

Photo A. Argelas pour le compte de l'ADPCF

Programme pluriannuel de rechargement en sable à la Pointe du Cap-Ferret Diagnostic du risque de brèche (dans le cordon dunaire) et de submersion marine et définition technique du programme de rechargement (à partir de la conception initiale de l'ADPCF)

Rapport V1.1 23/03/2022
J.R. Huguet, B. Waeles, A. Feral

Ingénierie côtière et portuaire
Hydrodynamique
Dynamique Sédimentaire
Morphodynamique



Benoit Waeles Consultant Génie Côtier

BW-CGC

PREAMBULE

Cadre général formel des travaux de confortement a la pointe du Cap-Ferret :

L'ADCPF souhaite rappeler le cadre formel des travaux de confortement, qu'il s'agisse de travaux sur la digue ou de rechargements en sable, à la Pointe du Cap-Ferret : dans un courrier (en annexe du présent rapport) du 7 novembre 2018 adressé à M. Bartherotte, M. Le Préfet du département de La Gironde indique notamment que « *seule l'étude (PAB/Sogreah de janvier 1997 dresse un état des ouvrages et des actions à conduire pour les conforter et réduire l'érosion. Ainsi, le travail d'actualisation des aléas sera conduit ... en utilisant les données récentes, et en considérant l'étude de Sogreah de janvier 1997 comme la référence de l'état initial des ouvrages, à actualiser avec des données techniques factuelles.* »

Réalisations ADPCF (Association de Défense de la Pointe du Cap-Ferret), de type rechargement en sable, préalables à la présente étude :

- **Conception d'une stratégie de rechargement par retroussage du sable accumulé contre la digue**

M. Bartherotte a conçu une solution de rechargement par retroussage du sable accumulé contre sa digue (côté Ouest). Il s'agit de mettre à profit la capacité de celle-ci à capter une partie de la dérive littorale (estimation entre 100 000 à 200 000 m³/an) qui arrive sur la façade Sud du Cap-Ferret.

Le rechargement est positionné le plus haut possible sur l'estran, avec une disposition selon une berme (plateforme) :

- qui constitue une solution dont la mise en œuvre est aisée techniquement et contrôlable visuellement,
- et dont la cote (autour de +8m NGF) n'obstrue pas la vue vers la mer depuis le Belvédère.

Ces opérations ont pour objectif de sécuriser directement le secteur Bartherotte/Belvédère où le cordon dunaire est relativement mince, et indirectement l'ensemble de la façade Sud du Cap-Ferret.



➤ **Réalisation d'une première phase conséquente de travaux de rechargement par retroussage (septembre 2020 à juillet 2021)**

Cette première phase avait été décidée conjointement par l'ADPCF et la commune de Lège-Cap-Ferret, et soumise à une demande d'examen au cas par cas (le 18/01/22, à confirmer par le SIBA et/ou B. Bartherotte). Elle a été financée par l'ADPCF avec la participation de la commune et du SIBA. Un des objectifs était de constituer un premier retour d'expérience d'un confortement de ce type.

L'ADPCF a réalisé des opérations conséquentes de retroussage de sable de septembre 2020 au début de l'été (juillet) 2021, d'un volume total évalué a minima à 55 000 m³ (d'après les relevés topographiques de Parallèle45, qui indiquent un dépôt d'une épaisseur moyenne de 3.45 m pour constituer une plateforme qui atteint la cote +8m NGF sur une surface de 16 000 m²).

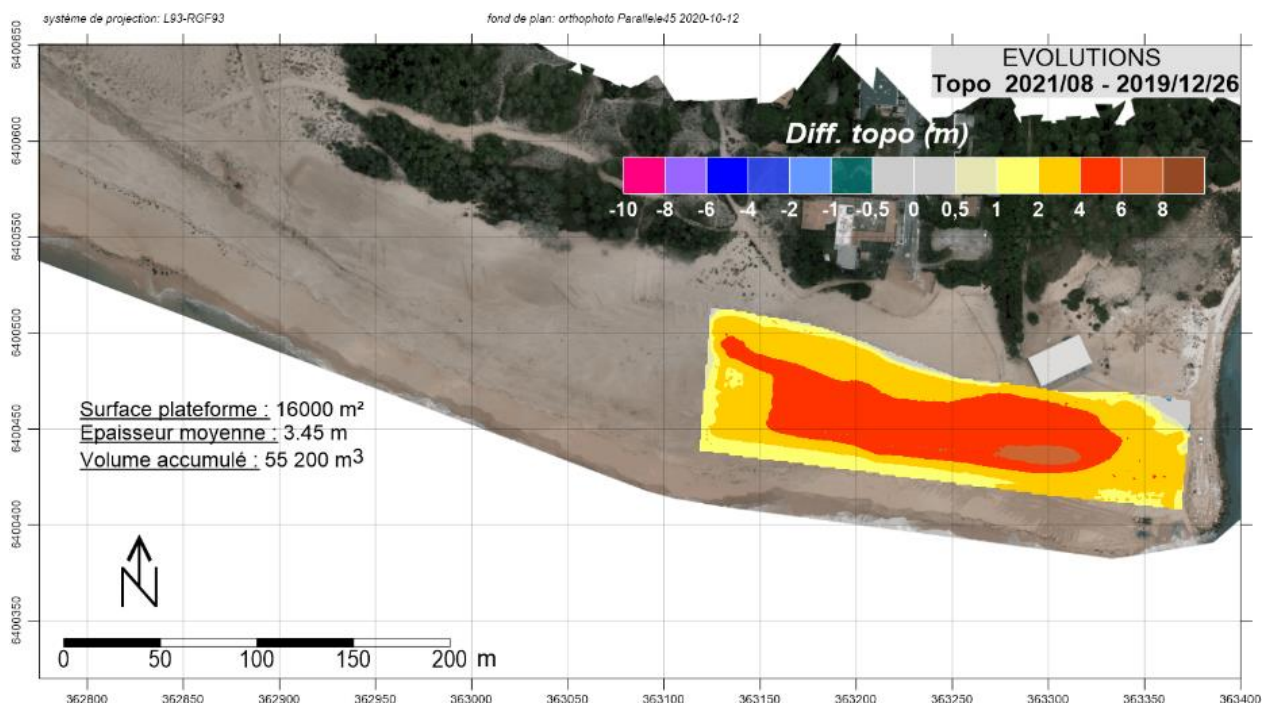


Figure : Cartographie des dépôts, par retroussage du sable accumulé contre le musoir de la digue, pour constituer la plateforme de confortement à la Pointe.



Sommaire

1	RESUME NON-TECHNIQUE/SYNTHESE	6
1.1	CONTEXTE A LA POINTE : RISQUES AVERES D'EROSION DU CORDON DUNAIRE ET DE SUBMERSION MARINE DES ZONES URBANISEES.	6
1.2	OPERATIONS DE RECHARGEMENT EN SABLE A LA POINTE :	7
1.2.1	<i>Principe des opérations</i>	7
1.2.2	<i>Opération de rechargement réalisée en 2020/2021 : OR1</i>	8
1.2.3	<i>Opération de rechargement préconisée en 2022</i>	8
1.2.4	<i>Critère de rechargement d'urgence</i>	9
1.2.5	<i>Définition des opérations à partir de 2023 (OR3, OR4, OR5...)</i>	10
1.2.6	<i>Suivi topo-bathymétrique</i>	11
2	RAPPORT TECHNIQUE	12
2.1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	12
2.1.1	<i>Contexte et historique</i>	12
2.1.2	<i>Objectifs de la présente étude</i>	15
2.2	DIAGNOSTIC DU RISQUE DE BRECHE DANS LE CORDON DUNAIRE ET DE SUBMERSION MARINE DES TERRAINS EN ARRIERE	16
2.2.1	<i>Contexte morpho-sédimentaire actuel plage/cordon dunaire a la pointe</i>	16
2.2.2	<i>Evolutions morpho-sédimentaires récentes</i>	17
2.2.3	<i>critères de rechargement d'urgence</i>	24
2.2.3.1	Volume de sable limite d'après la topographie plage/cordon dunaire antérieure à l'hiver 2013/2014 ...	24
2.2.3.2	Variabilité de la capacité érosive des vagues en condition de tempête	27
2.2.3.3	Recul limite (par rapport au dernier levé disponible de décembre 2021)	28
2.2.4	<i>Localisation des secteurs les plus critiques</i>	31
2.2.5	<i>Aménagements et Processus hydro-morpho-sédimentaires qui ont pu contribuer à des évolutions récentes (depuis 2019) favorables</i>	33
2.3	VOLETS TECHNIQUES DES RECHARGEMENTS DU PROGRAMME PLURIANNUEL	39
2.3.1	<i>OR1 (rappel 1^{re} opération de rechargement 2020/2021)</i>	39
2.3.2	<i>OR2 (2022) : définition</i>	39
2.3.2.1	Méthodologie Générale	39
2.3.2.2	Enjeux à préserver	39
2.3.2.3	Cotes maximales des rechargements	40
2.3.2.4	Caractéristiques techniques du rechargement	40
2.3.2.5	Estimations du coût et de la durée des travaux	43
2.3.3	<i>Rechargement OR3 (2023) et opérations suivantes</i>	46



2.3.3.1	Caractéristiques techniques	46
2.3.3.2	Estimations du coût et de la durée de chaque opération (annuelle)	48
3	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	49
	ANNEXES	50



1 RESUME NON-TECHNIQUE/SYNTHESE

1.1 CONTEXTE A LA POINTE : RISQUES AVERES D'EROSION DU CORDON DUNAIRE ET DE SUBMERSION MARINE DES ZONES URBANISEES.

La presqu'île du Cap-Ferret est une flèche sableuse entre l'Océan Atlantique et le Bassin d'Arcachon. A la Pointe du Cap-Ferret, soumise à de fortes vagues en hiver et autour de laquelle s'enroulent de forts courants (à chaque remplissage et vidage du bassin par la marée), les mouvements de sable sont particulièrement marqués. Lors des fortes tempêtes hivernales, surtout il elles se produisent au moment de marée de vives-eaux (i.e. forts coefficients de marée), les vagues peuvent éroder la plage et le cordon dunaire sur plusieurs mètres d'épaisseur.

Le risque est alors que l'érosion forme des brèches dans le cordon dunaire (on rappelle qu'il ne s'agit que de sable) et que la mer rentre dans les « terres » en arrière et submerge les zones urbanisées. Ce risque est avéré, comme en attestent des photos prises lors d'une des tempêtes de l'hiver 2013/2014, les pins au Sud-Est de la Pointe (secteur Bartherotte) se sont retrouvés les pieds dans l'eau :

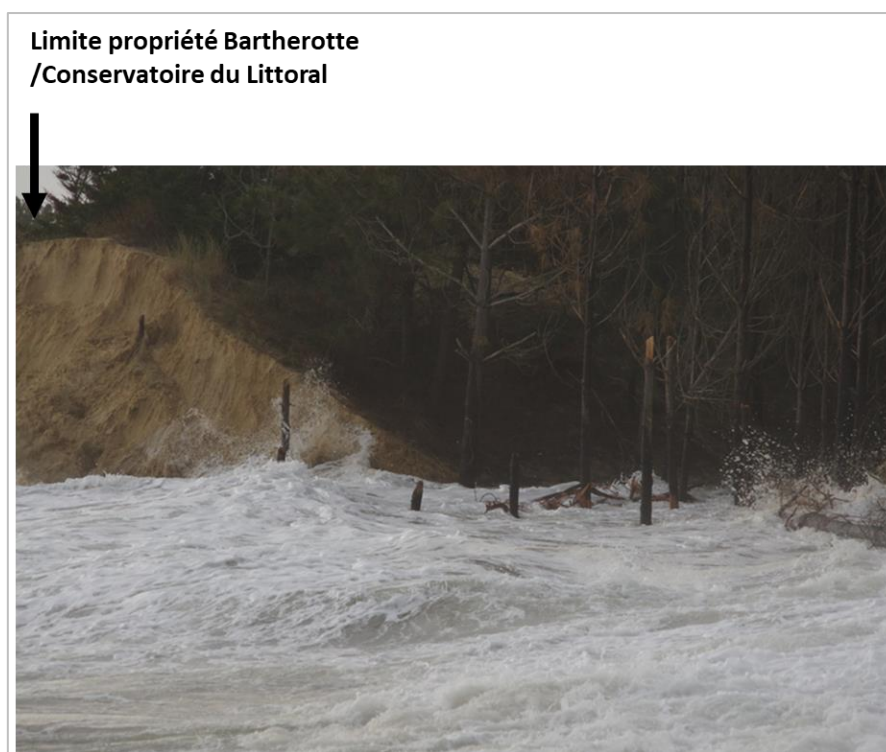


Figure 1-1 : Attaque du cordon dunaire et des pins en arrière par les vagues de la tempête du 03 mars 2014. (photo : A. Argelas pour l'ADPCF).

L'ampleur d'une submersion marine au travers d'un cordon dunaire fragilisé par les tempêtes serait dramatique puisqu'elle pourrait se propager sur plusieurs centaines de mètres et que les parcelles urbanisées les plus basses pourraient se retrouver plusieurs mètres sous l'eau à pleine-mer. Le niveau de pleine-mer est accentué en condition de tempête par les effets des basses pressions atmosphériques (qui « aspirent » le plan d'eau vers le haut), des vents de

secteur Ouest (qui poussent les masses d'eau vers la côte) et des vagues (leur déferlement à la côte tend à surélever le plan d'eau).

Même si la situation actuelle reste fragile, on rappelle qu'elle est sans commune mesure avec ce qu'elle était dans les années 1950/60 jusqu'à récemment dans les années 1980. En mars 1985 une partie de l'ancienne maison Balguerie est détruite par la mer et M. Bartherotte entreprend des travaux de protection de son secteur, en construisant une digue, travaux qui bénéficieront de fait à un secteur bien plus vaste de la pointe du Cap-Ferret (BW-CGC, septembre 2021). Les opérations entamées en juillet-août 1985 ont été menées sans relâche jusqu'en décembre 1995.



Figure 1-2 : Maison Balguerie en 1985 avant que des travaux d'envergure soient entrepris par M. Bartherotte et qui ont permis de sécuriser l'ensemble de La Pointe.

Il faut bien noter que la digue construite par M. Bartherotte est un élément structurant qui permet de « tenir » la Pointe (ou plus précisément de contenir l'action érosive des courants et des vagues) depuis la fin des années 1990. **Tout projet de rechargement à la pointe est indissociable de l'état de la digue Bartherotte. Plus la digue et son action** (pour faire atterrir le sable de la dérive littorale notamment) **sont confortées et plus les opérations de rechargement peuvent être efficaces.** L'effet de la digue a été récemment (fin 2019) prolongé d'environ 30 m vers le Sud, par un prolongement du pied (et donc un adoucissement de la pente du musoir).

1.2 OPERATIONS DE RECHARGEMENT EN SABLE A LA POINTE :

1.2.1 PRINCIPE DES OPERATIONS

Les opérations de rechargement en sable à la Pointe, pour engraisser le haut de plage et le cordon dunaire, sont pertinentes dans la mesure où elles se font en retrait de l'extrémité (Sud) de la digue Bartherotte. En effet, en élargissant la plage en direction de la mer, la digue protège les sables rechargés en éloignant l'action érosive des vagues.

La stratégie de confortement de la façade Sud de la Pointe est une solution d'ingénierie côtière d'ensemble : effets structurant de la digue Bartherotte et rechargements en sable.

Les objectifs de la présente étude, commandée par le SIBA au bureau d'études spécialisé BW-CGC, sont notamment :



- Un diagnostic approfondi du risque de brèche dans le cordon dunaire et de submersion marine en arrière.
- D'évaluer l'efficacité d'une expérience de rechargement de type « retroussage » de sable, qui consiste à transférer le sable de la dérive littorale accumulé en bas de plage (contre la digue Bartherotte) vers le haut de plage et le cordon dunaire, menée entre Août 2020 et Août 2021. Cette expérience avait été décidée conjointement par l'ADPCF et la commune de Lège-Cap-Ferret. Elle a été financée par l'ADPCF avec la participation de la commune et du SIBA.
- De définir, dans la continuité de cette expérience, les prochains rechargements (fin de l'automne 2022 puis programme pluriannuel).
- De déterminer des critères pour la décision d'un rechargement d'urgence.

1.2.2 OPERATION DE RECHARGEMENT REALISEE EN 2020/2021 : OR1

L'expérience de rechargement par retroussage s'est avérée particulièrement efficace : le trait de côte (qui correspond approximativement au flanc dunaire) est en décembre 2021 plus avancé de 30 à 50 m plus au Sud qu'il ne l'était en 2019. La « laisse de pleine mer » ou ligne d'eau est en décembre 2021 50 à 80 m plus au Sud qu'elle ne l'était en 2019 ; la plage « sèche » s'est élargie d'autant. Ces évolutions sont tout à fait considérables en à peine 2 ans et cette expérience est d'autant plus remarquable que l'approvisionnement en sable s'effectue à proximité immédiate (en bas de plage), par moyens terrestres uniquement et selon des coûts très bas (3 euros/m³) s'agissant d'opérations de transfert de sable.

1.2.3 OPERATION DE RECHARGEMENT PRECONISEE EN 2022

Le prochain rechargement s'inscrit pleinement dans la continuité de ce très bon retour d'expérience : il consiste à prolonger la plateforme constituée en haut de plage d'environ 150 m vers l'Ouest, de telle sorte que l'ensemble du secteur à risque de la façade Sud soit conforté.



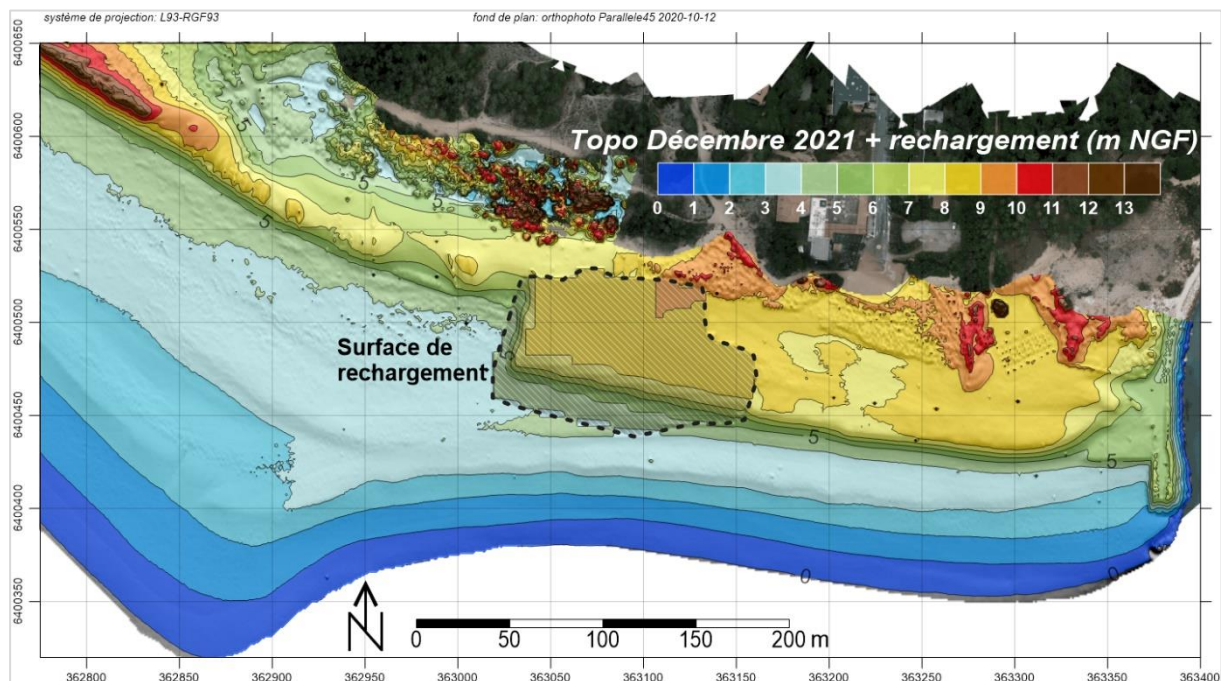


Figure 1-3 : Topographie en décembre 2021 + confortement sédimentaire (tronçon de 135 m à l'Ouest de la première phase de rechargement).

Le volume de cette prochaine opération (à programmer en 2022) est évalué, sur la base du levé de décembre 2021, à 23 500 m³. En prévision d'une plateforme qui pourrait être partiellement érodée par des tempêtes à venir, même si la séquence Août/Décembre 2021 montre une remarquable stabilité, ce volume pourrait être porté à environ 30 000 m³.

Le **coût** minimum de cette opération est estimé à environ **70 000 euros** (coût basé sur un prix de 3 euros/m³ en 2020/2021, susceptible d'évoluer).

La **durée** des travaux est estimée à **4 mois**.

1.2.4 CRITERE DE RECHARGEMENT D'URGENCE

Un rechargement d'urgence, défini d'après la situation morpho-sédimentaire de 2011 (pré hiver 2013/2014) et des analyses de capacité érosive fonction des conditions hydrodynamiques (vagues incidentes et niveau de marée), est à programmer dès lors qu'un **recul de 20 m** (par rapport à la situation de décembre 2021) du rebord de la plateforme est observé.

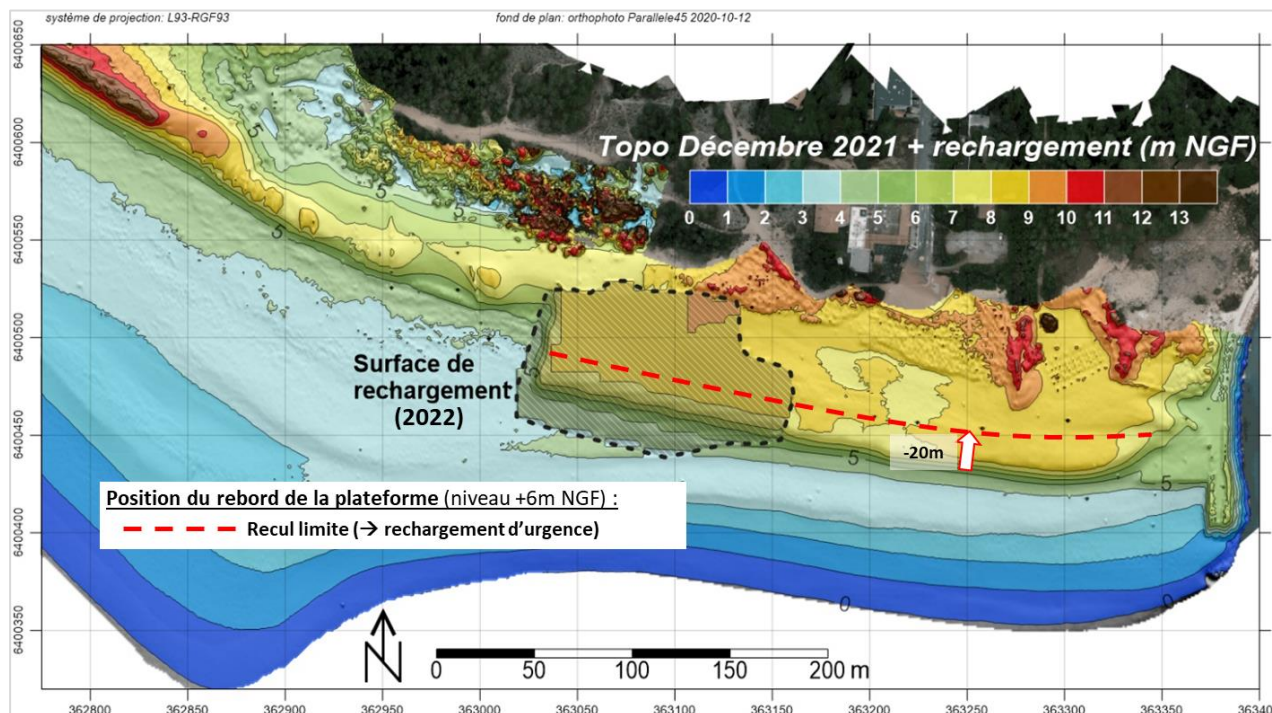


Figure 1-4 : Indication de la position critique du rebord de la plateforme (recul critique au-delà duquel un rechargement d'urgence doit être programmé).

1.2.5 DEFINITION DES OPERATIONS A PARTIR DE 2023 (OR3, OR4, OR5...)

Le programme pluriannuel de rechargement d'entretien (confortement) spécifié est de type progressif. Les opérations de rechargement OR3 (2023) et celles des années suivantes sont préconisées pour un **volume** de **10 000 m³/an**, qui pourrait se traduire par une avancée (par rapport à la situation de 2022) de la plateforme de +5m en 2023 et de +15m en 2025 (cf. Figure 1-5 : indication de la position envisageable du rebord de la plateforme à l'issue du rechargement de 2025).

Chaque année, il faut prévoir pour ces opérations :

- un **coût** des travaux de **30 000 euros**,
- une **durée** des travaux de **2 mois**.

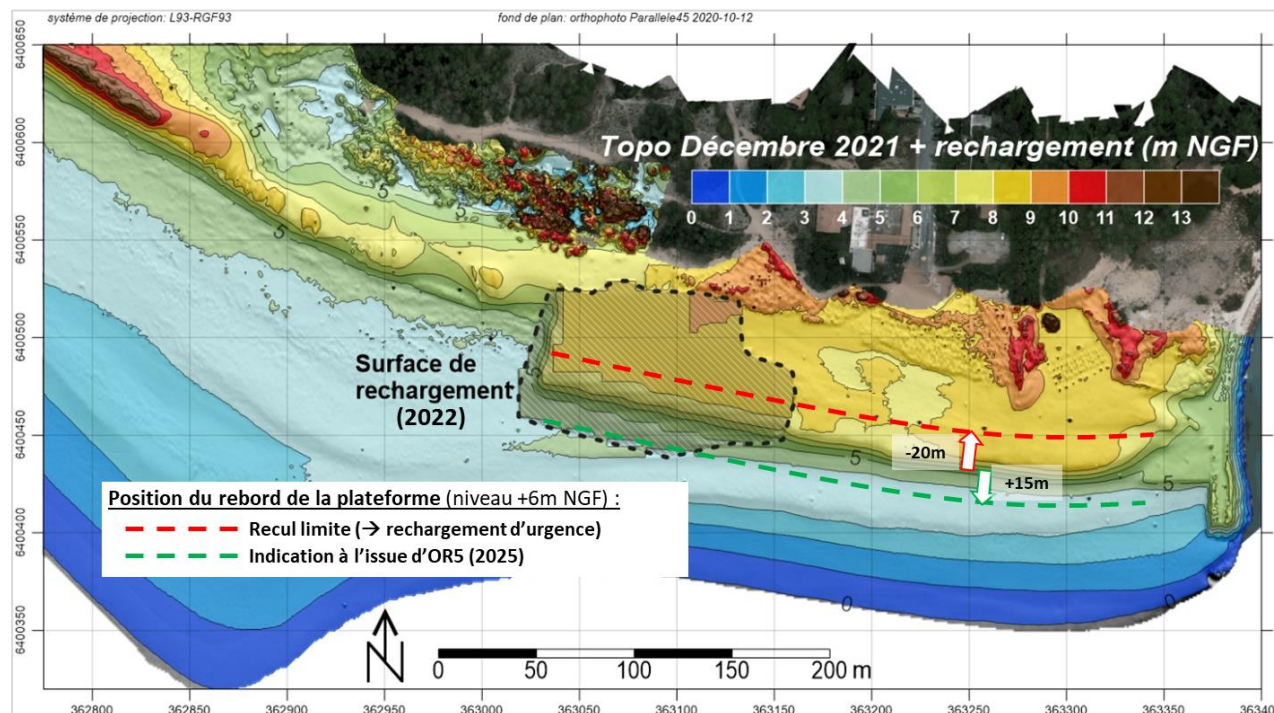


Figure 1-5 : Indication de la position du rebord de la plateforme à l'issue du rechargement en 2025 (+15m par rapport à la position de 2022).

1.2.6 SUIVI TOPO-BATHYMETRIQUE

Il est indispensable de poursuivre les suivis topographiques sur le secteur pour pouvoir évaluer, et éventuellement ajuster, la stratégie de rechargement qui est définie. La fréquence des levés est à minima de 2 fois par an. Bien entendu, en cas de forte érosion constatée sur site, un levé sera à programmer sans délai.

Une reconnaissance bathymétrique annuelle des fonds marins avoisinants est également recommandée pour pouvoir apprécier l'évolution de la situation d'ensemble à la pointe.



2 RAPPORT TECHNIQUE

2.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

2.1.1 CONTEXTE ET HISTORIQUE

L'action érosive des agents hydrodynamiques à la Pointe du Cap-Ferret peut soustraire des quantités de sable conséquentes, en très peu de temps (e.g. une marée lors d'une séquence tempétueuse), au système estran/plage sèche/cordon dunaire. En particulier, l'action érosive des vagues est en mesure, pendant les quelques heures autour de la pleine mer, d'éroder le haut de plage et le cordon dunaire sur plusieurs mètres d'épaisseur (illustrations figures ci-après).



Figure 2-1 : Figure d'érosion du cordon dunaire à la pointe (P. Vert le dimanche 29/09/2019, journal Sud-Ouest du 01/10/2019).



Figure 2-2 : Attaque du cordon dunaire et des pins en arrière par les vagues de la tempête du 03 mars 2014. Vue depuis le secteur Bartherotte (photo : A. Argelas pour l'ADPCF).

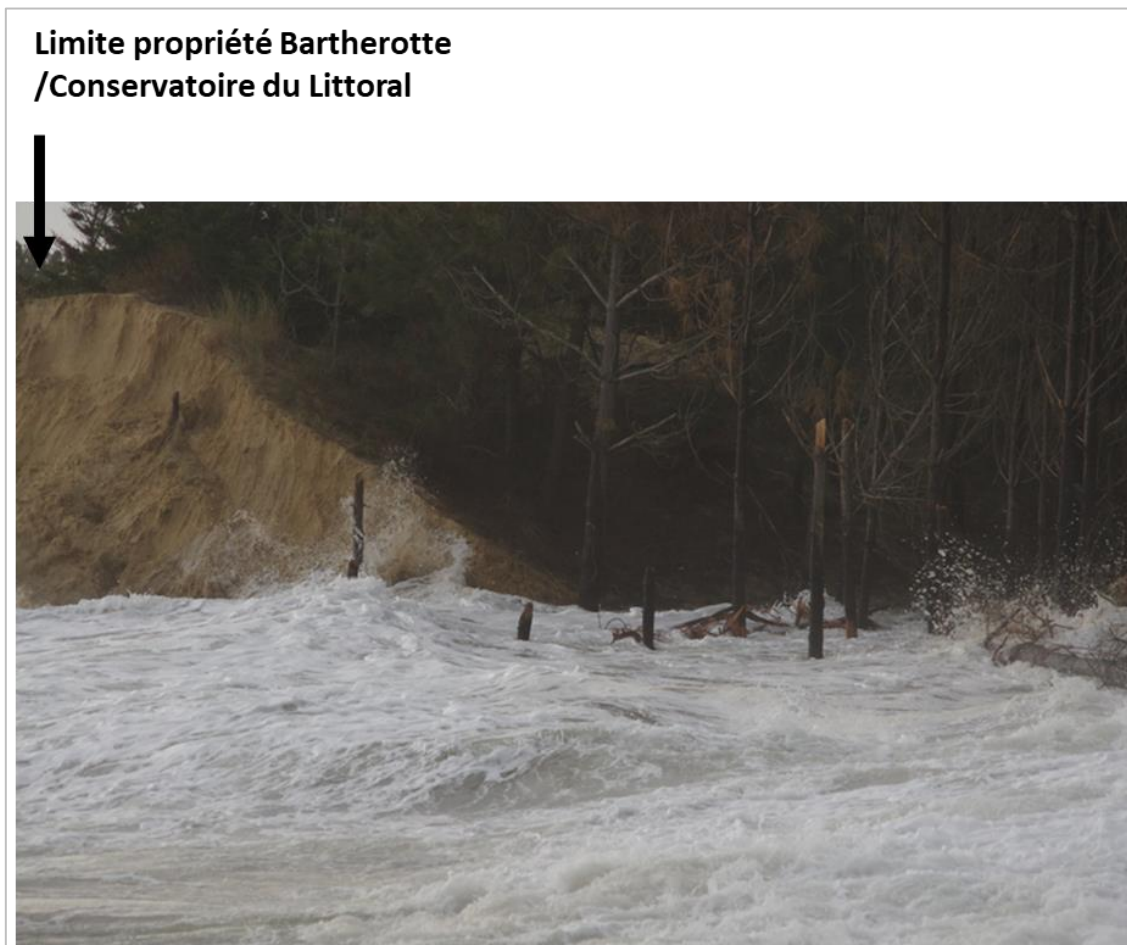


Figure 2-3 : Attaque du cordon dunaire et des pins en arrière par les vagues de la tempête du 03 mars 2014. (photo : A. Argelas pour l'ADPCF).



Figure 2-4 : Attaque du cordon dunaire et des pins en arrière par les vagues de la tempête du 03 mars 2014. Laisse de pleine mer, après la tempête, sur le revers du cordon dunaire (photos : Bartherotte).

