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | 55                   |                                            |
| 2003 (15 juil.)      | Tempête                     | 3 morts, 3 disparus, routes coupées, "Dans le Bassin d'Arcachon, pas de gros dommages mais partout des dégâts", des trombes d'eau et d'énormes grêlons sont tombées à Biganos,                                                                                                                                                                           | "Météo France hésite à le qualifier seulement d'orage", les gens ont tenu compte des avertissements de Météo France cette fois-ci,                                                                                                                                                                                                                                            | 159 (Mérignac)                  | 91                   |                                            |
| 2004 (1er août)      | Orage                       | Touche exclusivement le Val de Leyre, axes routiers bloqués,                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 70                              | 98                   |                                            |
| 2006 (3 oct.)        | Tempête                     | 120.000 foyers privés d'électricité en Gironde, "tempête courte mais violente",                                                                                                                                                                                                                                                                          | "mini-cellule de crise", "le mauvais souvenir de 1999 hantait les esprits"                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 166                             | 52                   |                                            |
| 2006 (8 déc.)        | Tempête                     | Arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle à Andernos, Mauret se retrouva sous les eaux, Déclaré catastrophe naturelle : Chocs mécaniques liés à l'action des vagues                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | 78                   |                                            |
| 2008 (29 nov.)       |                             | Inondation au Mauret --> 80 cm d'eau                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | 74                   |                                            |
| 2009 (24 janv.)      | Tempête (Klaus)             | Deux digues du parc ornithologique sont abîmées sur près de 60m, entre 550.000 et 600.000 ha de forêt affectés par la tempête (selon IFN), inondation du quartier ostréicole de Tausat et au Mauret (--> +1m d'eau), Gironde : 54.800 déclarations de sinistres pour les particuliers (habitations), 5.300 particuliers (automobiles), 1.500 entreprises | "Cette tempête ne sera pas la dernière", "Le manque d'électricité c'est très traumatisant", "Depuis 61 ans que je vis à Arcachon ce que je sais, c'est que pour faire face à la tempête calmement, il faut anticiper. J'ai donc des réserves pour tenir 15 jours en autonomie",                                                                                               | 174                             | 58                   |                                            |
| 2009 (10 fév.)       | Submersion - Inondation     | Quartier du Mauret, Andernos-les-Bains, Piscine et camping sous l'eau. 3e inondation depuis novembre à Tausat.                                                                                                                                                                                                                                           | "Une digue de 300m de long et d'un mètre de haut [...] a bien tenu. Mais les habitants du quartier sont à la recherche d'une solution définitive", "Angoisse de la répétition",                                                                                                                                                                                               | 150                             | 104                  |                                            |



Cartographie des zones situées sous la cote 3.55 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010)



Domaine marin

**Cote atteinte lors de la tempête Xynthia (mNGF)**

**Valeur**

Elevée : 3,55

Faible : 1



Conservatoire du littoral

brgm

OBSERVATOIRE  
CÔTE AQUITAINE



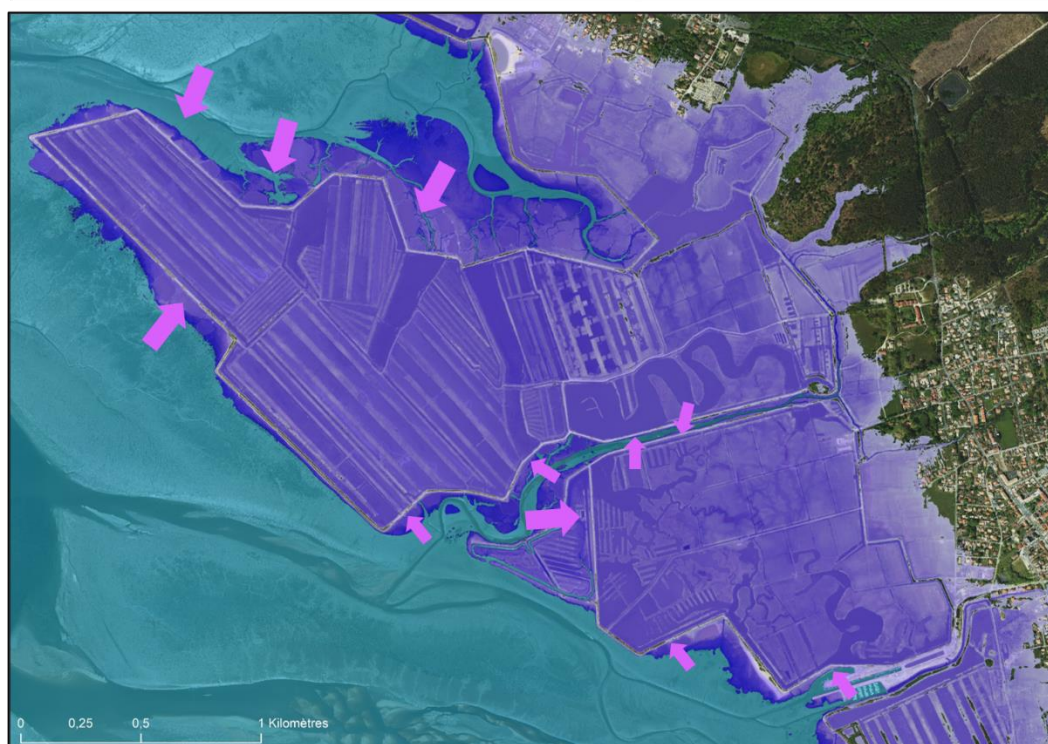
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 23 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,55 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010)



Cartographie des zones situées sous la cote 3.55 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010)



 Domaine marin (<1 mNGF)

**Cote atteinte lors de la tempête Xynthia (mNGF)**

**Valeur** Elevée : 3,55

 Faible : 1

 Digue franchie

N  
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

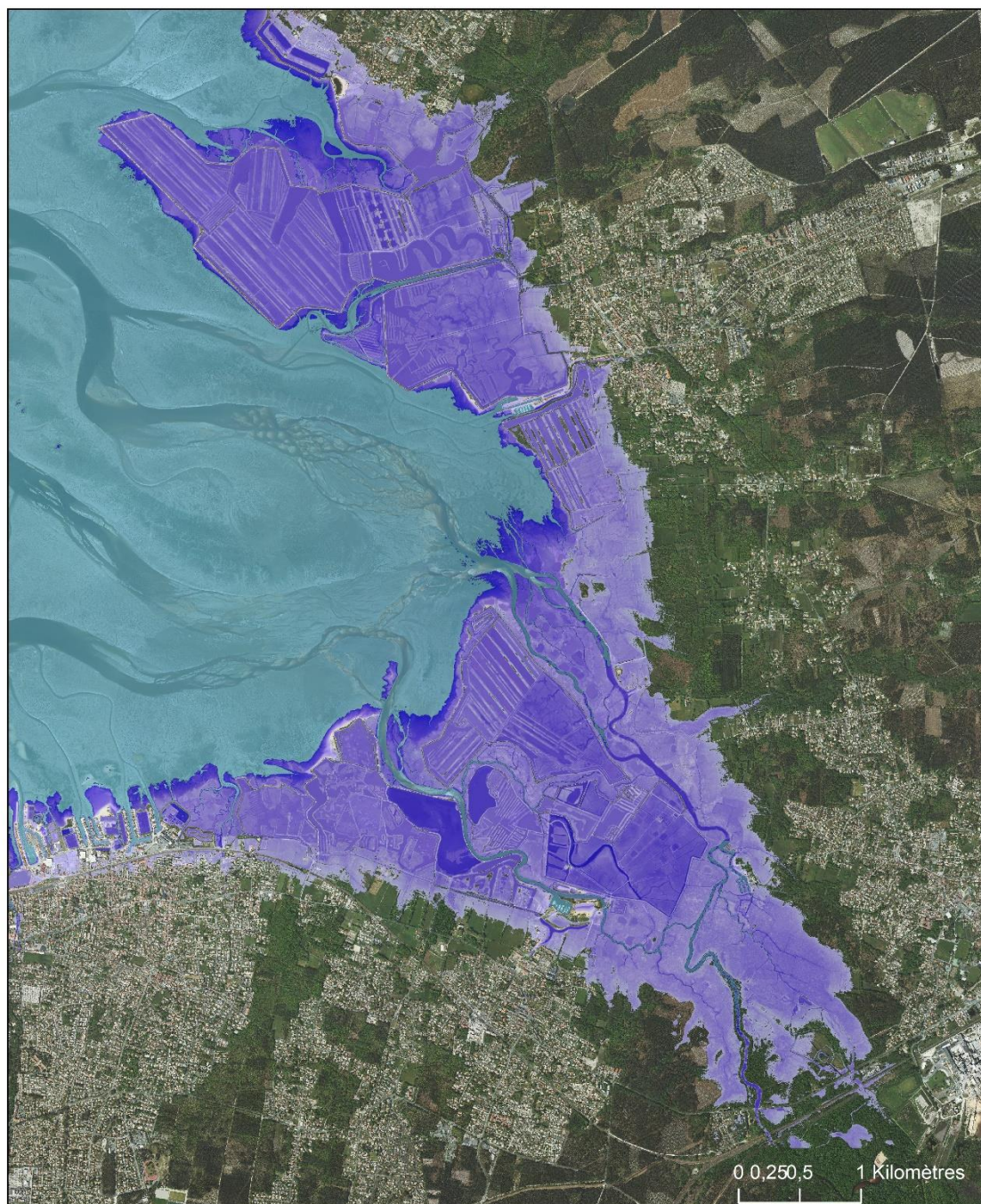
RGF 93 - Lambert 93



Annexe 24 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,55 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Xynthia (28/02/2010). En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous la cote 3.23 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Emma (02/03/2018)



Domaine marin

Cote atteinte lors de la tempête Emma (mNGF)

