

Document public



Caractérisation des stocks et des dynamiques sédimentaires des plages de Bidart et Guéthary en vue d'une gestion opérationnelle (Projet MAREA)

Rapport final

BRGM/RP-69330-FR

Octobre 2019



Document public

Caractérisation des stocks et des dynamiques sédimentaires des plages de Bidart et Guéthary en vue d'une gestion opérationnelle (Projet MAREA)

Rapport final

BRGM/RP-69330-FR

Octobre 2019

Étude réalisée dans le cadre des opérations Recherche du BRGM

Nicolae Lerma A., Paris, F., Voix F.
Avec la collaboration de
C. Garnier

Vérificateur :

Nom : Manuel GARCIN
Fonction : Ingénieur - chef de projet
Date : 21/10/2019



Signature :

Approbateur :

Nom : Nicolas PEDRON
Fonction : Directeur Régional NVA
Date : 23/10/2019



Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Mots-clés : Stocks sédimentaires, Fonctionnement hydro-sédimentaire, Modélisation hydrodynamique, Gestion des sédiments, Bidart, Guéthary, Pays Basque

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Nicolae Lerma A., Paris, F., Voix F., Garnier C. (2019) - Caractérisation des stocks et des dynamiques sédimentaires des plages de Bidart et Guéthary en vue d'une gestion opérationnelle (Projet MAREA). Rapport final. BRGM/RP-69330-FR, p.109, 84 fig., 8 ann.

Synthèse

Les tempêtes de l'hiver 2013/2014 ont eu un impact significatif sur le littoral de la côte basque : dégradation des milieux naturels, détérioration des ouvrages côtiers, submersion, érosion, ... nécessitant de nombreux travaux de restauration de la part des collectivités. Ces collectivités ont exprimé le besoin partagé de disposer de nouvelles connaissances environnementales littorales afin d'anticiper au mieux la gestion des risques côtiers. Pour répondre à ces besoins, les collectivités et les scientifiques se sont coordonnés par l'intermédiaire du Groupement d'Intérêt Scientifique Littoral Basque et son groupe de travail transfrontalier « risques côtiers » pour faire émerger le projet de recherche MAREA (Modélisation et Aide à la décision face aux Risques côtiers en Euskal Atlantique), en vue de répondre à l'appel à projets européen POCTEFA.

Dans le cadre de ce projet de recherche la Communauté d'Agglomération Pays-Basque, partenaire du projet, a sollicité le BRGM (Bureau de Recherche Géologiques et Minières) et CASAGEC Ingénierie pour réaliser un état zéro des connaissances sur les origines et les dynamiques sédimentaires du littoral des communes de Guéthary et Bidart compris entre la plage d'Erretegia (au nord de Bidart) et la plage d'Harotzen Costa (au sud du port de Guéthary).

Les objectifs de ce programme de recherche se déclinent ainsi :

- caractériser les évolutions géomorphologiques des plages,
- évaluer les stocks sédimentaires de l'ensemble des systèmes de plages (petits fonds et plages),
- établir un lien entre le fonctionnement hydro-sédimentaire de la bande littorale et les pratiques actuelles de gestion opérées par les communes.

Ce rapport de synthèse décline les différents objectifs sous forme de niveaux d'informations (niveau 1 : méthodes d'acquisitions de données, niveau 2 : traitements de la donnée, niveau 3 : analyses thématiques) et expose le parcours méthodologique utilisé pour les atteindre.

Un schéma de fonctionnement général et des schémas spécifiques aux différentes plages sont proposés. Ils constituent une synthèse des connaissances acquises durant le projet. Ces informations sont mises en relation avec le recensement des pratiques de gestion actuelles. L'essentiel des informations est synthétisé sous forme de fiches thématiques, déclinées pour chacune des plages étudiées. L'ensemble établit un premier cadre méthodologique pour la mise en place de plans de gestion des sédiments. Ces fiches sont accompagnées d'un guide à la lecture et d'un glossaire.

Sommaire

1. INTRODUCTION	13
1.1. CONTEXTE GLOBAL DE L'ETUDE	13
1.1.1. Le programme de recherche MAREA	13
1.2. OBJECTIFS DU PRESENT RAPPORT	15
2. PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE	17
2.1. TYPOLOGIE DU LITTORAL	17
2.2. PLAGE ET DOMAINE SUBTIDAL	18
2.3. EVOLUTION ET CONNAISSANCES HISTORIQUES RECENTES	19
3. CONTEXTE HYDRODYNAMIQUE	21
3.1. MAREES ET DELIMITATION DES ZONES INTERTIDALES	21
3.2. VENTS	22
3.3. VAGUES	23
3.4. SERIES TEMPORELLES ET INDICATEURS D'IMPACTS DES TEMPETES LORS DE LA PERIODE D'ETUDE	25
4. EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE DU LITTORAL	27
4.1. METHODOLOGIE	27
4.2. NIVEAU 1 : ACQUISITION DES DONNEES GEOMORPHOLOGIQUES	27
4.2.1. Outils	27
4.2.2. Synthèse des données	32
4.3. NIVEAU 2 : TRAITEMENT DES DONNEES MULTISOURCES	32
4.3.1. Analyse des profils transversaux	33
4.3.2. Analyse des modèles numériques de terrain	34
4.4. NIVEAU 3 : ANALYSE DES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES	35
4.4.1. Evolution des profils transversaux et enveloppes de variabilité	35
4.4.2. Grande variabilité des évolutions morphologiques et volumétriques	39
5. EVALUATION DES STOCKS SEDIMENTAIRES	51
5.1. METHODOLOGIE	51
5.2. NIVEAU 1 : ACQUISITION DES DONNEES SOCLES	52
5.2.1. Sondages de reconnaissance géologique	52
5.2.2. Analyse granulométrique	53
5.2.3. Données LiDAR et levés topo-bathymétriques	53
5.2.4. Sonar et sondeur à sédiments	54
5.3. NIVEAU 2 : IDENTIFICATION DU TOIT ROCHEUX	54