A des échelles de temps et d'espace plus larges, on rappelle que la situation actuelle est sans commune mesure avec la situation des années 1980 qui était devenue désespérée. La Pointe du Cap-Ferret est en-effet soumise à des processus érosifs intenses. La pointe est prise « entre deux feux » :

- Sur sa façade orientale, le chenal du Ferret (par lequel une bonne partie du bassin d'Arcachon se remplit et se vide à chaque marée) est particulièrement actif et tend à éroder latéralement la pointe du Cap-Ferret jusqu'à son confortement à partir de la deuxième moitié du XXe siècle.

- Sur sa façade Sud, l'érosion résultant de la conjonction des courants de marée et de vagues de tempête, a été spectaculaire : plusieurs centaines de mètres entre la fin des années 1960 et le début des années 2000.

Pour contenir l'érosion côté Est, des protections conséquentes ont été construites. Le long de la façade Est, les premiers confortements pour contenir l'avancée du chenal vers l'Ouest, sont entrepris par les ostréiculteurs en contrebas des parcs du Mimbeau dès les années 1930/1940. Le premier aménagement à proprement parler de confortement du trait de côte est entrepris par des riverains (dont M. Pellotier, M. De La Brousse, M. La Rotonde) du secteur Lavergne dans les années 1960. Ces premiers confortements font suite à la disparition vers le fond du chenal des premières propriétés (Figure 2-5), notamment l'Hôtel de La Pointe (installé dans l'ancien bâtiment de la buvette Lavergne), et avant lui l'ancien débarcadère. M. Bartherotte adopte une stratégie équivalente à la pointe où la situation était devenue désespérée dans les années 1980, la pointe étant soumise à une érosion des deux façades Sud et Est. Plus au sud, en mars 1985 une partie de l'ancienne maison Balguerrie est détruite par la mer (Figure 2-6) et M. Bartherotte entreprend des travaux de protection de son secteur qui bénéficieront de fait à un secteur bien plus vaste de la pointe du Cap-Ferret (BW-CGC, septembre 2021).



Figure 2-5 : Vue d'avion prise en 1962 avec la plage des Courlis en premier plan puis la pointe Hortense et le Mimbeau à l'arrière-plan. On observe à la pointe Hortense un ancien blockhaus

de la 2^{de} guerre Mondiale, s'engouffrant" dans l'eau et témoignant de l'érosion intense que subit le linéaire côtier depuis les années 40. (Source: ferretdavant.com).



Figure 2-6 : Maison Balguerrie en 1985 avant que des travaux d'envergure soient entrepris par M. Bartherotte et qui ont permis de sécuriser l'ensemble de La Pointe.

La digue Bartherotte a montré son efficacité pour remédier à une situation à la pointe qui était devenue désespérée dans les années 1980. Il faut bien noter que la digue construite par M. Bartherotte est un élément structurant qui permet de « tenir » la Pointe (ou plus précisément de contenir l'action érosive des courants et des vagues). L'existence de la digue Bartherotte, ouvrage tout à fait conséquent (une trentaine de mètres de haut, sur plus de 300 m de long) est une condition sine qua non de l'efficacité d'opérations de rechargement, en l'occurrence de type retroussage, relativement modestes (par exemple 23 500 m³ pour le prochain rechargement tel que défini dans la présente étude).

Actuellement, la dune n'est pas directement attaquée à La Pointe grâce à un ensemble de travaux et d'opérations de rechargement entrepris par M. Bartherotte (digue) et l'ADPCF (opérations de transfert de sable).

2.1.2 OBJECTIFS DE LA PRESENTE ETUDE

Sans les rechargements, de type retroussage (remontée du sable depuis le bas de plage pour conforter le haut de plage et le cordon dunaire), réalisés régulièrement par l'ADPCF (cf. illustration en page de garde du présent rapport), on peut légitimement se poser la question du risque de brèche dans le cordon dunaire et donc de la submersion marine des terrains en arrière. On rappelle que la cote de ces terrains, en partie urbanisés, est relativement basse (cf. cartographie ci-après).

Dans ce cadre, la présente étude vise à **diagnostiquer le risque** (brèche dans le cordon dunaire et submersion marine), à **évaluer l'efficacité des opérations de retroussage conséquentes depuis 2019 (conception et réalisation ADPCF)**. Il s'agit alors de **définir le volet technique d'opérations de rechargement** en sable d'un programme pluriannuel, dans la continuité des travaux déjà réalisés par l'ADPCF, pour minimiser le risque.

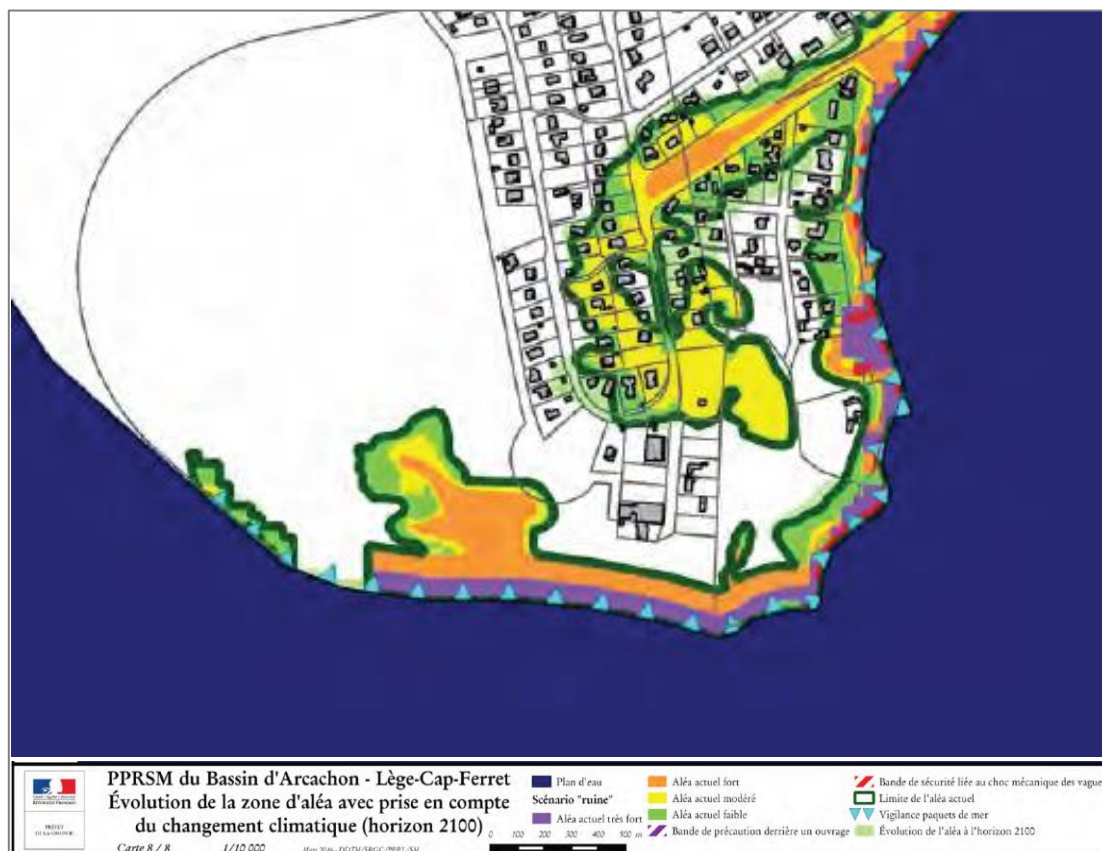


Figure 2-7 : Extrait de la cartographie en première approche (statique) de l'aléa submersion marine à la Pointe du Cap-Ferret (DDTM/SRGC/PPRL/SM, Mars 2016).

2.2 DIAGNOSTIC DU RISQUE DE BRECHE DANS LE CORDON DUNAIRE ET DE SUBMERSION MARINE DES TERRAINS EN ARRIERE

2.2.1 CONTEXTE MORPHO-SEDIMENTAIRE ACTUEL PLAGE/CORDON DUNAIRE A LA POINTE

Les analyses des évolutions passées ont mis en évidence l'efficacité des ouvrages de défense, en particulier la digue Bartherotte pour enrayer le recul du trait de côte de la façade Sud. La situation restait fragile au sud car la plage est étroite et le cordon dunaire est relativement mince. C'est la raison pour laquelle l'ADCPF a entrepris récemment (novembre 2019) un allongement sensible de la digue vers le Sud (en adoucissant la pente du musoir), combiné au retroussage du sable qui s'accumule continuellement contre la digue en bas de plage pour conforter le haut de plage et le cordon dunaire. Cette stratégie s'avère particulièrement efficace, en faisant prograder le trait de côte, pour s'écarter des risques de brèche dans le cordon dunaire et de submersion marine en arrière de celui-ci.

La Figure 2-8 rend compte de la situation topo-bathymétrique la plus récente (Décembre 2021) à la pointe du Cap-Ferret. Le haut de la « plateforme » sableuse atteint en moyenne +8 m NGF et s'étend sur 240 m de long pour 50 m de large environ. A noter qu'à l'Ouest du belvédère la plateforme ne fait pour le moment que 30 m de large.



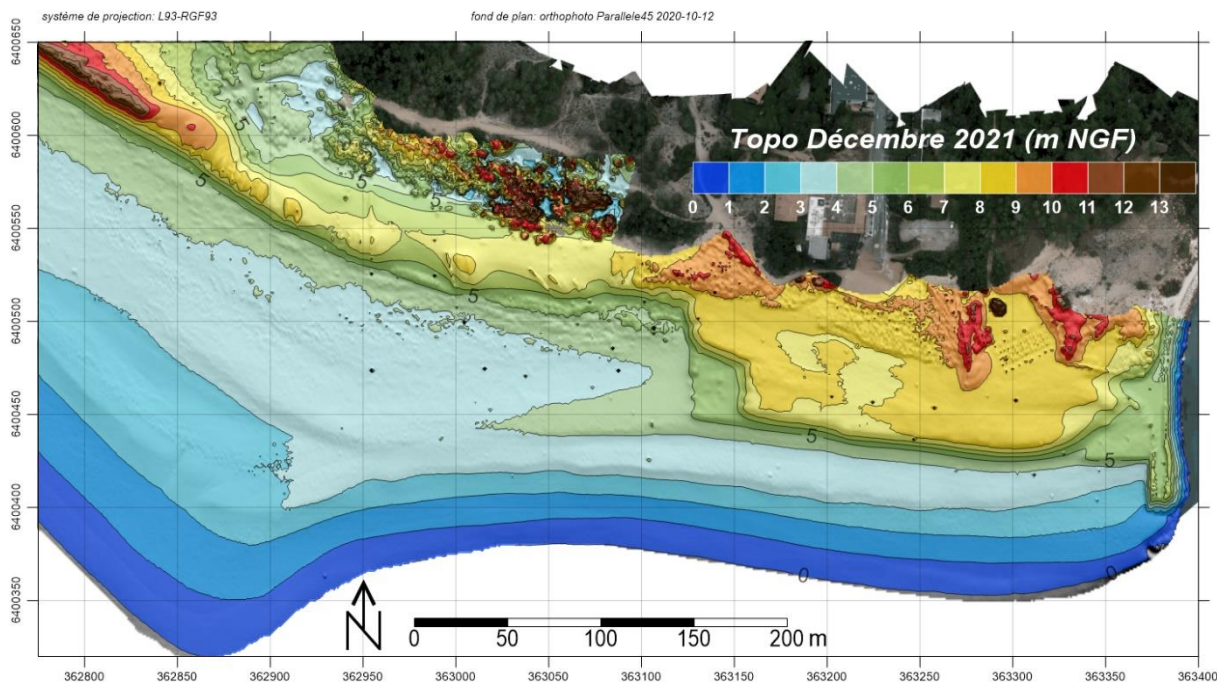


Figure 2-8 : MNT topographique à la pointe Cap Ferret issu du dernier levé réalisé par Parallèle 45 en décembre 2021 (en m NGF).

2.2.2 EVOLUTIONS MORPHO-SEDIMENTAIRES RECENTES

Entre le secteur Belvédère et la digue Bartherotte, les travaux de réensablement du haut de plage entrepris par l'ADPCF ont permis de regagner du terrain vers la mer (cf. Figure 2-9 à Figure 2-11) :

- Le trait de côte (matérialisé par la ligne de niveau +6m NGF) se situe, en décembre 2021, 30 à 50 m plus au Sud qu'il ne l'était en 2019, ce qui est tout à fait considérable en à peine 2 ans. C'est côté Belvédère que cette avancée se fait le plus ressentir.
- La « laisse de pleine mer » ou ligne d'eau (matérialisée par la ligne de niveau +2m NGF, qui correspond à un niveau de pleine-mer de marée moyenne coef. 70), se localise, en décembre 2021, 50 à 80 m plus au Sud qu'elle ne l'était en 2019.

Entre avril et août 2021 un différentiel topographique met en évidence l'accumulation sableuse à la pointe en lien avec la stratégie de retroussage de l'ADPCF (jusqu'à plus de 4 m sur certains secteurs, cf. Figure 2-12).

Entre août et décembre 2021, les évolutions à la Pointe sont cartographiées pour une séquence sans opérations de retroussage de l'ADPCF (Figure 2-13). A part une érosion localisée (entre -0.5 et -1 m d'épaisseur) en bas de plage sur le secteur Bartherotte, l'ensemble de la Pointe est globalement stable voire en accrétion sensible (+2 à +4 m) en bas de plage. Ces évolutions observées sur 4 mois, comprenant des états de mer relativement agités (quelques mois d'automne/hiver), sont remarquables, et confirment l'adéquation (par rapport aux conditions hydro-morpho-sédimentaires du site) des mesures entreprises par l'ADPCF depuis fin 2019, à savoir le déport vers le Sud de l'effet du musoir (de 25-30m par adoucissement de sa pente) et les opérations de retroussage.



Il faut cependant garder à l'esprit :

- La variabilité liée à la morphodynamique de crochons qui se développent sur la façade Sud de la Pointe, pouvant contribuer potentiellement à la situation actuelle favorable.
- La dualité de la contribution des vagues à la dynamique de La Pointe : plus celles-ci sont énergétiques et plus elles apportent du sable par la dérive, mais plus elles peuvent éroder le sable en place. Autrement dit, certaines tempêtes peuvent apporter plus de sable qu'elles n'en érodent, mais le bilan peut être (très) fortement négatif pour d'autres tempêtes (en particulier les plus énergétiques lorsqu'elles se produisent en même temps que des pleine-mers de grande vive-eau).
- La configuration du chenal qui contourne la pointe, et dont le tracé est conditionné par les effets hydrauliques de la digue qui évoluent à mesure que le déflecteur Nord est conforté. Cet ouvrage, cf. Figure 2-28, tend à réorienter les courants de jusant en direction du Sud Sud-Est, d'où son rôle pour notamment ralentir les courants incidents sur le musoir (et donc favoriser l'accumulation de sable autour). Bien entendu le tracé du chenal est aussi conditionné par les évolutions morphodynamiques à l'Ouest et au Sud de la Pointe, mais ces effets sont plus indirects (car plus lointains) et présentent une certaine variabilité (au contraire du déflecteur qui imprime un effet toujours dans le même sens).

Les efforts de confortement sont à poursuivre tant que des évolutions favorables à la Pointe ne sont pas constatées sur des périodes de temps suffisamment longues (a minima plusieurs années). On peut se remémorer, sur la quasi-totalité du littoral aquitain, l'érosion pendant le seul hiver 2013/2014 qui équivaut au cumul de plusieurs hivers « moyens » (voire plus de 10 hivers moyens sur certains secteurs). En particulier l'attaque très rapide du cordon dunaire de la Pointe par les vagues de la tempête Christine est à souligner (03 mars 2014, cf. Figure 2-2, Figure 2-3, Figure 2-4, et photographies en annexe B).



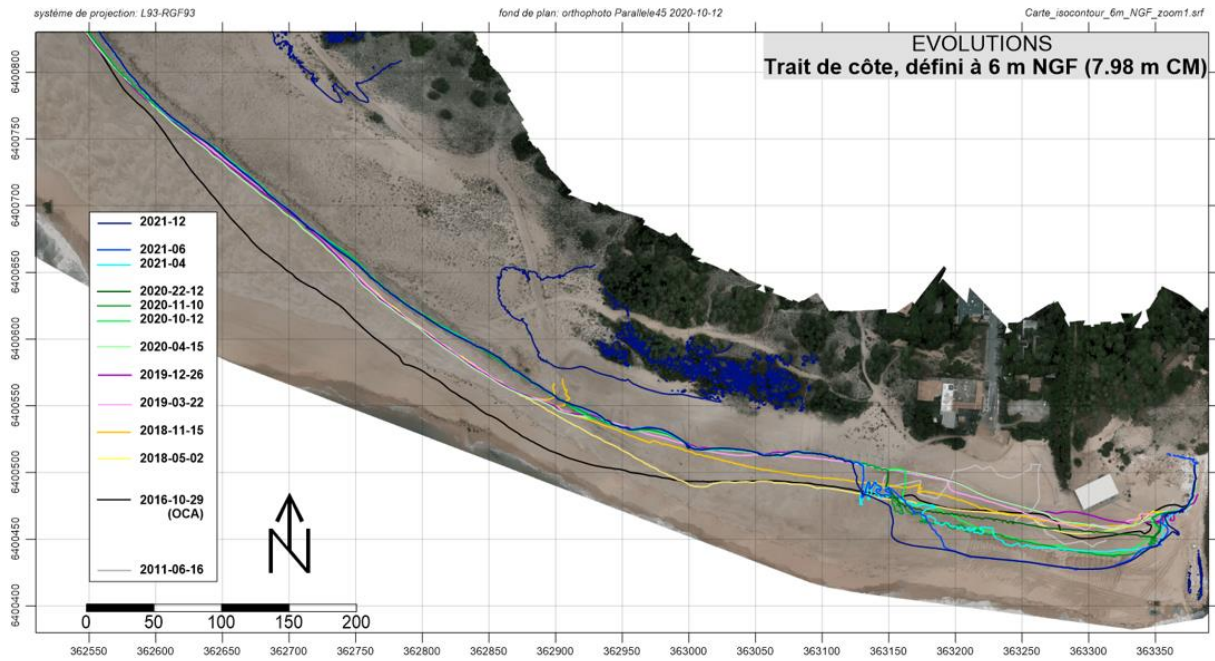


Figure 2-9 : Evolutions du niveau +6 m NGF de juin 2011 à décembre 2021 (données OCA et Parallèle45).

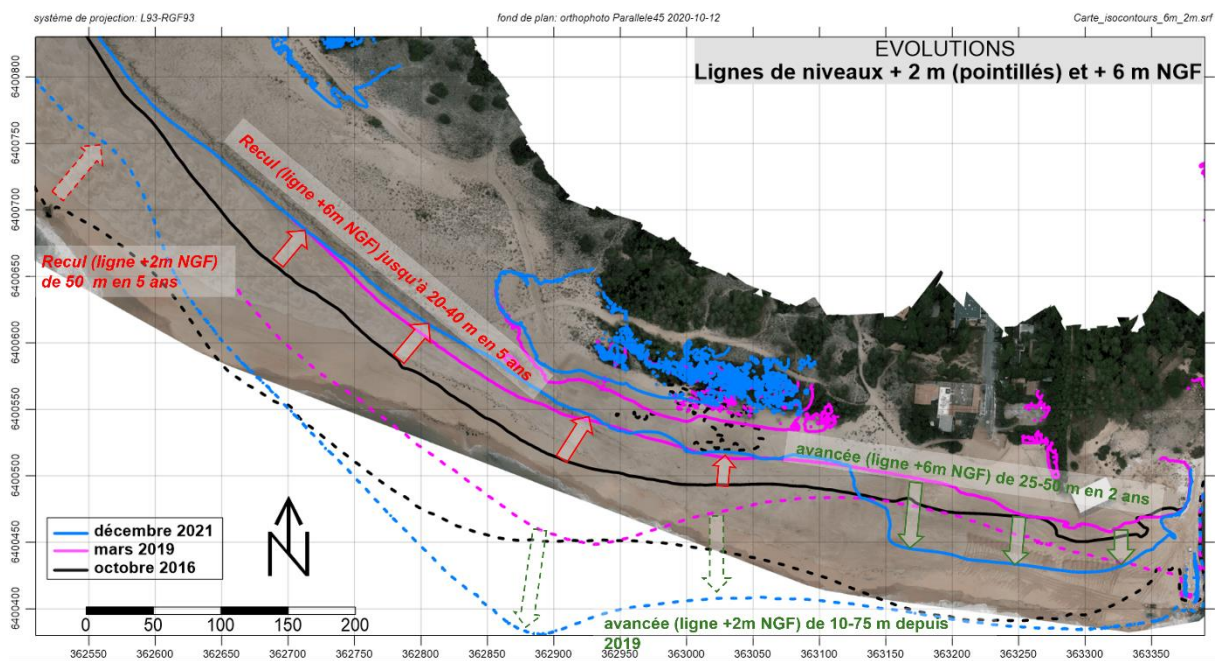


Figure 2-10 : Evolutions des lignes de niveau +6 m NGF (trait de côte) et +2m NGF (« laisse » de pleine-mer coef. 70) – façade Sud.



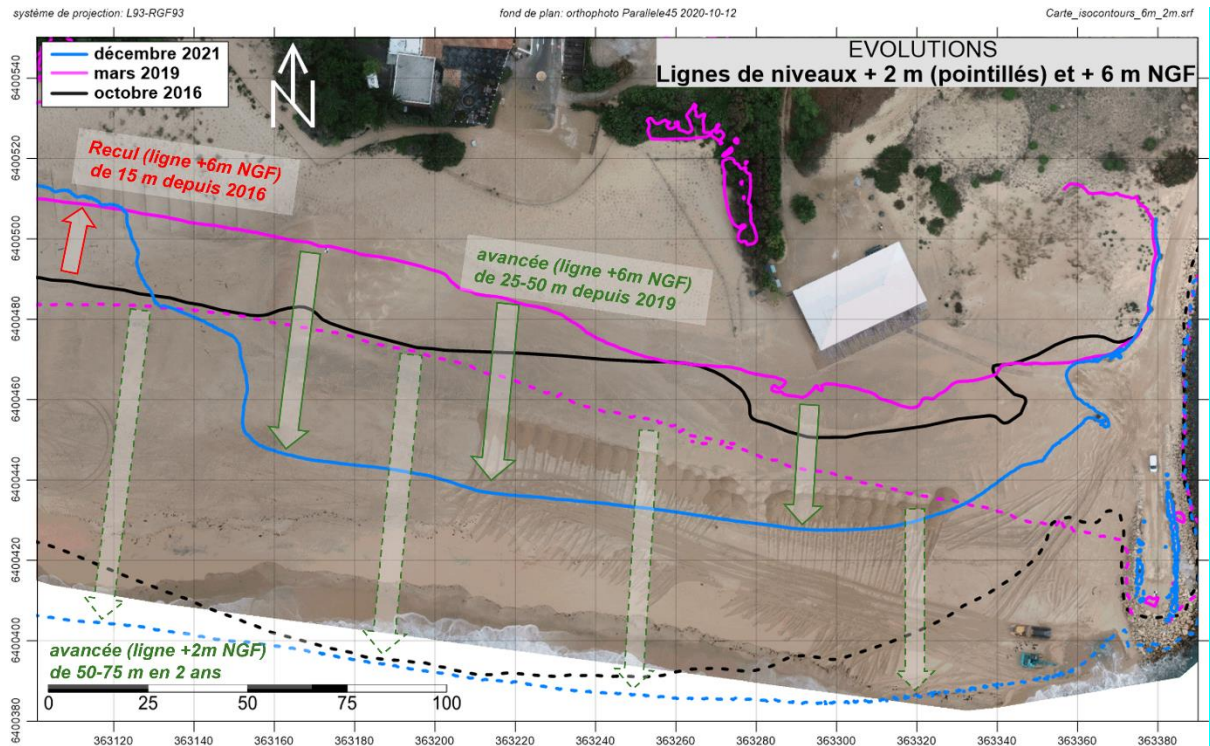


Figure 2-11 : Evolutions des lignes de niveau +6 m NGF (trait de côte) et +2m NGF (« laisse » de pleine-mer coef. 70), secteur Bartherotte/Belvédère.

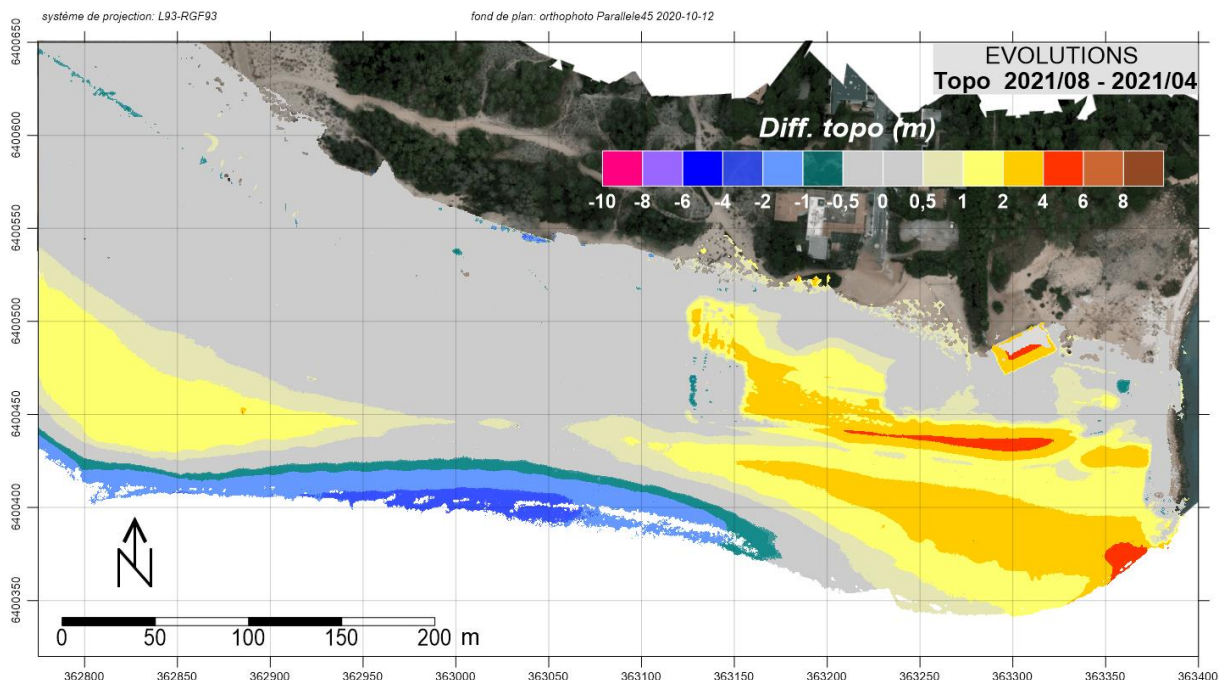


Figure 2-12 : Différentiel topographique à la pointe Cap Ferret entre avril et août 2021.



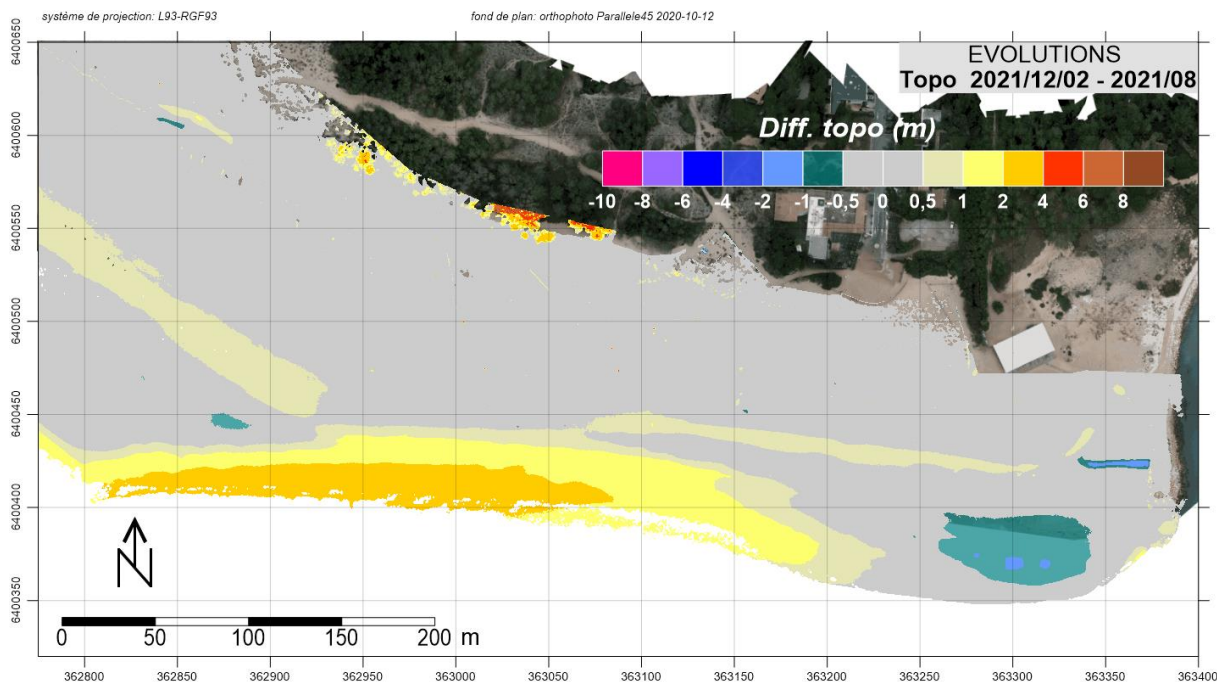


Figure 2-13 : Différentiel topographique à la pointe Cap Ferret entre août et décembre 2021.

En complément des analyses morpho-sédimentaires réalisées précédemment à partir de différentiels bathymétriques et des suivis du trait de côte, des calculs de volumes ont été réalisés pour un ensemble de 115 profils espacés de 5 mètres (profils blancs sur la Figure 2-14), orientés perpendiculairement au trait de côte sur une zone s'étalant du musoir de la digue Bartherotte à 550 m plus à l'Ouest. Pour chaque profil transversal et chaque levé, les volumes de sédiment au-dessus de certaines cotes ont été calculés (Figure 2-15) pour trois dates : août 2019, août 2021 et décembre 2021. Les différentes cotes de référence considérées dans les analyses sont les suivantes :

- la cote +2,50 m NGF, niveau de plus haute mer astronomique (PHMA);
- la cote +3,50 m NGF, qui correspond à un niveau de pleine-mer de période de retour centennal (cf. SHOM/CETMEF) ;
- les cotes +4,50 m NGF et +6 m NGF qui constituent des indicateurs pertinents pour la définition du trait de côte (cf. BW-CGC, septembre 2021) ;
- la cote +8m NGF qui a été retenue pour constituer la plateforme lors de la dernière séquence de rechargement;

La Figure 2-15 met en évidence les secteurs où les volumes sédimentaires (/m linéaire de trait de côte) sont les plus faibles et également l'évolution de ces volumes pour des secteurs rechargés depuis deux ans (Belvédère-Bartherotte) et non rechargés (à l'Ouest du Belvédère) par l'ADCPF. On constate l'accumulation importante des volumes de sable sur le secteur Belvédère-Bartherotte (profils 65 à 115). On note également une relative stabilité voire une accumulation à l'Ouest de la zone rechargée ; ce qui indique un probable effet bénéfique des rechargements sur le secteur en amont (par apport au sens de la dérive littorale et du transport



éolien. Le bord Ouest de la plateforme peut être vu comme assurant une fonction d'épi sableux vis-à-vis des flux hydro-sédimentaires et éoliens incidents). La plateforme sableuse, relativement haute, est plus soumise aux vents que ne l'était la plage avant les travaux de retroussage (<2019) et le sable qui la constitue est sec, donc plus facilement mobilisable. La plateforme étant plus élevée que la digue, les vents d'Ouest peuvent transporter plus facilement du sable sec du haut de la plateforme jusque derrière la digue, plus à l'Est, et contribuent à l'engraissement de ce secteur. Ce transport éolien a été observé mais pas quantifié et les différentiels établis à partir des mesures ne permettent pas de statuer sur les volumes éoliens mis en jeu depuis la plateforme. A titre d'exemple, le différentiel décembre 2021 – août 2021 ne montre pas d'évolutions supérieures à 10 cm sur le haut de la plateforme (c'est-à-dire pas au-delà des marges d'erreurs de la mesure).