Valeur

Elevée : 3,23



Faible : 1



Conservatoire du littoral



Service pour les services de l'Observatoire



OBSERVATOIRE CÔTE AQUITAINE



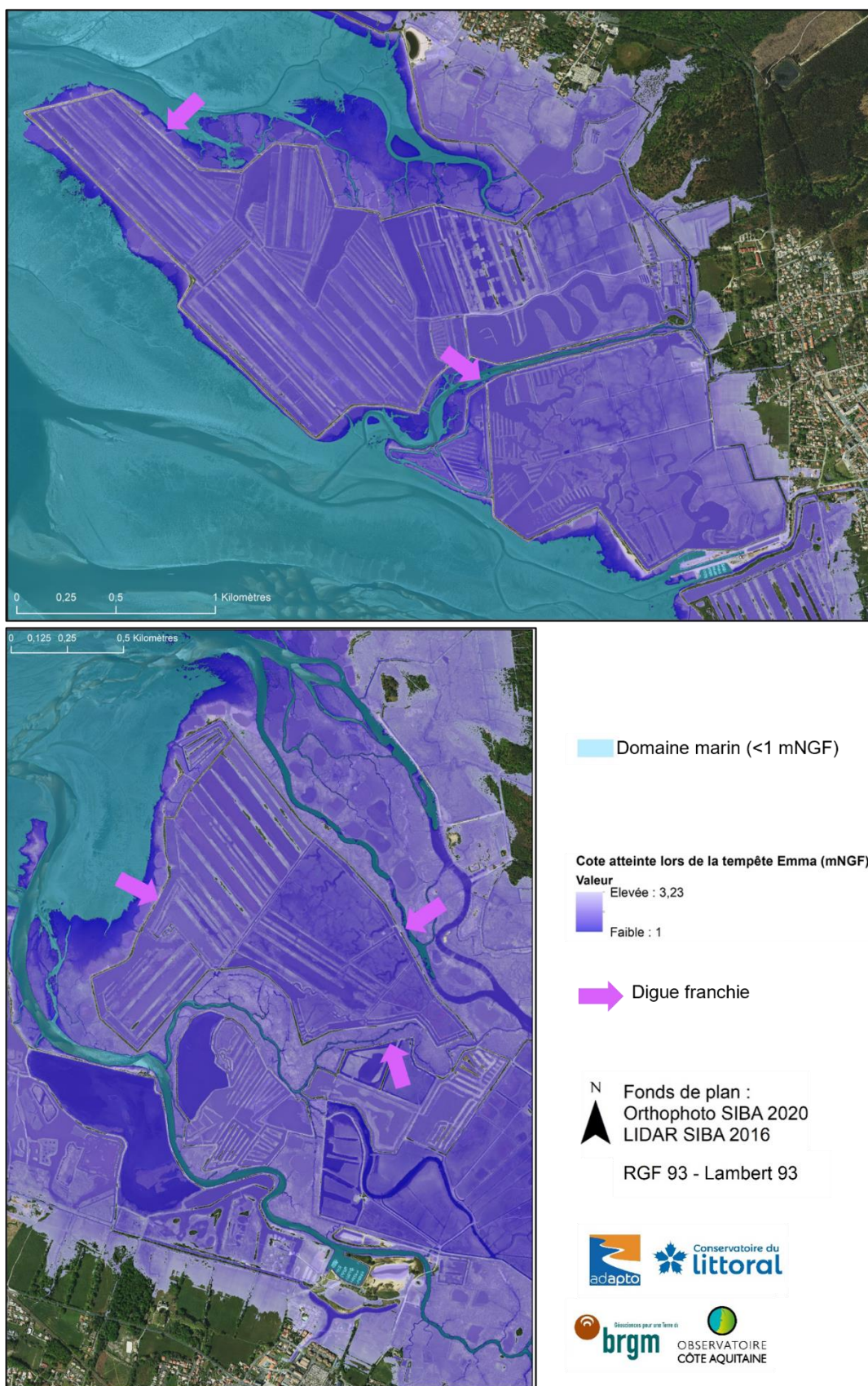
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 25 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,23 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Emma (02/03/2018)



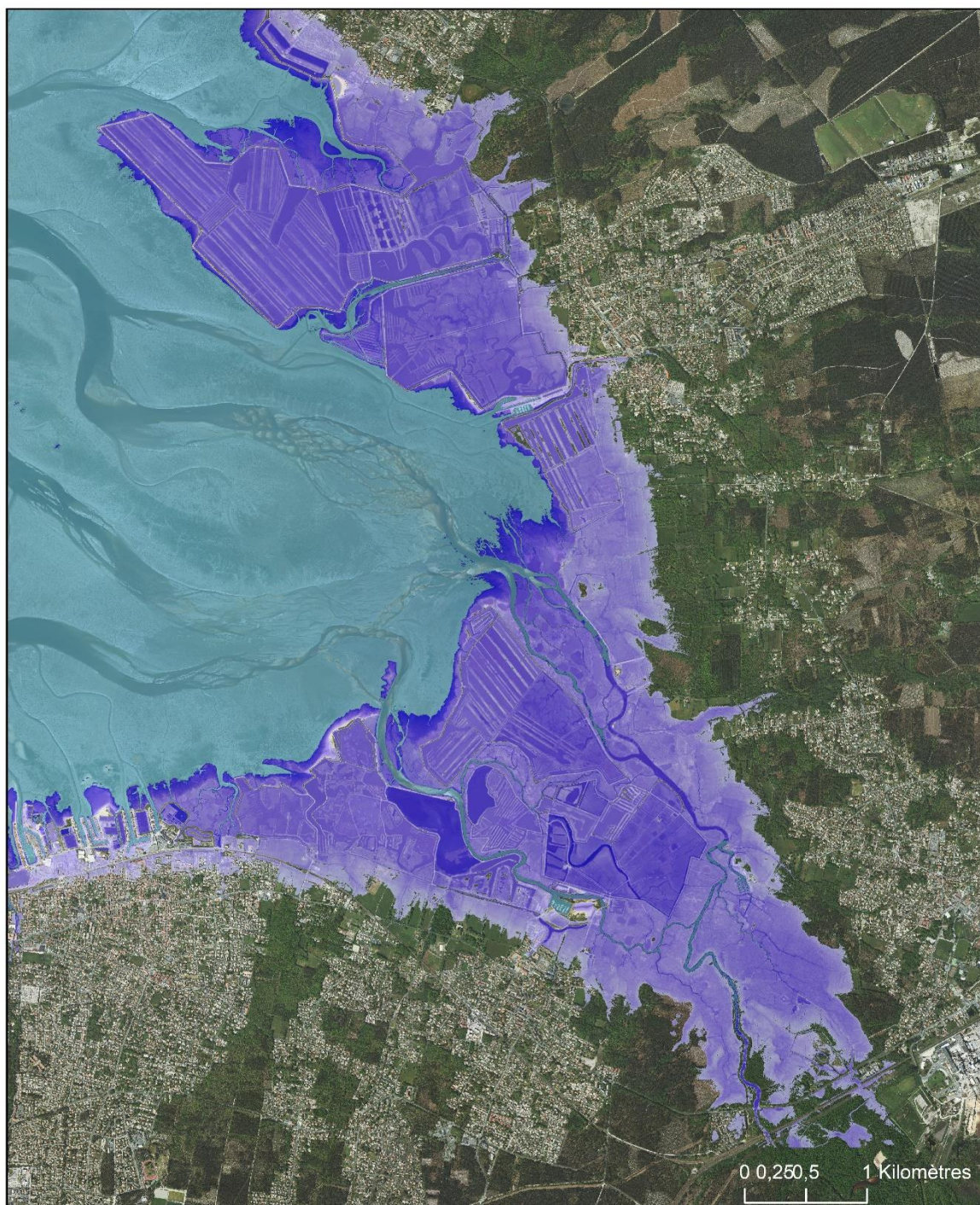
Cartographie des zones situées sous la cote 3.23 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Emma (02/03/2018)



Annexe 26 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,23 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Emma (02/03/2018). En haut, sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous la cote 3.43 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Fabien (22/12/2019)



 Domaine marin

**Cote atteinte lors de la tempête Fabien (mNGF)**

**Valeur**

 Elevée : 3,43

 Faible : 1



 Conservatoire du littoral



Reconnaissance pour une Terre de



OBSERVATOIRE  
CÔTE AQUITAINE



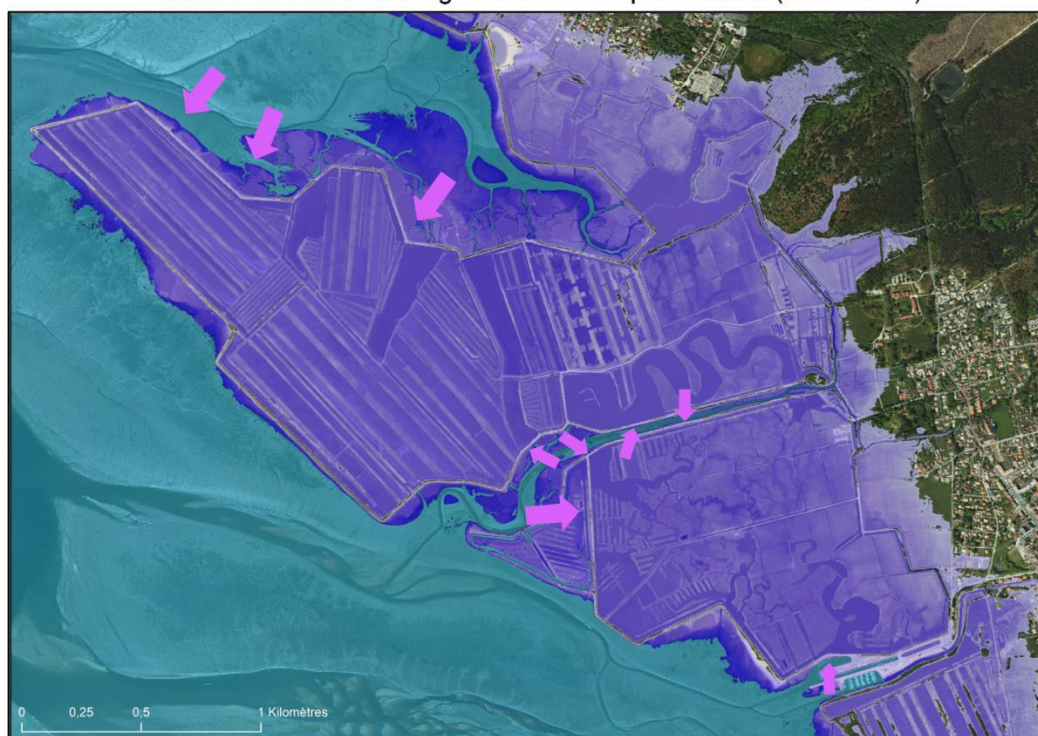
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 27 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,43 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Fabien (22/12/2019)



Cartographie des zones situées sous la cote 3.43 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Fabien (22/12/2019)



Domaine marin (<1 mNGF)

Cote atteinte lors de la tempête Fabien (mNGF)

Valeur

Elevée : 3,43

Faible : 1

→ Digue franchie

N  
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

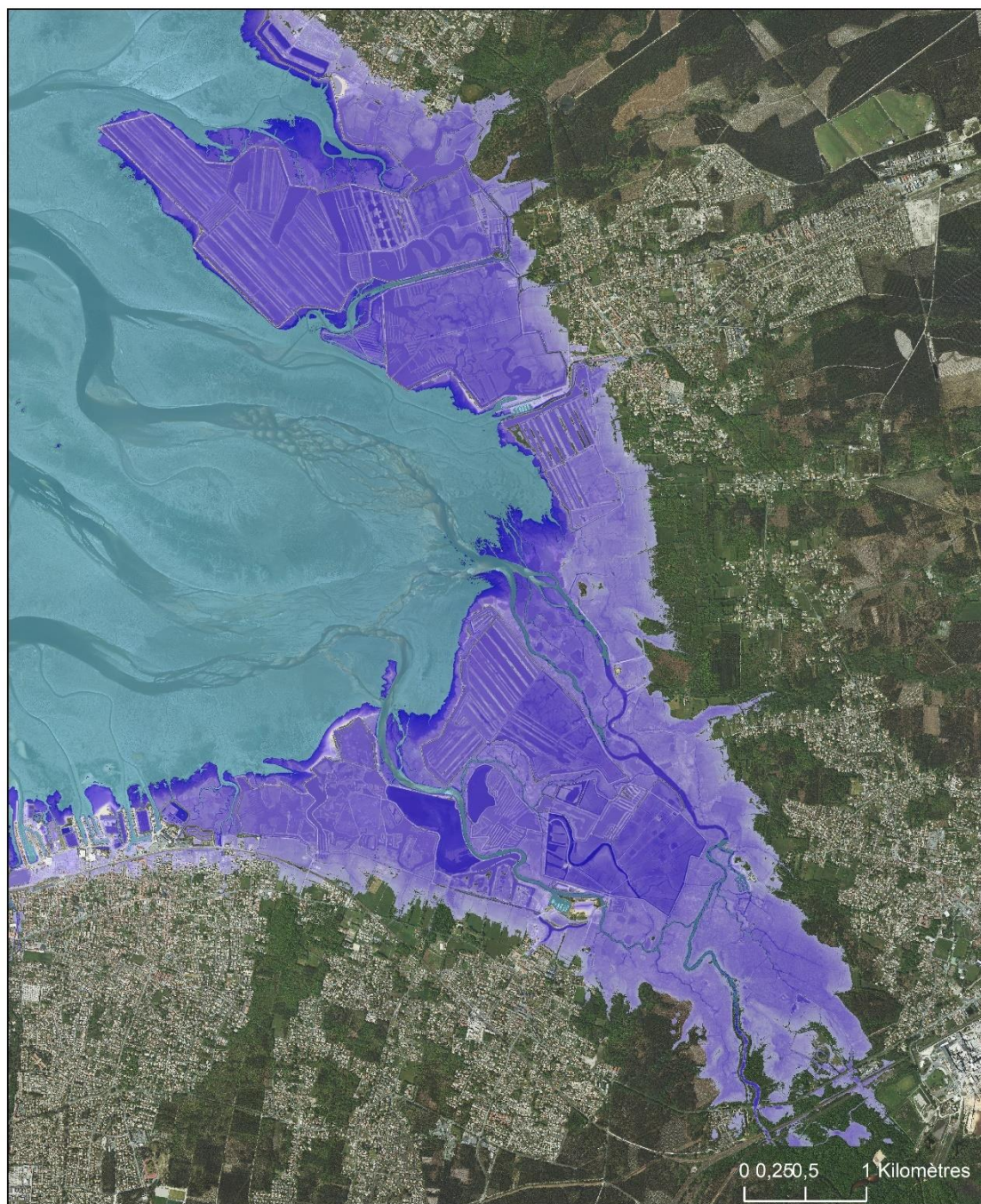
RGF 93 - Lambert 93



Annexe 28 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,43 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Fabien (22/12/2019). En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous la cote 3.39 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Justine (31/01/2021)