5.3.1. Interprétation et identification du toit rocheux	54
5.3.2. Granulométrie	56
5.4. NIVEAU 3 : QUANTIFICATION ET ANALYSE DES TRANSFERTS.....	57
5.4.1. Quantification des stocks sédimentaires.....	57
5.4.2. Evolutions des stocks et échanges plages/petits fonds.....	58
5.4.3. Evolution des stocks par plage	61
6. DYNAMIQUES ET FONCTIONNEMENTS HYDRO-SEDIMENTAIRES	67
6.1. METHODE	67
6.2. NIVEAU 2 : TYPE DE MODELE ET FORÇAGES	68
6.2.1. Type de modélisation	68
6.2.2. Données hydrodynamique de forçage	70
6.3. BATHYMETRIE ET NATURE DU FOND	73
6.4. NIVEAU 3 : EVALUATION DES FLUX SEDIMENTAIRES ET DES COURANTS SUR LE FOND.....	74
6.4.1. Capacité de mouvement et flux sédimentaires	74
6.4.2. Courants associés aux vagues	80
7. SYNTHÈSE ET SCHEMAS DE FONCTIONNEMENT HYDRO-SEDIMENTAIRE.....	85
7.1.1. Profondeur de fermeture	85
7.1.2. Transit longitudinal	87
7.1.3. Schéma de synthèse du fonctionnement hydro-sédimentaire	88
8. GESTION DES SEDIMENTS	91
8.1. NIVEAU 1 : TYPE DE MOYEN DE GESTION ET QUESTIONNAIRE	91
8.1.1. Principes et actions associés à la gestion des sédiments	91
8.1.2. Questionnaire.....	93
8.2. NIVEAU 2 : INVENTAIRE DES ACTIONS EN COURS	95
8.3. NIVEAU 3 : ANALYSE DES OPERATIONS DE GESTION	96
9. FICHES PLAGES	99
9.1. PAGE DE PRESENTATION	99
9.2. PLANCHE 2 : DESCRIPTION GEOMORPHOLOGIQUE	100
9.3. PLANCHE 3 : ANALYSE DE L'ÉPAISSEUR DES SEDIMENTS ET DE LEUR GRANULOMETRIE	101
9.4. PLANCHE 4 : CONTEXTE METEO-MARIN	102
9.5. PLANCHE 5 : REPRESENTATION DES COURANTS ET DE LA DERIVE LITTORALE.....	103
9.6. PLANCHE 6 : EVOLUTION DE LA MORPHOLOGIE DE LA PLAGES	104
9.7. PLANCHE 7 : EVOLUTION DU VOLUME DE SABLE SUR LA PLAGES	105
9.8. PLANCHE 8 : BILAN DES PRATIQUES DE GESTION DES SEDIMENTS SUR LA PLAGES	106
10. CONCLUSION.....	107
11. BIBLIOGRAPHIE	109

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des sites d'études et des thématiques étudiés dans le cadre du projet MAREA	14
Figure 2 : Schéma organisationnel de l'information fournie dans le rapport, dans le cadre de la mise en place d'un plan de gestion des sédiments	15
Figure 3 : Types de morphologies côtières sur les communes littorales de la côte basque (Genna et al., 2004).....	17
Figure 4 : Secteur d'étude encadré en rouge. Les délimitations « type » font référence à la typologie de Genna et al., 2004 (cf. Figure 3)	18
Figure 5 : Illustration de l'alternance de platiers rocheux et des zones d'accumulation sableuses sur le site d'étude. Composition de photographies aériennes ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Michel Le Collen, 2012	18
Figure 6 : Carte des faciès sédimentaires (cartes G, SHOM 2016) sur le plateau continental (Augris 1999, Jouanneau 2007, Cirac P. et Weber O. 2009). L'encadré rouge délimite la zone d'étude.	19
Figure 7 : Evolution des plages de l'Uhabia et des Embruns au cours des 45 dernières années.....	20
Figure 8 : Evolution de la plage du Centre à différentes dates des 45 dernières années	20
Figure 9 : Illustration des limites de marée BMVE (en bleu) et PMVE (en vert) sur les plages du site d'étude (sur la base des données topographiques LiDAR et orthophoto simultanée, OCA 2017).....	21
Figure 10 : Rose des vents sur le site de Bidart (données CF SR, période janvier à 2008 à mai 2019).....	22
Figure 11 : Distributions mensuelles des vents sur le site de Bidart (données CF SR, période janvier à 2008 à mai 2019) échelle d'intensité des vents disponible Figure 10.....	23
Figure 12 : Rose des hules sur le site de Bidart (données CF SR, période janvier à 2008 à mai 2019).....	24
Figure 13 : Distributions mensuelles des vagues sur le site de Bidart (données CF SR, période janvier à 2008 à mai 2019) échelle d'intensité des hauteurs de vague disponible Figure 12	24
Figure 14 : Extraction du réseau tempête pour les sites de Bidart-Guéthary (source : réseau tempête OCA), a) conditions d'énergies des vagues, b) niveau d'eau marée + surcote atmosphérique + jet de rive et c) indicateurs d'impact érosif (échelle de 1 à 4)	25
Figure 15 : Emprise des levés LiDAR utilisés dans le projet.....	28
Figure 16 : Photographie d'un levé DGPS perche au niveau de l'Uhabia (gauche) et cartographie du semi de points lors d'une campagne de mesures (nov. 2017)	29
Figure 17 : Emprise des levés D-GPS utilisés dans le projet.....	30
Figure 18 : Carte topo-bathymétrique de la zone d'étude issue de levé CASAGEC (Mai 2011).....	31
Figure 19 : Emprise des levés bathymétriques utilisés dans le projet	31
Figure 20 : Localisation des 7 profils transversaux (C1 à C7) définis pour le protocole de suivi de la plage du Centre	33
Figure 21 : Localisation des 5 profils transversaux (U1 à U5) définis pour le protocole de suivi de la plage de l'Uhabia et des 3 profils définis sur la plage des Embruns (E1 à E3).	34
Figure 22 : Segmentation zonale des petits fonds et des plages utilisées pour la caractérisation des évolutions morphologiques et de stocks sédimentaires.....	35
Figure 23 : Profils transversaux sur la plage du Centre Nord acquis entre 2009 et 2019	36
Figure 24 : Profil moyen (noir) et enveloppe des profils transversaux sur la plage du Centre Nord acquis entre 2009 et 2019	36