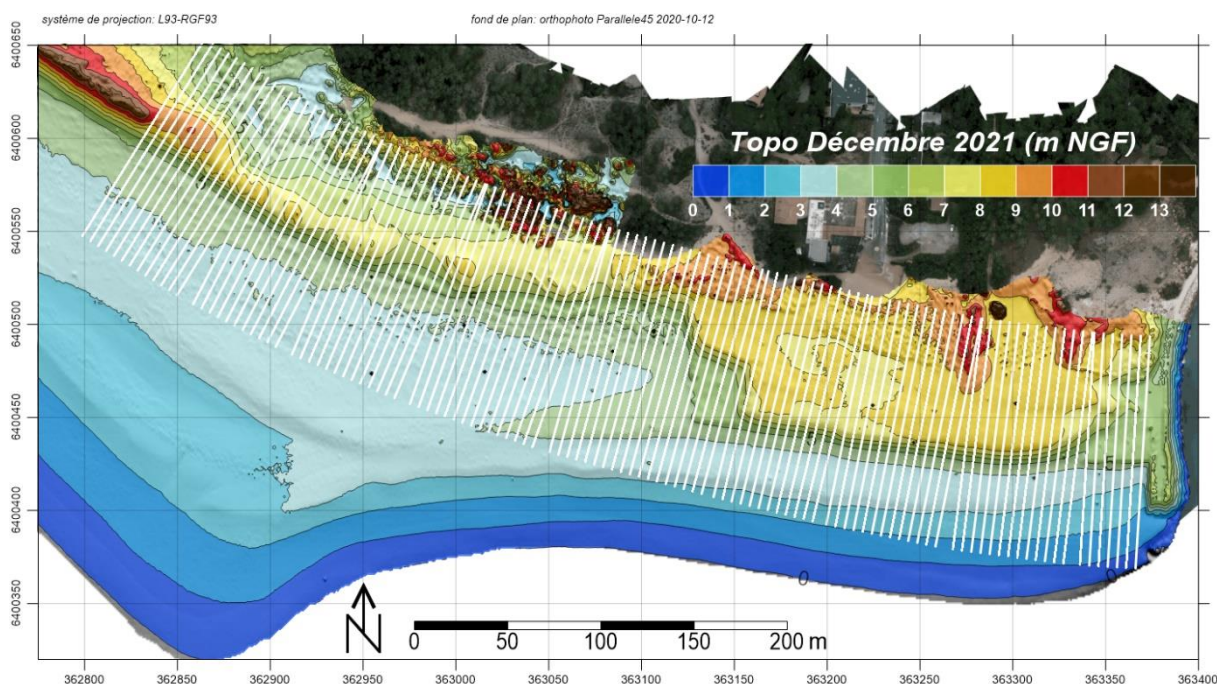


Figure 2-14 : Position des profils (en blanc) le long de la pointe Cap Ferret - 115 profils espacés de 5 m, d'une longueur de 125 m, et perpendiculaires au trait de côte - Topographie de décembre 2021 (en m NGF).



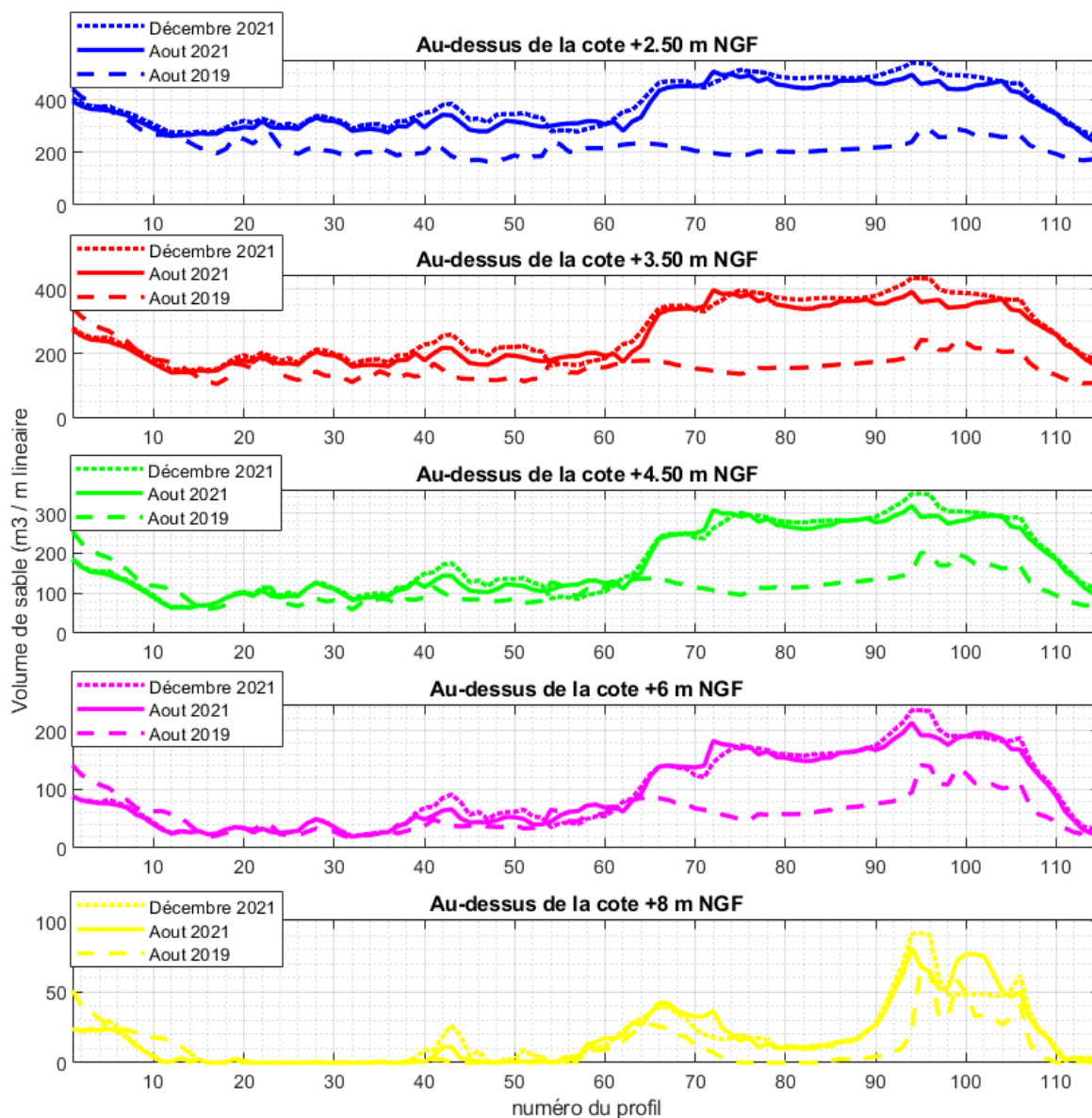


Figure 2-15 : Quantités de sable (en m³ par mètre linéaire) au-dessus de certaines cotes de référence (levés d'août 2019, août 2021 et décembre 2021), calculés pour 115 profils espacés de 5 mètres (profils blancs sur la Figure 2-14, orientés perpendiculairement par rapport à la côte).



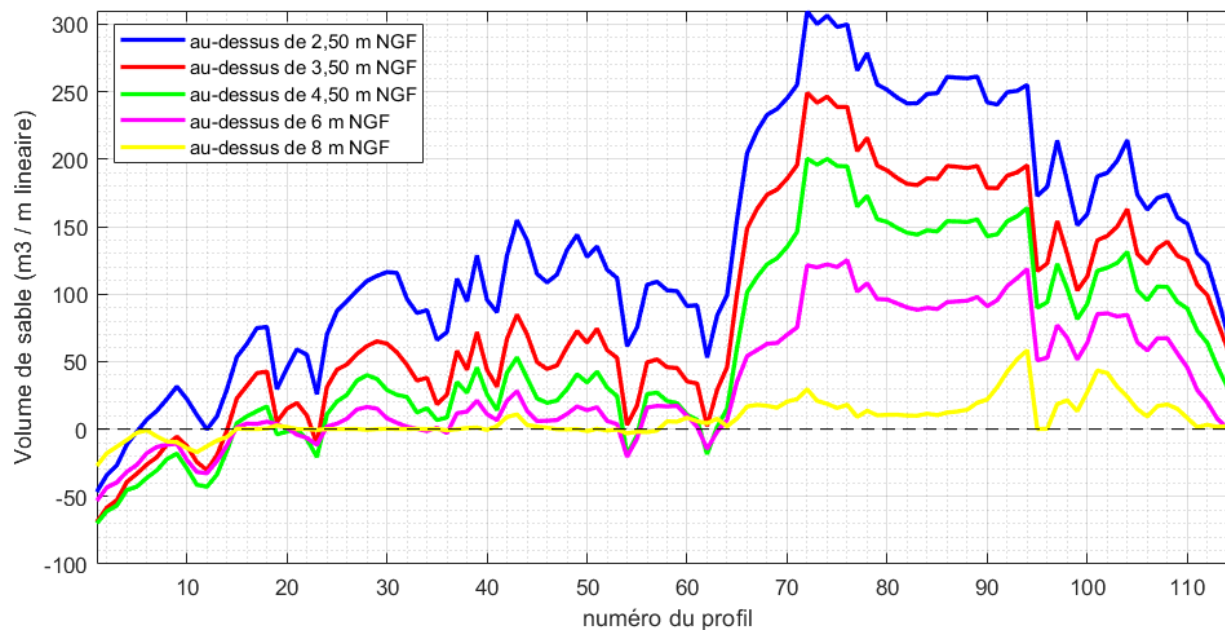


Figure 2-16 : Variations des quantités de sable (en m³ par mètre linéaire) au-dessus de certaines cotes de référence entre les levés d'août 2019 et décembre 2021), calculés pour 115 profils espacés de 5 mètres (profils blancs sur la Figure 2-14), orientés perpendiculairement par rapport à la côte).

2.2.3 CRITERES DE RECHARGEMENT D'URGENCE

Dans le cadre du programme de rechargement pluriannuel visant à conforter la situation actuelle, puis à maintenir la situation obtenue à l'issue de OR2, il est important de définir une situation en-deçà de laquelle le risque de brèche dans le cordon dunaire (et de submersion marine des terrains en arrière) redeviendrait présent (après qu'une ou plusieurs tempêtes aient fragilisé le cordon dunaire). Il s'agit de définir une situation morphologique critique en-dessous de laquelle un rechargement d'urgence devra être entrepris.

2.2.3.1 Volume de sable limite d'après la topographie plage/cordon dunaire antérieure à l'hiver 2013/2014

La situation critique de référence considérée est celle qui a précédé l'hiver 2013-2014 qui est caractérisé par une succession de fortes tempêtes (dont certaines se sont produites lors de forts coefficients de marée) qui a très largement érodé la plupart des plages et cordons dunaires du littoral atlantique français. En particulier à la Pointe du Cap Ferret, une des dernières tempêtes de cet hiver singulier, celle du 03 mars 2014, a fini par ouvrir une brèche dans le cordon dunaire (Figure 2-17). Un envahissement des terrains en arrière par la mer a été à « deux doigts » de se produire.

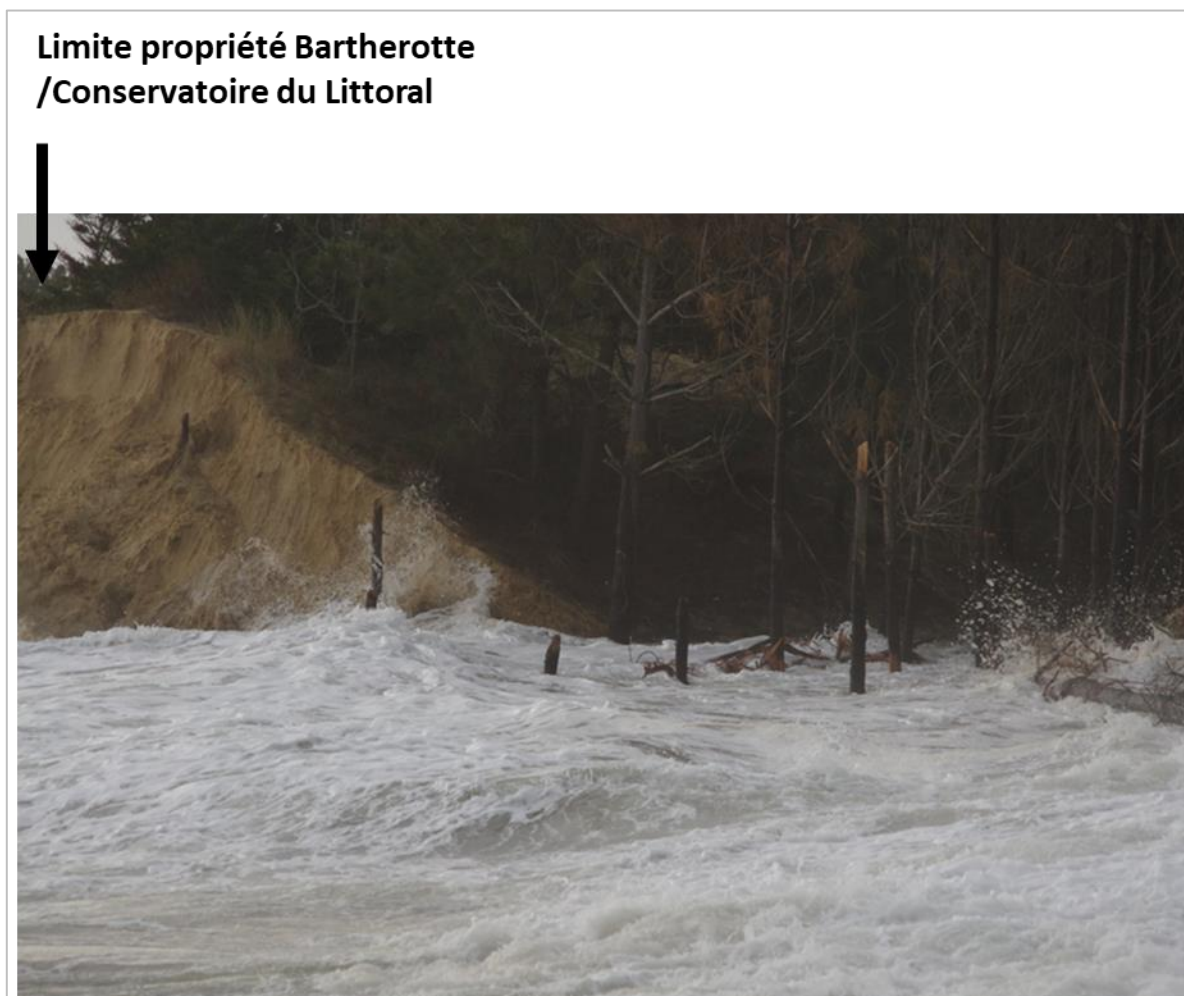


Figure 2-17 : Attaque du cordon dunaire et des pins en arrière par les vagues de la tempête du 03 mars 2014. (photo: A. Argelas pour l'ADPCF).

En l'absence d'autres données topographiques, plus proches dans le temps, pour caractériser la situation avant l'hiver 2013/2014, ce sont les données de 2011 qui sont considérées. Deux jeux de données sont disponibles : levé LIDAR de mars 2011 (Observatoire Côte Aquitaine) et levé de juin 2011 (Parallèle 45).

Le profil P1 (Figure 2-18) correspond au secteur où l'action érosive des vagues de la tempête du 3 mars 2014 a formé une brèche. Le volume de sable dans ce secteur est évalué, avant l'hiver 2013-2014, à environ 320 m³/ml (en moyenne 4m d'épaisseur de sable sur 80 m de largeur du cordon dunaire entre son flanc avant et son revers, cf. Figure 2-19).

A noter que la brèche aurait pu se produire ailleurs (par exemple plus à l'Ouest) si la morphologie (latéraleent) de la plage en contrebas avait été différente, l'action érosive des vagues pouvant être assez hétérogène le long d'un cordon dunaire ; les figures d'érosion qui en résultent peuvent être de type « coups de cuillère » (e.g. Castelle et al., 2015).



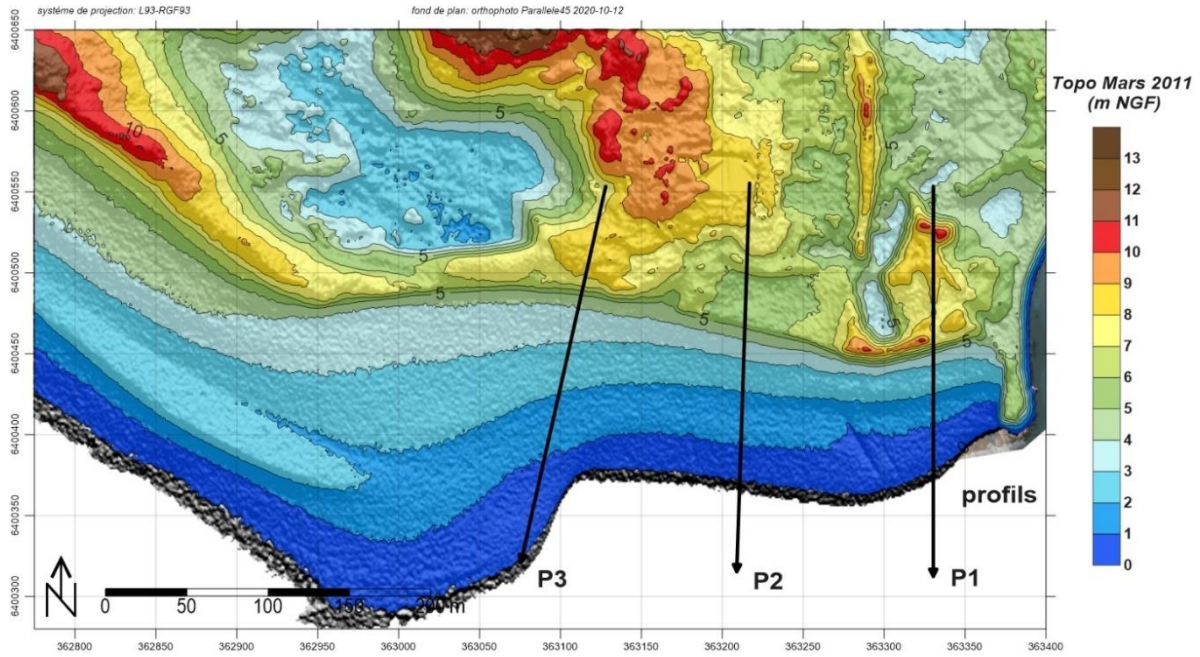


Figure 2-18 : Topographie Lidar de Mars 2011, et profils pour les analyses morpho-sédimentaires.

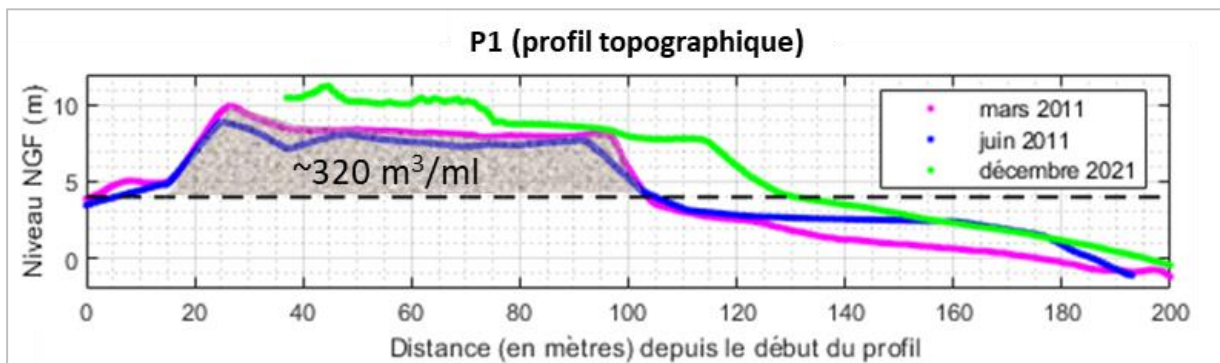


Figure 2-19 : Quantité de sable constituant le cordon dunaire en 2011, profil P1.



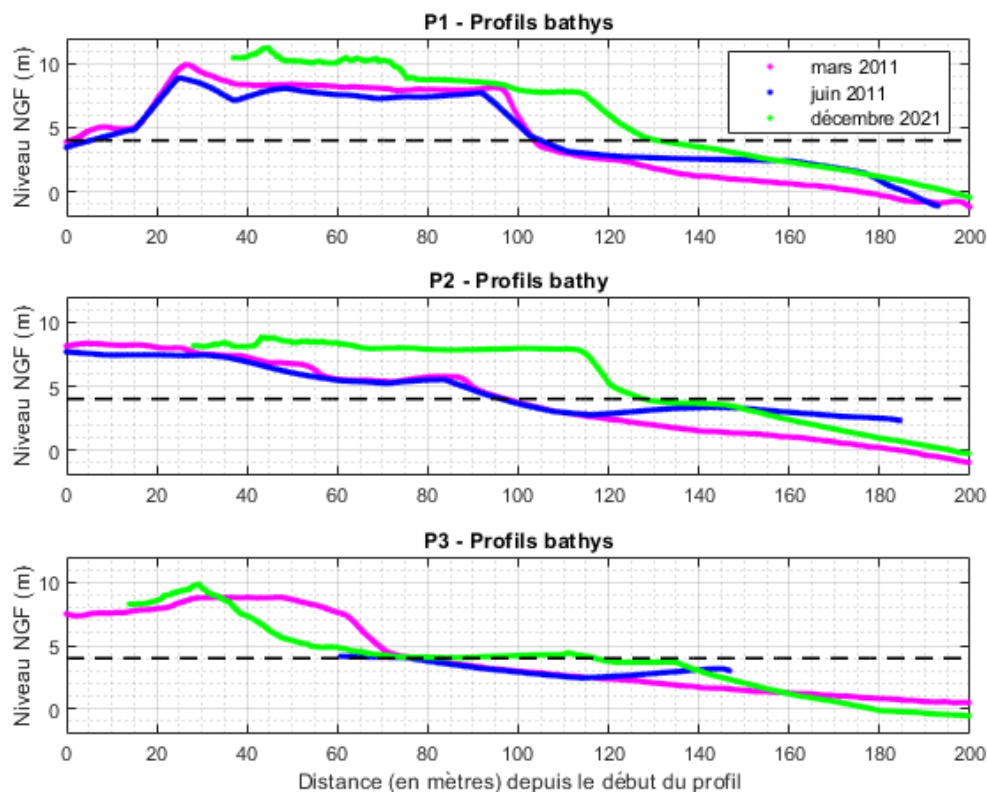


Figure 2-20 : Bathymétrie le long des profils pour mars 2011, juin 2011 et décembre 2021.

2.2.3.2 Variabilité de la capacité érosive des vagues en condition de tempête

Principe des calculs :

L'approche combine des méthodes de Stockdon et al. (2006) et de Larson et al. (2004). Elles permettent d'estimer respectivement le run-up 2% (jet de rive atteint ou dépassé par 2% des vagues d'un état de mer donné) et la capacité érosive de la dune par les vagues.

Les paramètres considérés dans notre cas sont :

- Pour appliquer la méthode de Larson : pied de dune à +5 m NGF.
- Les valeurs de pente considérées pour appliquer une approche de type de Stockdon et al. (2006) sont fonction du niveau d'eau : de l'ordre de 3% pour la zone de déferlement (surfzone) et de 15% pour la zone du jet de rive (foreshore).
- Niveau d'eau sur lequel s'appliquent les conditions de vagues : marée (et surcote) au marégraphe d'Arcachon (données disponibles depuis 2001).
- Paramètres de vagues : H_s (hauteur significative) et $T_{m0,2}$ (période moyenne quadratique "absolue") extraits de la base de données HOMERE (ré-analyses Ifremer de 1994 à 2016) au point 6062 (localisation Figure 2-21).



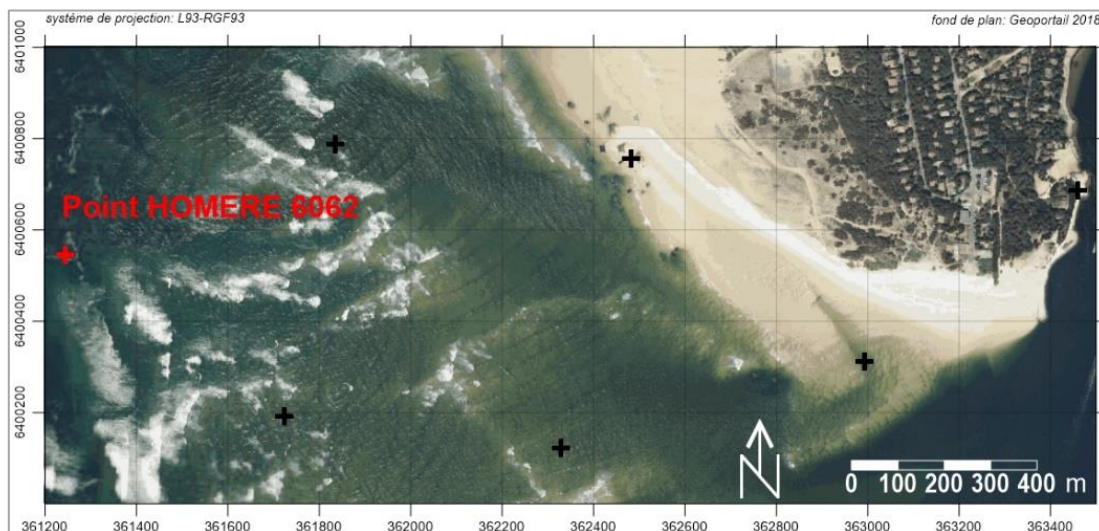


Figure 2-21 : Position des points de la base de données HOMERE (noir) et du point choisi (rouge) pour extraire les paramètres de vagues de 1994 à 2016.

Résultats :

Les résultats (Figure 2-22) montrent bien un hiver 2013/2014 particulièrement érosif : c'est largement la plus forte valeur (des cumuls érosifs par hiver) de l'ensemble des hivers entre 2001 et 2020. Le caractère exceptionnel de cet hiver 2013/2014 (succession de fortes tempêtes dont plusieurs se sont produites lors de marée de coefficient élevé) confirme la pertinence d'une situation d'urgence correspondant à la topographie dunaire de 2011 (la plus proche avant l'hiver 2013/2014). Dit autrement : si les résultats de capacité érosive des vagues ne confirmaient pas un caractère aussi exceptionnel de cet hiver à la Pointe, il faudrait considérer un stock de sable critique (en deçà duquel un rechargement d'urgence est préconisé) plus important.

Une analyse statistique des cumuls érosifs (du moins de capacité érosive) par hiver indique une période de retour de l'hiver 2013/2014 de l'ordre de 100 ans (Figure 2-23). C'est-à-dire que le cumul érosif très exceptionnel des tempêtes de l'hiver 2013/2014 n'est atteint ou dépassé, en moyenne, que tous les 100 ans. En d'autres termes, chaque hiver, la probabilité que le cumul érosif des tempêtes soit au moins équivalent à celui de 2013/2014 est de 1 sur 100.

Des analyses statistiques plus détaillées sont présentées en annexe G. Elles indiquent notamment que la tempête du 3 mars 2014, qui est la plus érosive sur la période étudiée, correspond, en tant que telle, à une période de retour d'environ 20 à 40 ans.

2.2.3.3 Recul limite (par rapport au dernier levé disponible de décembre 2021)

Le **recul limite** du flanc de la plateforme sableuse (en moyenne à +6m NGF, et qui peut être assimilé à un trait de côte) pour revenir à une situation jugée critique (en cas de survenue d'un autre hiver type 2013/2014) est, par rapport à la situation de décembre 2021 et selon une approche plutôt sécuritaire, **de 20 m**.



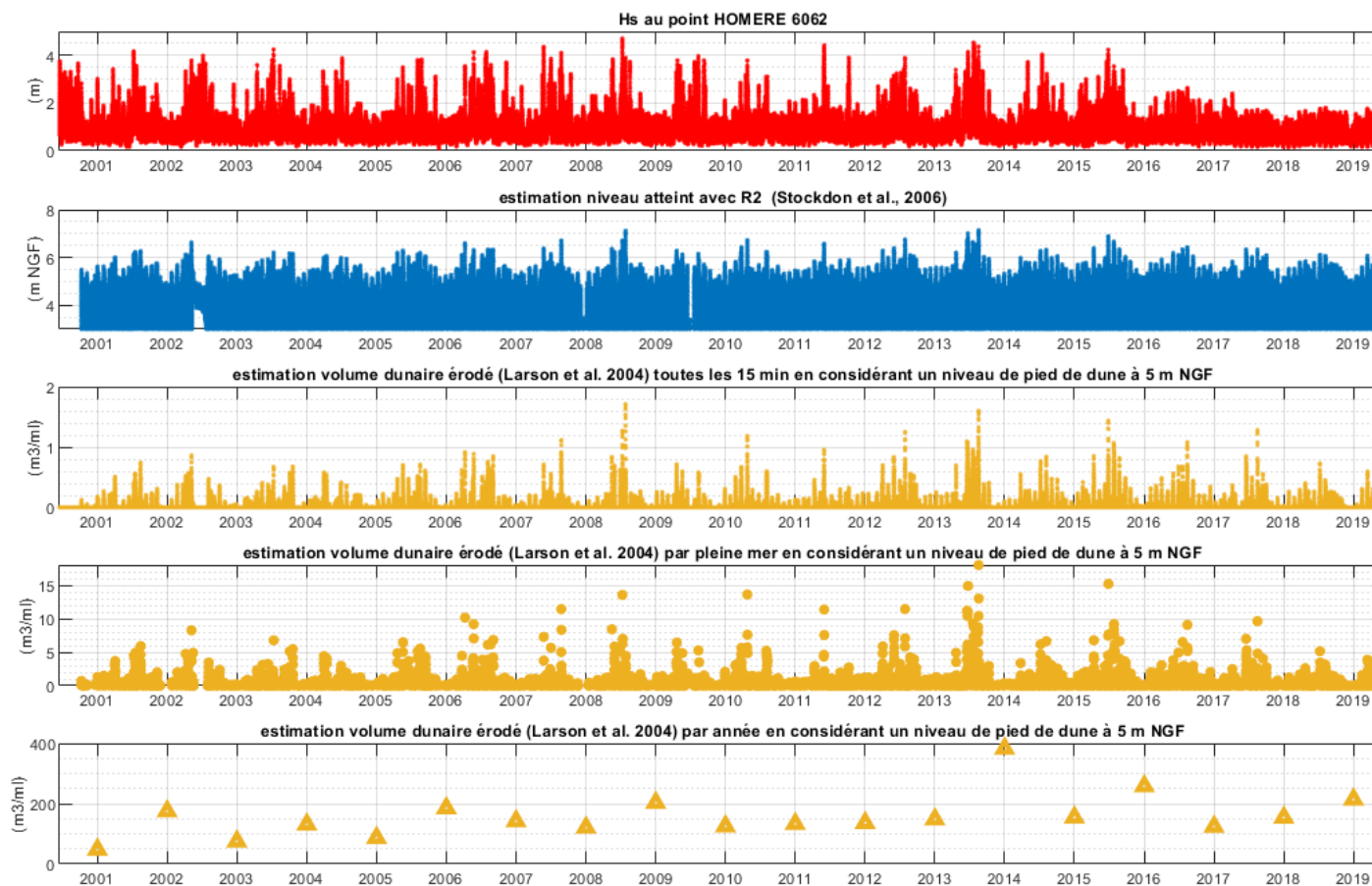


Figure 2-22 : Résultats des ré-analyses du paramètre R2 et de la capacité érosive du cordon dunaire par les vagues sur la période 2011-2020. Exemple pour un paramètre de constante d'érosion $C_s=0.0014$ (la gamme préconisée par Larson et al., 2004, est entre 0.001 et 0.0025).



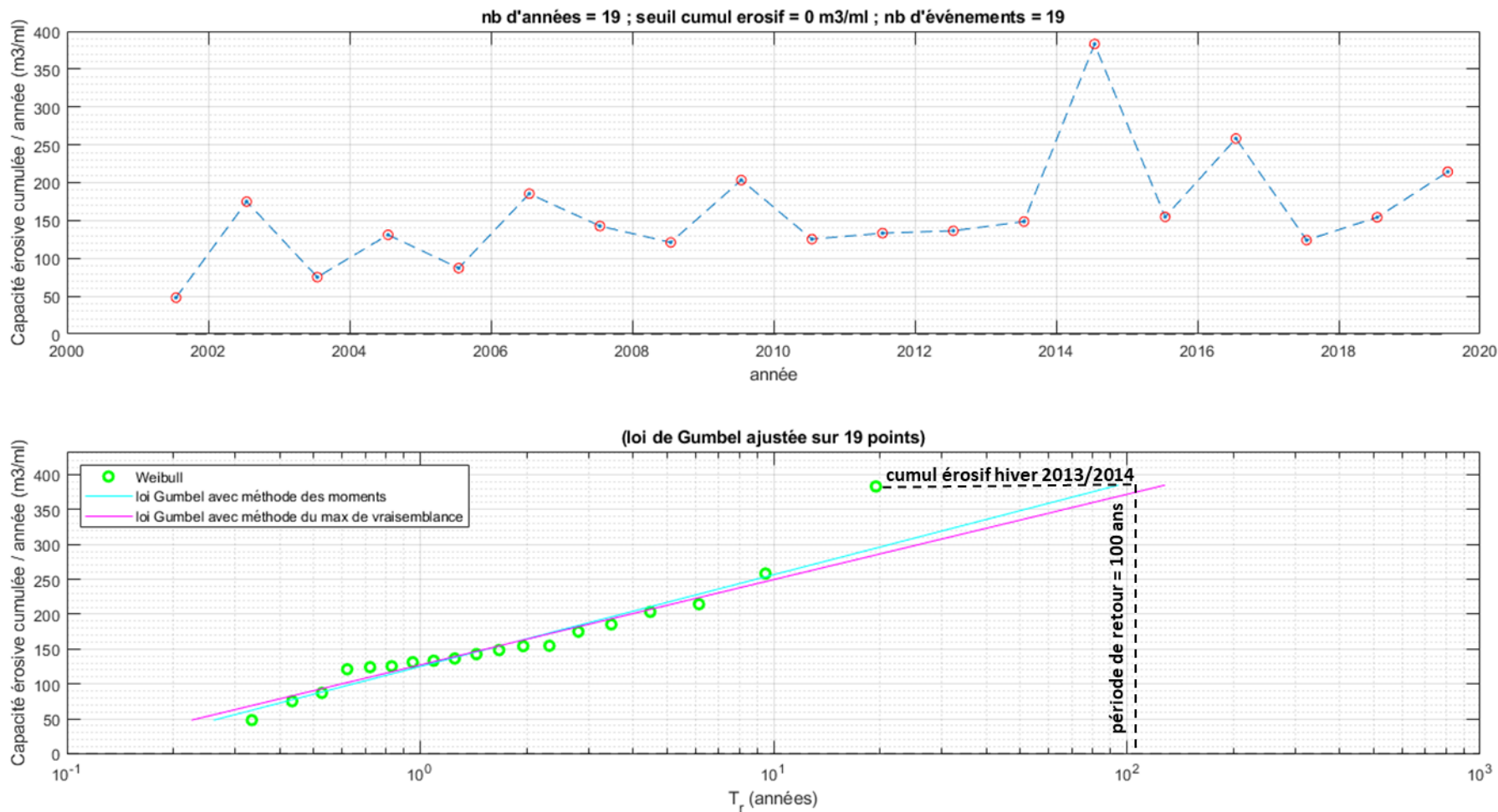


Figure 2-23 : Périodes de retour associées aux cumuls de capacité érosifs dunaires annualisés (par hiver).