Domaine marin

**Cote atteinte lors de la tempête Justine (mNGF)**

**Valeur**

Elevée : 3,39

Faible : 1



Conservatoire du littoral

brgm

OBSERVATOIRE  
CÔTE AQUITAINE



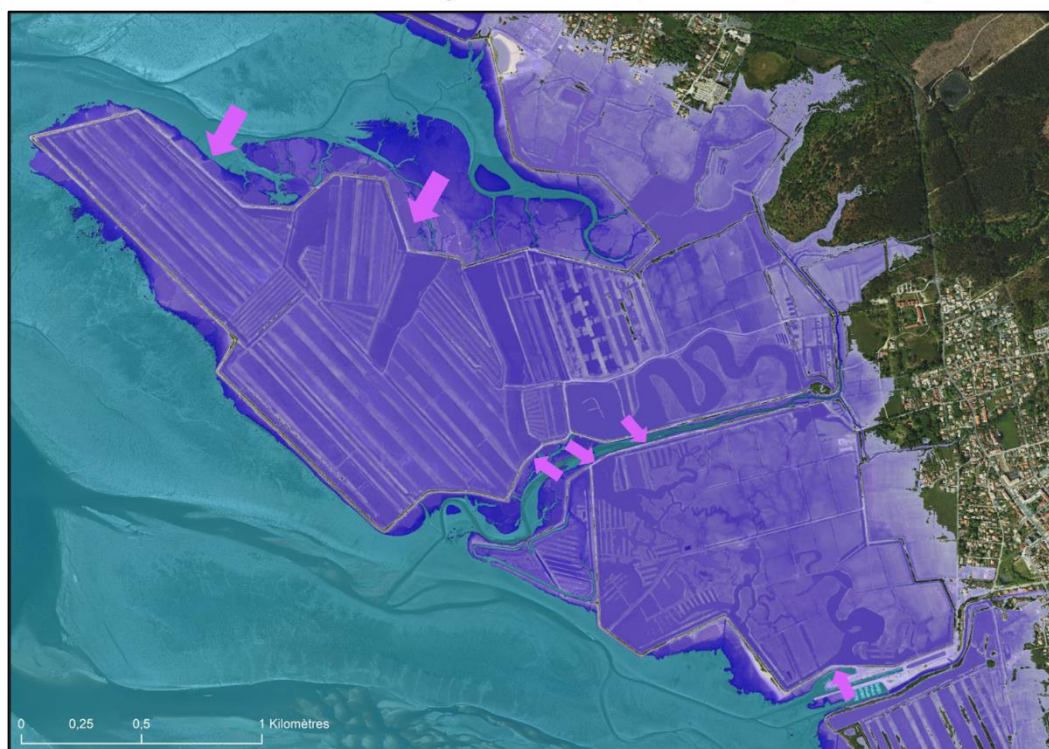
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 29 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,39 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Justine (31/01/2021)



Cartographie des zones situées sous la cote 3.39 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Justine (31/01/2021)



Domaine marin (<1 mNGF)

Cote atteinte lors de la tempête Justine (mNGF)

Valeur

Elevée : 3,39

Faible : 1

➔ Digue franchie

N

Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93



Conservatoire du littoral

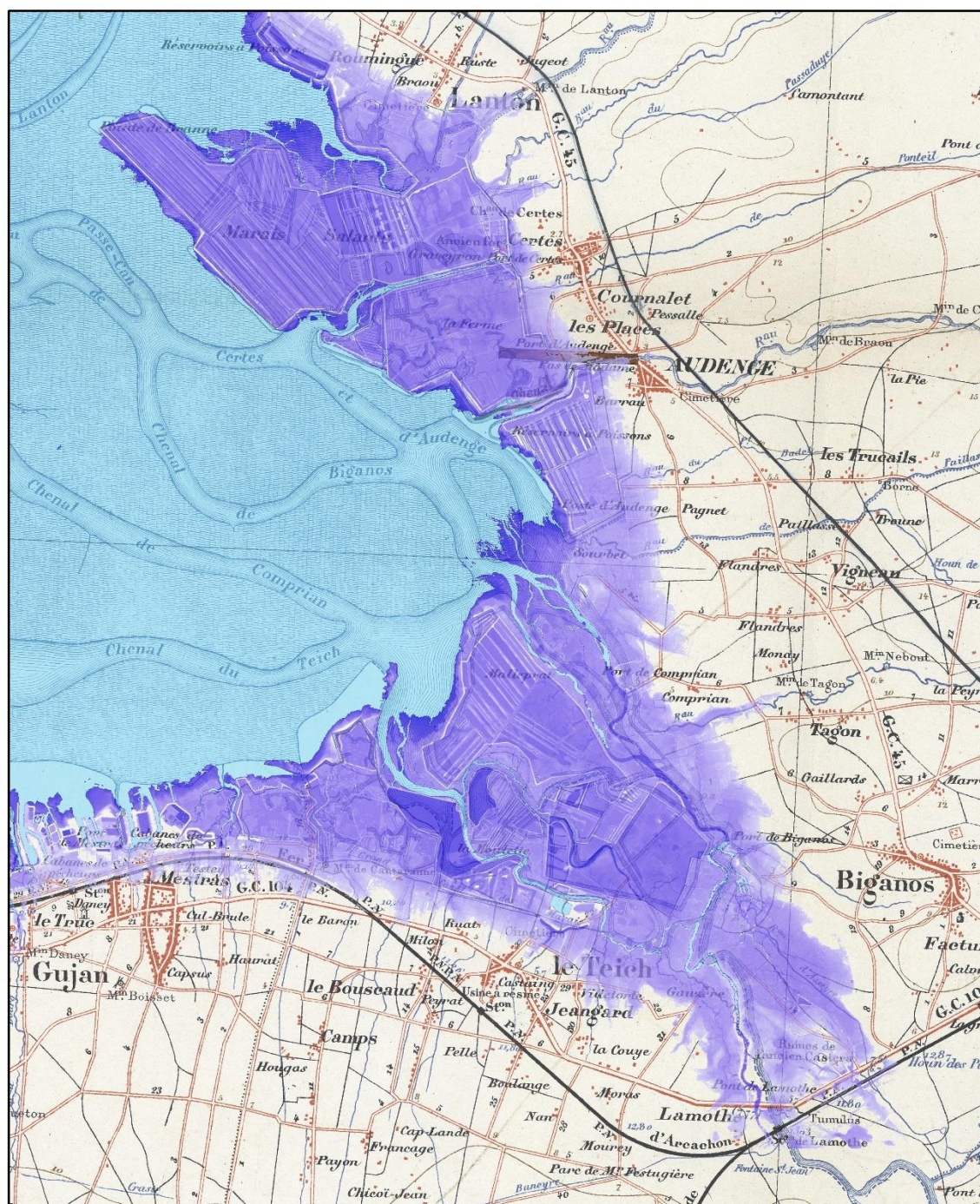


OBSERVATOIRE  
CÔTE AQUITAINE

Annexe 30 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,39 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête Justine (31/01/2021). En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



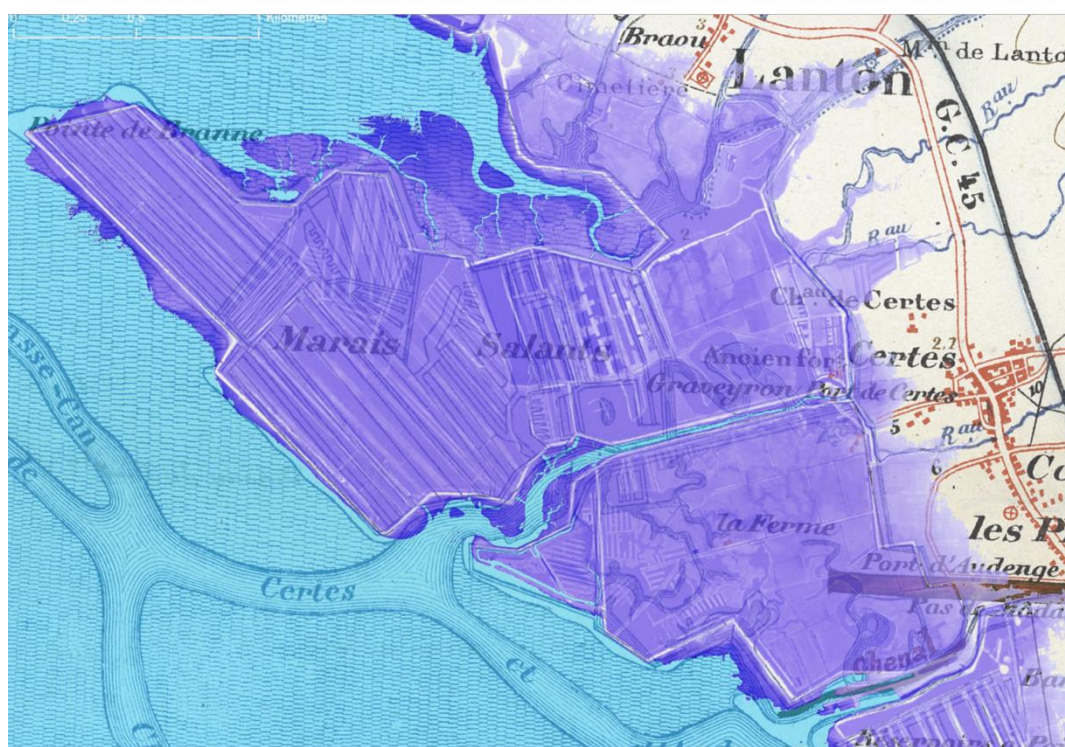
Cartographie des zones situées sous la cote 3.57 mNGF,  
correspondant au niveau marin maximal à Audenge lors de la tempête de 1882



Annexe 31 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,57 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête de 1882



Cartographie des zones situées sous la cote 3.57 mNGF,  
correspondant au niveau marin maximal à Audenge lors de la tempête de 1882



Domaine marin (<1 mNGF)

Cote atteinte lors de l'événement de 1882 (mNGF)

Valeur

Elevée : 3,57

Faible : 1



Fonds de plan :  
Carte du Conseil général  
de la Gironde (1875)  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93



Annexe 32 : Cartographie des zones situées sous la cote 3,57 mètres, correspondant au niveau d'eau maximal mesuré à Audenge lors de la tempête de 1882. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