Figure 25 : Profils transversaux sur la plage de Centre Sud, acquis entre 2009 et 2019.....	37
Figure 26 : Profil moyen (noir) et enveloppe des profils transversaux sur la plage du Centre Sud, acquis entre 2009 et 2019.....	37
Figure 27 : Profils transversaux sur la plage de l’Uhabia acquis entre 2009 et 2019. Le substratum est figuré en gris foncé.	38
Figure 28 : Profil moyen (noir) et enveloppe des profils transversaux sur la plage de l’Uhabia acquis entre 2009 et 2019. Le substratum est figuré en gris foncé.	38
Figure 29 : Exemple d’évolution morphologique mensuelle témoignant de bascules transversales : entre avril et mai 2011, le sable des petits fonds a gagné le haut de plage de l’Uhabia	40
Figure 30 : Exemple d’évolution morphologique pluri-mensuelle hivernale témoignant de bascules transversales : entre novembre 2018 et janvier 2019, l’épaisseur de sédiments sur le haut de plage a été réduite au profit de celle du bas de plage.....	41
Figure 31 : Exemple d’évolutions morphologiques mensuelles hivernales témoignant de transferts longitudinaux (période janvier-mars 2018)	42
Figure 32 : Exemple d’évolutions morphologiques mensuelles hivernales témoignant de transferts mixtes, transversaux et longitudinaux (période mars-avril 2018)	42
Figure 33 : Exemple d’évolutions morphologiques mensuelles au printemps, transferts modérés sur le secteur Uhabia/Embruns et de dynamiques opposées sur les plages du Centre (periode avril-mai 2018).....	43
Figure 34 : Conditions hydrodynamiques et indicateur d’impact érosif (source : OCA) durant la période des suivis (octobre 2017 - mai 2018)	43
Figure 35 : Evolutions morphologiques saisonnières hivernales (novembre 2017 - avril 2018).....	44
Figure 36 : Evolutions morphologiques saisonnières estivales (mai - septembre 2018)	45
Figure 37 : Evolutions morphologiques pluriannuelles (période mai 2011 - octobre 2014)	46
Figure 38 : Variété des configurations morphologiques des plages du Centre.....	46
Figure 39 : Evolutions morphologiques annuelle (période octobre 2014 - novembre 2015)	47
Figure 40 : Evolutions morphologiques annuelle (période novembre 2015- octobre 2016)	47
Figure 41 : Evolutions morphologiques annuelle (période octobre 2016 - octobre 2017)	48
Figure 42 : Evolutions morphologiques annuelle (période octobre 2017- septembre 2018)	49
Figure 43 : Schéma de principe pour l’identification de l’Unité Sableuse Supérieure (USU) permettant de déterminer les stocks sableux disponibles	51
Figure 44 : Campagne de sondages géologiques.....	52
Figure 45 : Carte de localisation des sondages géologiques sur les plages Uhabia et Embruns	52
Figure 46 : Illustration d’échantillonnage de sédiments pour l’analyse granulométrique	53
Figure 47 : Identification des affleurements rocheux sur le site de la plage des Embruns	53
Figure 48 : Carte des faciès identifiés au sonar à balayage latéral	54
Figure 49 : Localisation des points permettant d’identifier le toit du substratum rocheux, sur les plages de l’Uhabia et d’Embruns, à partir de l’ensemble des campagnes de levés.....	55
Figure 50 : Modèle numérique du toit du substratum rocheux (petits fonds et des plages)	55
Figure 51 : Illustration d’un log géologique réalisé sur la plage de l’Uhabia	56
Figure 52 : Epaisseur de sédiments sableux mobilisables sur la zone d’étude en octobre 2017.....	57
Figure 53 : Epaisseur de sédiments sableux mobilisables sur la zone d’étude en mars 2018.....	57
Figure 54 : Différentiel des volumes sédimentaires sur 1 an, d’octobre 2017 à octobre 2018	59

Figure 55 : Différentiel des volumes sédimentaires pour la période hivernale d'octobre 2017 à mars 2018.....	60
Figure 56 : Différentiel des volumes sédimentaires pour la période estivale de mars 2018 à octobre 2018.....	60
Figure 57 : Différentiel des volumes sédimentaires pour la période hivernale d'octobre 2018 à mars 2019.....	61
Figure 58 : Evolution des stocks sédimentaires sur les plages Uhabia/Embruns de 2009 à 2019	63
Figure 59 : Evolution des stocks sédimentaires sur les plages du Centre de 2009 à 2019	64
Figure 60 : Evolution des stocks sédimentaires sur la plage de Parliamentia de 2011 à 2019.....	65
Figure 61 : Evolution des stocks sédimentaires dans le port de Guéthary de 2011 à 2019.....	65
Figure 62 : Evolution des stocks sédimentaires sur la plage de Harotzen Costa 2011 à 2019.....	66
Figure 63 : Evolution annuelle (avril à avril) de la hauteur significative des vagues (Hs) de 2013 à 2019 au large de Bidart au droit des isobathes 10 m (orange) et 30 m (bleu).....	71
Figure 64 : Illustration des secteurs directionnels modélisés au regard des conditions de vagues au large du site d'étude (sur fond bleu conditions moyennes, fond jaune conditions de tempêtes annuelles, fond orange conditions de tempêtes historiques).....	72
Figure 65 : Modèle numérique de topo-bathymétrie utilisé pour les simulations du modèle 1	73
Figure 66 : Modèle numérique de topo-bathymétrie utilisé pour les simulations du modèle 2.....	74
Figure 67 : Carte de flux de sédiments chariés sur la période hivernale octobre 2017 - mars 2018.....	76
Figure 68 : Temps de mobilité saisonnier des sables ($D_g = 0.2 \text{ mm}$) par année	77
Figure 69 : Taille de grain moyen maximal mobilisable par année et par saison	78
Figure 70 : Durée relative de mobilité des sédiments saison estivale (en haut), saison hivernale (en bas).....	79
Figure 71 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles moyennes à marée basse	80
Figure 72 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles moyennes à marée haute	81
Figure 73 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête à marée basse	82
Figure 74 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête à marée haute	82
Figure 75 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête d'orientation de provenance 325-330 à marée basse.....	83
Figure 76 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête d'orientation de provenance 325-330 à marée haute	84
Figure 77 : Illustration de la profondeur de fermeture observée	86
Figure 78 : Organisation des stocks sédimentaires mettant en évidence le sens dominant du transit littorale entre -10 et -2 m	87
Figure 79 : Schéma de synthèse du fonctionnement hydro-sédimentaire « Eté-Automne ».....	89
Figure 80 : Schéma de synthèse du fonctionnement hydro-sédimentaire « Hiver »	89
Figure 81 : Appui cartographique lors de la réalisation des enquêtes	95
Figure 82 : Recensement des actions de gestion des sédiments et actions associées sur les sites de Bidart et Guéthary	95
Figure 83 : Synthèse des transferts de sable relatifs aux actions de gestion pour la commune de Bidart	97
Figure 84 : Synthèse des transferts de sable relatifs aux actions de gestion pour la commune de Guéthary	97