2.2.4 LOCALISATION DES SECTEURS LES PLUS CRITIQUES

Pour cette analyse les profils sont étendus jusqu'au revers du cordon dunaire (sans atteindre les zones urbanisées, constructions en dur). A noter que les données les plus récentes sur l'arrière-dune correspondent au levé de l'Observatoire de la Côte Aquitaine réalisé en 2016 (MNT en Figure 2-24). Les 115 profils y sont superposés et leur longueur varie entre 800 et 125 m.

Pour cette analyse des secteurs critiques on retient comme cote de référence la cote +6m NGF, qui peut résulter en première approche de :

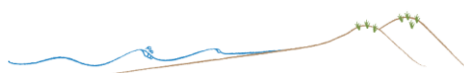
- niveau d'eau centennal (3,50 m NGF, cf. SHOM/CETMEF)
- + set-up lié aux vagues (en première approche jusqu'à 10% de la hauteur significative des vagues avant déferlement)
- + demi-oscillation infra-gravitaire (l'oscillation peut être approximée à 15% des hauteurs des vagues avant déferlement).

Soit un niveau de pleine-mer (+ surcote atmosphérique) de 3.5 m NGF auquel on ajoute 2 m d'effet des vagues (de hauteur 10 à 15 m avant déferlement) et une incertitude de 0.5m sur les phénomènes.

En première approche, sur la Figure 2-25 on retient deux tronçons situés entre les profils 45 et 58 (en partant de l'Ouest) et 62 à 94 selon lesquels les volumes sédimentaires (au-dessus de la cote +6m NGF) sont inférieurs à 300 m³/m linéaire. Il faut bien noter que ce volume de 300 m³/ml reste à préciser sur la base d'un diagnostic plus abouti des conditions d'érosion et du risque de brèche, et qu'il s'agit d'une valeur a priori sécuritaire selon un diagnostic en première approche.

Ces deux tronçons sont proches et sont représentés sur la Figure 2-26. Ils correspondent à la partie Ouest de la plateforme sableuse déjà constituée par l'ADCPF jusqu'au Belvédère, et à un tronçon plus à l'Ouest de celle-ci avant que les volumes de sable du massif dunaire (constitué par un cordon bordier et un cordon secondaire) deviennent plus importants. Cela représente un linéaire d'environ 200 m.

Les tronçons les plus à l'Est (secteur Bartherotte) correspondent également à des profils pour lesquels les volumes sont inférieurs à 300 m³/m linéaire mais d'une part il s'agit d'un secteur qui permet aux engins de chantier de l'ADPCF d'accéder en bas de plage (pour conforter le musoir et aussi pour s'approvisionner en sable pour le retroussage) et d'autre part le sable recouvre des points durs (non érodables) de la digue. D'autres cartes en Annexe D permettent de bien situer les zones les plus vulnérables en cas de submersion.



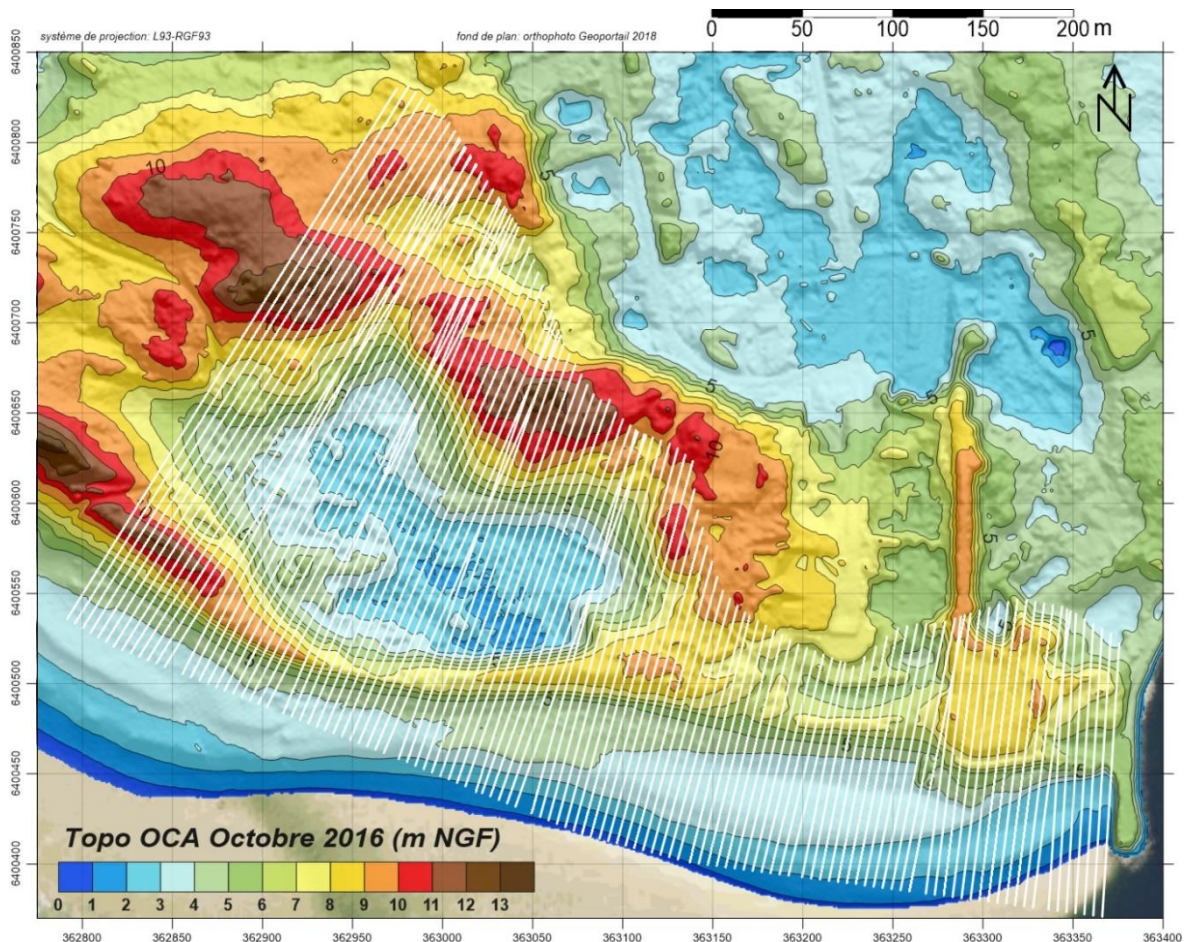


Figure 2-24 : Allongement des 115 profils jusqu'au revers du cordon dunaire et/ou des habitations, espaces urbanisés. La topographie à cette échelle correspond à la situation en octobre 2016 (Source des données : Observatoire Côte Aquitaine).

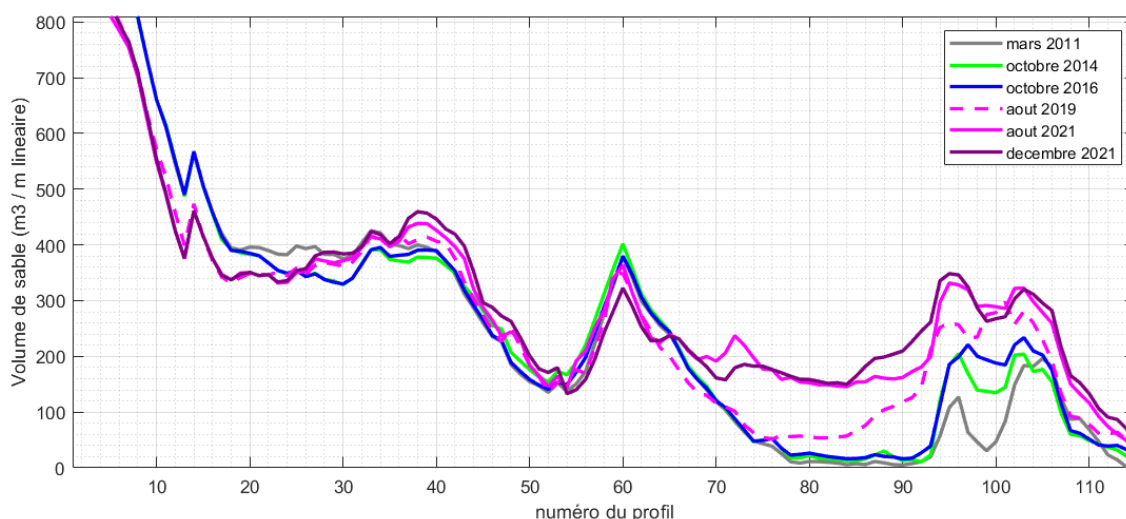
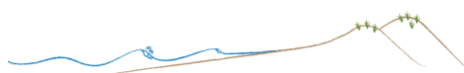


Figure 2-25 : Quantités de sable (en m³ par mètre linéaire de trait de côte) au-dessus de la cote +6 m NGF), calculés pour 115 profils espacés de 5 mètres (profils blancs sur la Figure 2-24, orientés perpendiculairement au trait de côte) et se prolongeant jusqu'au revers du cordon dunaire et/ou les secteurs urbanisés (constructions en dur).



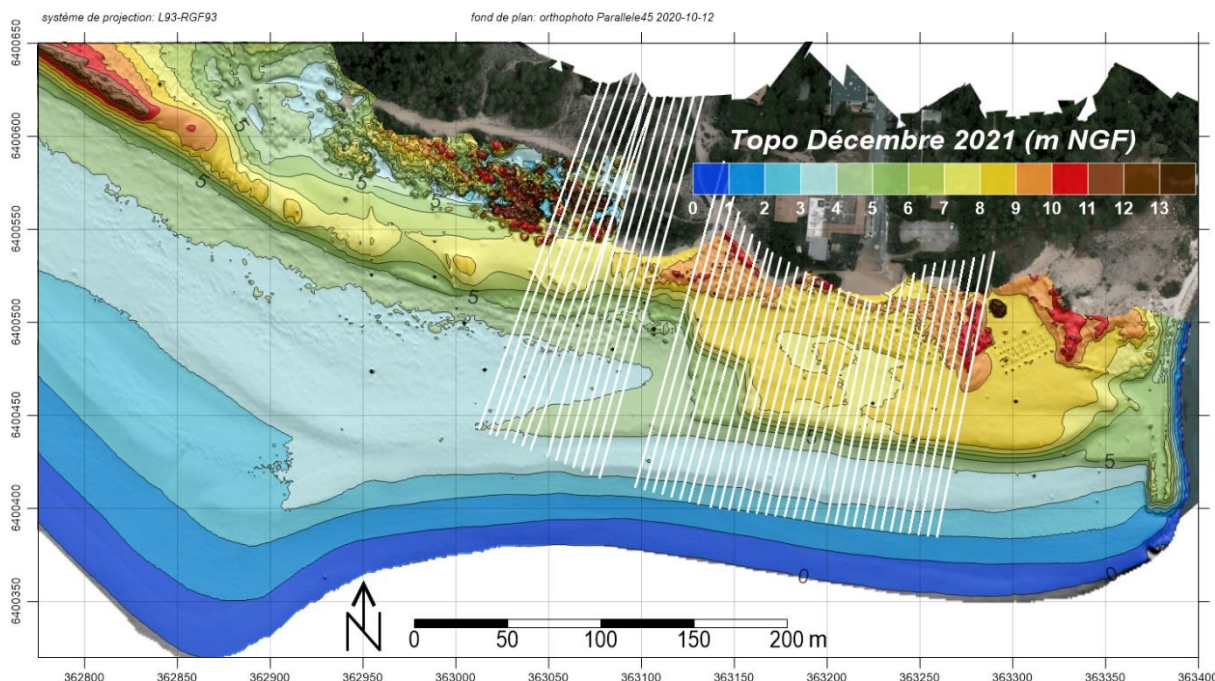


Figure 2-26 : Profils pour lesquels les quantités de sable au-dessus de la cote +6 m NGF sont inférieures à 300 m³/ m linéaire pour le levé le plus récent (décembre 2021).

2.2.5 AMENAGEMENTS ET PROCESSUS HYDRO-MORPHO-SEDIMENTAIRES QUI ONT PU CONTRIBUER A DES EVOLUTIONS RECENTES (DEPUIS 2019) FAVORABLES

Les analyses morpho-sédimentaires des évolutions récentes indiquent sur la façade Sud du Cap-Ferret des évolutions favorables à une échelle d'ensemble, c'est-à-dire au-delà des confortements réalisés par l'ADPCF à la pointe Sud-Ouest. Entre autres, la « laisse de mer » de marée moyenne (coef. 70) s'est déplacée en direction de la mer (ce qui correspond à des dépôts de sable) jusqu'à 60/70 m sur certains secteurs de la façade Sud entre 2019 et 2021 (Figure 2-10 et Figure 2-11), c'est-à-dire sur une distance significativement plus importante que l'allongement récent du musoir (30 mètres vers le Sud, cf. Figure 2-27).

Bien entendu, des évolutions de proche en proche peuvent induire des effets significativement au-delà des aménagements de l'ADPCF. Mais on ne peut pas exclure que des processus morpho-sédimentaires à des échelles plus large aient aussi pu contribuer à améliorer la situation à La Pointe depuis 2019. L'ensemble des aménagements et processus en jeu, qui opèrent à différentes échelles de temps et d'espace, sont listés ci-après :

- Ensemble d'aménagements de confortement entrepris à la pointe par l'ADPCF, qui tendent tous à favoriser l'accrétion au Sud-Est de la Pointe (et, indirectement, par effet morphodynamique, sur les secteurs plus à l'Ouest) :
 - o Prolongement vers le Sud (Figure 2-27) de l'action du musoir (pour capter le sable de la dérive littorale), d'une trentaine de mètres, en adoucissant sa pente. On rappelle que cette action conditionne l'efficacité des opérations de retroussage.

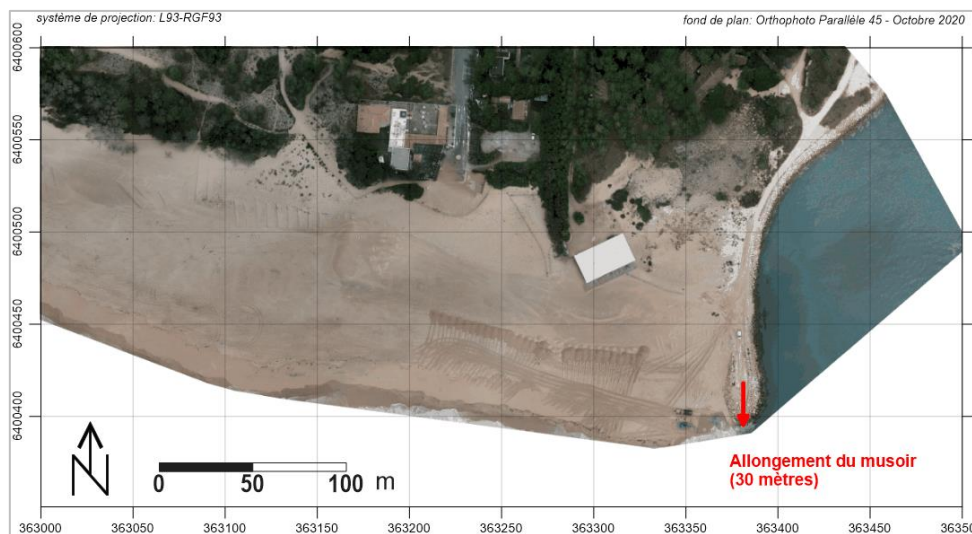


Figure 2-27 : Allongement du museoir vers le Sud (2019 à 2021).

- Agrandissement du déflecteur Nord de la digue Bartherotte (Figure 2-28 ; Annexe E) qui répond à un double objectif : constituer une butée de pied pour le tronçon de digue principal et défléchir les courants de jusant vers le large pour limiter leur action érosive plus au Sud, notamment autour du museoir. Les levés récents (Figure 2-28 ; Annexe F) indiquent que le déflecteur a été étendu d'environ une douzaine de mètres vers le Sud-Est entre Novembre 2018 et Décembre 2021.

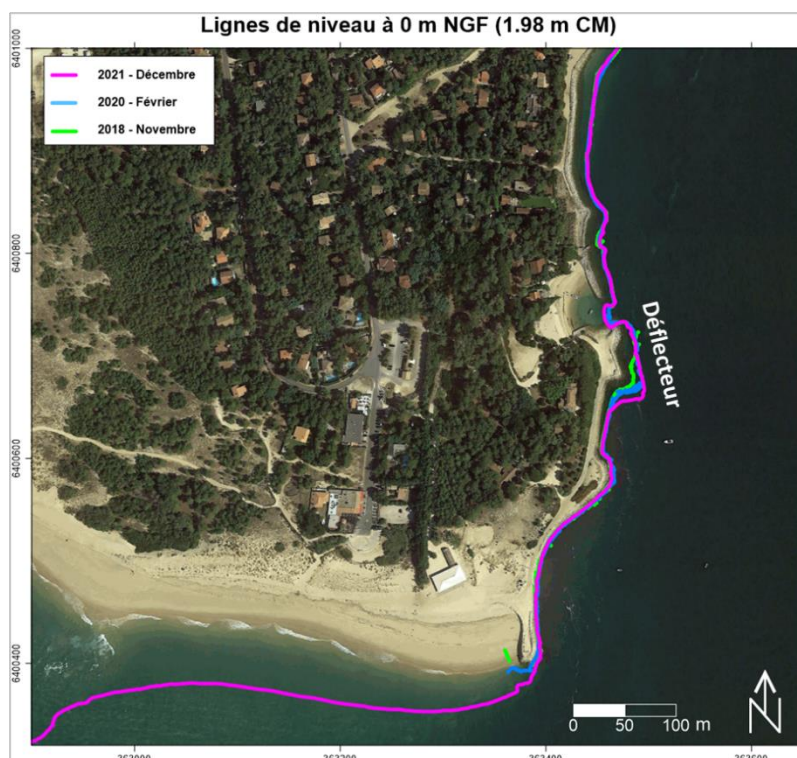


Figure 2-28 : Visualisation de l'extension du déflecteur Nord de fin 2018 à fin 2021 – ligne de niveau 0m NGF (~niveau moyen de la mer).

- Les opérations de retroussage elles-mêmes.
- Effets morphodynamiques de la formation de crochons sableux à l'Ouest de la zone à conforter (secteur Sud-Est de la pointe), en partie Sud à Sud-Ouest de la Pointe. En l'occurrence, l'absence de crochon au Sud sur les levés récents (e.g. décembre 2021, cf. Figure 2-26) a pu contribuer à la situation favorable constatée actuellement au Sud-Est.
- Evolutions du système de chenaux (et de bancs) autour de la pointe, notamment (cf. Figure 2-29 à Figure 2-31 ci-après et Figures F1 à F15 annexe) :
 - Un chenal principal (du Ferret) dont la morphologie est en deux parties : une qui longe la digue Bartherotte, et une partie distante, moins profonde mais plus large et qui se creuse en même temps tandis que la dorsale qui la sépare de la fosse Bartherotte est en accrétion (depuis 2003, cf. Figure 2-31, voire depuis plus longtemps). Les morphologies de fond de cette partie distante du chenal indiquent d'ailleurs une dominance des courants de flot (flancs Nord des dunes sous-marines plus raides que les flancs Sud, et tendance à la migration des formes vers le Nord).
 - Le système de « passottes » qui contournent la pointe, et qui présentent une certaine rythmicité. Il se pourrait par exemple que la passotte la plus active actuellement ne soit pas celle la plus proche de la pointe (ce qui tendrait à y limiter l'érosion et favoriser une accrétion résiduelle)
- Des forçages hydrodynamiques favorables ces dernières années, c'est à dire une dérive littorale relativement intense et/ou peu de conditions érosives (tempêtes qui se produisent sur des hauts niveaux de pleine-mer).

Si ces analyses graphiques permettent de mieux appréhender les échelles de temps et d'espaces en lien avec ces aménagements et processus, il faut bien garder à l'esprit que les évolutions résultent de multiples séquences de flot et de jusant, et des interactions de ces courants avec l'effet des vagues (et de la dérive littorale induite). Les mécanismes sont complexes et on peut difficilement se prononcer sur une évolution future du littoral de la Pointe en l'absence de données plus exhaustives (dont des données bathymétriques sur surfaces complètes, des mesures de courants...) et de résultats de modélisation dédiées. On rappelle par exemple une augmentation de surface de la pointe au début des années 1960 sans qu'on sache bien à quels processus et à quelles interactions (morphodynamiques) l'attribuer.

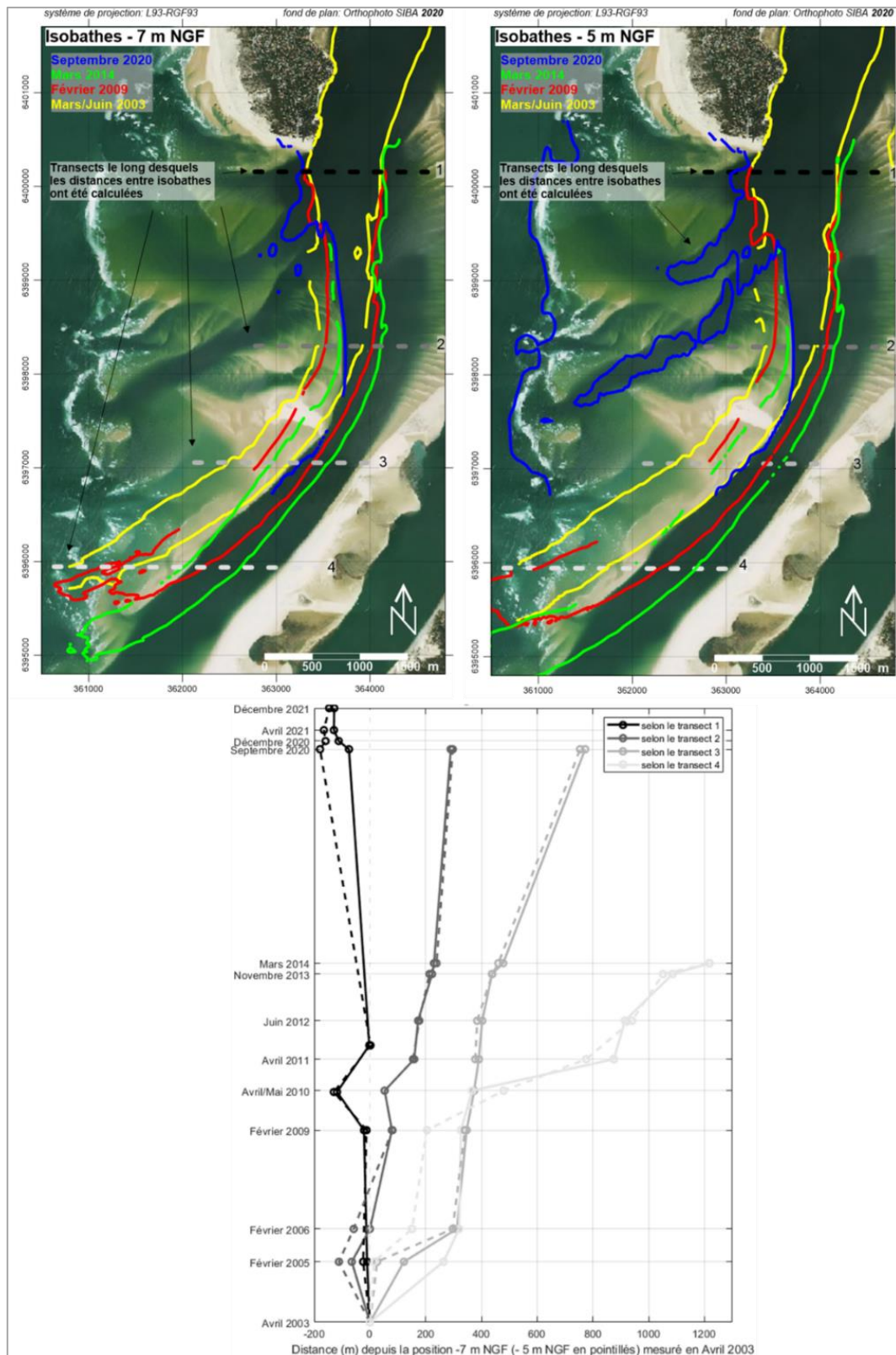
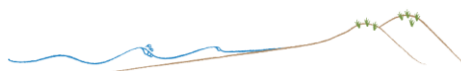


Figure 2-29 : Evolutions des isobathes -5 et -7 m NGF pour mars 2003, février 2009, mars 2014 et septembre 2020 à la pointe Cap Ferret. Echelle élargie.



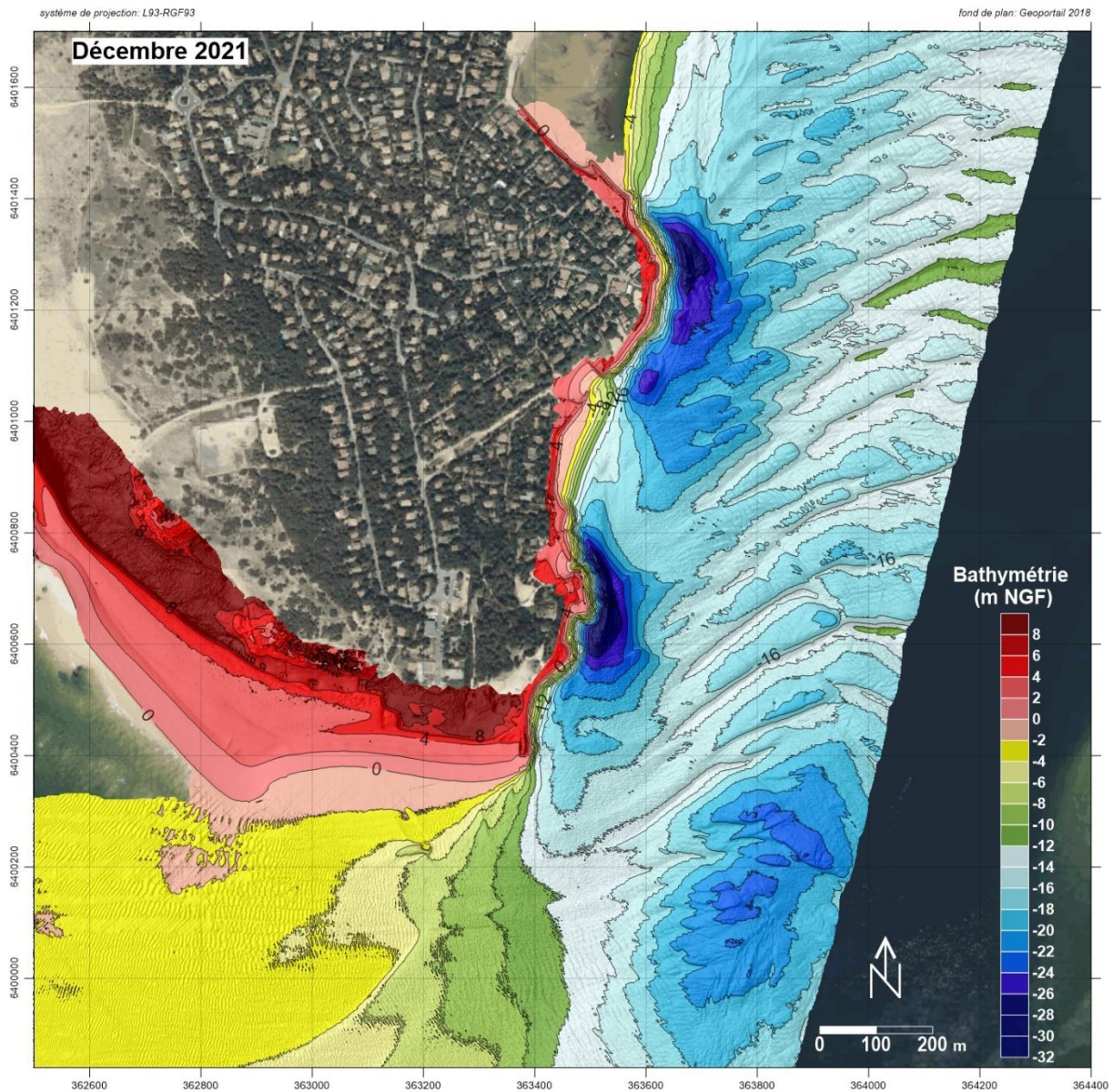
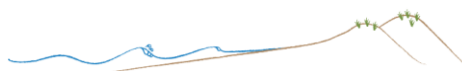


Figure 2-30 : Topo-bathymétrie en décembre 2021 (données Parallèle45).



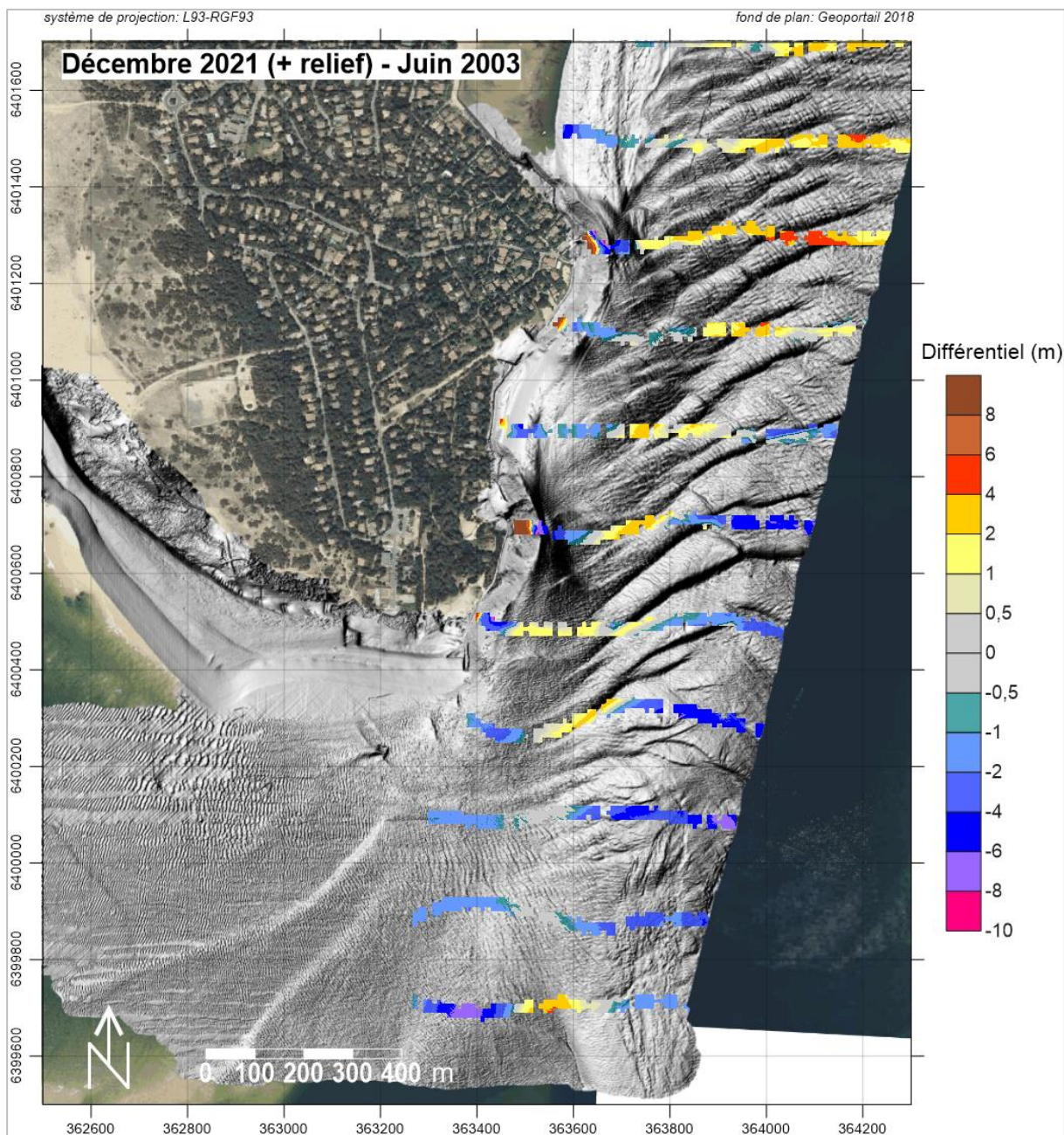


Figure 2-31 : Evolutions des fonds de 2003 à décembre 2021



2.3 VOILETS TECHNIQUES DES RECHARGEMENTS DU PROGRAMME PLURIANNUEL

2.3.1 OR1 (RAPPEL 1^{RE} OPERATION DE RECHARGEMENT 2020/2021)

Cette première opération est celle qui a constitué la plateforme sableuse dans son état actuel et dont on rappelle les principales caractéristiques :

- Opération menée de septembre 2020 à juillet 2021 (10 mois)
- Volume total retroussé évalué a minima à **55 000 m³**, sur une surface concernée de **16 000 m²**, et une épaisseur moyenne de rechargement d'environ **3.5 m**.