## Zones de submersion observées suite à la tempête Xynthia (28/02/2010)



### Submersions observées après la tempête Xynthia

 Zone submergée

Sources : SIBA, BRGM

0 0,25 0,5 1 Kilomètres



Orthophotographie SIBA 2020  
RGF 93 - Lambert 93

*Annexe 33 : Zones de submersion observées suite à la tempête Xynthia (sources : SIBA, BRGM)*



Zones de submersion observées suite à la tempête Emma (02/03/2018)



**Submersions observées après la tempête Emma**

- Franchissements et débordements
- Zone partiellement inondée (50%)
- Zone submergée

Source : Observatoire de la Côte Aquitaine

0 0,25 0,5 1 Kilomètres



Orthophotographie SIBA 2020  
RGF 93 - Lambert 93



Annexe 34 : Zones de submersion observées suite à la tempête Emma (source : Observatoire de la Côte Aquitaine)



Zones de submersion observées suite à la tempête Fabien (22/12/2019)



**Submersions observées après la tempête Fabien**

Franchissements et débordements

Source : Réserve Ornithologique du Teich

0 0,25 0,5 1 Kilomètres



Orthophotographie SIBA 2020  
RGF 93 - Lambert 93



Annexe 35 : Zones de submersion observées suite à la tempête Fabien (source : Réserve Ornithologique du Teich)



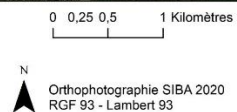
Zones de submersion observées suite à la tempête Justine (31/01/2021)



**Submersions observées après la tempête Justine**

- Franchissements et débordements
- Zone submergée

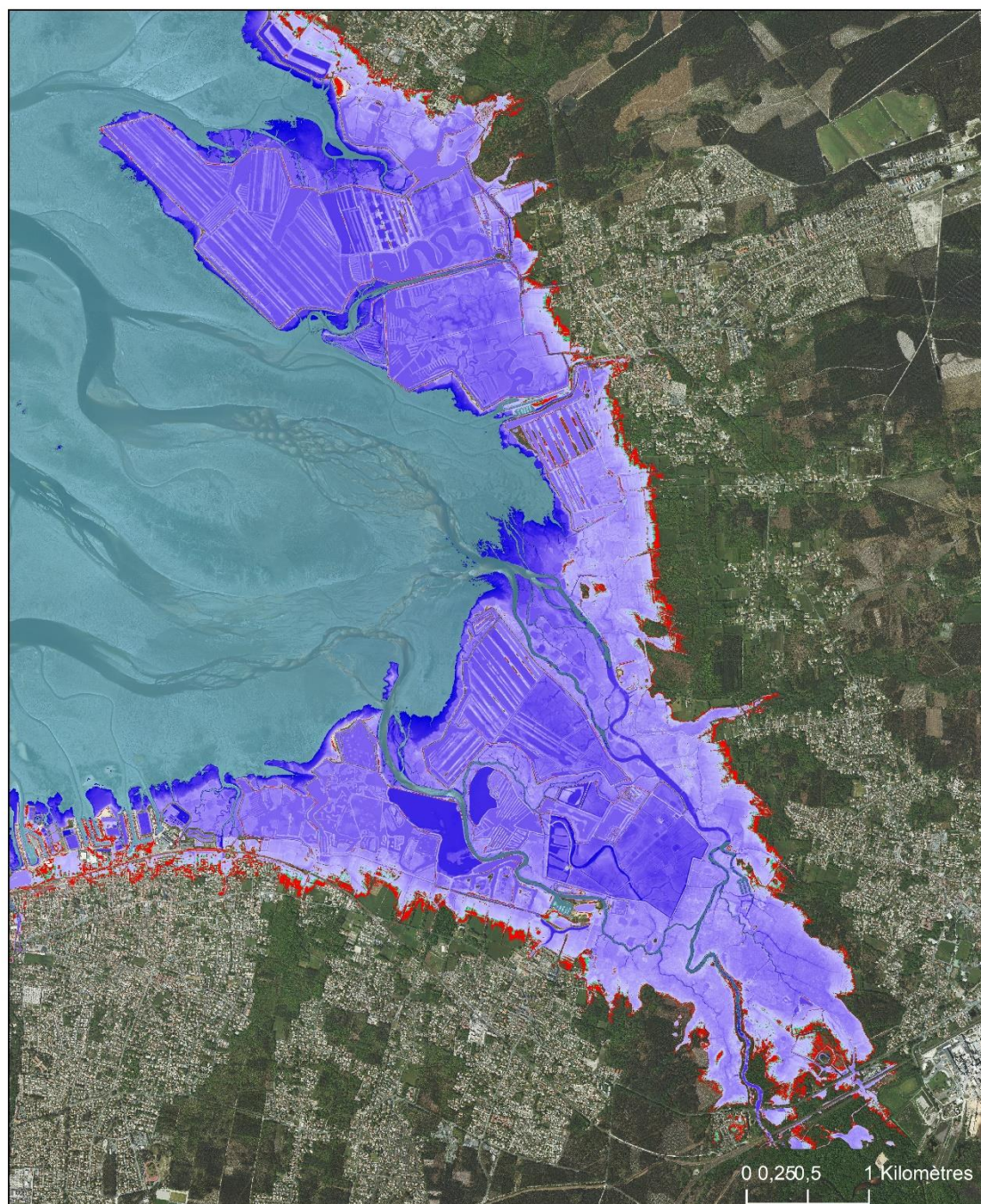
Sources : Réserve ornithologique du Teich, Observatoire de la Côte Aquitaine



Annexe 36 : Zones de submersion observées suite à la tempête Justine (sources : Réserve Ornithologique du Teich, Observatoire de la Côte Aquitaine)



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 2.6 en Nouvelle-Aquitaine



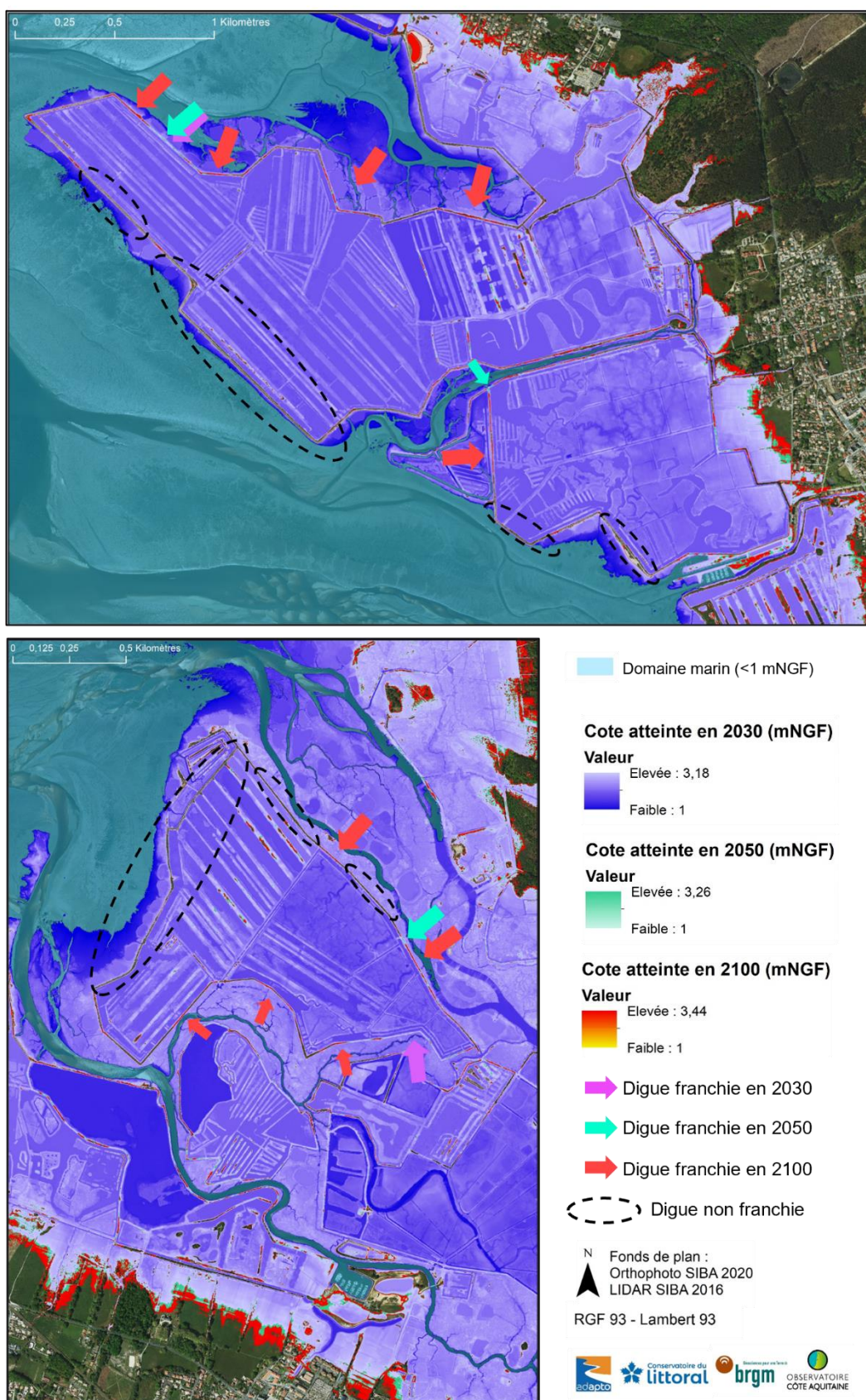
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 37 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 2.6 en Nouvelle-Aquitaine



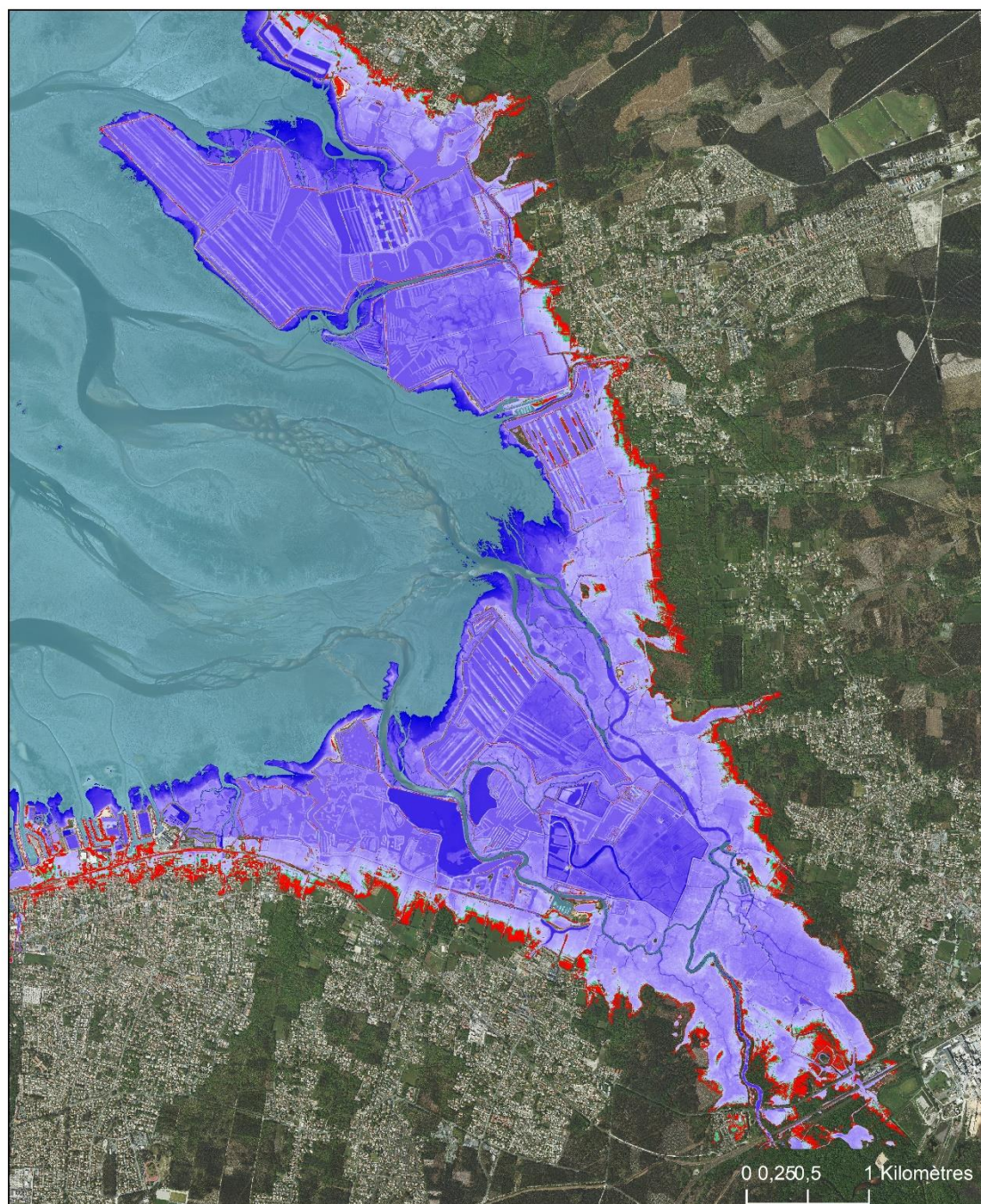
Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 2.6 en Nouvelle-Aquitaine