Liste des annexes

Annexe 1 Campagne de sondages de reconnaissance géologique - du 6 au 9 novembre 2017	111
Annexe 2 Localisation des affleurements rocheux.....	115
Annexe 3 Cartes d'épaisseur des sédiments	119
Annexe 4 Caractéristiques et évolutions des contraintes de fond sur la période étudiée.....	123
Annexe 5 Cartes de durée potentielle de mobilité sédimentaire lors de la période 2013-2014.....	127
Annexe 6 Cartes de synthèse des courants sur le fond pour différentes conditions de houles et de marée.....	131
Annexe 7 Questionnaire à destination des collectivités	135
Annexe 8 Fiches pages	143

1. Introduction

1.1. CONTEXTE GLOBAL DE L'ETUDE

1.1.1. Le programme de recherche MAREA

Les tempêtes de l'hiver 2013/2014 ont eu des impacts importants sur le littoral de l'ensemble de l'Europe Atlantique. Ces effets ont notamment pu être observés le long de la côte franco-espagnole du Pays Basque : départs de sédiments, abaissements des profils de plages, érosion des falaises, submersions marines par débordement dans les zones basses et par franchissements par paquets de mer... en mettant en péril la sécurité des biens et des personnes et en endommageant fortement des infrastructures de part et d'autre de la frontière (perrés, jetées, enrochements...).

Face à cette situation, de nombreux travaux de restauration, dont le coût a atteint plusieurs centaines de milliers d'euros, ont été immédiatement engagés par l'ensemble des pouvoirs publics à l'échelle transfrontalière. En parallèle, les collectivités basques ont exprimé le besoin de disposer de nouvelles connaissances environnementales littorales de haute précision (spatiale et temporelle) dans le but de mieux connaître le fonctionnement des systèmes littoraux à échelle locale et pour anticiper au mieux la gestion des risques côtiers.

Pour répondre à ce besoin, les collectivités et les scientifiques se sont coordonnés par l'intermédiaire du Groupement d'Intérêt Scientifique Littoral Basque et son groupe de travail transfrontalier « risques côtiers » pour faire émerger le projet de recherche MAREA en vue de répondre à l'appel à projets POCTEFA. Ce projet transdisciplinaire vise à développer des modélisations ultra-locales pour la prévision des processus d'érosion et de submersion à l'échelle des plages en compléments des alertes préfectorales. Ces outils opérationnels d'aide à la décision ont pour objectif d'apporter des connaissances nouvelles et innovantes qui contribueront à : anticiper les effets localisés des aléas intensifiés lors des tempêtes, organiser au mieux la gestion de crises et le déploiement des moyens de protection, impulser des réflexions en lien avec la culture du risque.

L'objet de ce rapport est d'exposer de manière synthétique le travail réalisé sur une thématique spécifique du projet MAREA : la caractérisation des stocks sédimentaires et l'étude du fonctionnement hydro-sédimentaire de la zone pilote Bidart-Guéthary (Figure 1).

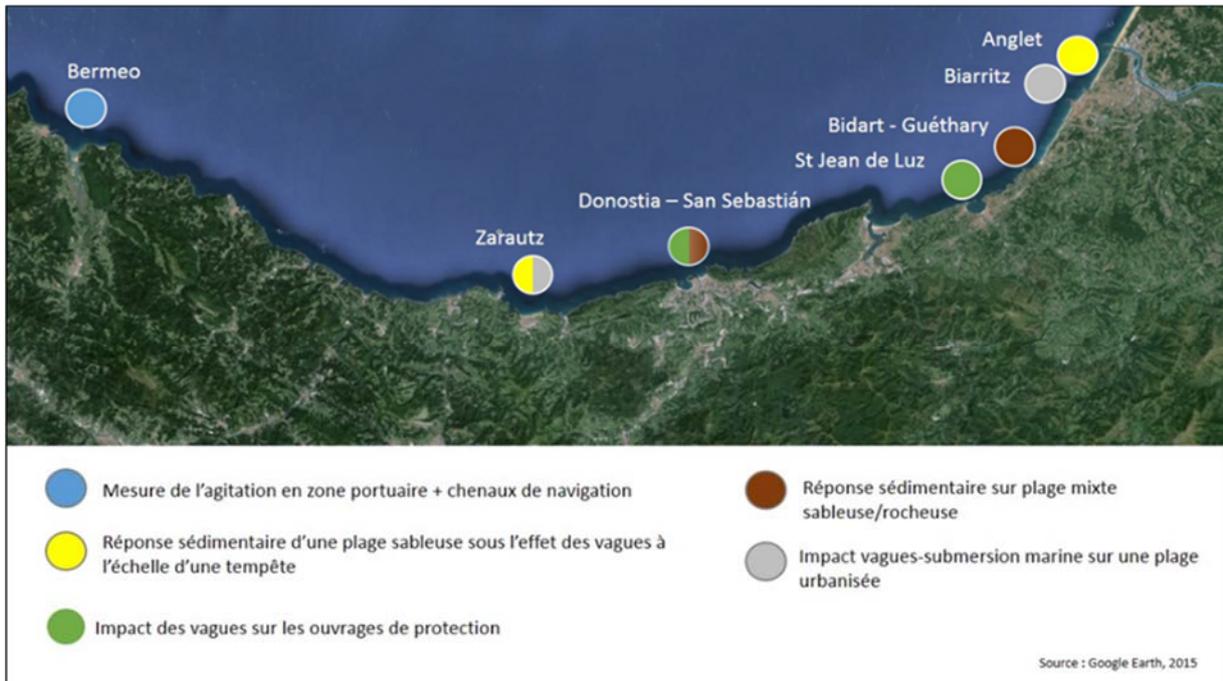


Figure 1 : Répartition des sites d'études et des thématiques étudiés dans le cadre du projet MAREA

Plus précisément, la Communauté d'Agglomération du Pays Basque (CAPB), en partenariat avec les communes de Guéthary et de Bidart, souhaite disposer de nouvelles connaissances sur le secteur littoral compris entre la plage d'Erretegia (au nord de Bidart) et la plage d'Harotzen Costa (au sud du port de Guéthary), en particulier pour mieux comprendre la particularité des évolutions de ce site complexe (alternant secteurs de falaises, platiers rocheux, plages de poche et plages perchées) et évaluer l'efficacité des actions de gestion existantes.

Le projet vise à étudier plusieurs composantes de la cellule hydro-sédimentaire du secteur littoral étudié, en particulier :

- Caractériser la nature des sédiments (granulométrie),
- Caractériser les échanges sédimentaires et les évolutions morphologiques de l'avant-côte et des plages,
- Identifier les stocks de sables disponibles sur l'avant-côte et les plages,
- Proposer un schéma général du fonctionnement hydro-sédimentaire susceptible de servir de base à la mise en place d'un plan de gestion des sédiments.