2.3.2 OR2 (2022) : DEFINITION

2.3.2.1 Méthodologie Générale

Cette deuxième opération du programme de rechargement en sable est établie sur la base du dernier levé topographique de décembre 2021.

Le rechargement des zones les plus à risque, c'est à dire les zones à plus faible volume sédimentaire au-dessus d'une certaine cote, correspondant à un niveau de pleine mer exceptionnel qui inclut l'action des vagues, doit bien entendu s'inspirer de ce qui a déjà été fait par l'ADPCF à la pointe : un retroussage régulier du sable accumulé en bas de plage (contre le musoir de la digue Bartherotte) jusqu'en haut de plage/cordon dunaire. En effet les analyses des évolutions passées indiquent que décembre 2021 est une situation bien plus favorable que celle d'Août 2019, ce qui est remarquable compte tenu de la proximité immédiate de l'approvisionnement en sable. Nous partageons pleinement l'approche de l'ADPCF qui consiste à disposer le sable le plus haut possible sur la plage/cordon dunaire, en constituant de fait une plateforme (berme) adaptée au cheminement des engins de chantier. Il s'agit d'une distribution (morphologie) du rechargement, tout à fait adaptée aux conditions du site et dont la faisabilité technique est déjà largement démontrée. A mesure du rechargement, le contrôle de la morphologie (par rapport à la morphologie de projet) est de plus relativement simple.

Le projet de rechargement pluriannuel est défini par itérations, en fonction de la localisation des secteurs les plus critiques (volumes de sable relativement faibles sur des secteurs en « contact » direct avec des zones urbanisées) et d'une cote maximum à atteindre et à conforter pour la plateforme. Le projet doit être en adéquation d'une part avec les quantités de sable qui s'accumulent en bas de plage (contre la digue) et avec la morphologie environnante (qu'il s'agisse de la plage en contrebas de la plateforme, de la plage et du cordon dunaire à l'Ouest de la zone rechargée).

2.3.2.2 Enjeux à préserver

Les enjeux environnementaux à préserver à proximité de la zone de projet se situent à l'Ouest du secteur Belvédère : Linaire à feuille de thym (Figure 2-32) et zone de bas-marais (dépression en arrière du cordon bordier bien visible en Figure 2-24).

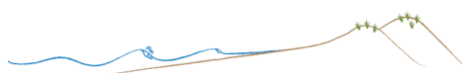




Figure 2-32 : Localisation des stations de Linaire à feuilles de thym, situation du 05 novembre 2021 (cartographie Claude Feigne pour le SIBA).

Le principal enjeu paysager est la vue vers la mer depuis le Belvédère.

2.3.2.3 Cotes maximales des rechargements

La cote maximale sur le secteur Belvédère est définie par la vue vers la mer depuis l'esplanade. La hauteur actuelle de la plateforme de rechargement, définie à +8m NGF, peut difficilement être relevée significativement. En revanche, sur le secteur Bartherotte, cette cote pourrait être significativement relevée, d'autant plus si la plateforme est sensiblement étendue vers la mer (illustration Figure 2-41).

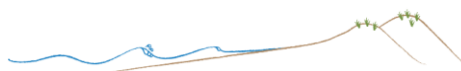
2.3.2.4 Caractéristiques techniques du rechargement

Les critères pour cette opération OR2 sont les suivants :

- Maintien d'une cote de la plateforme à +8m NGF
- Confortement du tronçon du profil 45 au profil 71 à partir de la plateforme actuellement la plus large (cf. Figure 2-33).
- A réaliser : dès que possible, au plus tard avant octobre 2022

La topographie (du système/plage cordon dunaire) après rechargement est cartographiée en Figure 2-35. Les volumes sédimentaires, au-dessus de la cote +6 m NGF, après rechargement, sont représentés selon l'ensemble des profils du secteur d'étude (Figure 2-36).

Le volume de sable nécessaire pour prolonger vers l'Ouest les lignes de niveau de +8 à +4 m NGF de la plateforme sableuse Belvédère-Bartherotte jusqu'au tronçon 45, est de l'ordre de **23 500 m³** (sur la base de la situation de décembre 2021) et la surface concernée



est d'environ **9500 m²** (soit ~1 hectare) pour une épaisseur moyenne de rechargement de **2.5 m** (Figure 2-34).

Au moment de cette opération de confortement, en fonction des évolutions morpho-sédimentaires (en l'occurrence en cas d'érosion), la plateforme existante pourra être restaurée suivant le contour correspondant à la situation de décembre 2021.

La morphologie du rechargement est analysée, au regard des évolutions récentes (2019 à 2021), le long de profils topographiques (localisation en Figure 2-37) perpendiculaires au trait de côte (Figure 2-38) et longitudinaux (Figure 2-39).

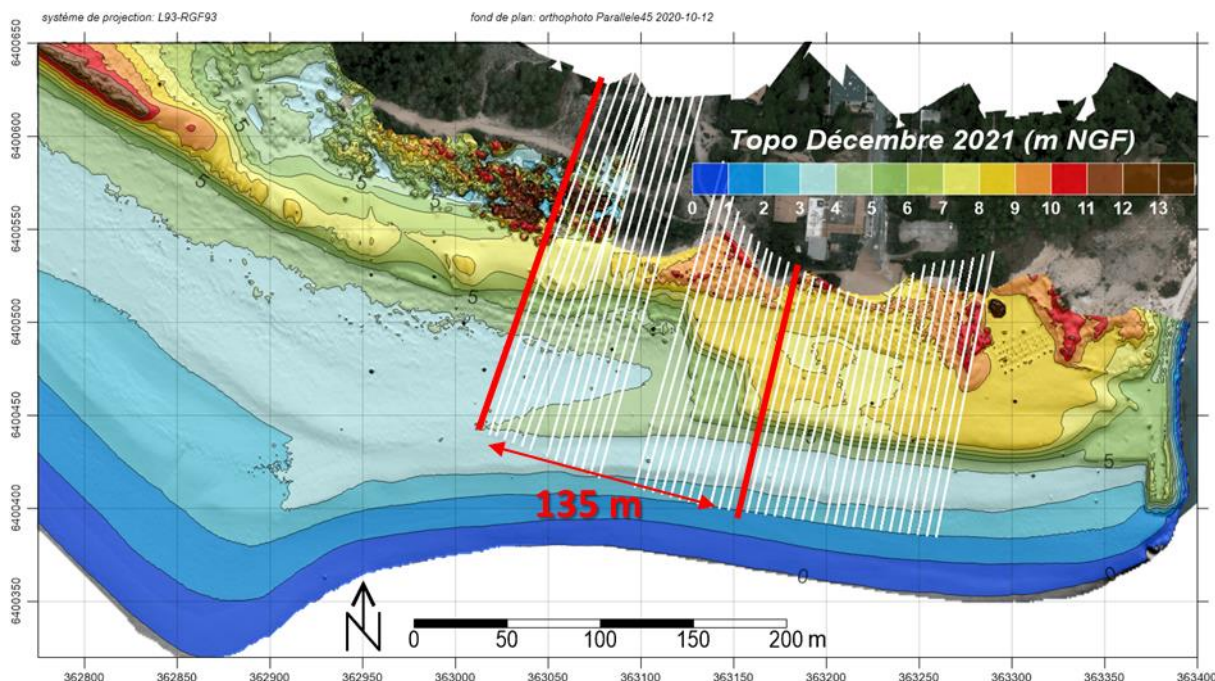
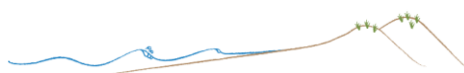


Figure 2-33 : Tronçon (entre profil 45 et 71) concerné par OR2, sur la base du dernier levé topographique (décembre 2021).



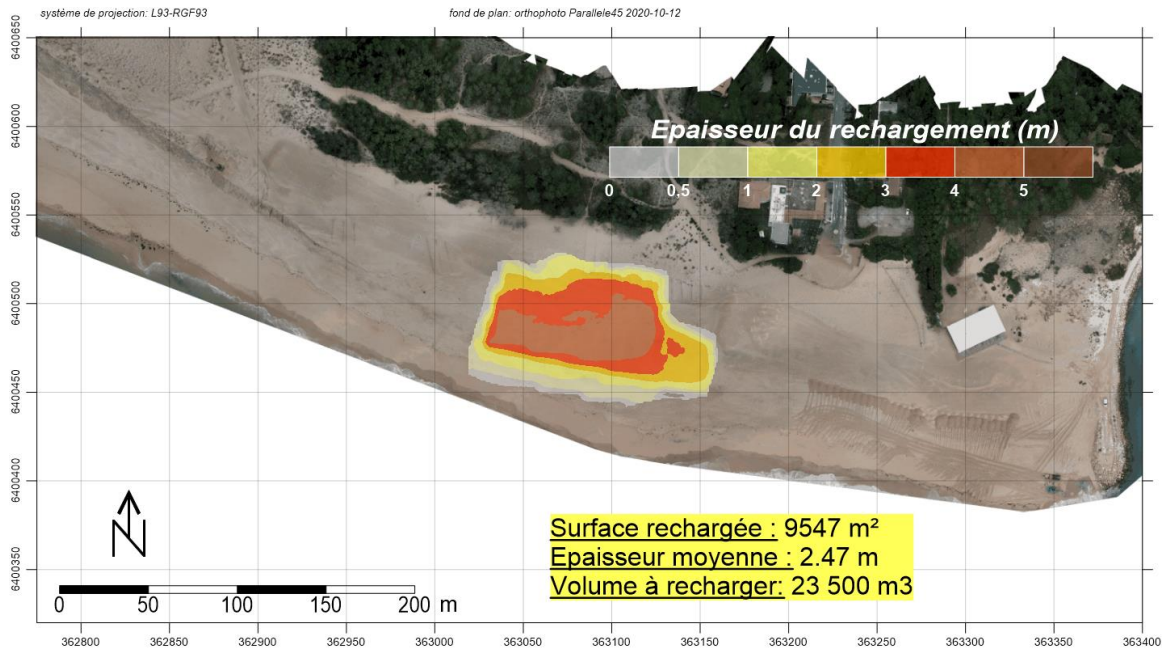


Figure 2-34 : Cartographie des épaisseurs de sable pour constituer le confortement OR2.

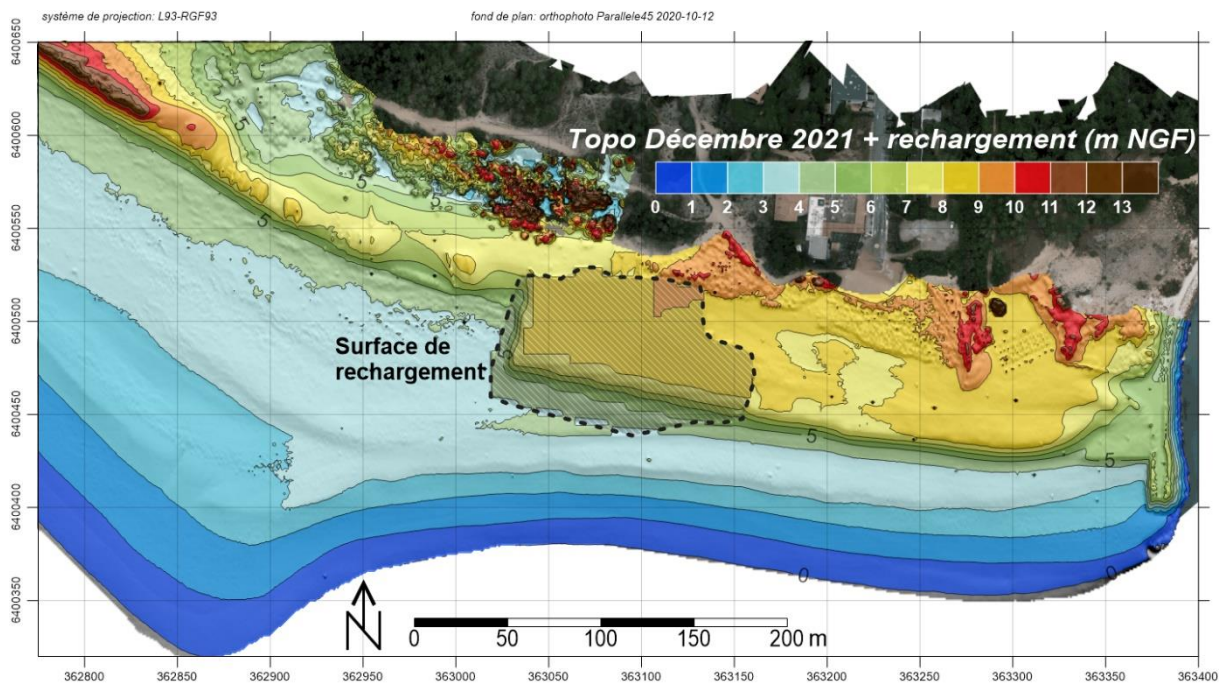


Figure 2-35 : Topographie en décembre 2021 + confortement OR2 (tronçon de 135 m à l'Ouest de la première phase de rechargement).



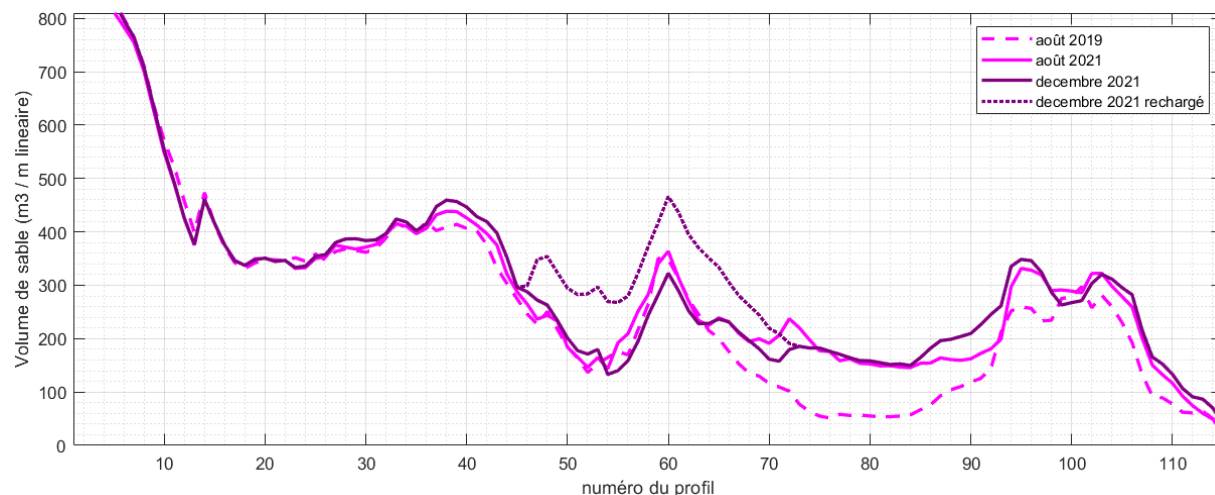


Figure 2-36 : Quantités de sable (en m³ par mètre linéaire) au-dessus de la cote +6 m NGF (levés d'août 2019, août 2021 et levé de décembre 2021 + OR2), calculés pour 115 profils espacés de 5 mètres (profils blancs sur la Figure 2-24), orientés perpendiculairement au trait de côte et se prolongeant jusqu'au revers du cordon dunaire et/ou des constructions en dur.

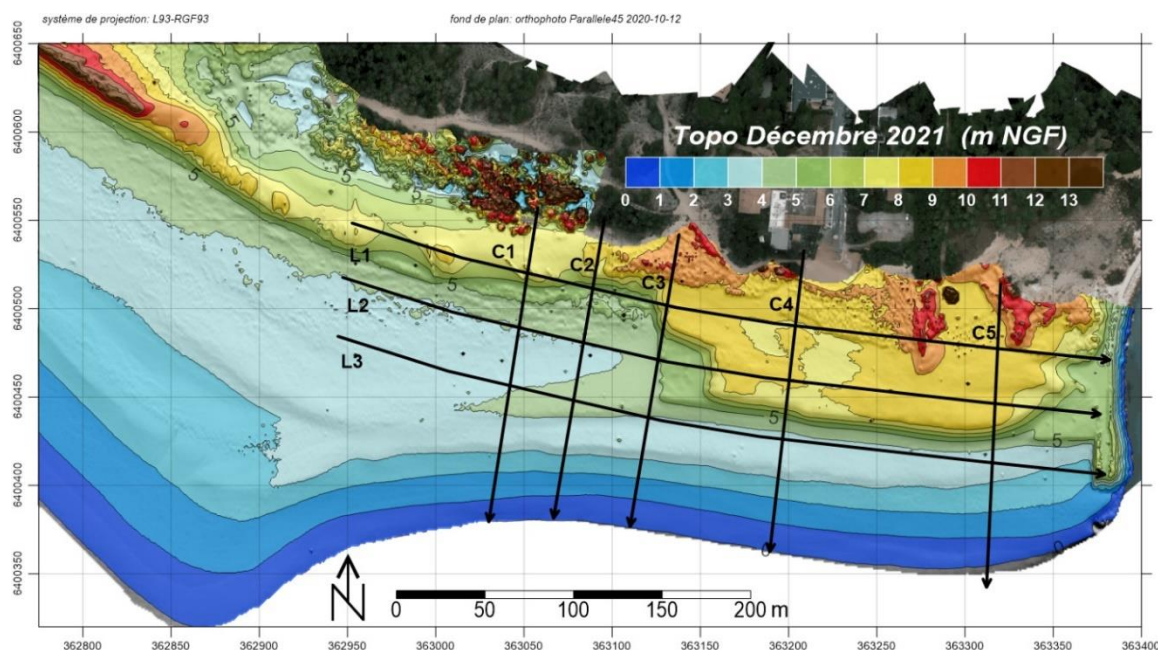


Figure 2-37 : Profils longshore (L1 à L3) et cross-shore (C1 à C5) pour les analyses morphosédimentaires.

2.3.2.5 Estimations du coût et de la durée des travaux

Selon les mêmes modalités techniques que OR1 les estimations pour OR2 sont les suivantes :

- **Coût** (minimum, si aucune érosion significative n'est observé avant cette opération) : $23\,500\text{ m}^3 \times 3\text{ euros/m}^3 \sim \mathbf{70\,000\text{ euros}}$.
- Durée des travaux de l'ordre de : $10\text{ mois (OR1)} \times [23\,500\text{ m}^3\text{ (OR2)} / 55\,000\text{ m}^3\text{ (OR1)}] \sim \mathbf{4\text{ mois}}$.



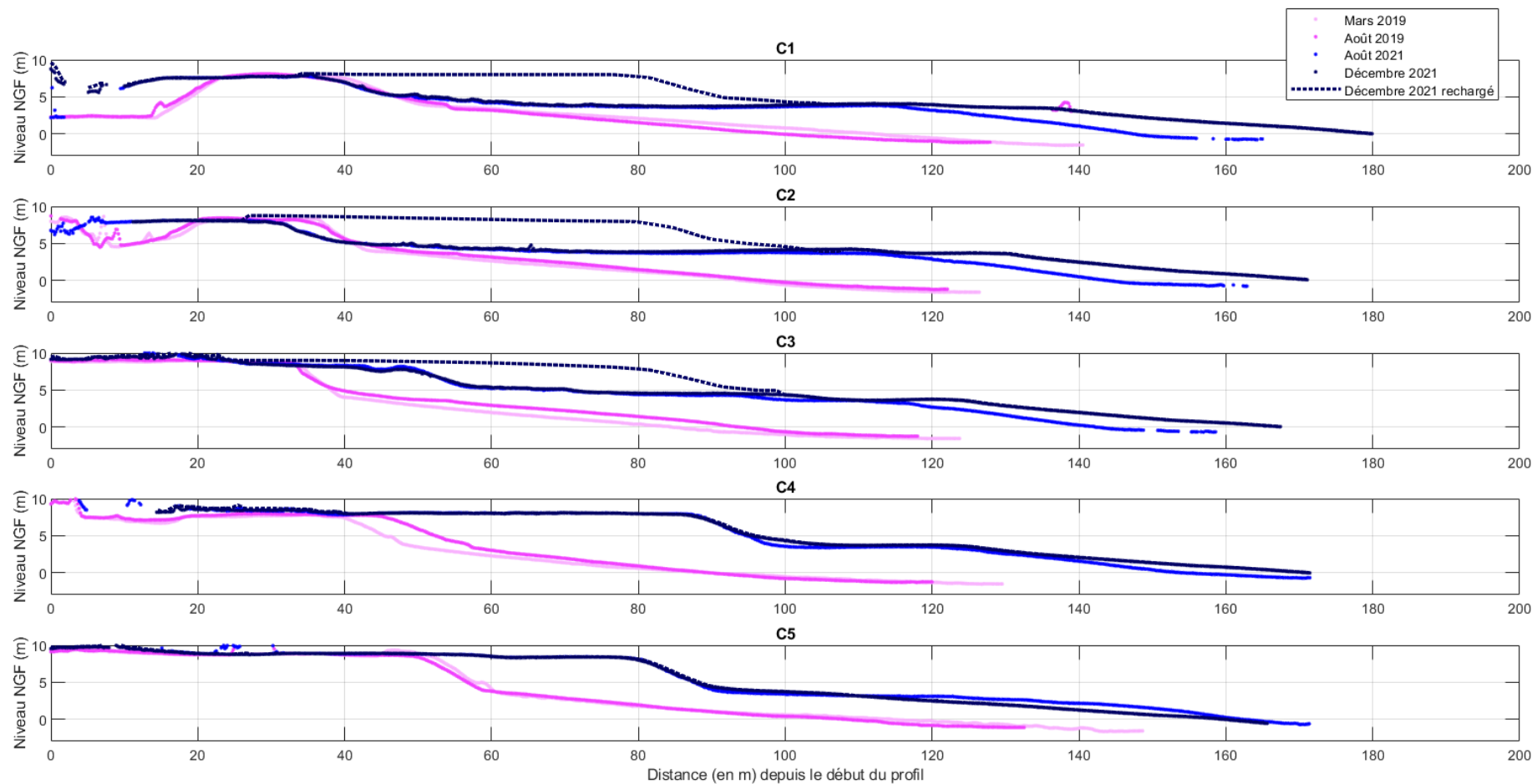


Figure 2-38 : Morphologie des levés de mars 2019, août 2019, août 2021, décembre 2021 et « décembre 2021 rechargé » (OR2) selon les différents profils cross-shore définis en Figure 2-37.



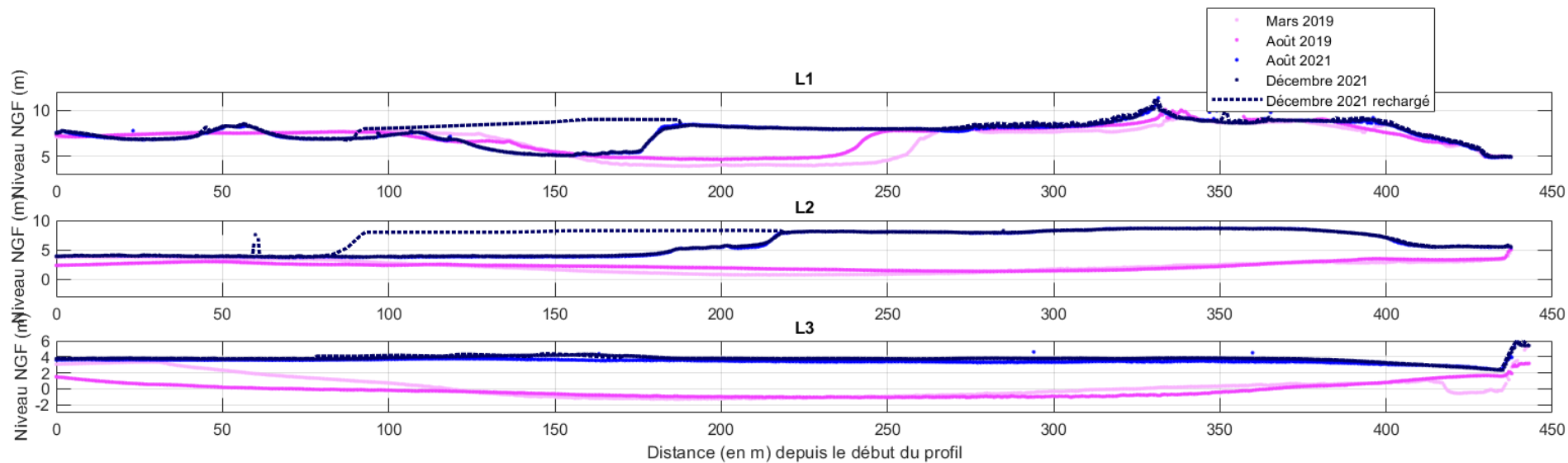


Figure 2-39 : Morphologie des levés de mars 2019, août 2019, août 2021, décembre 2021 et « décembre 2021 rechargé » (OR2) selon les différents profils longshore définis en Figure 2-37.



2.3.3 RECHARGEMENT OR3 (2023) ET OPERATIONS SUIVANTES

2.3.3.1 Caractéristiques techniques

Les opérations de rechargement OR3 (2023) et celles des années suivantes sont préconisées pour un volume de 10 000 m³/an. Elles seront bien entendu à préciser en fin d'hiver précédant (2022/2023 pour OR3) en fonction :

- Des volumes de sable sur l'ensemble de la plateforme, i.e. état du stock sableux.
- Des évolutions morpho-sédimentaires à différentes échelles de temps (année qui vient de s'écouler, mais aussi à plus long terme, en particulier depuis 2021 c'est-à-dire depuis que la plateforme sableuse est constituée).

Le suivi topographique de la plage devra être poursuivi, idéalement deux fois par an (avant et après l'hiver) ou plus (par exemple à l'issue d'une tempête exceptionnelle). Un relevé bathymétrique annuel des fonds marins avoisinants la pointe devra également être réalisé.

Selon une hypothèse (à discuter à l'issue du prochain levé topographique) d'une érosion résiduelle de ~3 000 m³ (ce qui correspond, en moyenne, à un recul de ~2m du flanc d'une plateforme de 4m de haut, soit une érosion de 8 m³/ml le long des 350 m de la plateforme) un rechargement de 10 000 m³/an permet un stockage résiduel de 7 000 m³/an (20 m³/ml). Soit une avancée (vers la mer) progressive de la plateforme de ~5 m/an.

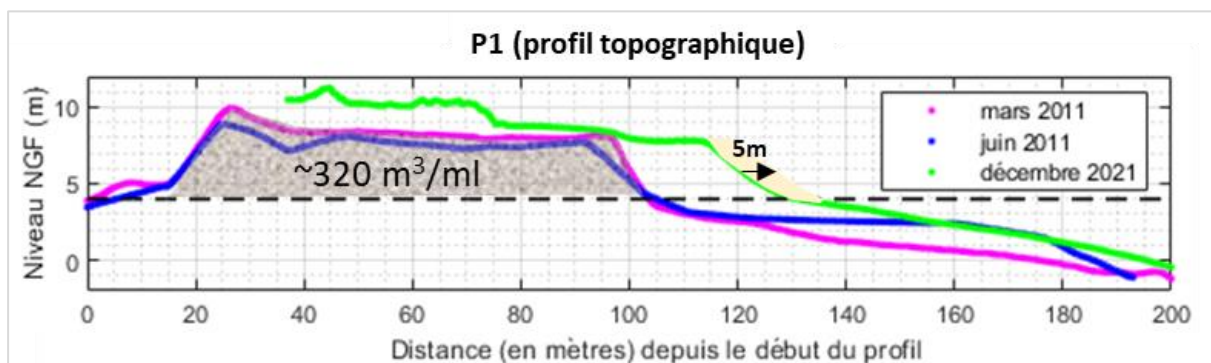


Figure 2-40 : Visualisation d'une avancée résiduelle de 5 m (engraissement résiduel de ~20 m³/ml) comprenant un rechargement de confortement de 10 000 m³.

A noter que la stratégie proposée, qui prévoit une avancée progressive du rebord de la plateforme vers la mer permettra d'évaluer son extension optimale vers le Sud. En effet : d'un côté plus la plateforme est large et plus la situation à la pointe est sécurisée, mais d'un autre côté une plateforme trop large (par rapport à la position du musoir qui la « contient ») verrait dans les premiers temps une érosion relativement rapide. On peut penser que l'optimum de la plateforme pourrait se situer plus au Sud que sa position actuelle compte tenu de la remarquable absence d'évolution entre l'été 2021 et le dernier levé (décembre 2021) et plus récemment d'après les observations (quotidiennes) de M. Bartherotte.

A titre indicatif, l'avancée (résiduelle) de la plateforme est cartographiée (Figure 2-41 ci-après) à l'issue du rechargement OR5 (2025, +15m par rapport à la position du rebord actuel de la plateforme).

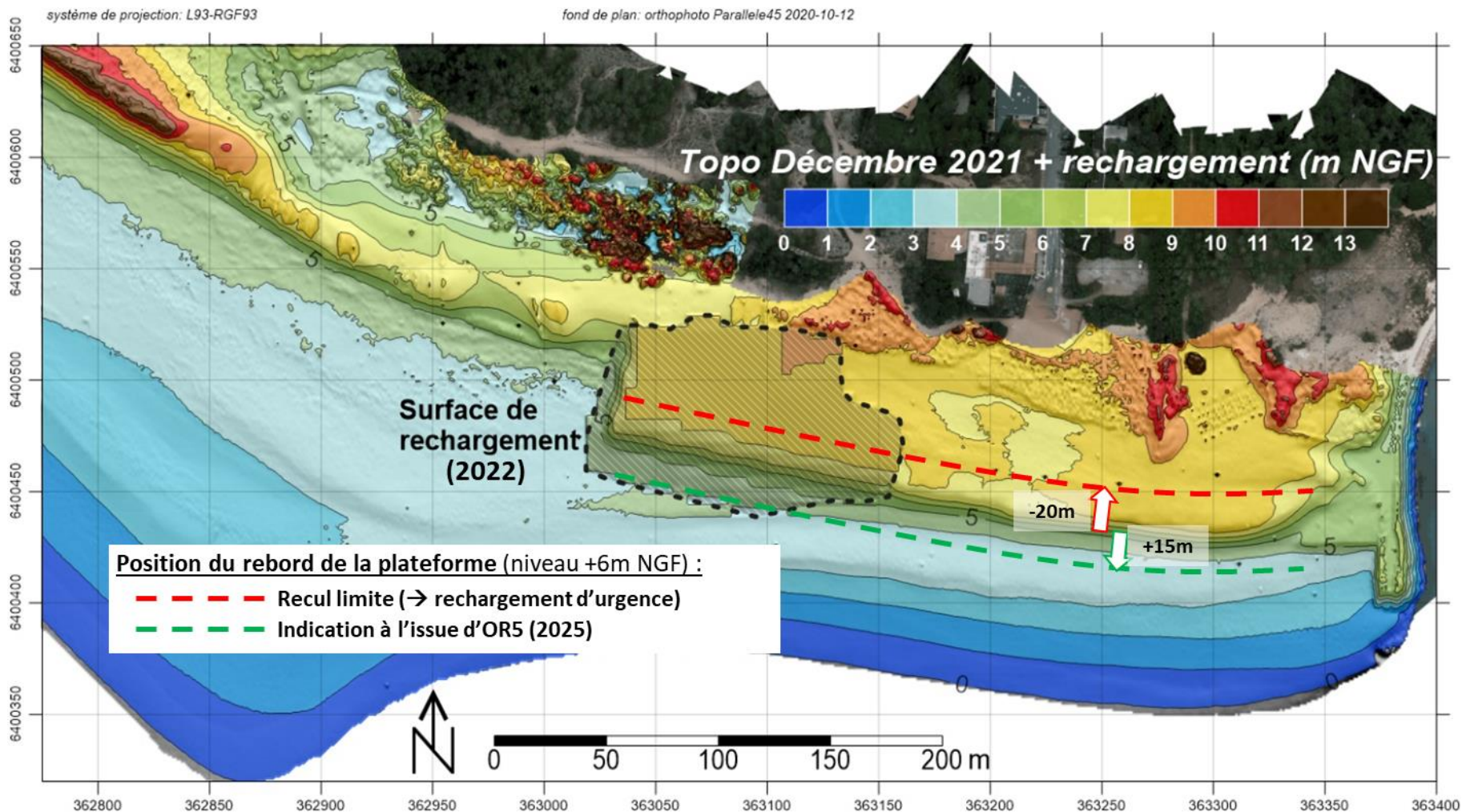


Figure 2-41 : Indications de la position critique du rebord de la plateforme (recul critique au-delà duquel un rechargement d'urgence doit être programmé) et de la position du rebord de la plateforme à l'issue du rechargement en 2025 (+15m par rapport à la position de 2022).