Annexe 38 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 2.6 en Nouvelle-Aquitaine. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 4.5 en Nouvelle-Aquitaine



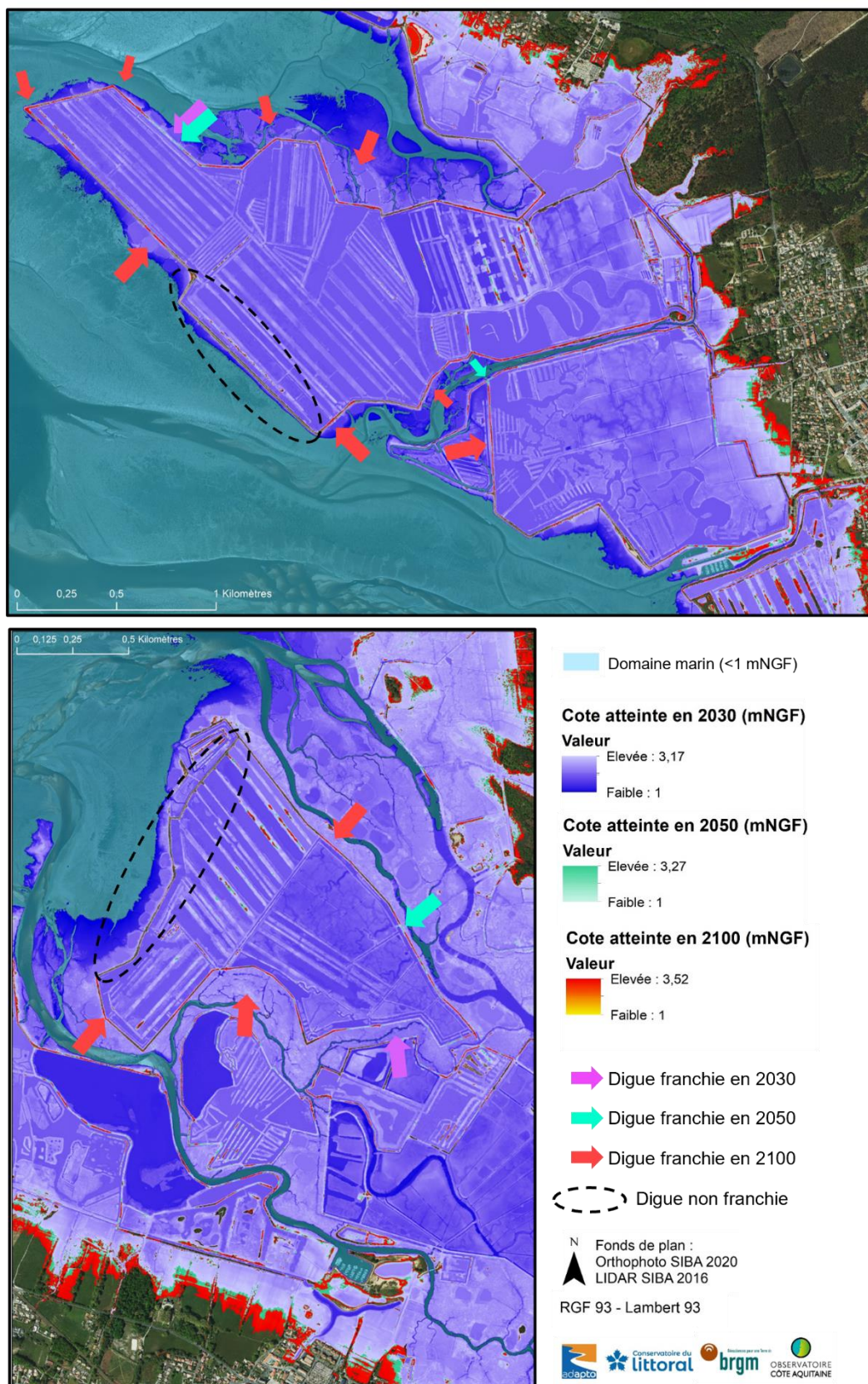
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 39 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 4.5 en Nouvelle-Aquitaine



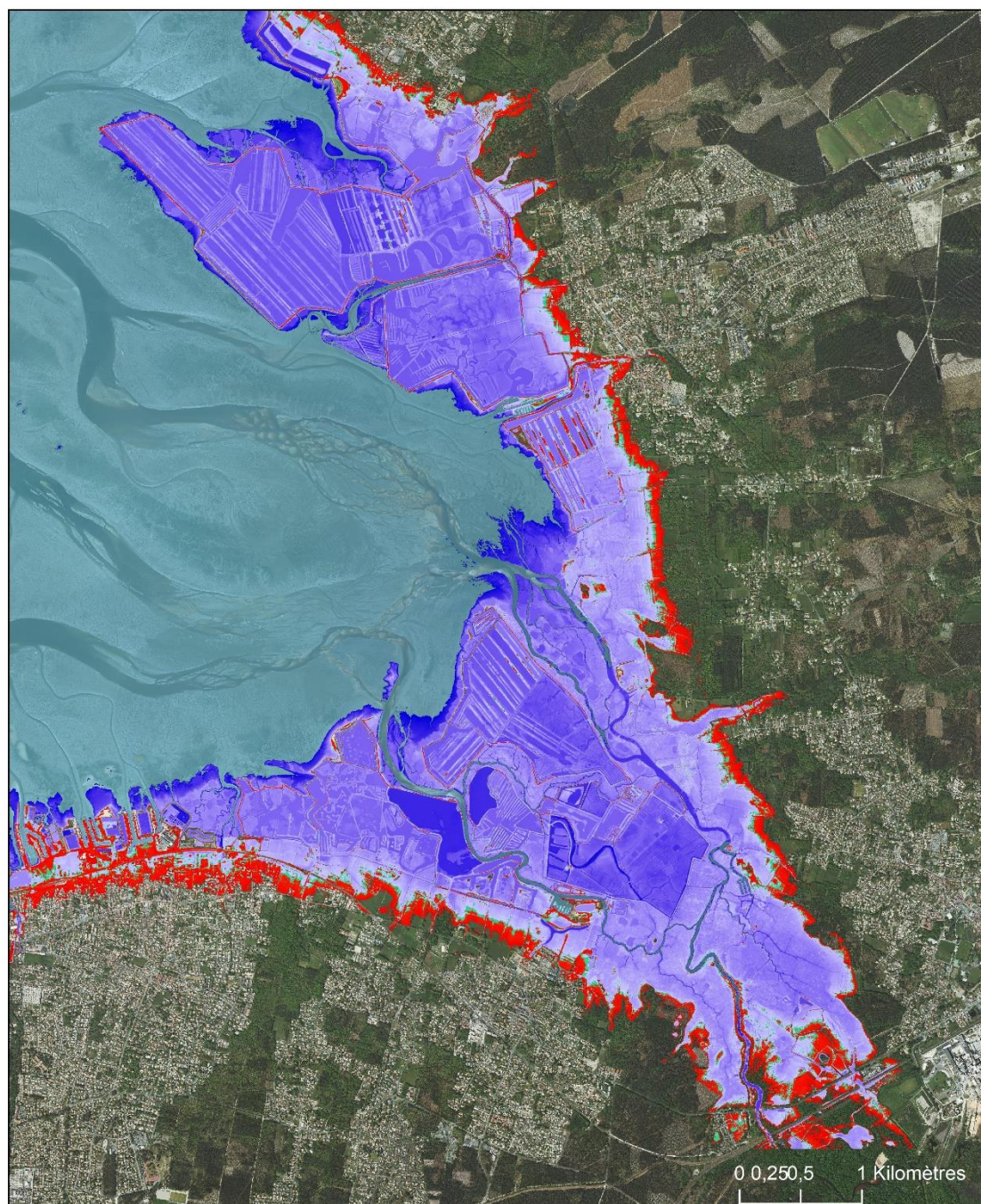
Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 4.5 en Nouvelle-Aquitaine



Annexe 40 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 4.5 en Nouvelle-Aquitaine. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine

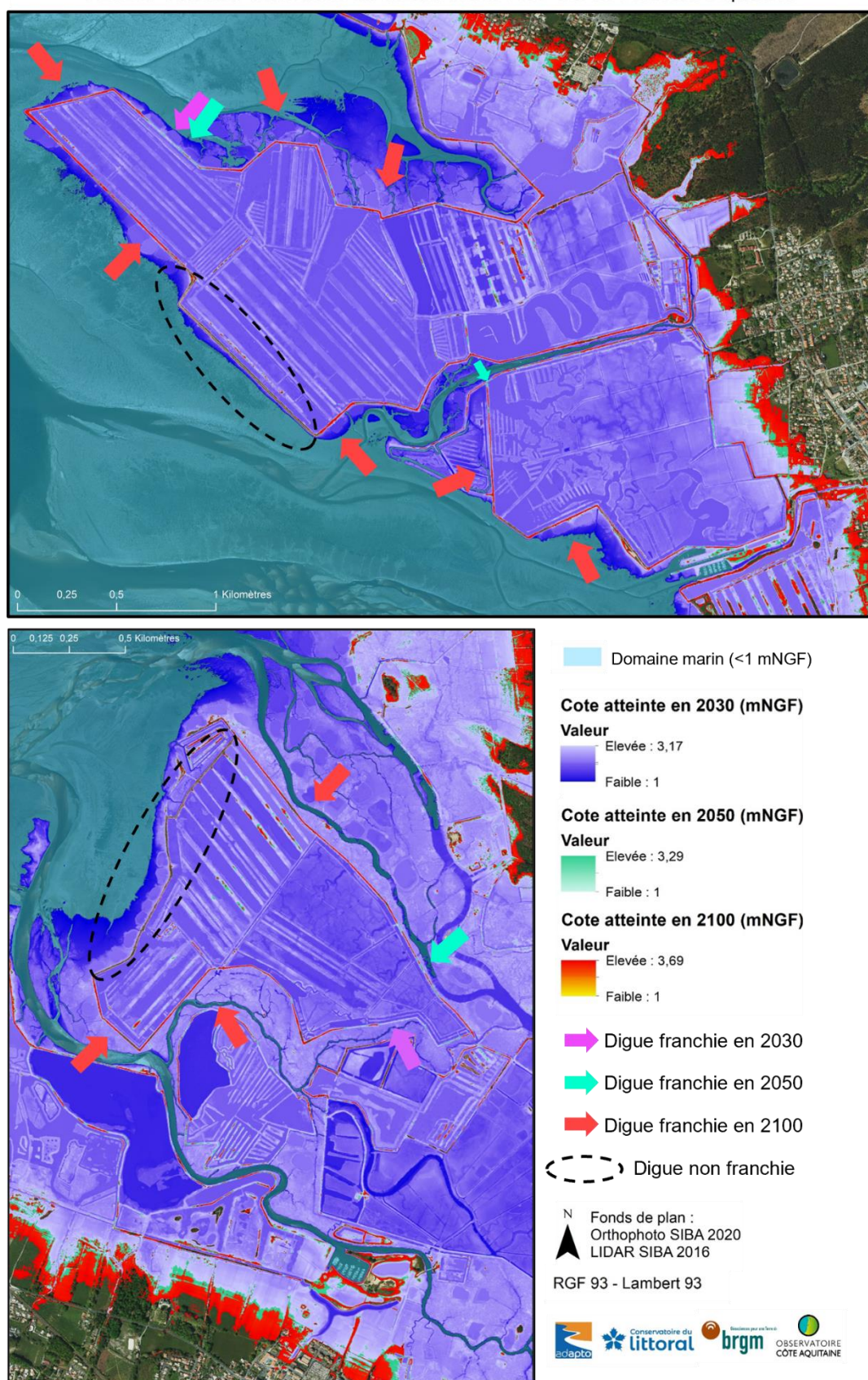


N  
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016  
RGF 93 - Lambert 93