Ce travail sera réalisé sur la base de campagnes de mesures réalisées sur la durée du programme de recherche et à l'aide d'outils de modélisation. Un recensement et une analyse des données anciennes disponibles seront également réalisés pour répondre à la problématique.

Les nouvelles connaissances issues du projet MAREA apporteront des éléments permettant de :

- Mieux comprendre le fonctionnement hydro-sédimentaire de la cellule sédimentaire,
- Analyser (qualitativement/quantitativement) les évolutions des stocks sédimentaires à plusieurs échelles de temps (mensuelle, saisonnière, pluriannuelle),
- Disposer d'une méthode pour l'évaluation des stocks sédimentaires en vue d'une application à l'échelle de la côte basque.

L'ensemble de ces informations devra permettre, en fonction des besoins, d'optimiser les modes de gestion des sédiments (fréquence, période, protocole, volume/coût des opérations de rechargement...) de la zone d'Erretegia-Horotzen Costa.

1.2. OBJECTIFS DU PRESENT RAPPORT

Ce rapport a pour objectifs de présenter de manière synthétique les acquisitions de données (informations de Niveau 1), les traitements de données réalisés (informations de Niveau 2) et leurs analyses thématiques (informations de Niveau 3). Les données acquises et traitées par le BRGM et CASAGEC couvrent un ensemble de thématiques : caractéristiques géologiques, morphologiques, hydrodynamiques et actions de gestion existantes permettant d'améliorer la connaissance du fonctionnement hydro-sédimentaire du système littoral (états, dynamiques et échanges entre les secteurs de petits fonds et les plages).

Après une présentation générale du site d'étude, le rapport détaille les différents blocs thématiques en déclinant à chaque fois les trois niveaux d'informations produits dans le cadre du projet MAREA.

Un schéma de fonctionnement général ainsi que spécifique aux différentes plages constituant le site d'étude est proposé et constitue une synthèse. Ces informations sont mises en relation avec le recensement des pratiques actuelles de gestion. La finalité de ce rapport est d'exposer de manière synthétique, le parcours méthodologique et les travaux réalisés dans le cadre du projet (Figure 2). Il permet d'identifier les principaux modes de fonctionnement du littoral à différentes échelles spatiales et temporelles. Enfin, l'essentiel des informations est synthétisé sous forme de fiches thématiques, déclinée pour chacune des plages étudiées. Ces fiches sont accompagnées d'un guide à la lecture. L'ensemble établit un cadre méthodologique et fournit une information permettant d'encadrer la prise de décision pour de futures actions de gestion durable des stocks sédimentaires à l'échelle de chaque système plage du site d'étude.

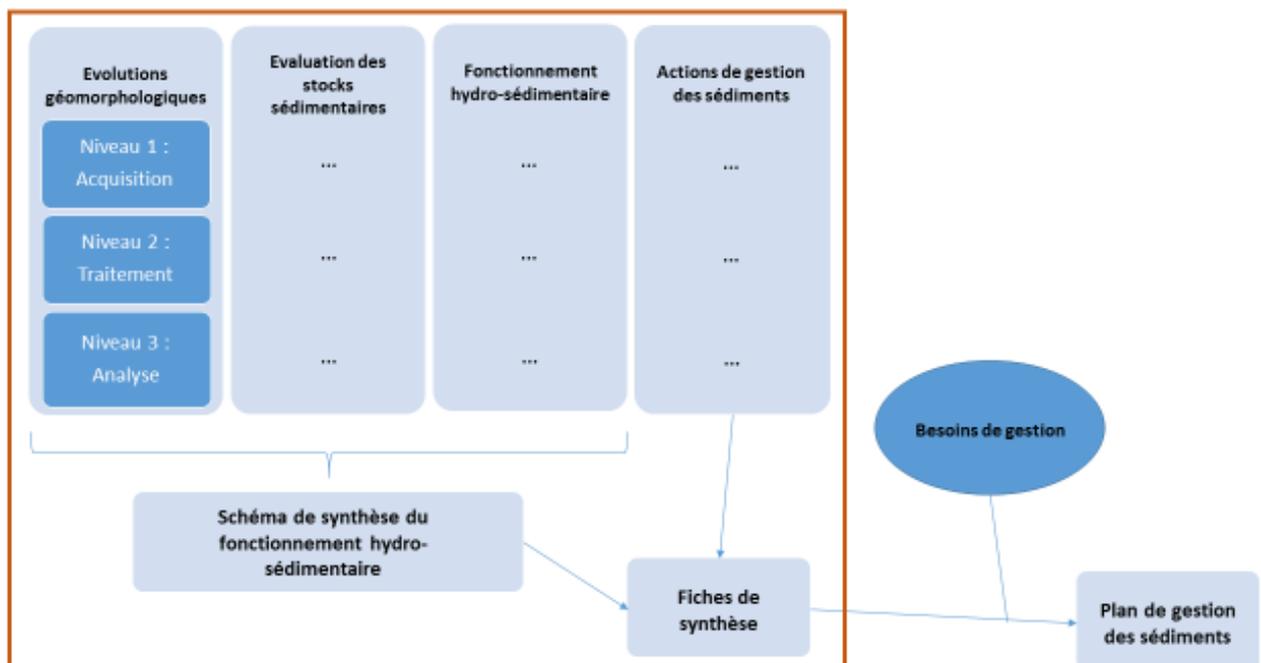


Figure 2 : Schéma organisationnel de l'information fournie dans le rapport, dans le cadre de la mise en place d'un plan de gestion des sédiments
Le cadre orange délimite les informations présentées dans ce rapport

2. Présentation générale de la zone d'étude

2.1. TYPOLOGIE DU LITTORAL

La côte basque orientée ENE-OSO, longue d'environ 40 km, se situe au sud-est du Golfe de Gascogne. Elle est limitée au nord par la Pointe Saint-Martin (Biarritz) et au sud par l'embouchure de la Bidassoa (Hendaye). Au nord, la côte sableuse qui s'étend sur le territoire d'Anglet entre l'Adour et la Pointe Saint-Martin, laisse place vers le sud à des falaises dominant des plages de fond de baie, c'est à dire situées entre deux caps rocheux. La hauteur de ces falaises varie entre 10 et 70 m environ et leurs pentes localement entre 10° et 90°.

Jusqu'à la Pointe Sainte-Barbe (commune de Saint-Jean-de-Luz), de petites criques découpent les falaises sub-verticales, atteignant souvent jusqu'à 40 m de hauteur. On rencontre sur ce tronçon les falaises les plus hautes de la côte basque.