2.3.3.2 Estimations du coût et de la durée de chaque opération (annuelle)

Selon les mêmes modalités techniques que OR1 et OR2, les estimations pour OR3 et les opérations suivantes sont de :

- **Coût** (chaque année) : $10\,000\text{ m}^3 \times 3\text{ euros/m}^3 \sim \mathbf{30\,000\text{ euros}}$
- **Durée** (chaque année) des travaux de l'ordre de :
 $10\text{ mois (OR1)} \times [10\,000\text{ m}^3\text{ (OR2)} / 55\,000\text{ m}^3\text{ (OR1)}] \sim \mathbf{2\text{ mois}}$



3 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRGM, 2016. Caractérisation de l'aléa submersion marine dans le cadre des PPRL du Bassin d'Arcachon.

Castelle B., Marieu V., Bujan S., Splinter K. D., Robinet A., Sénéchal N., & Ferreira S., 2015. Impact of the winter 2013–2014 series of severe Western Europe storms on a double-barred sandy coast: Beach and dune erosion and megacusp embayments. *Geomorphology*, 238, 135-148.

Larson M., Erikson L., & Hanson H., 2004. An analytical model to predict dune erosion due to wave impact. *Coastal Engineering*, 51(8-9), 675-696.

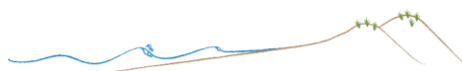
Port Autonome de Bordeaux/SOGREAH, 1997, pour la **Commune de Lège Cap-Ferret.** Diagnostic de l'évolution du littoral du CAP-FERRET - Examen de la préfaisabilité de solutions de protections envisageables –

OCA, décembre 2021. Caractérisation et dynamiques des ondulations de plage migrant le long de la pointe du Cap Ferret observées sur la période 1984-2020 par imagerie satellite optique.

Rapports d'études **BW-CGC** pour l'**ADPCF** :

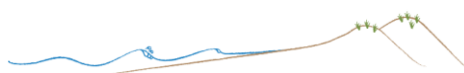
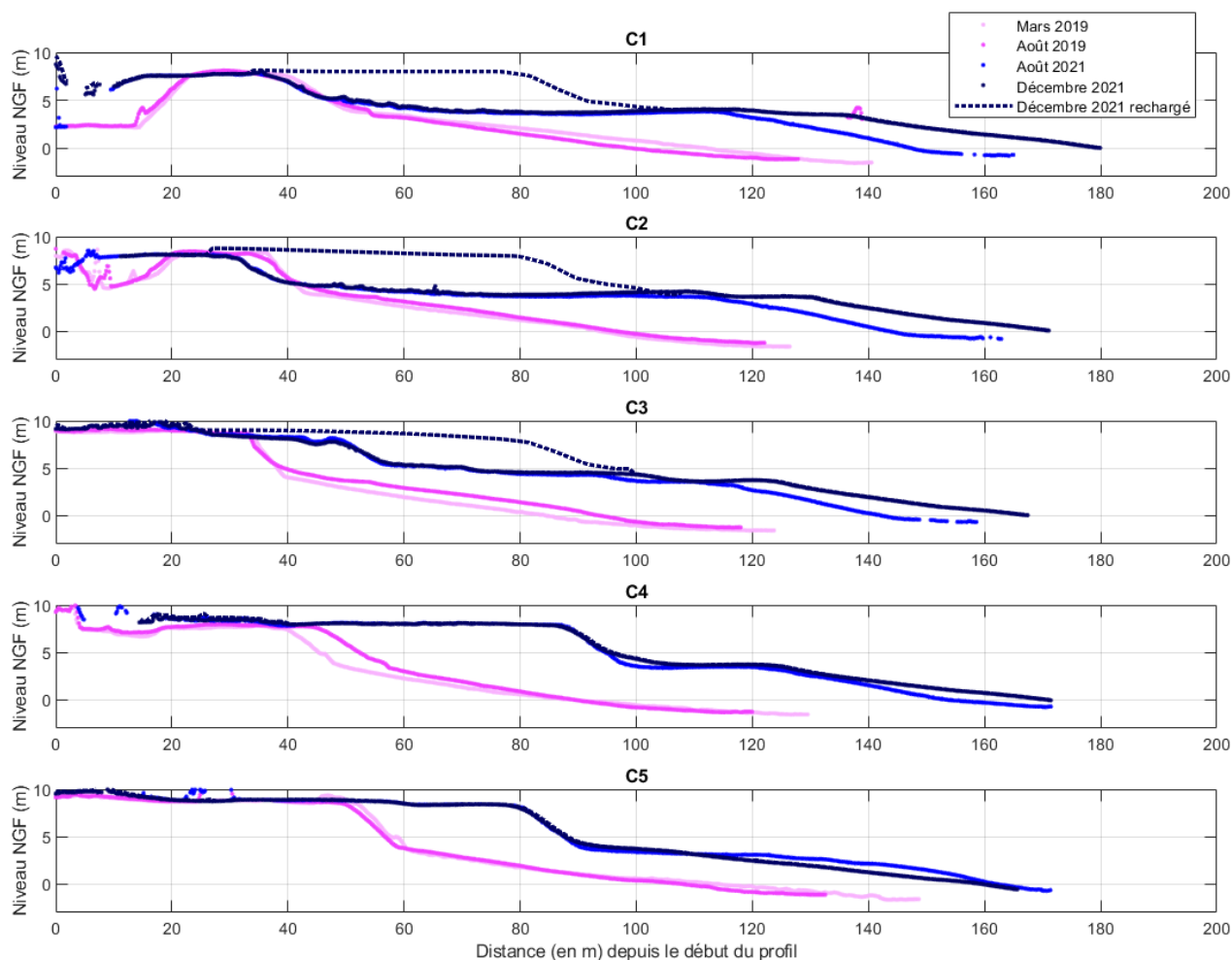
- Analyses des Evolutions Morpho-Sédimentaires de la Pointe du Cap-Ferret et Evaluation des Effets d'un prolongement vers le Sud de la Digue Bartherotte. Rapport V1.3 du 27/09/2021.
- Analyses des évolutions morpho-sédimentaires de la façade Est (de la pointe à la flèche sableuse du Mimbeau). Analyses détaillées le long de la digue Bartherotte. Evaluation des effets des digues Bartherotte et Lavergne sur les évolutions de la façade Est. Rapport V1 du 30/11/2021.

Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., & Sallenger Jr, A. H. (2006). Empirical parameterization of setup, swash, and runup. *Coastal engineering*, 53(7), 573-588.

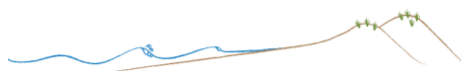
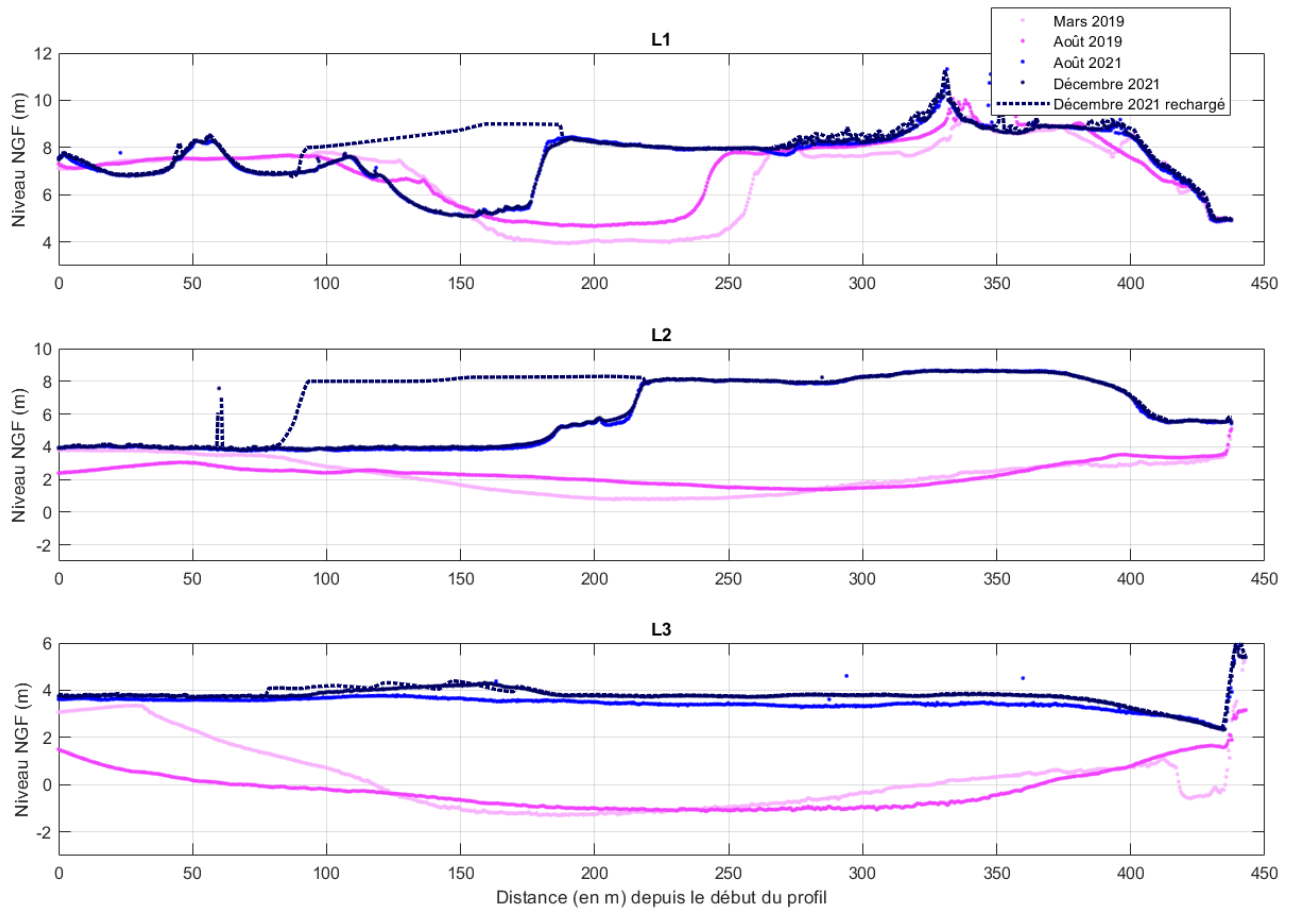


Annexes

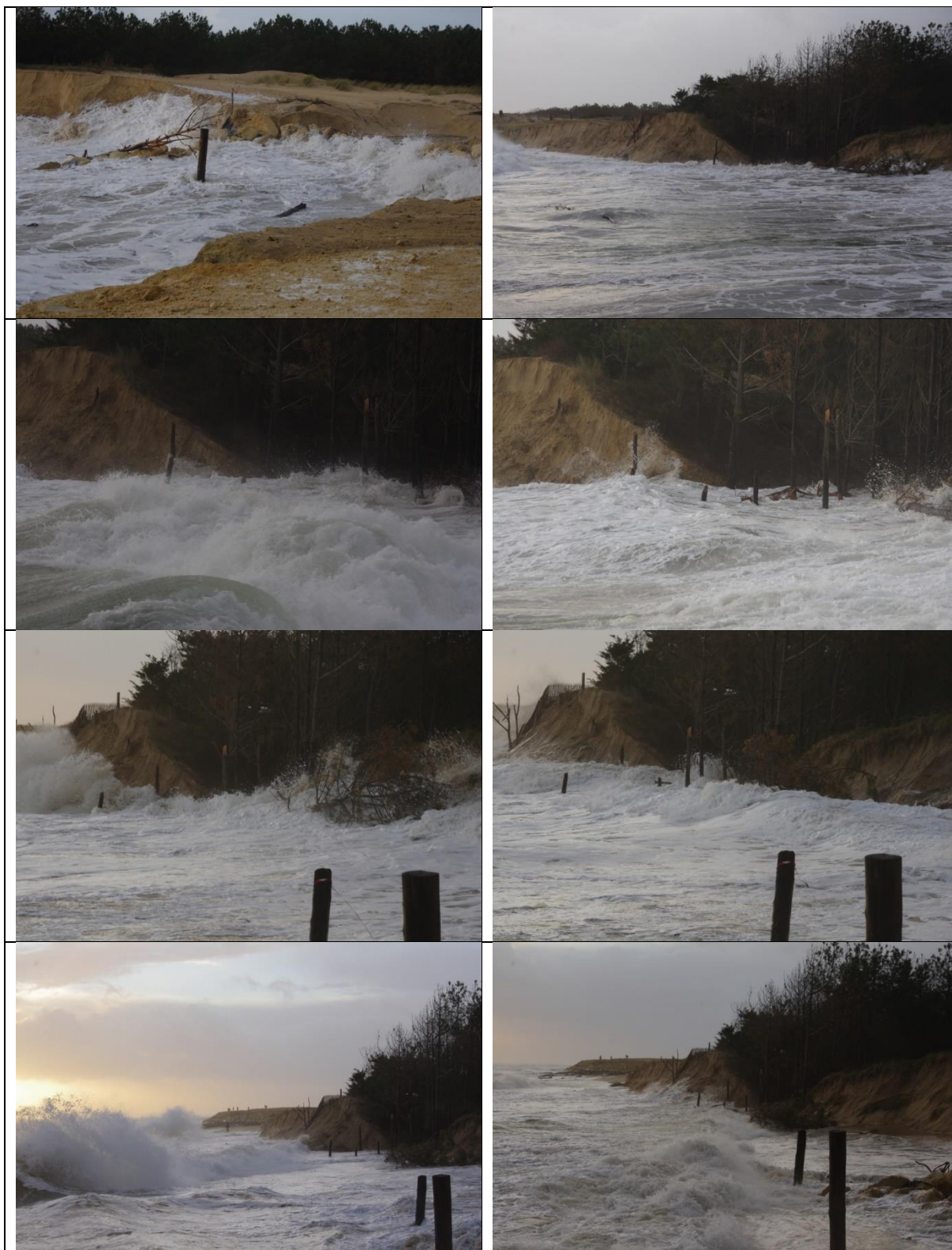
Annexe A1 : Morphologie des levés de mars 2019, août 2019, août 2021, décembre 2021 et « décembre 2021 rechargé » selon les différents profils cross-shore définis en Figure 2-37.



Annexe A2 : Morphologie des levés de mars 2019, août 2019, août 2021, décembre 2021 et « décembre 2021 rechargé » selon les différents profils longshore définis en Figure 2-37.



Annexe B1 : Illustrations de l'attaque du cordon dunaire par les vagues de la tempête du 03 mars 2014 (tempête Christine), façade Sud, secteur Bartherotte/Belvédère (photographies A. Argelas pour l'ADPCF).



Annexe B2 : Illustrations des débordements lors de la tempête du 03 mars 2014 (tempête Christine), façade Est de la digue Bartherotte.

La façade Est de la pointe Cap Ferret n'est pas épargnée lors des fortes tempêtes, notamment par l'aléa submersion, comme en témoigne la photographie prise le 3 mars 2014 lors de la tempête Christine (cf. figure ci-après). La digue a en-effet subi des débordements en fin de journée, à pleine mer, pour un niveau d'eau mesuré de 3.12 m NGF au marégraphe d'Arcachon (dont plus de 50 cm de surcote). Les vagues en fin de journée atteignaient 8 m de hauteur significative (mesures à la Bouée Cap Ferret du réseau Candhis-Cetmef). La contribution des vagues (set-up et oscillations infragravitaires du plan d'eau) est de l'ordre de 1m à 1.5m de telle sorte que des débordements ont pu avoir lieu (par exemple au Nord du déflecteur où la piste se situe entre +4 et +4.5 m NGF).




Photographie (A. Argelas pour l'ADPCF) d'un débordement au Nord du déflecteur de la digue Bartherotte.



Photographie (A. Argelas pour l'ADPCF) de la plage Rondoni.

Annexe C : Lettre du Préfet de la Gironde à M. Bartherotte.

 PRÉFET DE LA GIRONDE	
Le Préfet	Bordeaux, le 7 novembre 2018
Monsieur,	
<p>Par courrier du 23 octobre 2018, vous me faites part de votre recours gracieux sur l'arrêté préfectoral du 9 août 2018 prescrivant la révision du plan de prévention des risques du littoral (PPRL) de Lège Cap-Ferret, approuvé par arrêté préfectoral du 31 décembre 2001.</p>	
<p>Cette révision a été engagée considérant l'absence de prise en compte du phénomène d'érosion entre Lavergne et Bélisaire (secteur de la Flèche du Mimbeau) dans l'actuel PPRL, l'amélioration des connaissances des phénomènes d'évolution du littoral avec l'acquisition depuis 2002 de nombreuses données sur la position du trait de côte, les importants phénomènes d'érosion constatés depuis l'hiver 2013-2014, avec notamment la constatation de brèches au niveau de la Flèche du Mimbeau.</p>	
<p>Le guide méthodologique pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux a été révisé en mai 2014 par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable, et de l'Énergie. Comparativement à celui de 1997, le guide méthodologique de 2014 précise les modalités de prise en compte des ouvrages de protection côtière (enrochements, épis, perrés...). Il indique par ailleurs les méthodes et le type de résultats attendus pour la caractérisation de l'aléa recul du trait de côte.</p>	
<p>L'objectif de la révision est ainsi :</p>	
<ul style="list-style-type: none">- d'actualiser les aléas recul trait de cote et avancée dunaire, en tenant compte des ouvrages, selon les prescriptions du guide méthodologique de mai 2014 et d'en tirer les conséquences sur le zonage,- d'établir un règlement plus précis pour mieux maîtriser et gérer l'urbanisation de ce secteur en cohérence avec le risque.	
<p>La volonté des services de l'État est de conduire cette révision en toute transparence, sur les analyses techniques et en toute clarté sur les partis qui seront pris en terme de prévention.</p>	
<p>Ainsi, de nombreuses études ont été menées sur l'évolution du trait de cote depuis l'approbation du PPRL en décembre 2001.</p>	
<p>D'un point de vue méthodologique, seule l'étude Sogreah -Larag de 1995 répond à certaines recommandations du guide d'élaboration des PPRL de mai 2014. Par ailleurs, seule l'étude Sogreah de janvier 1997 dresse un état des ouvrages et des actions à conduire pour les conforter et réduire l'érosion.</p>	
<p>Monsieur Benoît Bartherotte Allée de la Traîne 33970 Lège Cap-Ferret</p>	<p>Cité Administrative – B.P. 90 – 33090 BORDEAUX CEDEX Découvrez la nouvelle organisation de l'État en Gironde sur</p>


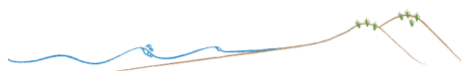



Ainsi, le travail d'actualisation des aléas sera conduit à partir de cette base technique de 1995, en utilisant les données récentes, et en considérant l'étude de Sogreah de janvier 1997 comme la référence de l'état initial des ouvrages, à actualiser avec des données techniques factuelles.

Ainsi, dans un souci de clarté, et suite à votre recours gracieux, je vais reconsidérer l'arrêté prescrivant la révision en visant explicitement dans les « vu » et « considérant » les études conduites en 1995, et le schéma de la mise en valeur de la mer du Bassin d 'Arcachon dont l'étude Sogreah de janvier 1997 est une annexe.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Le Préfet

Annexe D : Topographie à la pointe Cap-Ferret en octobre 2016

(Source des données : OCA)

Les 2 figures qui suivent présentent la même topographie (correspondant à la situation en octobre 2016) que sur la Figure 2-24 mais les profils n'y sont pas affichés et le zoom est élargi. Cela permet de mieux situer les zones urbanisées les plus vulnérables (zones bleues).

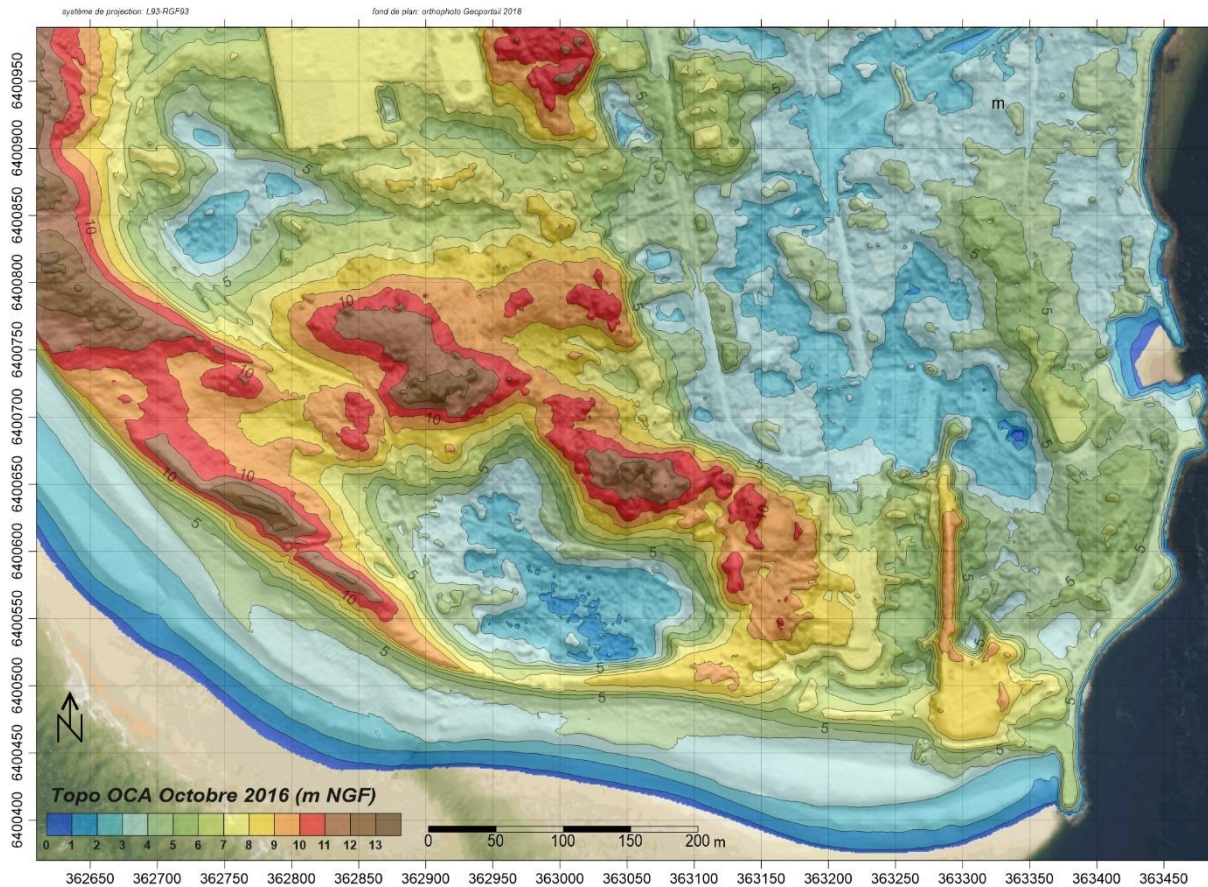


Figure D1: MNT de la topographie à la pointe Cap-Ferret en octobre 2016 – échelle élargie. Remarque : la couche topographique présente un certain degré de transparence ce qui permet de visualiser les zones urbanisées.



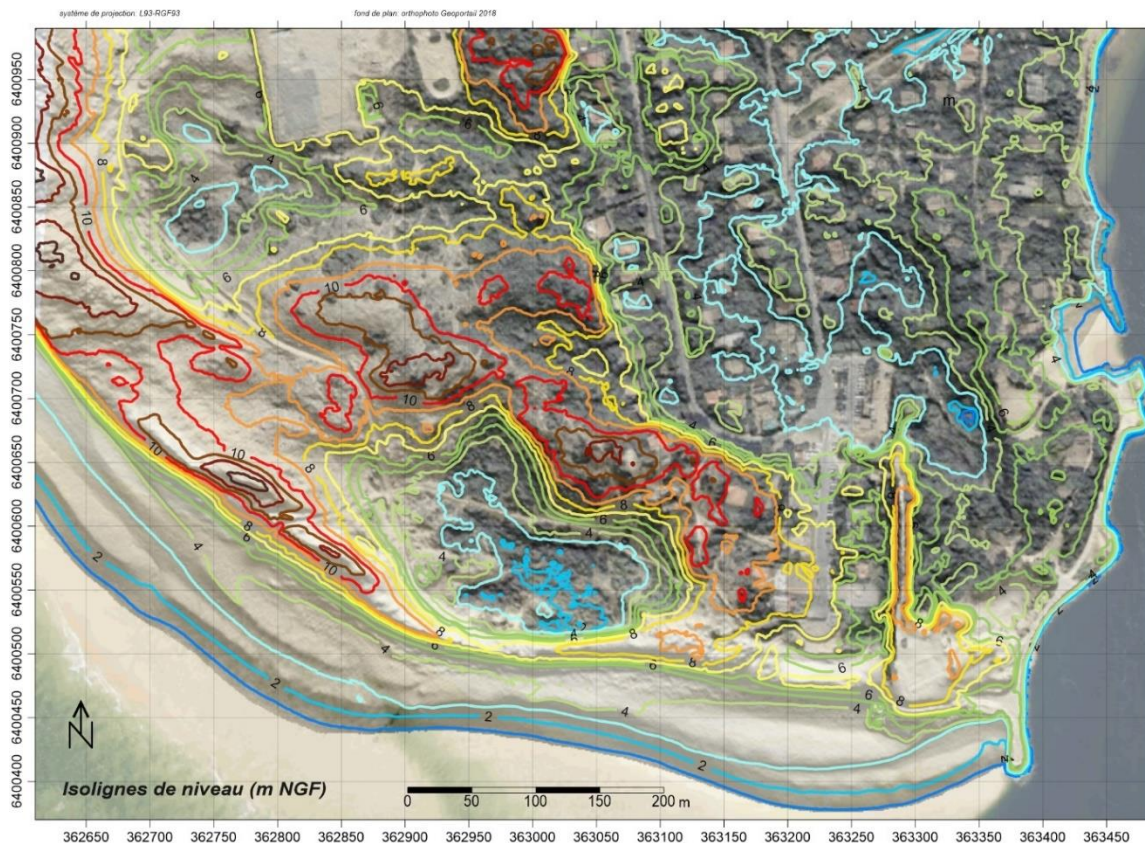


Figure D2: Lignes de niveau topographique au Cap-Ferret en octobre 2016 (Source des données : OCA) – échelle élargie. N.B. : le parking en contrebas du Belvédère, et certaines propriétés autour, sont situées à moins de +3m NGF (un tel niveau peut être atteint lors d’une pleine-mer de marée moyenne coef. 70 avec 1m de surcote, ou une pleine-mer coef. 100 avec 0.5 m de surcote).



Annexe E : Evolutions des isobathes -10 m et 0 m NGF (~niveau moyen) pour caractériser l'agrandissement du déflecteur Bartherotte

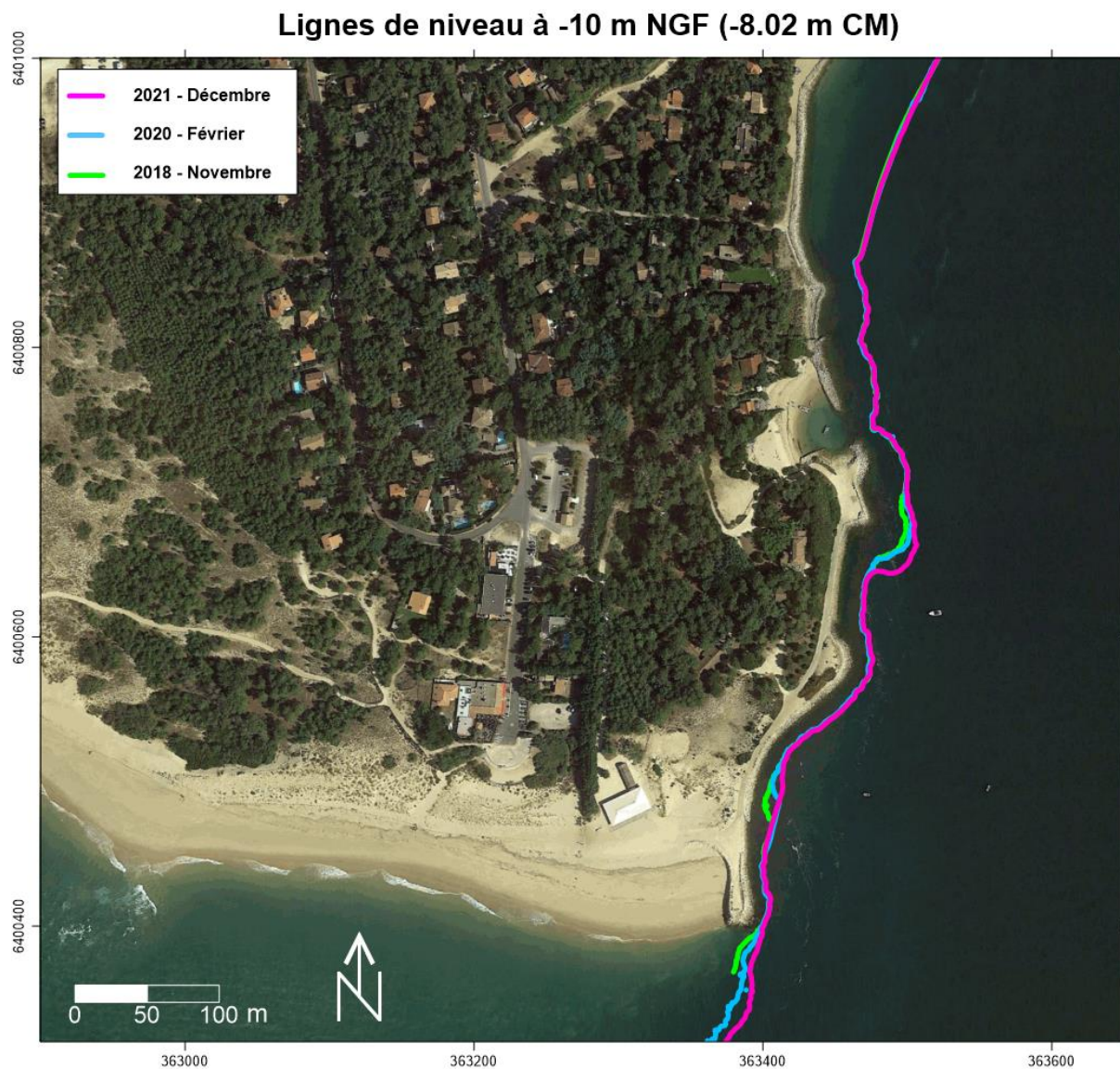


Figure E1: Isobathes -10 m NGF mesurées en Novembre 2018 (vert), Février 2020 (bleu) et Décembre 2021 (magenta)



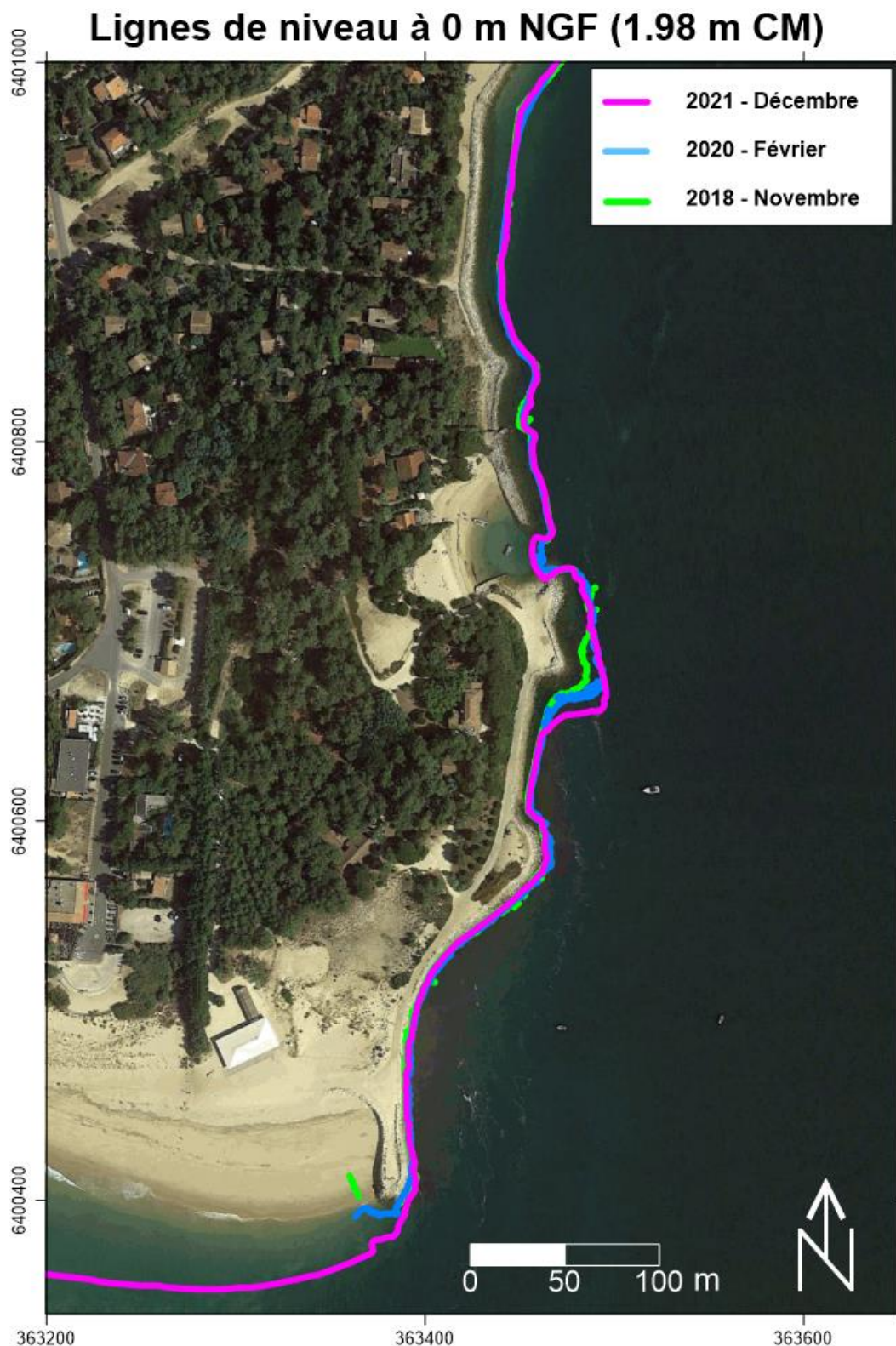


Figure E2: Isobathes 0 m NGF (~niveau moyen) mesurées en Novembre 2018 (vert), Février 2020 (bleu) et Décembre 2021 (magenta). Zoom.