Annexe 41 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine



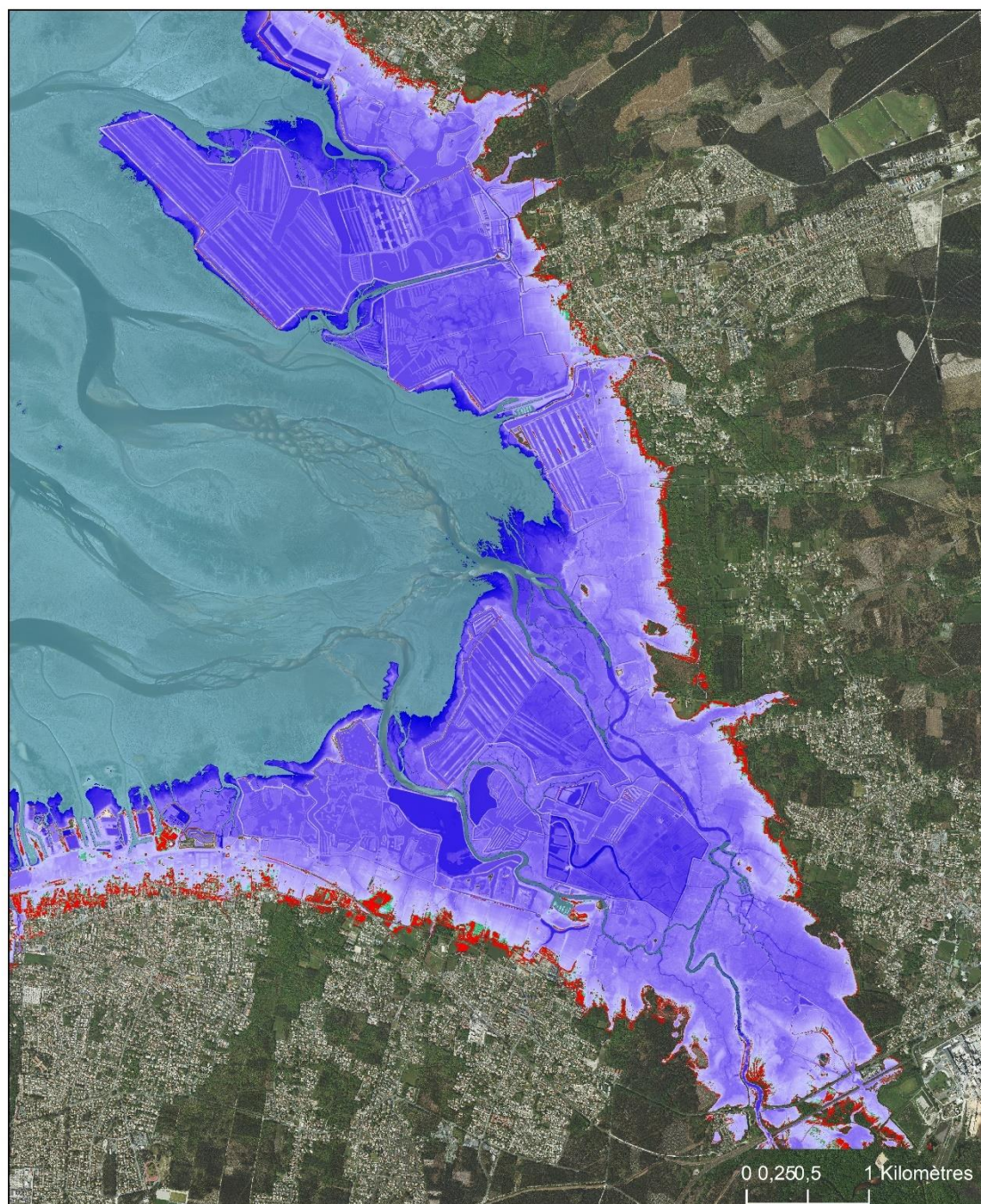
Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine



Annexe 42 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 selon le scénario d'élévation du niveau marin RCP 8.5 en Nouvelle-Aquitaine. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 2.6



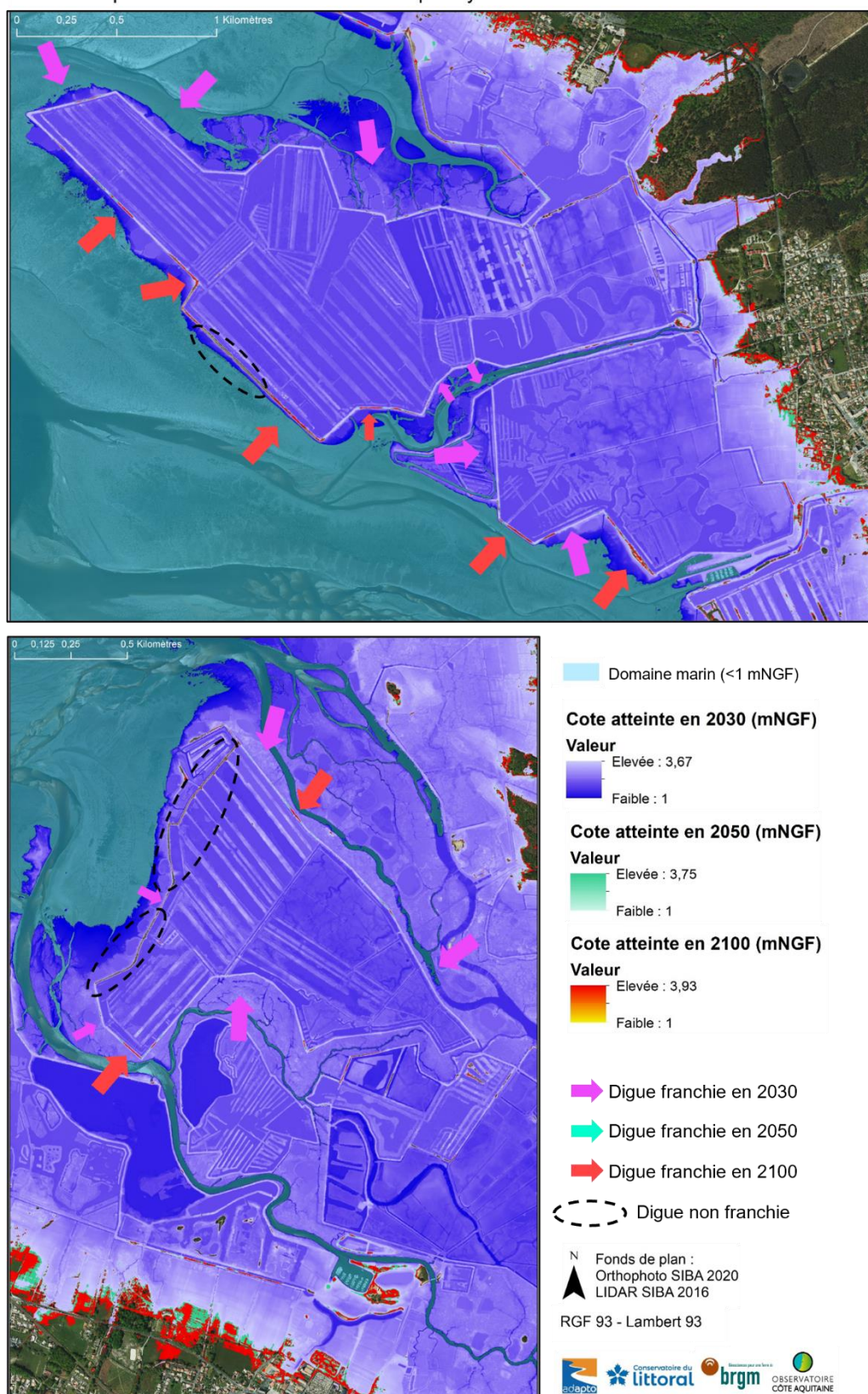
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 43 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 2.6



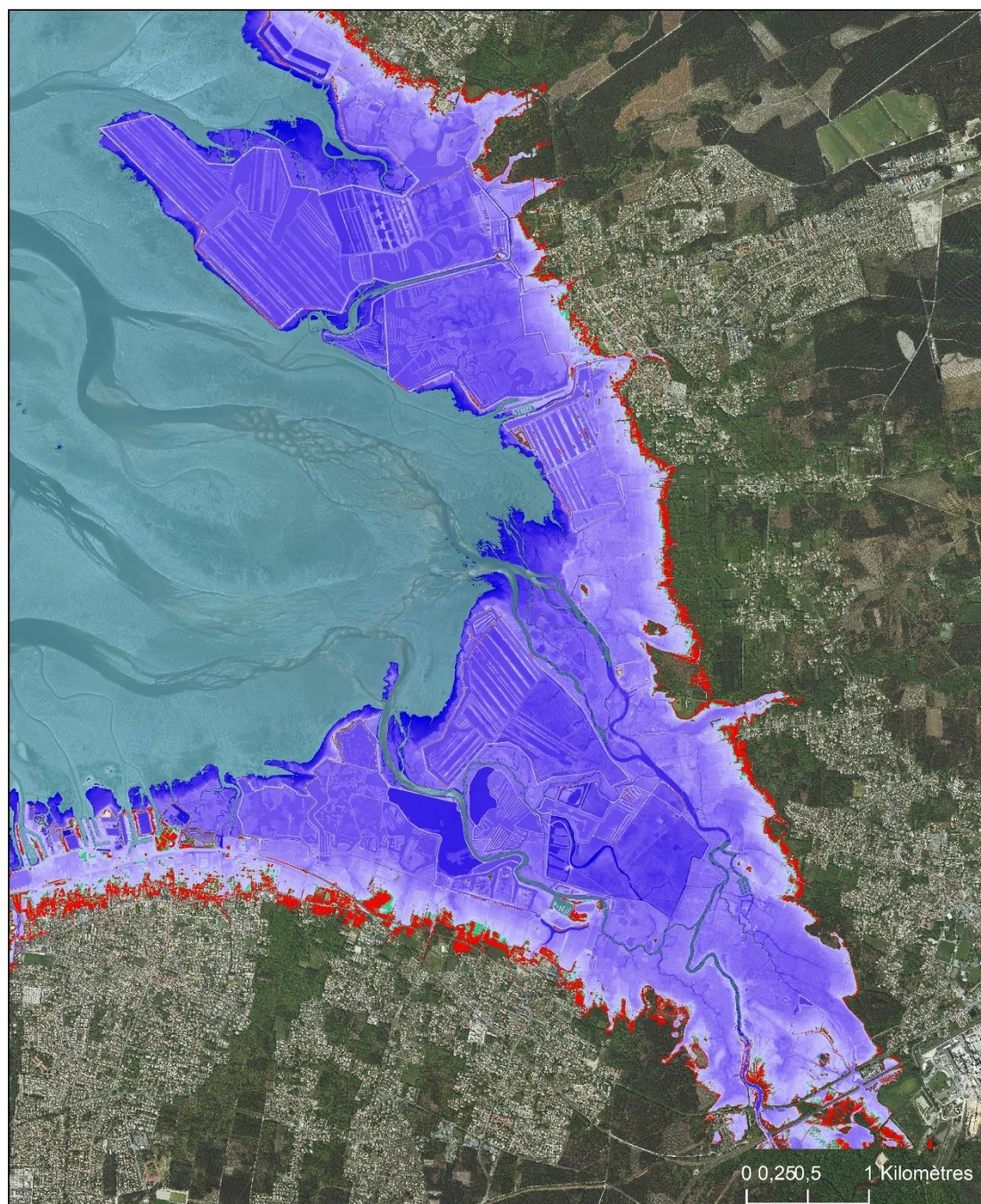
Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 2.6