D'après la typologie de la côte rocheuse établie en 2004 (Genna *et al.*, 2004), en fonction de la géologie, du comportement mécanique des roches et de leur mode de dégradation, le secteur étudié est à cheval sur deux grands types de falaises rocheuses délimités au centre par la grande plage de l'Uhabia (cf. Figure 3, Figure 4). Au nord, les falaises sont composées de roches meubles à revouvert d'altérites et de sédiments récents. En pied de falaise s'individualisent des plages sableuses de largeur limitée (quelques dizaines de metre de largeur). Au sud de l'Uhabia s'individualisent, en pied des falaises constituées de roches dures et plissées surmontées d'altérites, des plages de sédiments plus grossiers.

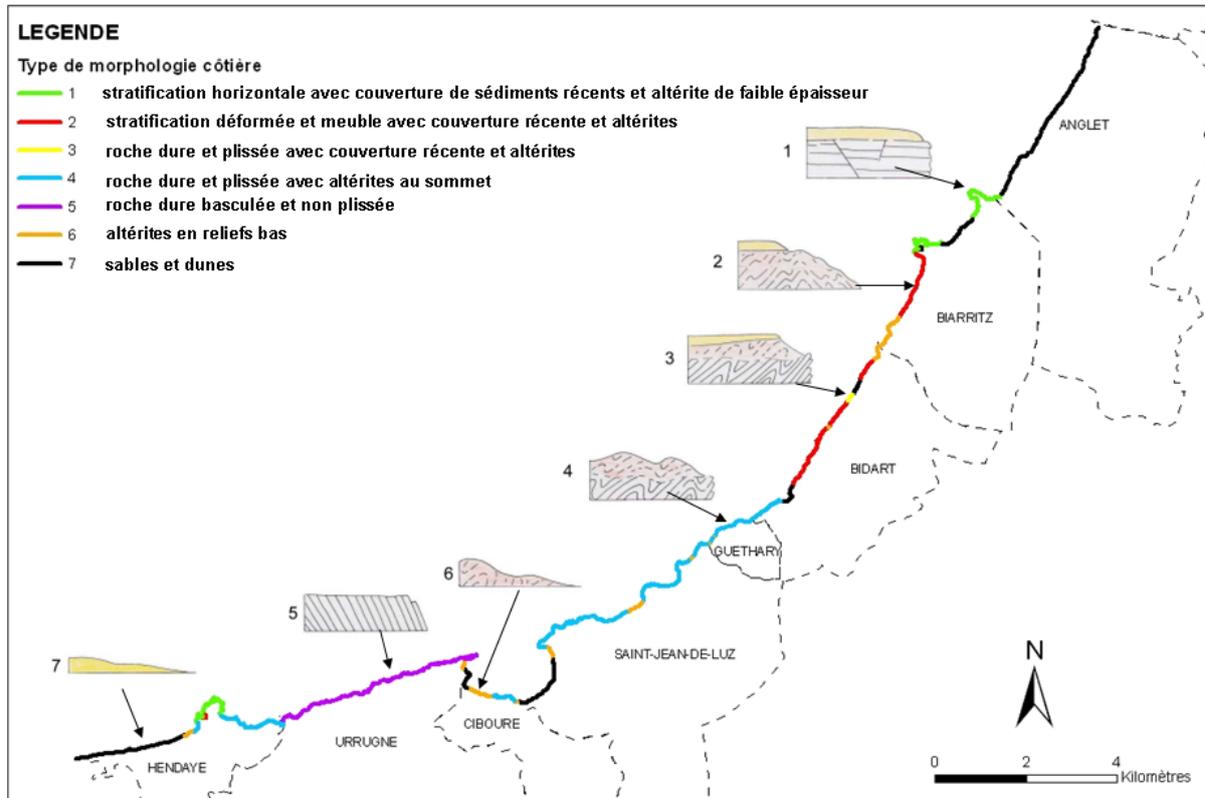


Figure 3 : Types de morphologies côtières sur les communes littorales de la côte basque (Genna *et al.*, 2004)

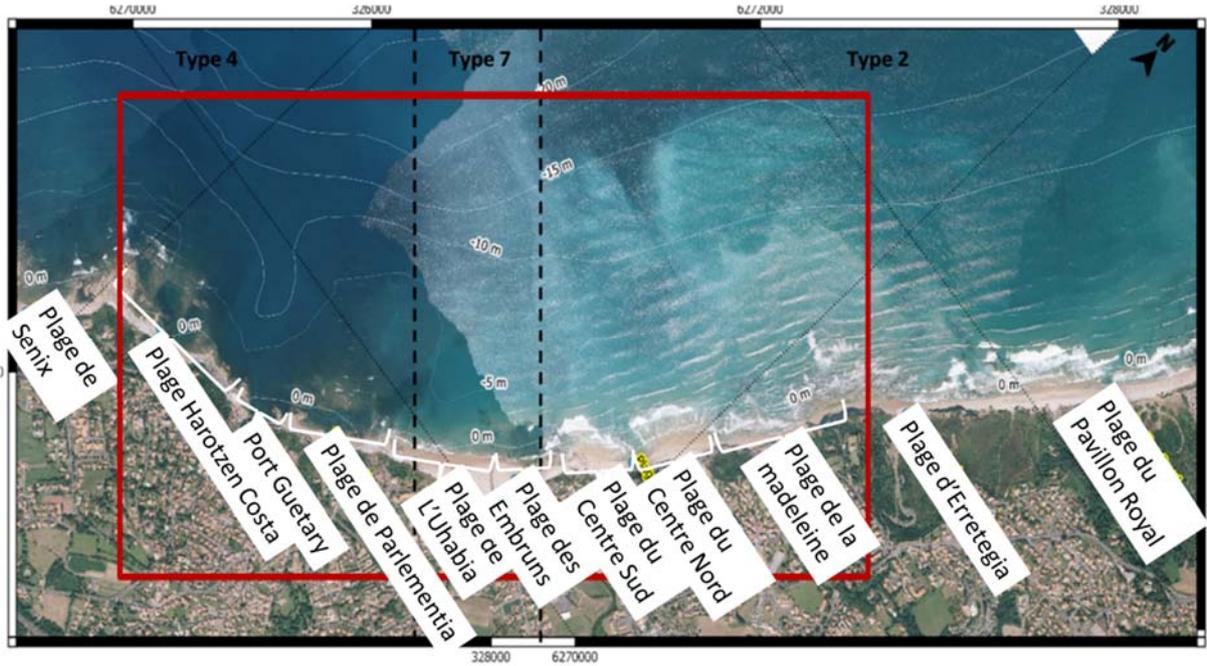


Figure 4 : Secteur d'étude encadré en rouge. Les délimitations « type » font référence à la typologie de Genna et al., 2004 (cf. Figure 3)