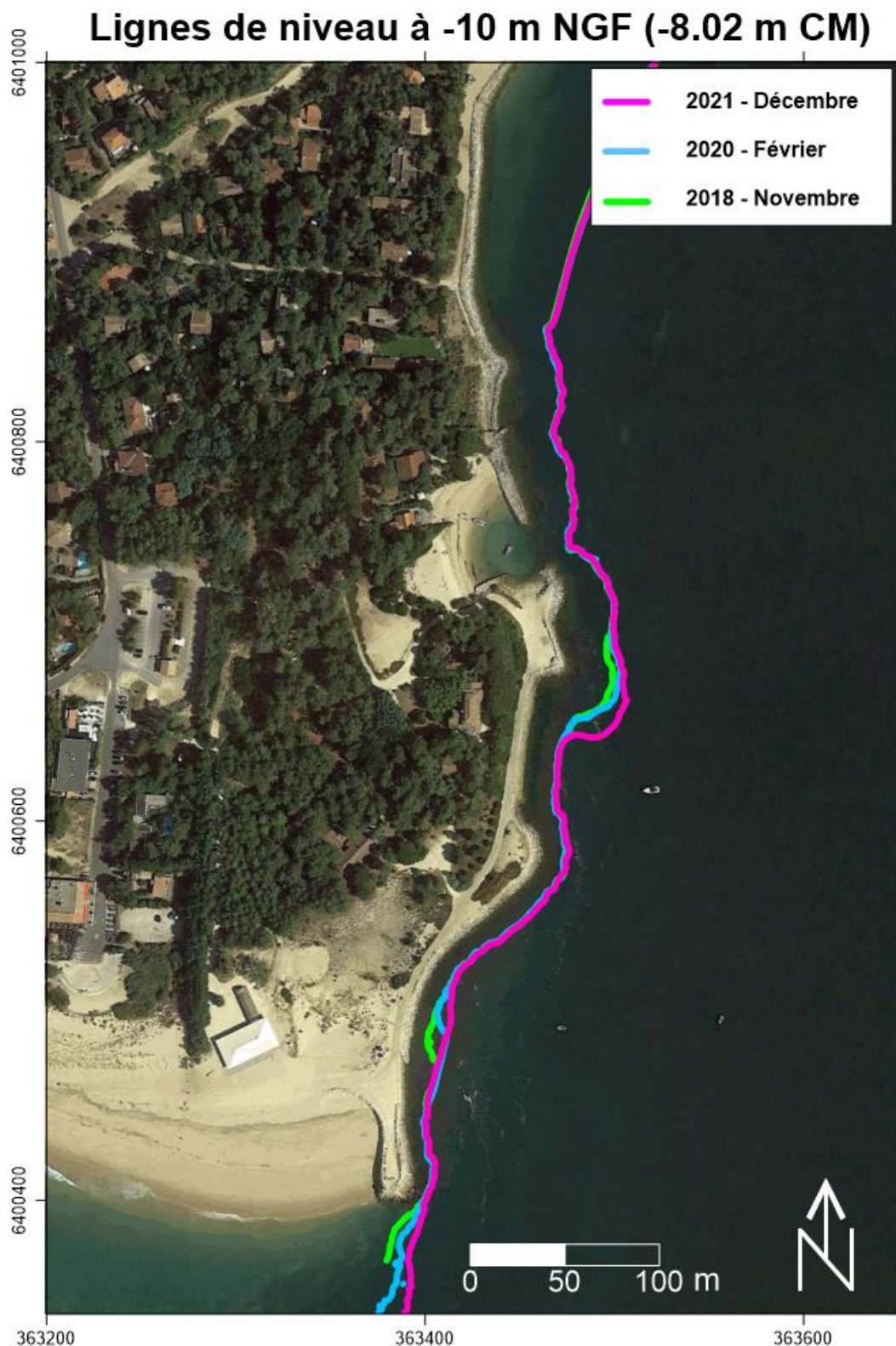


Figure E3: Isobathes -10 m NGF mesurées en Novembre 2018 (vert), Février 2020 (bleu) et Décembre 2021 (magenta). Zoom



Annexe F : Evolutions morpho-sédimentaires à différentes échelles de temps et d'espace autour de la Pointe

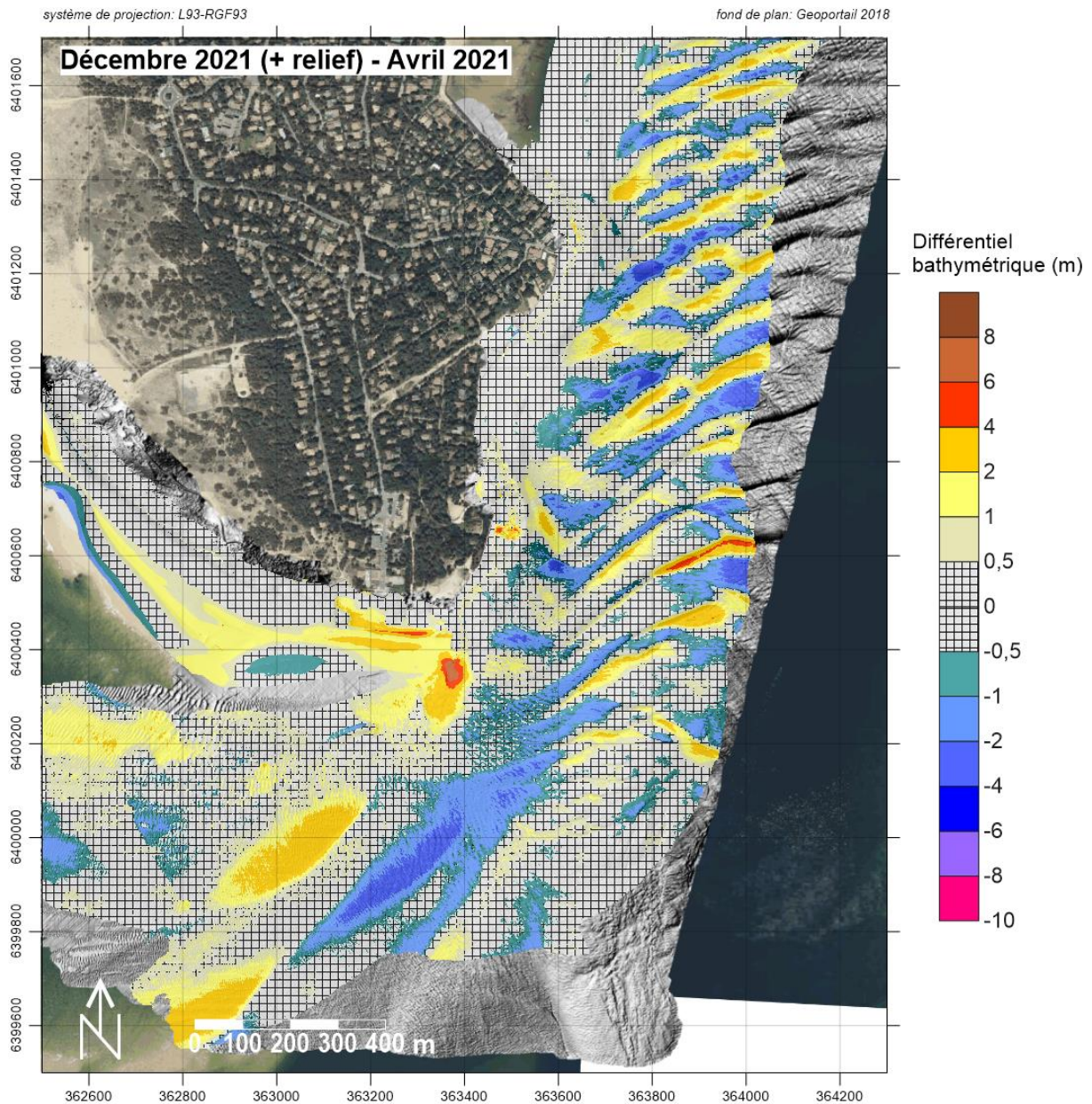


Figure F1: Evolutions des fonds d'Avril 2021 à Décembre 2021.

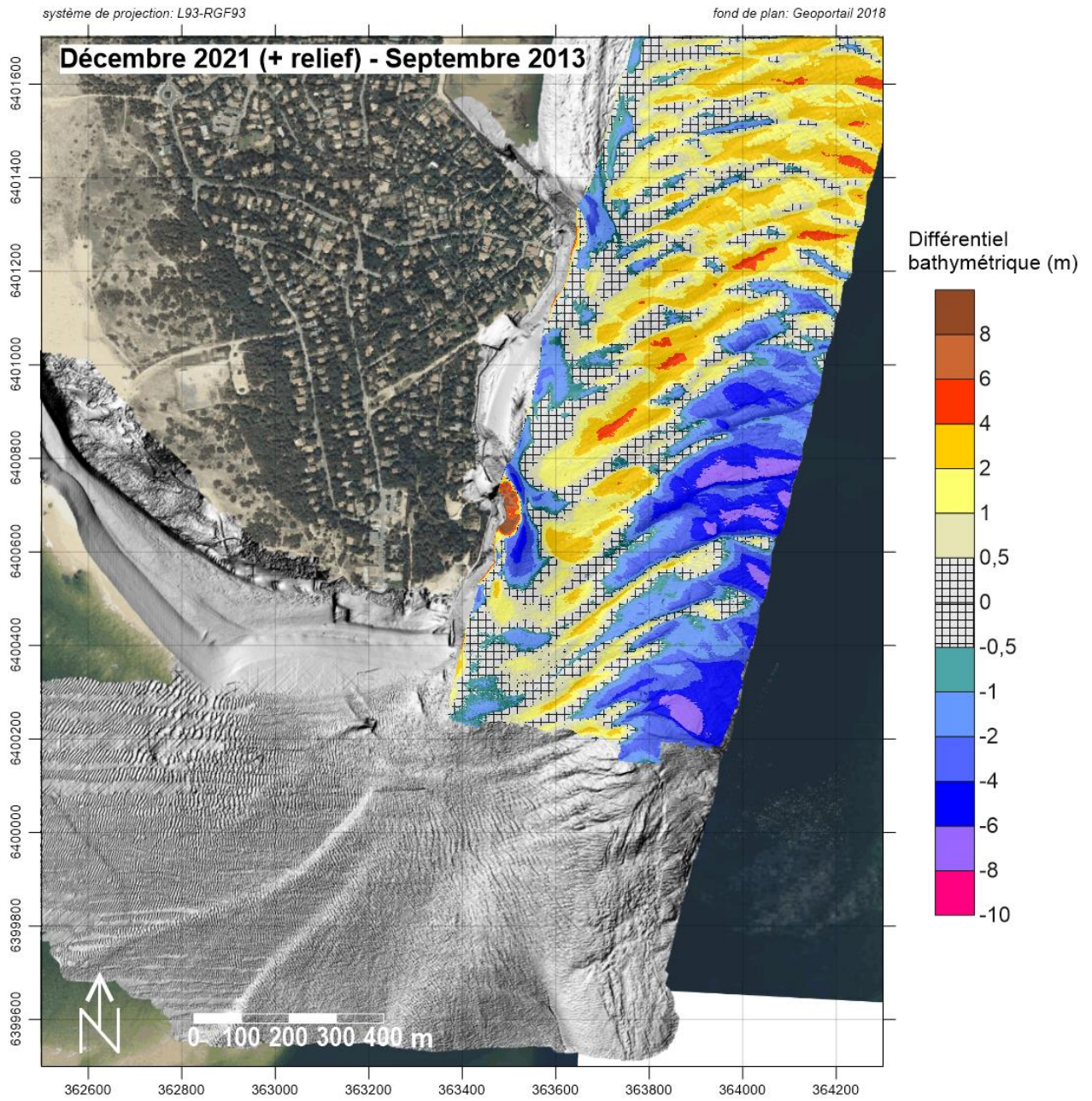
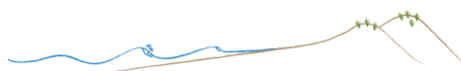


Figure F2: Evolutions morphologiques des fonds Est Cap Ferret, de Septembre 2013 à Décembre 2021.



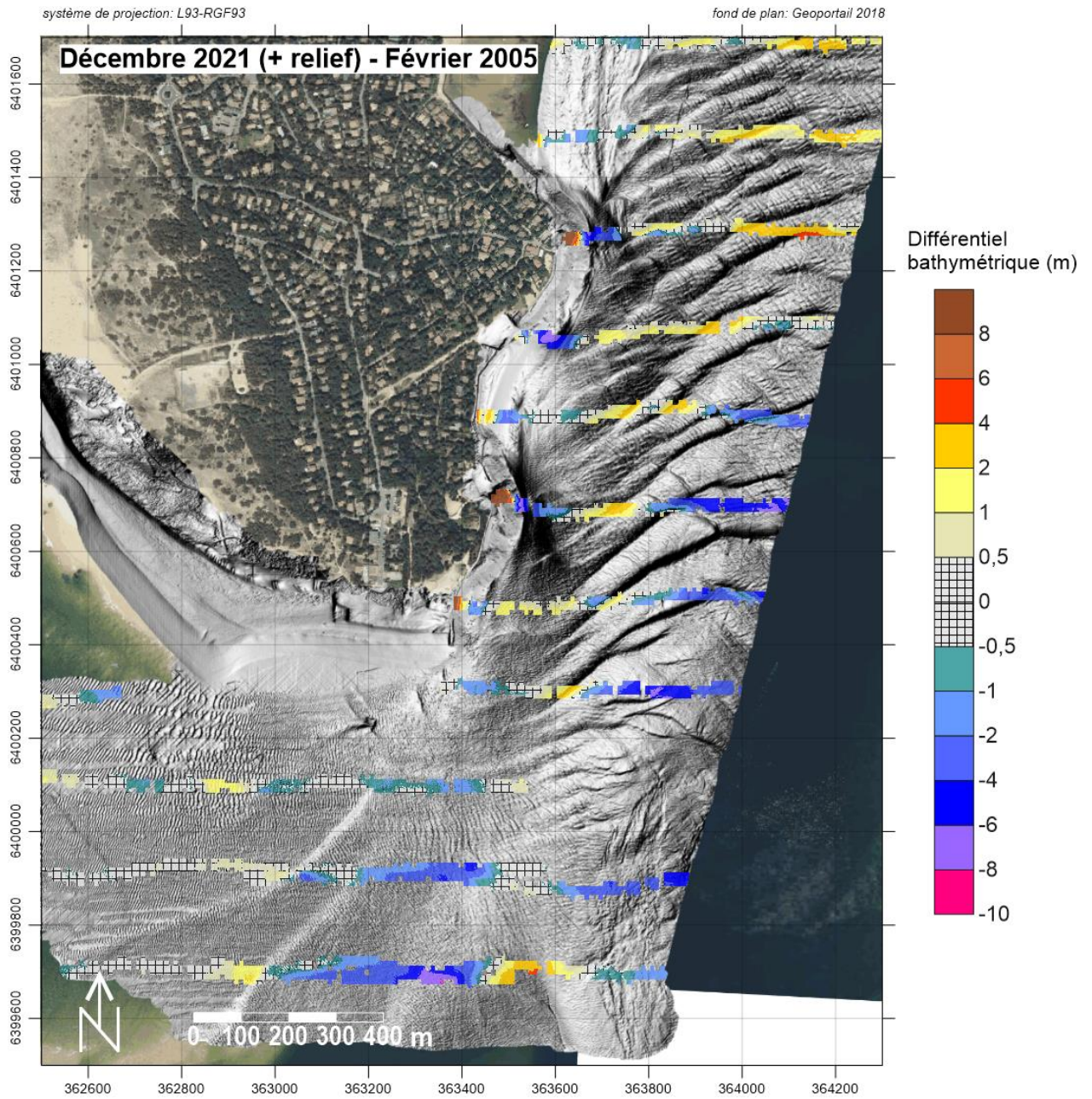
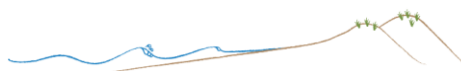


Figure F3 : Evolutions des fonds de Février 2005 à Décembre 2021



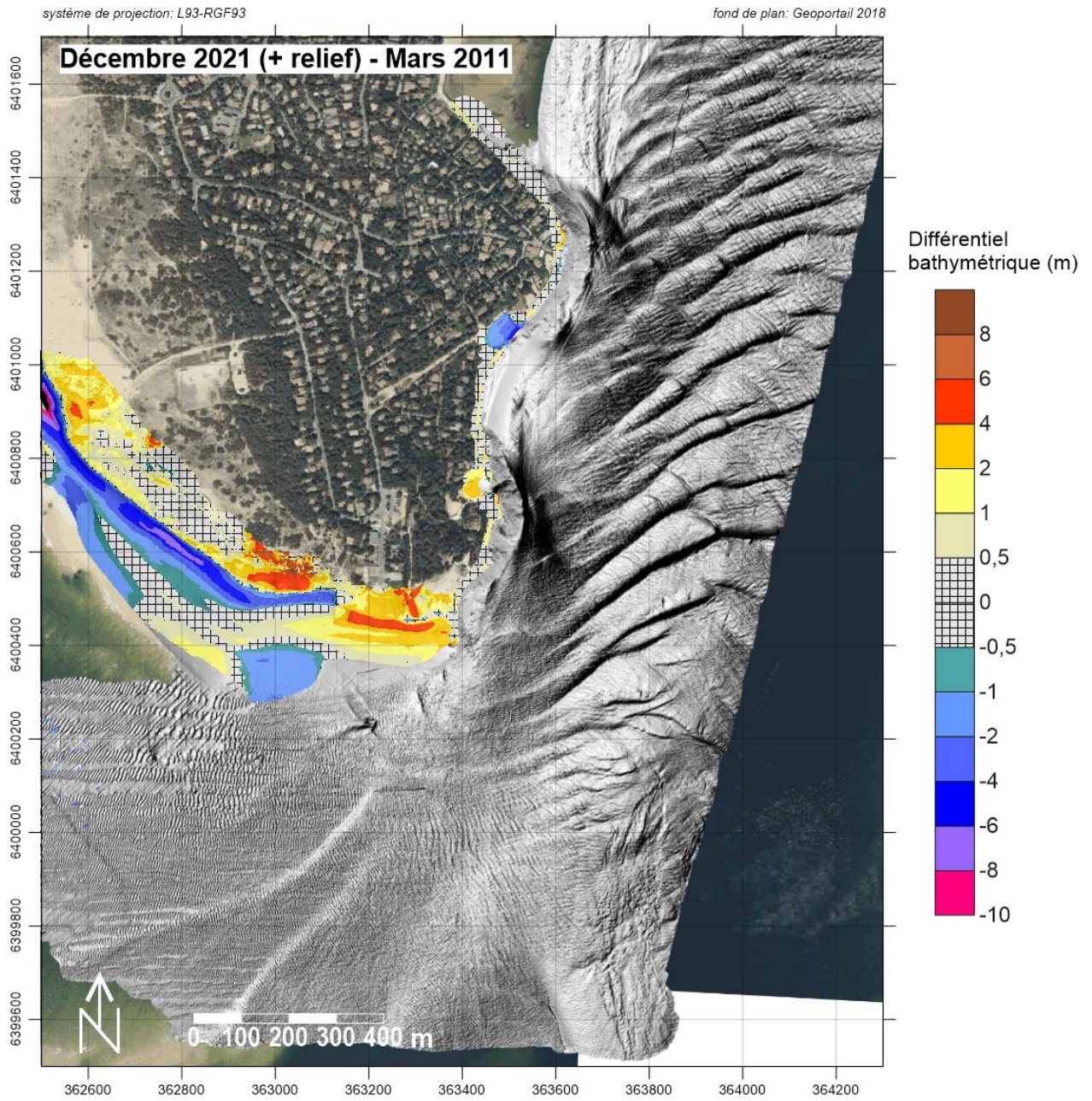
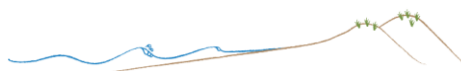


Figure F4: Evolutions des fonds de Mars 2011 à Décembre 2021



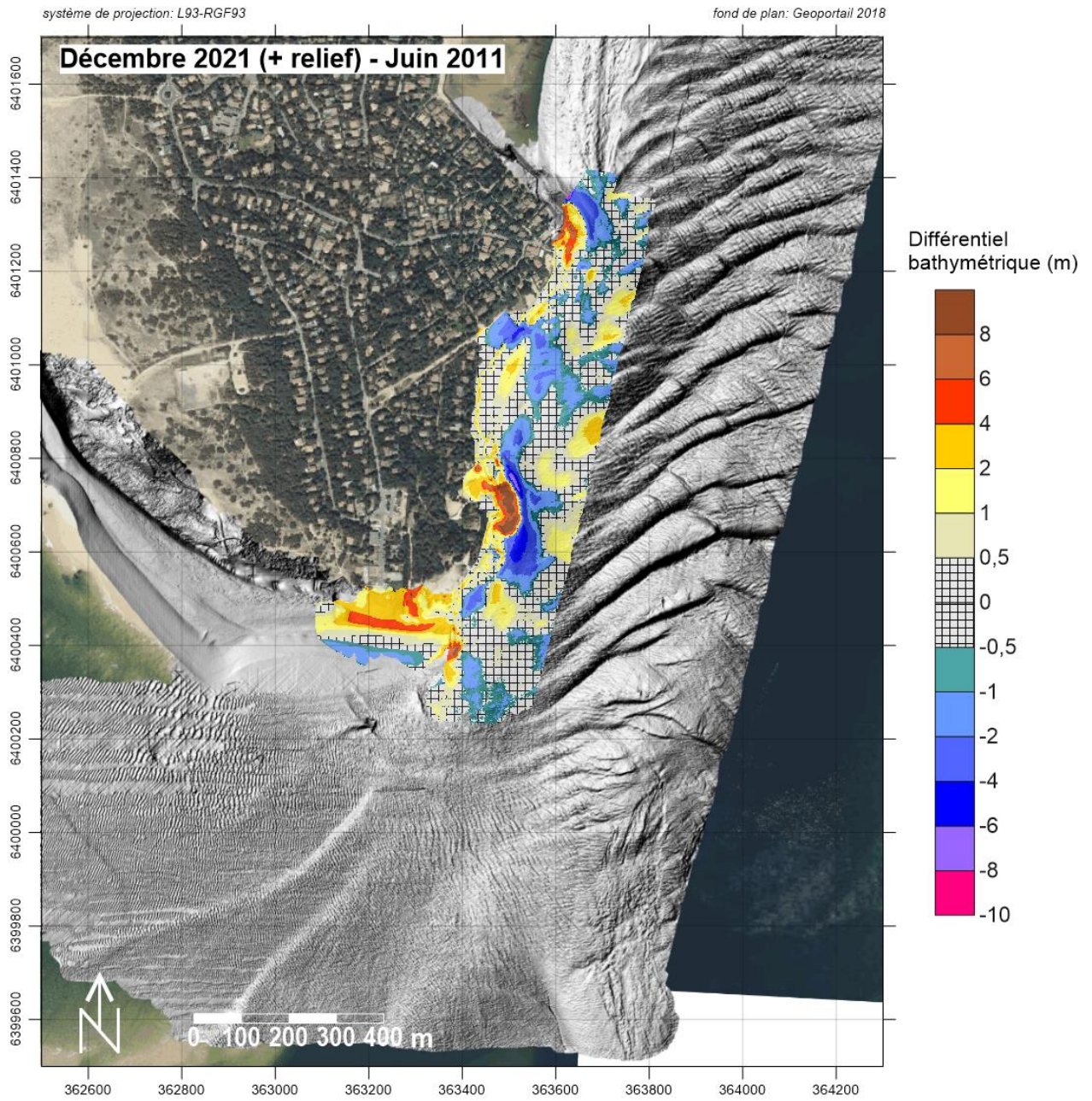
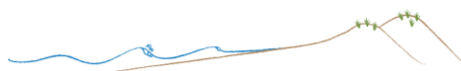


Figure F5: Evolutions des fonds de Mars 2011 à Décembre 2021



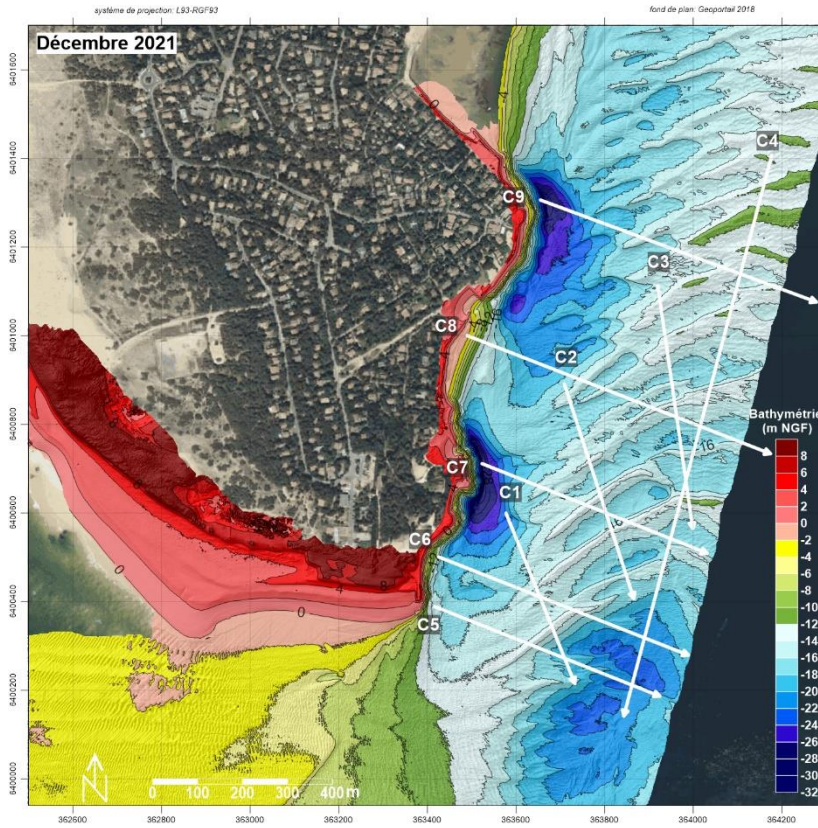


Figure F6: Tracés de profils pour analyses morpho-sédimentaires

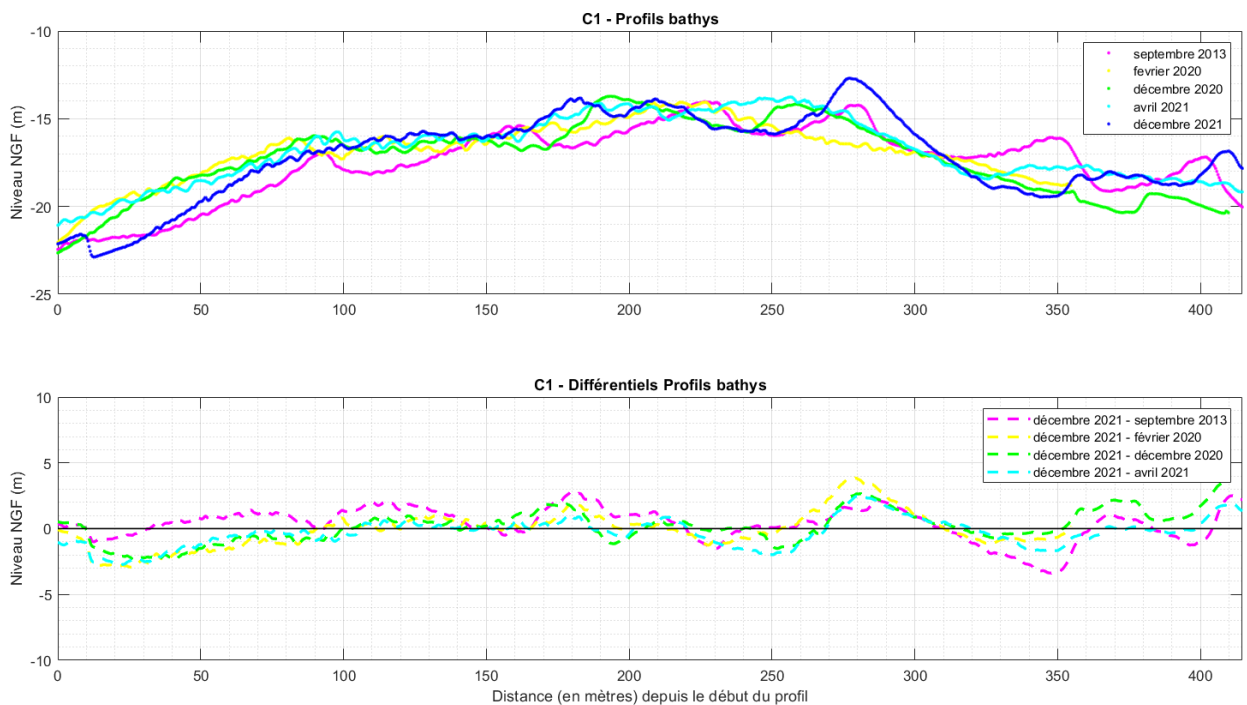


Figure F7: Evolutions morphologiques selon le profil C1 (Nord-Nord-Ouest à gauche et Sud-Sud-Est à droite)



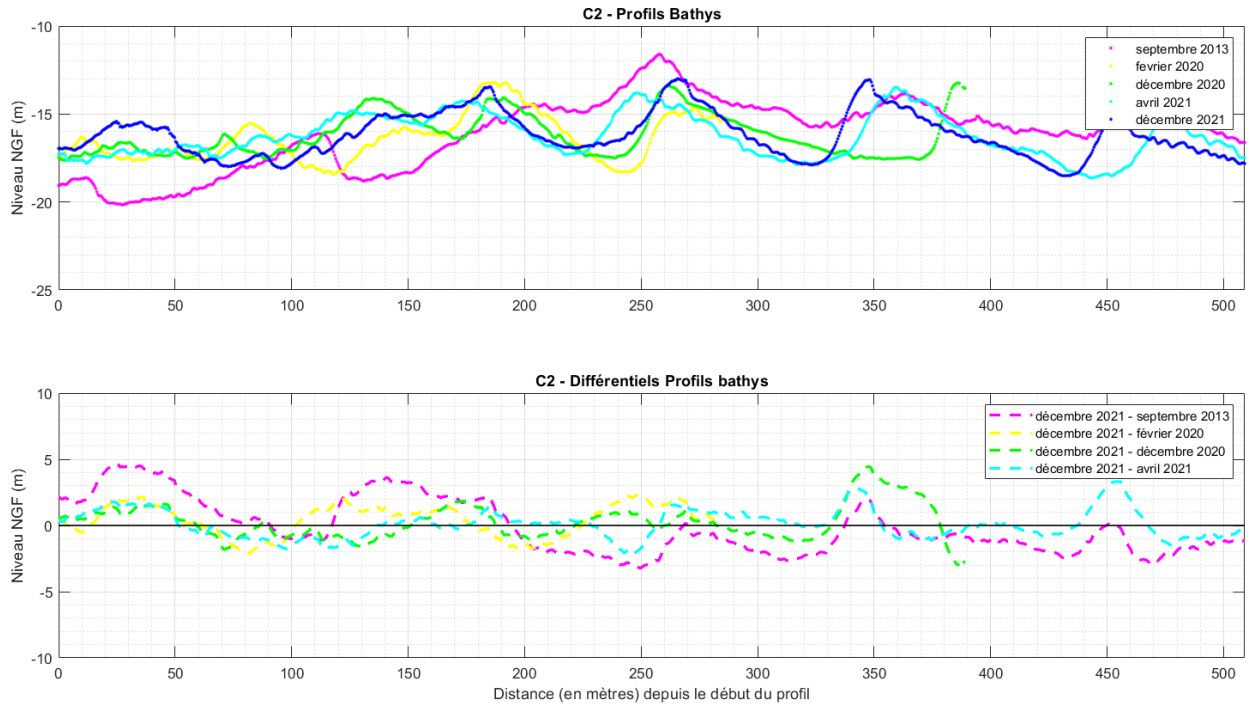


Figure F8: Evolutions morphologiques selon le profil C2 (Nord-Nord-Ouest à gauche et Sud-Sud-Est à droite)