Annexe 44 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 2.6. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 4.5



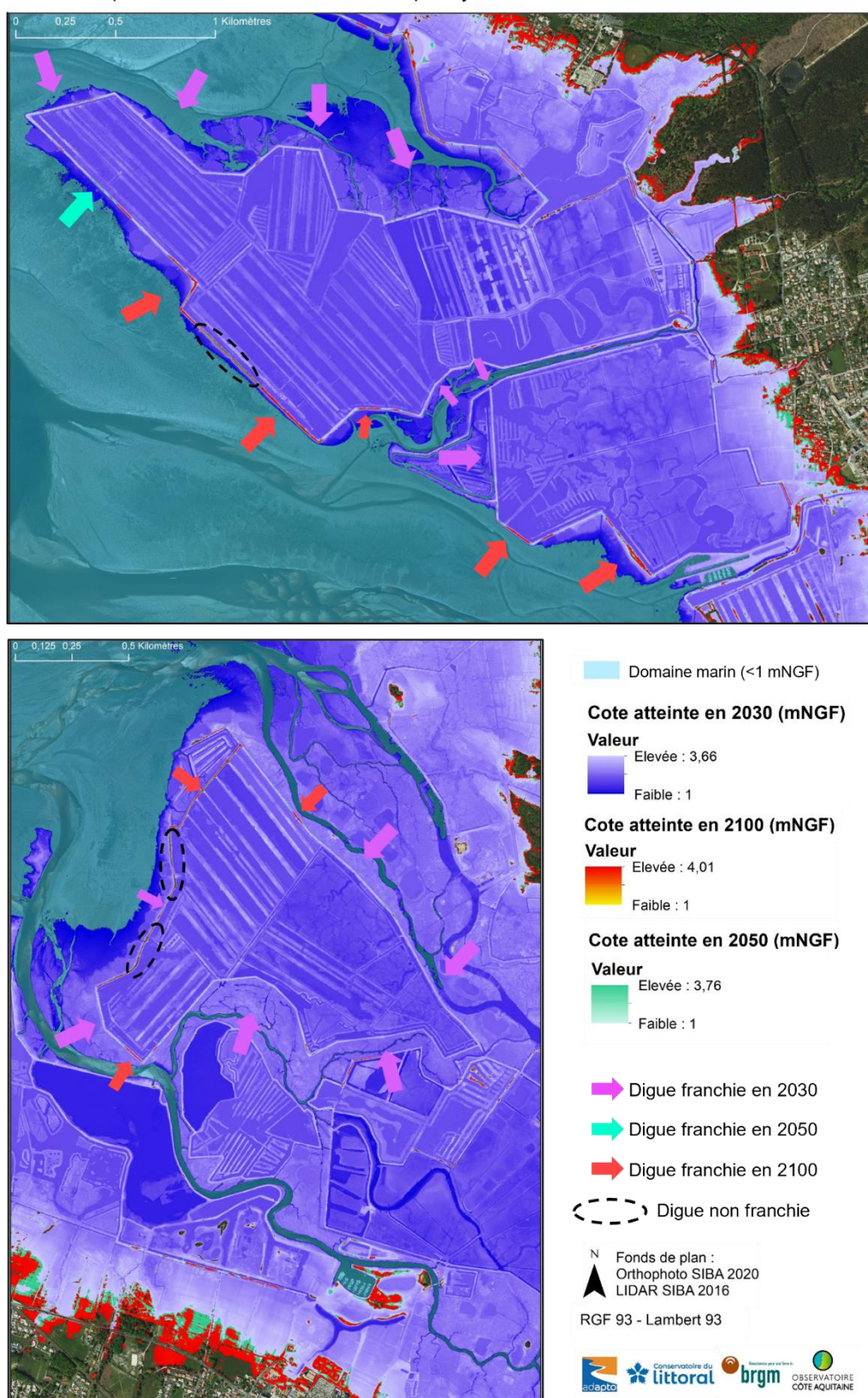
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 45 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 4.5



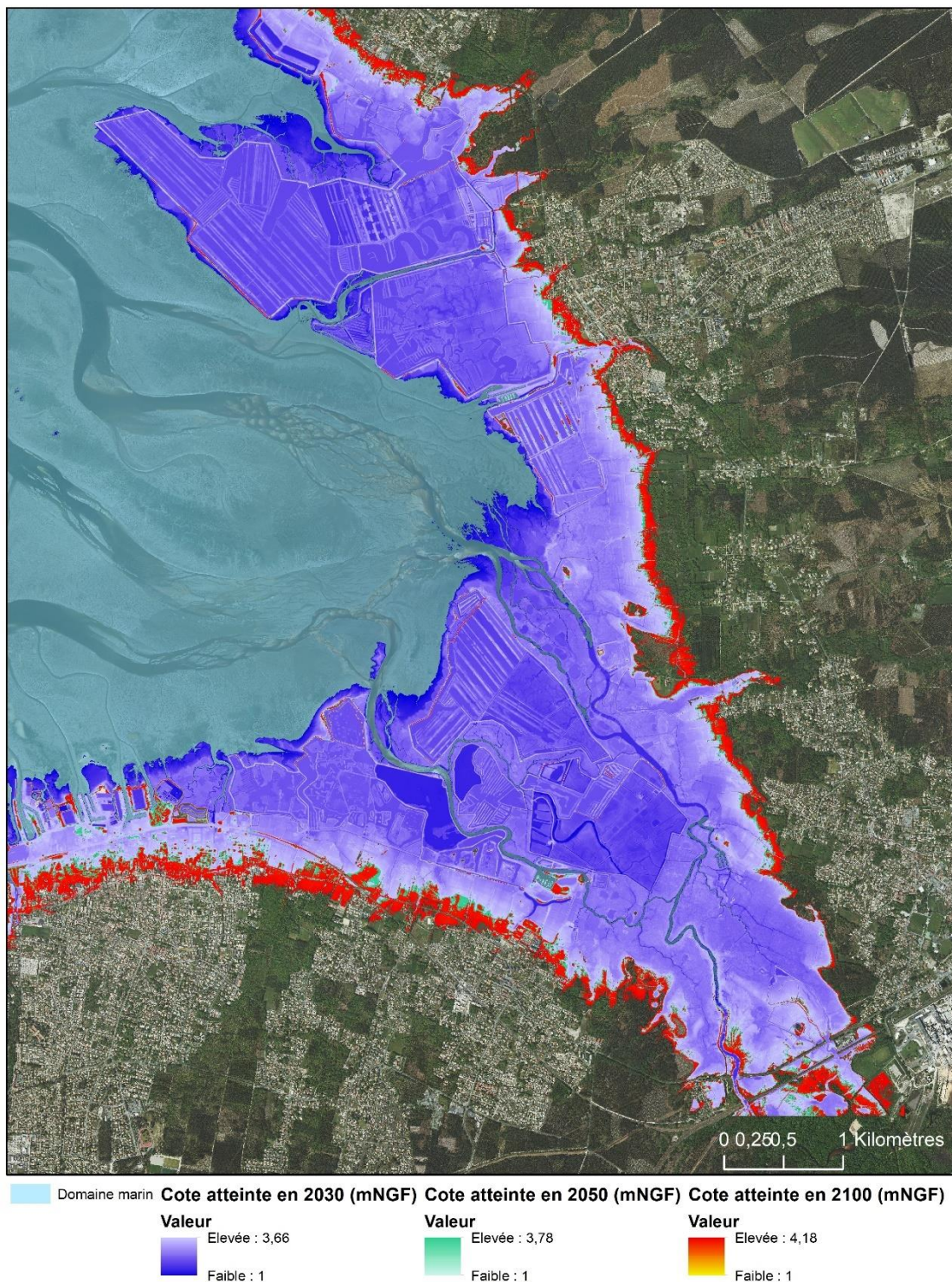
Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 4.5



Annexe 46 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 4.5. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5



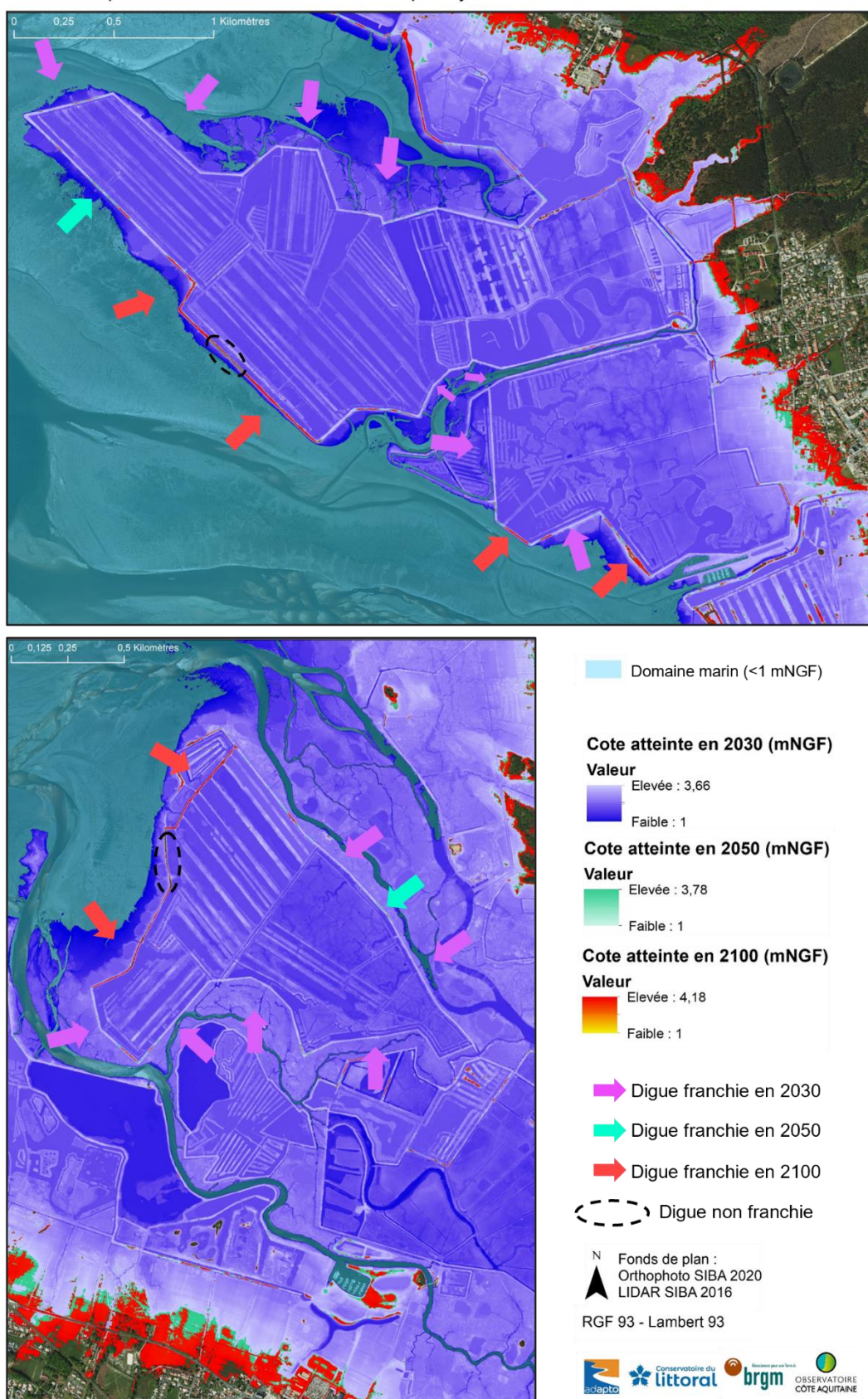
Fonds de plan :  
Orthophoto SIBA 2020  
LIDAR SIBA 2016