2.2. PLAGES ET DOMAINE SUBTIDAL

En zone intertidale, des platiers rocheux plus ou moins étendus affleurent (Figure 5). Ces héritages géologiques jouent un rôle fondamental dans les dynamiques hydro-sédimentaires. Ces plateformes rocheuses favorisent des zones de dépôt (là où elles jouent un rôle de protection en dissipant l'énergie des vagues) ou sont susceptibles de focaliser l'énergie des vagues et ainsi favoriser l'érosion. Le rôle joué par ces plateformes peut être différent en fonction du moment de la marée et des conditions d'énergie et de direction des vagues. Ainsi, la circulation des sédiments est particulièrement complexe, évolutive dans le temps (à l'échelle de temps d'une marée) et peut entraîner des évolutions morphologiques rapides. De plus les stocks sableux sont généralement limités, les secteurs d'accumulations, reposant en général sur ces socles rocheux.



Figure 5 : Illustration de l'alternance de platiers rocheux et des zones d'accumulation sableuses sur le site d'étude. Composition de photographies aériennes ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Michel Le Collen, 2012

Pour la partie sous-marine, du fait de la présence de ces plateformes rocheuses, la bathymétrie est accidentée et les zones d'accumulation sableuse fortement évolutives. Comme dans la zone intertidale, la présence de ces secteurs rocheux a pour effet de contraindre fortement les courants et de chenaliser les zones de transit sédimentaire. Les faciès sédimentaires dans le secteur étudié sont relativement uniformes (cf. Figure 6), avec une alternance de secteurs rocheux et de sables fins à moyens (échantillons contenant de 50 à 100% de grains de diamètres compris entre 0,5 et 0,05 mm).

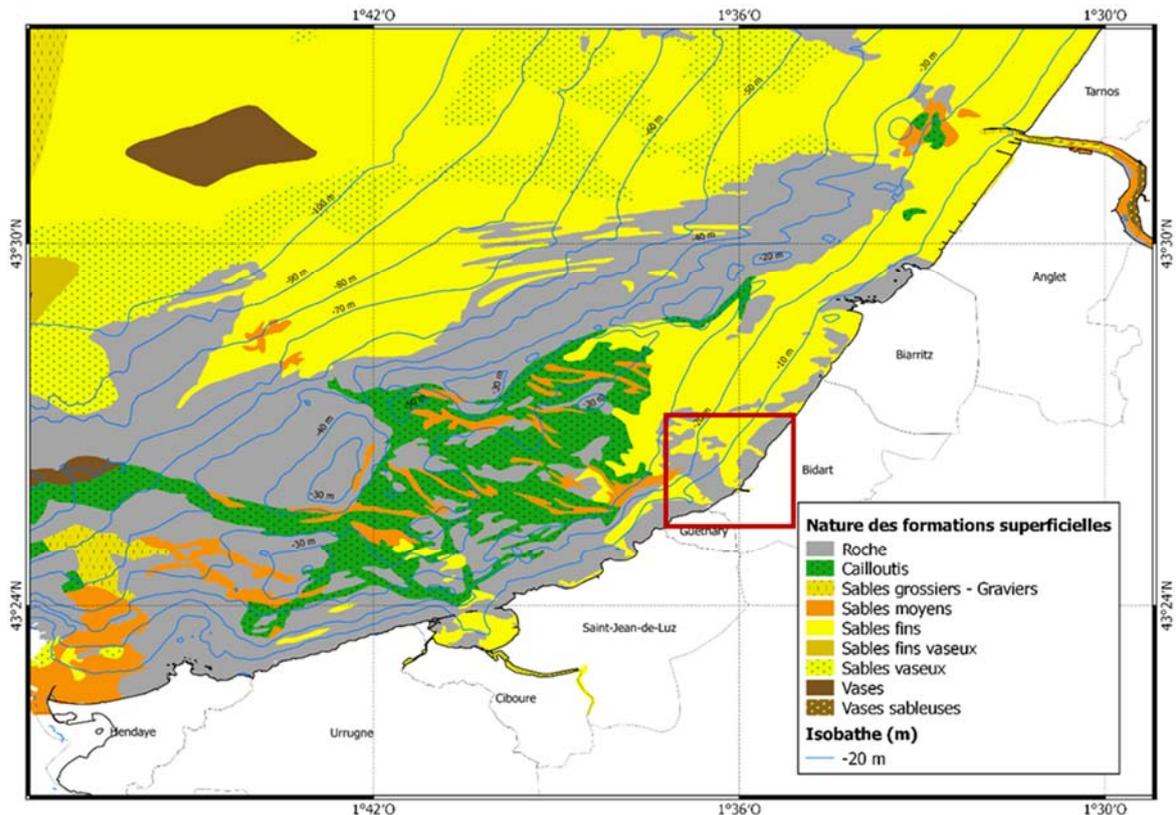


Figure 6 : Carte des faciès sédimentaires (cartes G, SHOM 2016) sur le plateau continental (Augris 1999, Jouanneau 2007, Cirac P. et Weber O. 2009). L'encadré rouge délimite la zone d'étude.

2.3. EVOLUTION ET CONNAISSANCES HISTORIQUES RECENTES

Bien que ces photos aériennes aient été prises avec divers angles de vue (Figure 7, Figure 8), divers moments de la marée et à des périodes de l'année différentes, elles permettent d'apprécier la grande variabilité de l'état des plages au cours du temps.

On note également la présence d'ouvrages mis en place sur la plage de l'Uhabia/Embruns afin de chenaliser le débouché du cours d'eau du même nom (Figure 7). Il convient de noter que la quantification des débits et des apports sédimentaires de la rivière Uhabia, ne fait pas partie des objectifs de mesure du projet. Sur la plage du centre, on distingue également l'enrochement longitudinal du haut de plage ainsi que l'épi maçonné séparant la partie nord et la partie sud de la plage du centre (Figure 8).