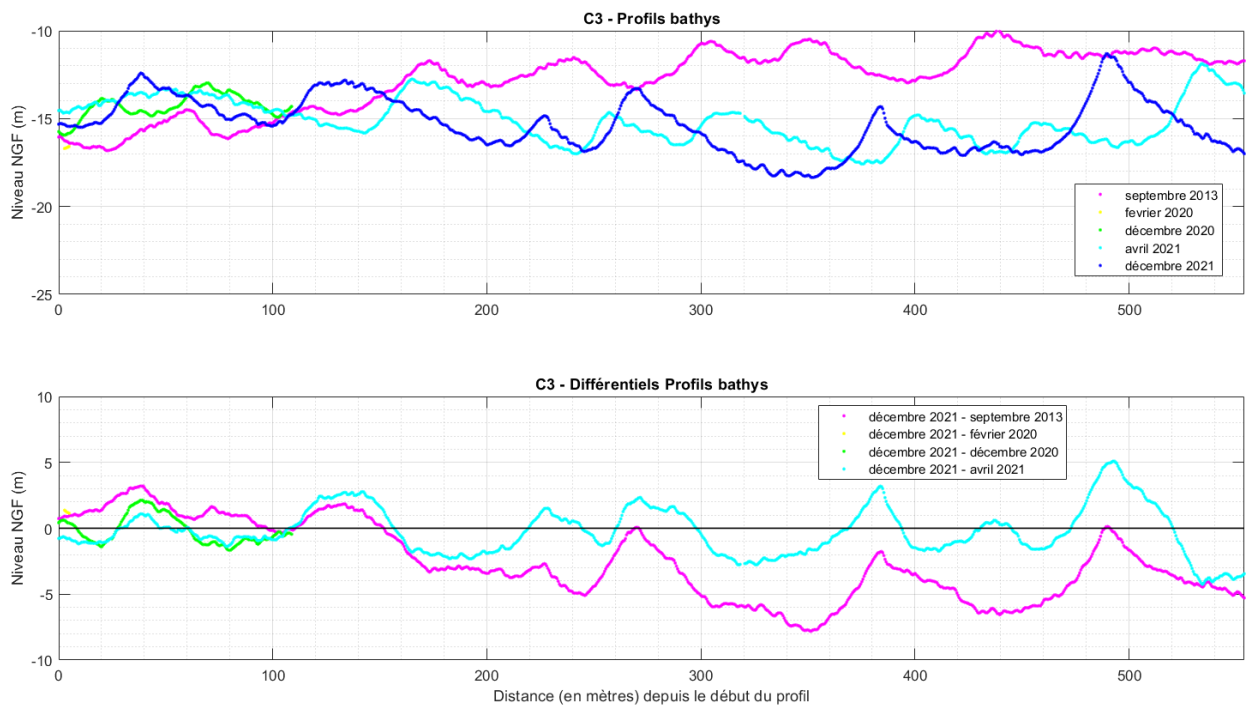


Figure F9: Evolutions morphologiques selon le profil C3 (Nord-Nord-Ouest à gauche et Sud-Sud-Est à droite)



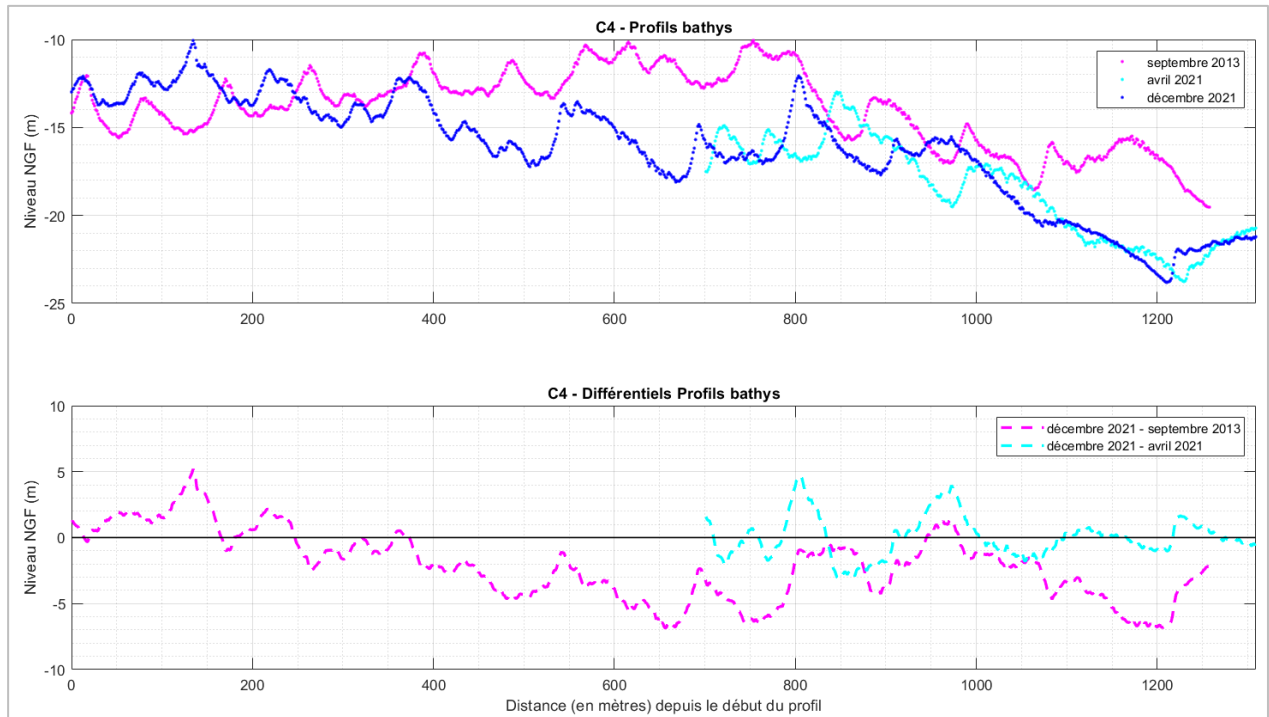


Figure F10: Evolutions morphologiques selon le profil C4 (Nord-Nord-Est à droite et Sud-Sud-Ouest à gauche)

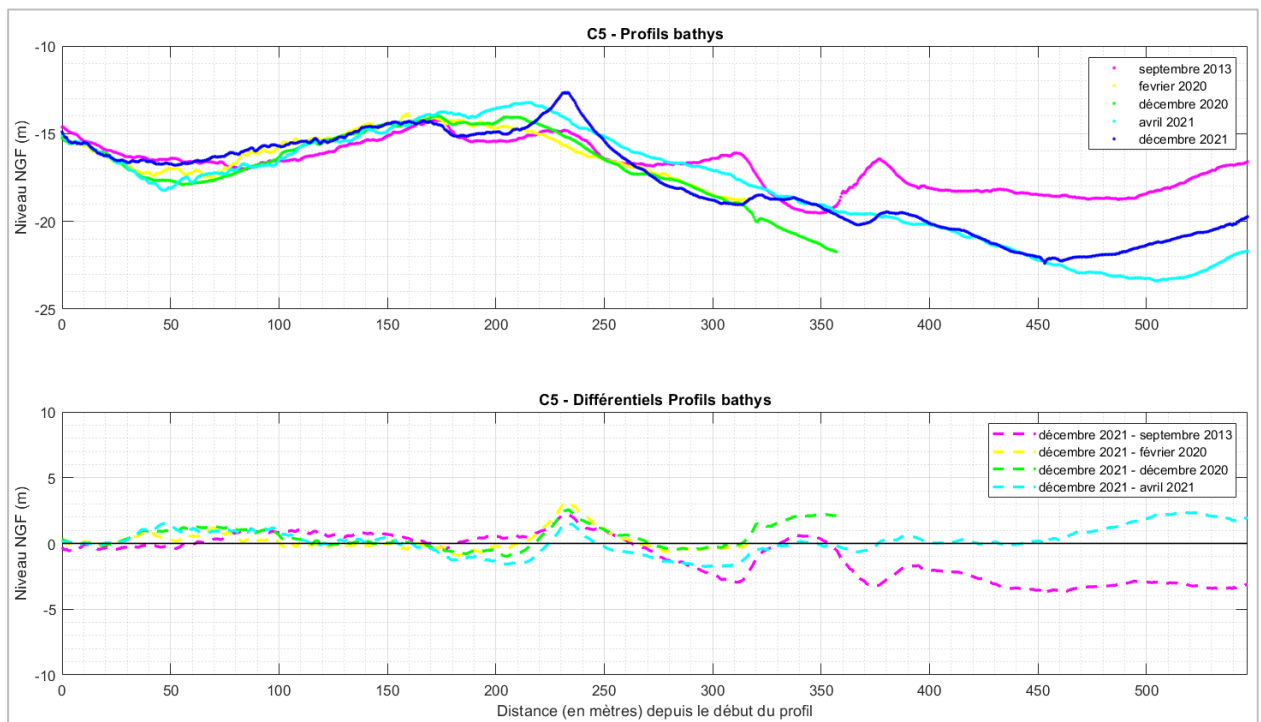


Figure F11: Evolutions morphologiques selon le profil C5 (Nord-Ouest à gauche et Sud-Est à droite)



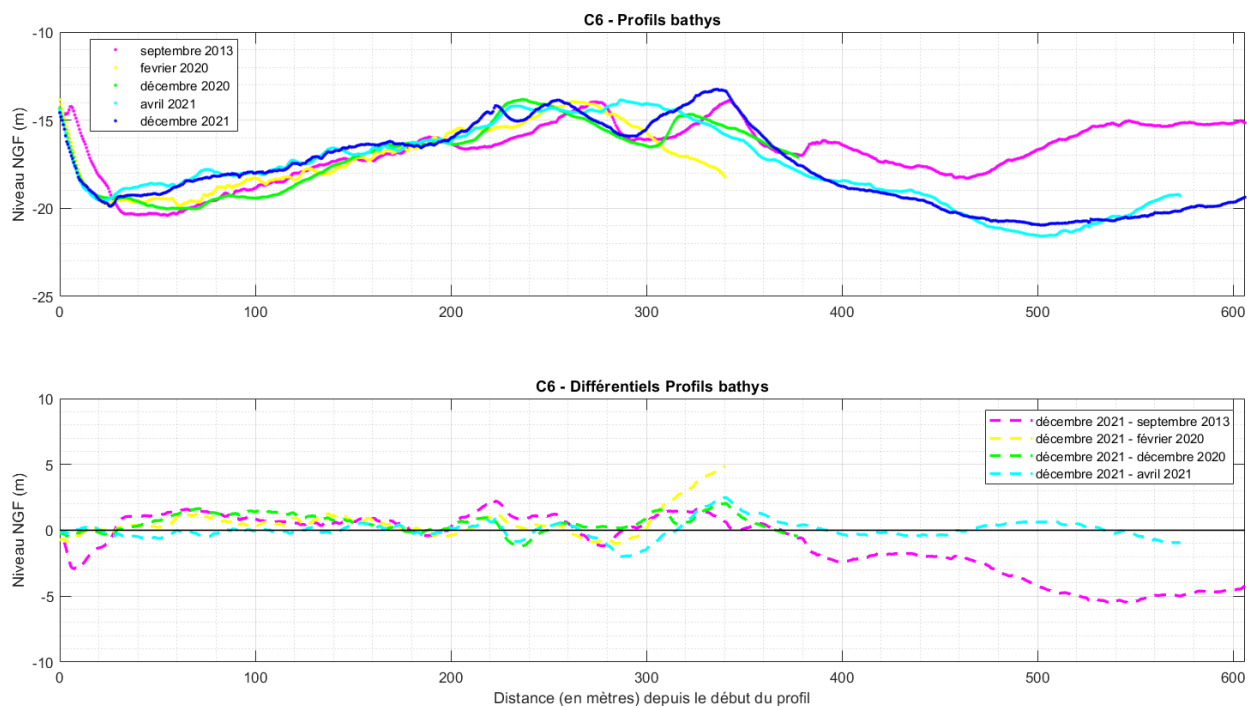


Figure F12: Evolutions morphologiques selon le profil C6 (Nord-Ouest à gauche et Sud-Est à droite)

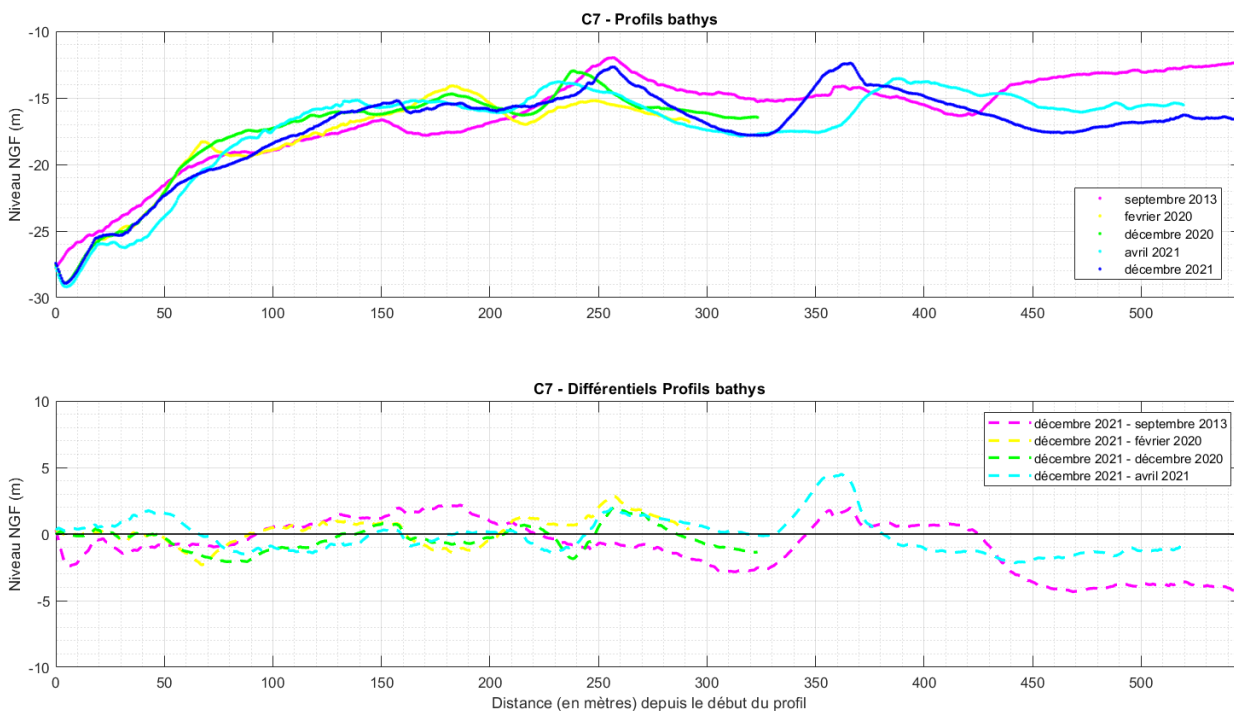
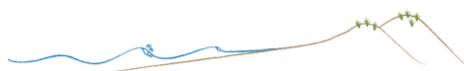


Figure F13: Evolutions morphologiques selon le profil C7 (Nord-Ouest à gauche et Sud-Est à droite)



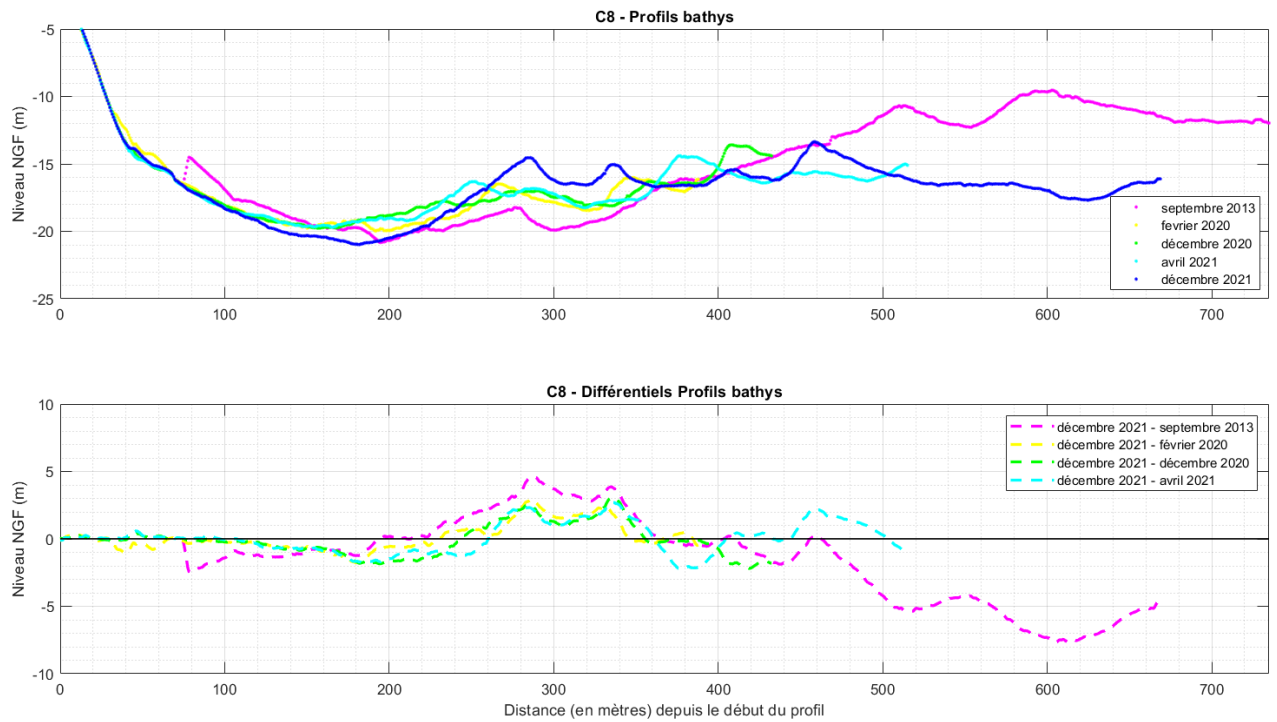


Figure F14: Evolutions morphologiques selon le profil C8 (Nord-Ouest à gauche et Sud-Est à droite)

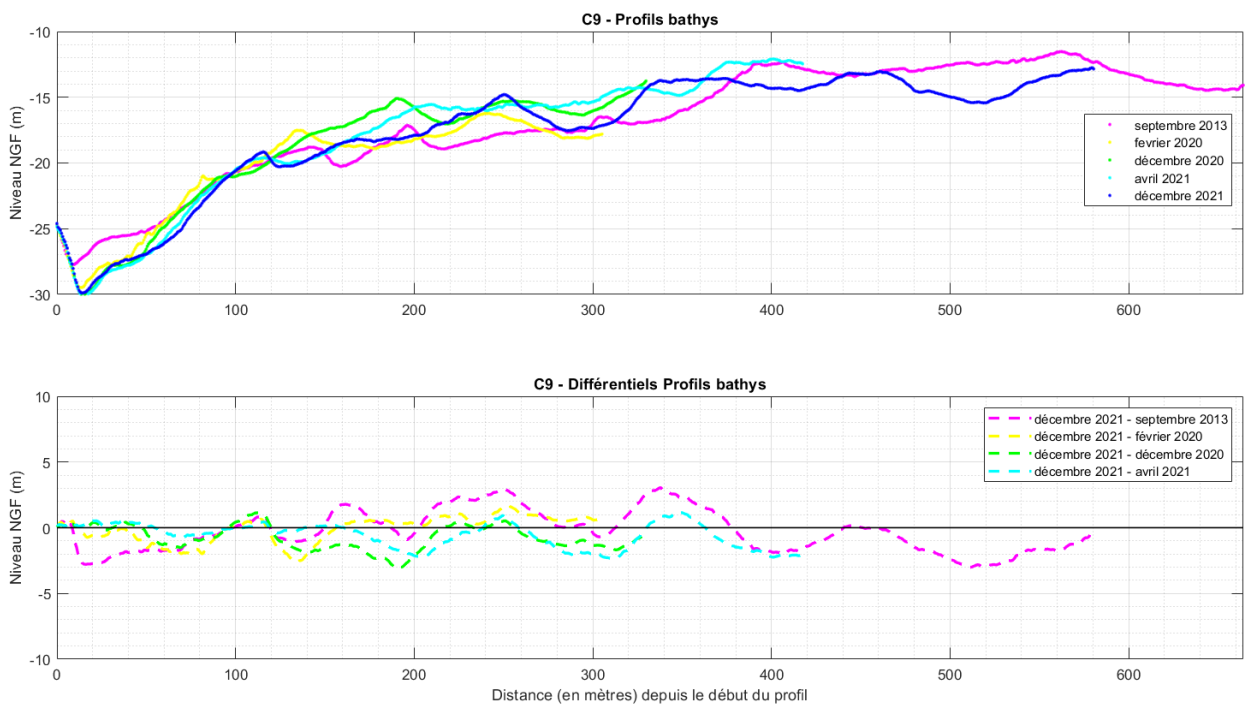
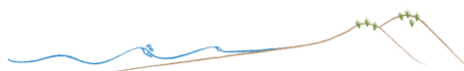


Figure F15: Evolutions morphologiques selon le profil C9 (Nord-Ouest à gauche et Sud-Est à droite).



Annexe G : Calculs des périodes de retours associées aux cumuls érosifs (par an et par pleine mer)

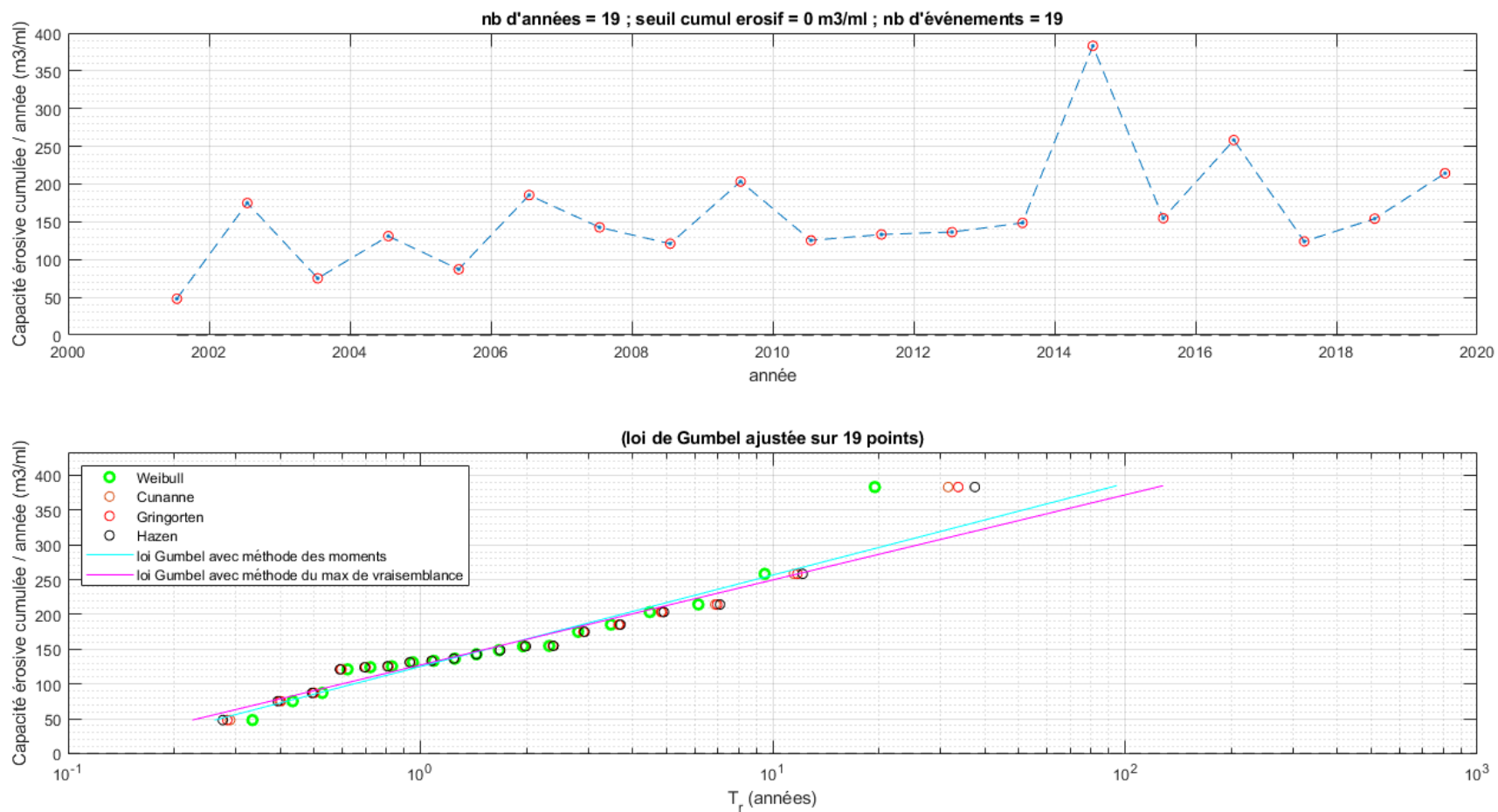


Figure G1: Périodes de retour associées aux cumuls érosifs dunaires annualisés.



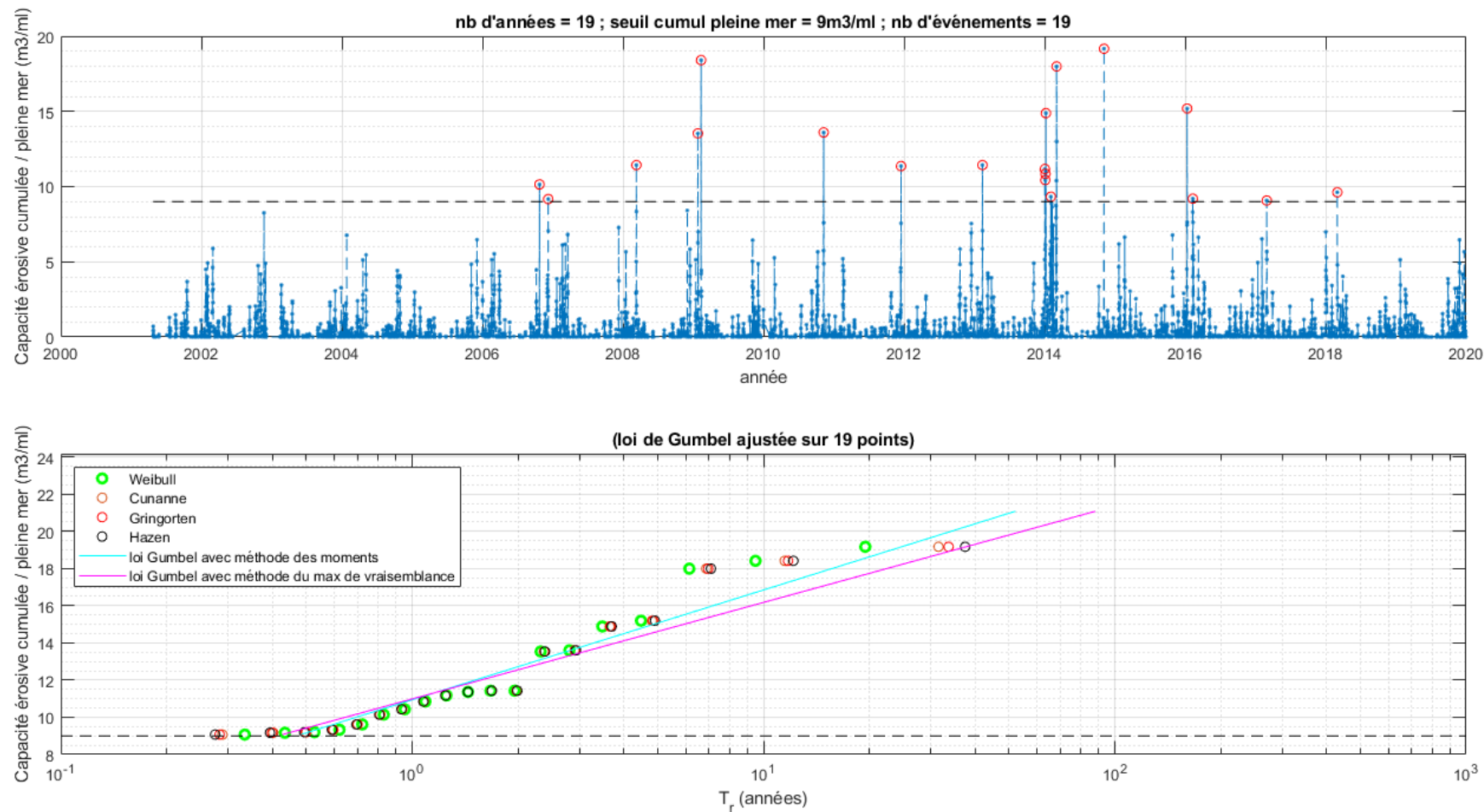


Figure G2: Périodes de retour associées aux cumuls érosifs dunaires par pleine mer (en rouge sur le graphe du haut : événements sélectionnés pour l'analyse statistique).



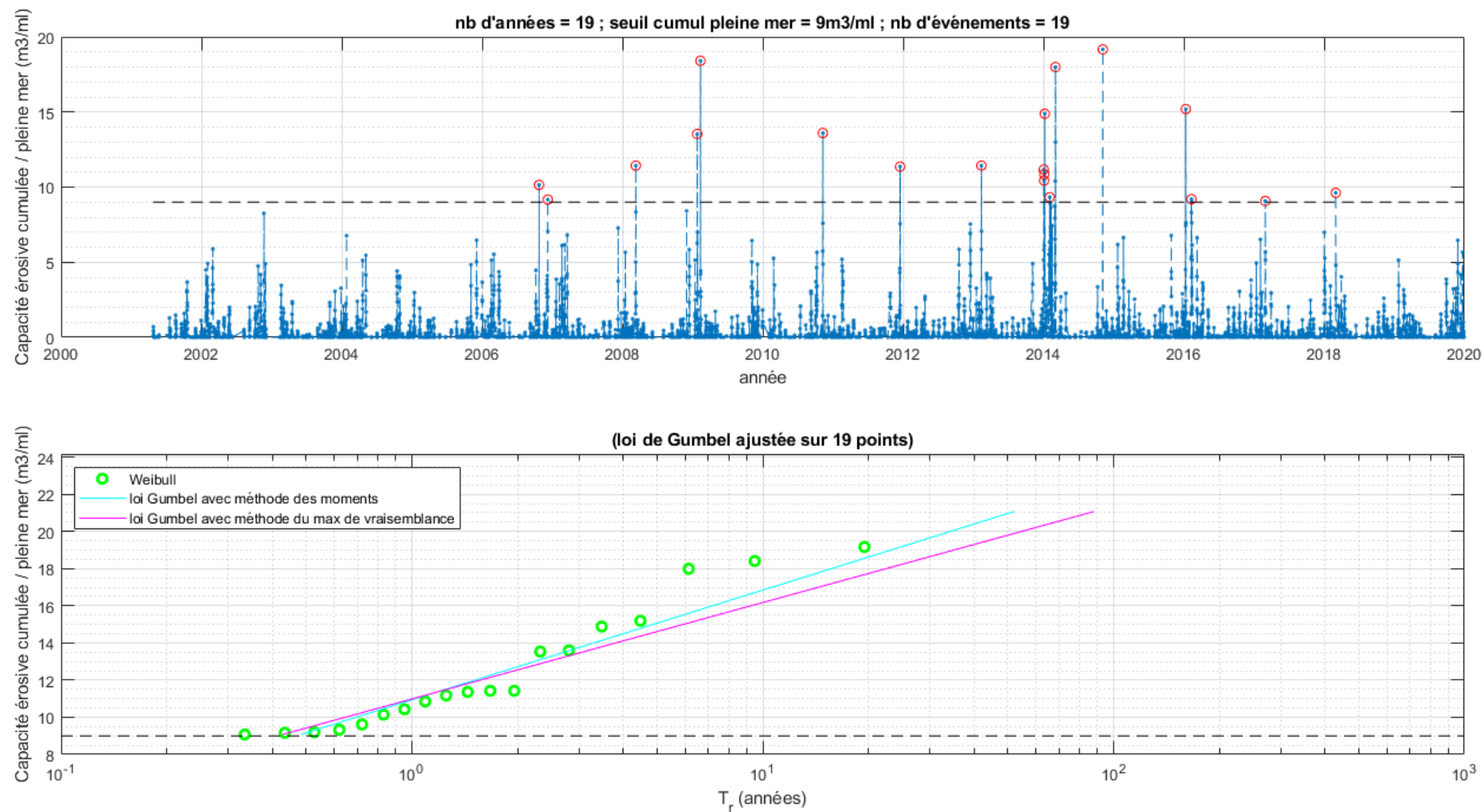


Figure G3: Périodes de retour associées aux cumuls érosifs dunaires par pleine mer (en rouge sur le graphe du haut : événements sélectionnés pour l'analyse statistique).