RGF 93 - Lambert 93

Annexe 47 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5



Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5



Annexe 48 : Cartographie des zones situées sous le niveau marin maximal prévu en 2030, 2050 et 2100 pour un événement extrême tel que Xynthia selon le scénario RCP 8.5. En haut sur les domaines de Certes et Graveyron, et en bas sur l'île de Malprat

Annexe 49 : Nombre de jours et pourcentage de submersion par an pour les scénarios actuel, 2030, 2050 et 2100 selon les classes de hauteurs d'eau atteintes

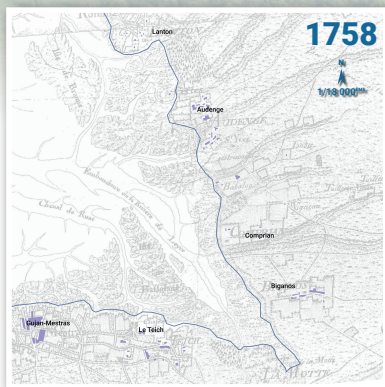
| Classe | Nombre de jours de submersion par an | Pourcentage de temps de submersion par an | Actuel                  |                         | 2030 (RCP 8.5)          |                         | 2050 (RCP 8.5)          |                         | 2100 (RCP 8.5)          |                         |
|--------|--------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|        |                                      |                                           | Niveau d'eau inf (mNGF) | Niveau d'eau sup (mNGF) | Niveau d'eau inf (mNGF) | Niveau d'eau sup (mNGF) | Niveau d'eau inf (mNGF) | Niveau d'eau sup (mNGF) | Niveau d'eau inf (mNGF) | Niveau d'eau sup (mNGF) |
| 1      | 0,83                                 | 0,23                                      | 2,86                    | 3,06                    | 2,97                    | 3,17                    | 3,09                    | 3,29                    | 3,49                    | 3,69                    |
| 2      | 1,65                                 | 0,45                                      | 2,66                    | 2,86                    | 2,77                    | 2,97                    | 2,89                    | 3,09                    | 3,29                    | 3,49                    |
| 3      | 4,21                                 | 1,15                                      | 2,46                    | 2,66                    | 2,57                    | 2,77                    | 2,69                    | 2,89                    | 3,09                    | 3,29                    |
| 4      | 8,71                                 | 2,39                                      | 2,26                    | 2,46                    | 2,37                    | 2,57                    | 2,49                    | 2,69                    | 2,89                    | 3,09                    |
| 5      | 18,86                                | 5,18                                      | 2,06                    | 2,26                    | 2,17                    | 2,37                    | 2,29                    | 2,49                    | 2,69                    | 2,89                    |
| 6      | 33,86                                | 9,29                                      | 1,86                    | 2,06                    | 1,97                    | 2,17                    | 2,09                    | 2,29                    | 2,49                    | 2,69                    |
| 7      | 52,29                                | 14,35                                     | 1,66                    | 1,86                    | 1,77                    | 1,97                    | 1,89                    | 2,09                    | 2,29                    | 2,49                    |
| 8      | 73,49                                | 20,17                                     | 1,46                    | 1,66                    | 1,57                    | 1,77                    | 1,69                    | 1,89                    | 2,09                    | 2,29                    |
| 9      | 97,90                                | 26,87                                     | 1,26                    | 1,46                    | 1,37                    | 1,57                    | 1,49                    | 1,69                    | 1,89                    | 2,09                    |
| 10     | 122,70                               | 33,68                                     | 1,06                    | 1,26                    | 1,17                    | 1,37                    | 1,29                    | 1,49                    | 1,69                    | 1,89                    |
| 11     | 144,82                               | 39,75                                     | 0,86                    | 1,06                    | 0,97                    | 1,17                    | 1,09                    | 1,29                    | 1,49                    | 1,69                    |
| 12     | 166,04                               | 45,57                                     | 0,66                    | 0,86                    | 0,77                    | 0,97                    | 0,89                    | 1,09                    | 1,29                    | 1,49                    |
| 13     | 186,84                               | 51,28                                     | 0,46                    | 0,66                    | 0,57                    | 0,77                    | 0,69                    | 0,89                    | 1,09                    | 1,29                    |
| 14     | 207,03                               | 56,82                                     | 0,26                    | 0,46                    | 0,37                    | 0,57                    | 0,49                    | 0,69                    | 0,89                    | 1,09                    |
| 15     | 226,31                               | 62,11                                     | 0,06                    | 0,26                    | 0,17                    | 0,37                    | 0,29                    | 0,49                    | 0,69                    | 0,89                    |
| 16     | 244,74                               | 67,17                                     | -0,14                   | 0,06                    | -0,03                   | 0,17                    | 0,09                    | 0,29                    | 0,49                    | 0,69                    |
| 17     | 262,83                               | 72,13                                     | -0,34                   | -0,14                   | -0,23                   | -0,03                   | -0,11                   | 0,09                    | 0,29                    | 0,49                    |
| 18     | 282,08                               | 77,42                                     | -0,54                   | -0,34                   | -0,43                   | -0,23                   | -0,31                   | -0,11                   | 0,09                    | 0,29                    |
| 19     | 302,45                               | 83,01                                     | -0,74                   | -0,54                   | -0,63                   | -0,43                   | -0,51                   | -0,31                   | -0,11                   | 0,09                    |
| 20     | 319,79                               | 87,77                                     | -0,94                   | -0,74                   | -0,83                   | -0,63                   | -0,71                   | -0,51                   | -0,31                   | -0,11                   |
| 21     | 335,64                               | 92,12                                     | -1,14                   | -0,94                   | -1,03                   | -0,83                   | -0,91                   | -0,71                   | -0,51                   | -0,31                   |
| 22     | 349,42                               | 95,90                                     | -1,34                   | -1,14                   | -1,23                   | -1,03                   | -1,11                   | -0,91                   | -0,71                   | -0,51                   |
| 23     | 358,53                               | 98,40                                     | -1,54                   | -1,34                   | -1,43                   | -1,23                   | -1,31                   | -1,11                   | -0,91                   | -0,71                   |
| 24     | 362,32                               | 99,44                                     | -1,74                   | -1,54                   | -1,63                   | -1,43                   | -1,51                   | -1,31                   | -1,11                   | -0,91                   |
| 25     | 364,37                               | 100,00                                    | -1,94                   | -1,74                   | -1,83                   | -1,63                   | -1,71                   | -1,51                   | -1,31                   | -1,11                   |



*Annexe 50 : Projet de panneau local pour l'exposition "Rivages en mouvement" du Conservatoire du littoral, réalisé par le bureau d'études Biotope*

**Voir page suivante**

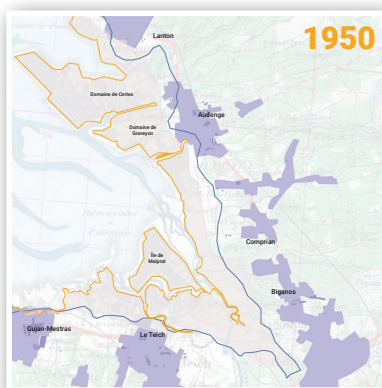
# LE DELTA DE LA LEYRE



1758

En dépit de leur situation abritée, les côtes basses sud-est du Bassin d'Arcachon sont concernées par le risque de submersion marine, en raison de leur sensibilité aux surcotes et de la longue course dont disposent les vagues formées sur le plan d'eau de la lagune.

Propriétaire de 680ha sur ce secteur, le Conservatoire du littoral (Cdl) a ajusté sa stratégie foncière au droit de ses terrains afin de favoriser l'adaptation du littoral à l'évolution du milieu soumis aux aléas naturels et au changement climatique.



1950

Le Bassin d'Arcachon est à l'origine l'ancien estuaire de la Leyre qui a, petit à petit, été refermé par les sédiments (dérive littorale), pour former l'actuelle lagune, milieu de transition entre terre et mer, mobile par nature.

Jusqu'à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, le Bassin d'Arcachon est constitué d'importants prés-salés.

Les prés-salés jouent un rôle majeur dans la santé des écosystèmes :

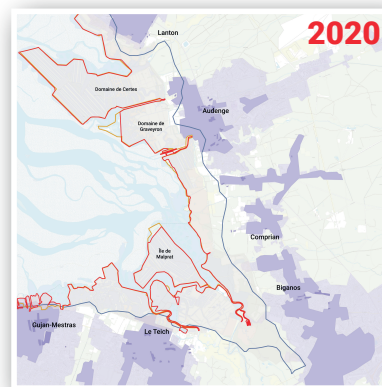
- protection du trait de côte contre l'érosion et atténuation des submersions par absorption et amortissement de l'énergie des vagues
- zone refuge et d'alimentation pour les poissons
- amélioration de la qualité de l'eau par fixation des polluants
- captation du carbone atmosphérique.

A la fin du 18<sup>ème</sup> siècle de grands propriétaires privés endiguent les prés-salés à des fins productivistes. Initialement axée sur le sel, la production sera réorientée vers le poisson devenu plus rentable.

Les prés-salés sont ainsi détruits par les aménagements.

La main d'œuvre nécessaire à ces exploitations s'installe et développe l'urbanisation de ce secteur juste à l'arrière des domaines endigués.

Le trait de côte est considérablement avancé en mer, sur des secteurs à l'origine sous influence maritime.



2020

Au cours du 20<sup>ème</sup> siècle la main d'œuvre qui entretient ces grands domaines privés, et notamment leurs digues, devient de moins en moins bon marché, si bien que les ouvrages se dégradent.

A partir de 1977 l'urbanisation explose. Ce qui augmente l'exposition des populations aux submersions marines.

Afin d'assurer une protection publique des espaces naturels, le Cdl achète plusieurs sites : le domaine de Certes en 1984, celui de Graveyron en 1998 et l'île de Malprat en 2002.

Lors de leurs acquisitions, Graveyron et Malprat présentent certaines digues en très mauvais état. Le conseil scientifique du Cdl, recommande alors de permettre à la mer de continuer à éroder ces digues pour favoriser la restauration des prés-salés «protecteurs» situés devant des digues de second rang.

Zone humide littorale à ce jour la plus menacée, les prés-salés assurent des bénéfices majeurs dont le rôle apparaît incontournable dans un contexte de changement climatique.

12  
SAVIEZ-VOUS ?

En 2013, un programme de recherche, a évalué que dans les secteurs reconnectés à la mer, l'estran s'est élevé et que la restauration du pré-salé est effective. Le risque submersion est donc atténué !

## Légende

1758  
1950  
2020



zones endiguées



zones urbaines

Conservatoire du  
littoral