Figure 7 : Evolution des plages de l'Uhabia et des Embruns au cours des 45 dernières années



Figure 8 : Evolution de la plage du Centre à différentes dates des 45 dernières années

3. Contexte hydrodynamique

3.1. MAREES ET DELIMITATION DES ZONES INTERTIDALES

Les marées sur le secteur d'étude sont de type semi-diurnes avec un régime macrotidal (zone des « Abords d'Arcachon et de Capbreton », RAM, 2017 SHOM). Les marnages moyens sont de 3.75 m en période de vives-eaux (coeff. 95) et de 1.8 m en période de mortes-eaux (coeff. 45). Lors des marées d'équinoxes (coeff. 120), le marnage atteint 4.93 m. Ces marnages reportés sur l'altimétrie des plages (données LiDAR OCA 2017) fournissent une bonne estimation du découvrément potentiel des plages. Les plages de l'Uhabia et des Embruns peuvent découvrir sur plus de 200 m. La plage du Centre est réduite à une zone découvrante à marée-basse de l'ordre de 50 m dans sa partie centrale. Lors des marées hautes, mis à part pour la plage de l'Uhabia, les plages sont majoritairement recouvertes et les vagues ont tendance à déferler sur les ouvrages ou sur les pieds de falaise en haut de plage (Figure 9).

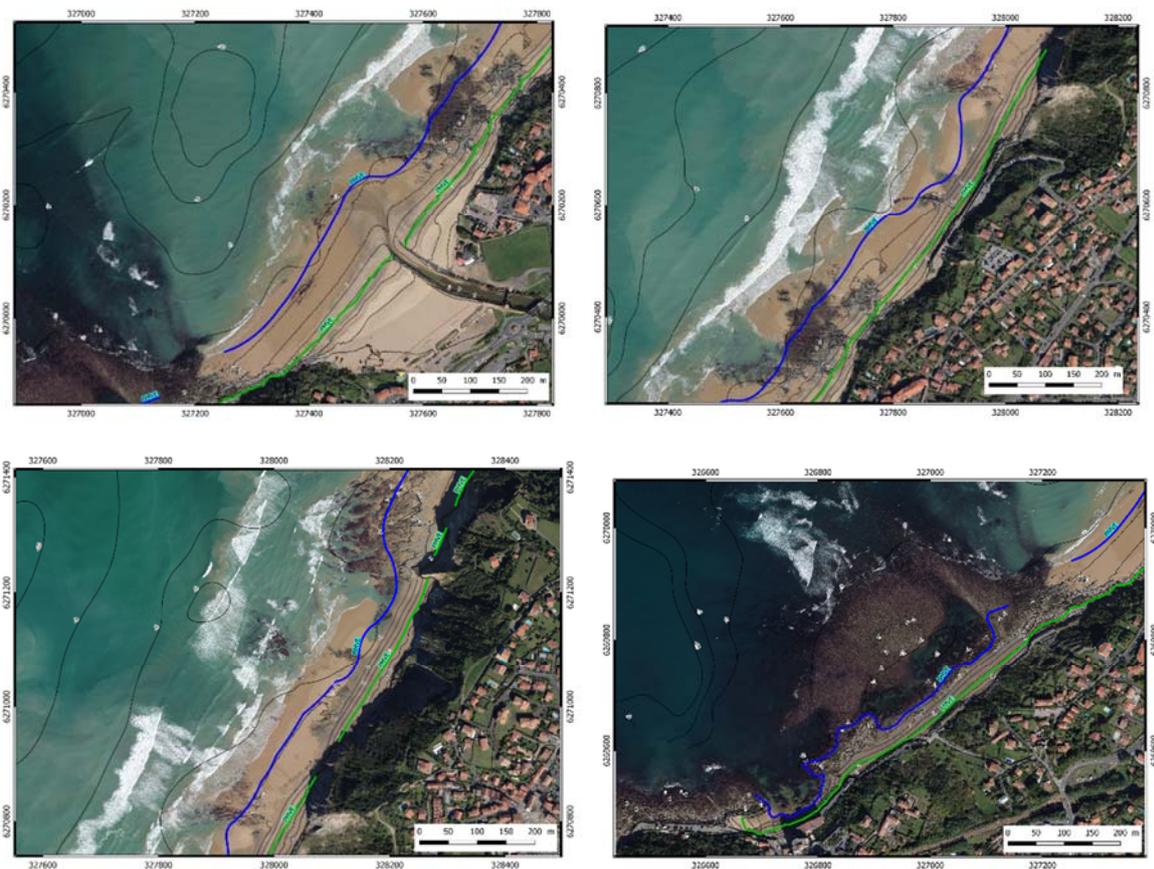


Figure 9 : Illustration des limites de marée BMVE¹ (en bleu) et PMVE² (en vert) sur les plages du site d'étude (sur la base des données topographiques LiDAR et orthophoto simultanée, OCA 2017)

¹ Basse Mer de Vive Eau

² Pleine Mer de Vive Eau

3.2. VENTS

Des roses des vents ont été élaborées à partir des données du modèle CFSR. La base de données CFRS propose des chroniques en vitesses et directions du vent horaire à 10 m d'altitude. Les caractéristiques de vents sont présentées ci-dessous pour un point au large (isobathe 50 m) du site de Bidart sur la période janvier à 2008 à mai 2019 (Figure 10, Figure 11).

Les vents d'origine océanique de secteur ouest à nord-ouest sont largement dominants et les plus fréquents (environ 25%). Parmi eux, on retrouve les vents les plus forts avec des intensités supérieures à 10 m/s, majoritairement durant la saison hivernale (de novembre à mars). Durant cette période, on observe que les vents sont également assez variables pouvant provenir de secteurs sud avec des intensités supérieures à 10 m/s, ou de secteur est avec des valeurs supérieures à 5 m/s (Figure 11). La période de avril à septembre est plus clémente avec des vents majoritairement inférieurs à 5 m/s, principalement issus du quart nord-ouest.

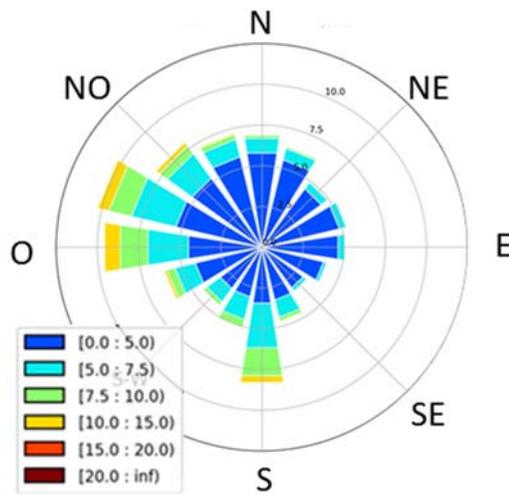


Figure 10 : Rose des vents sur le site de Bidart (données CFSR, période janvier à 2008 à mai 2019)

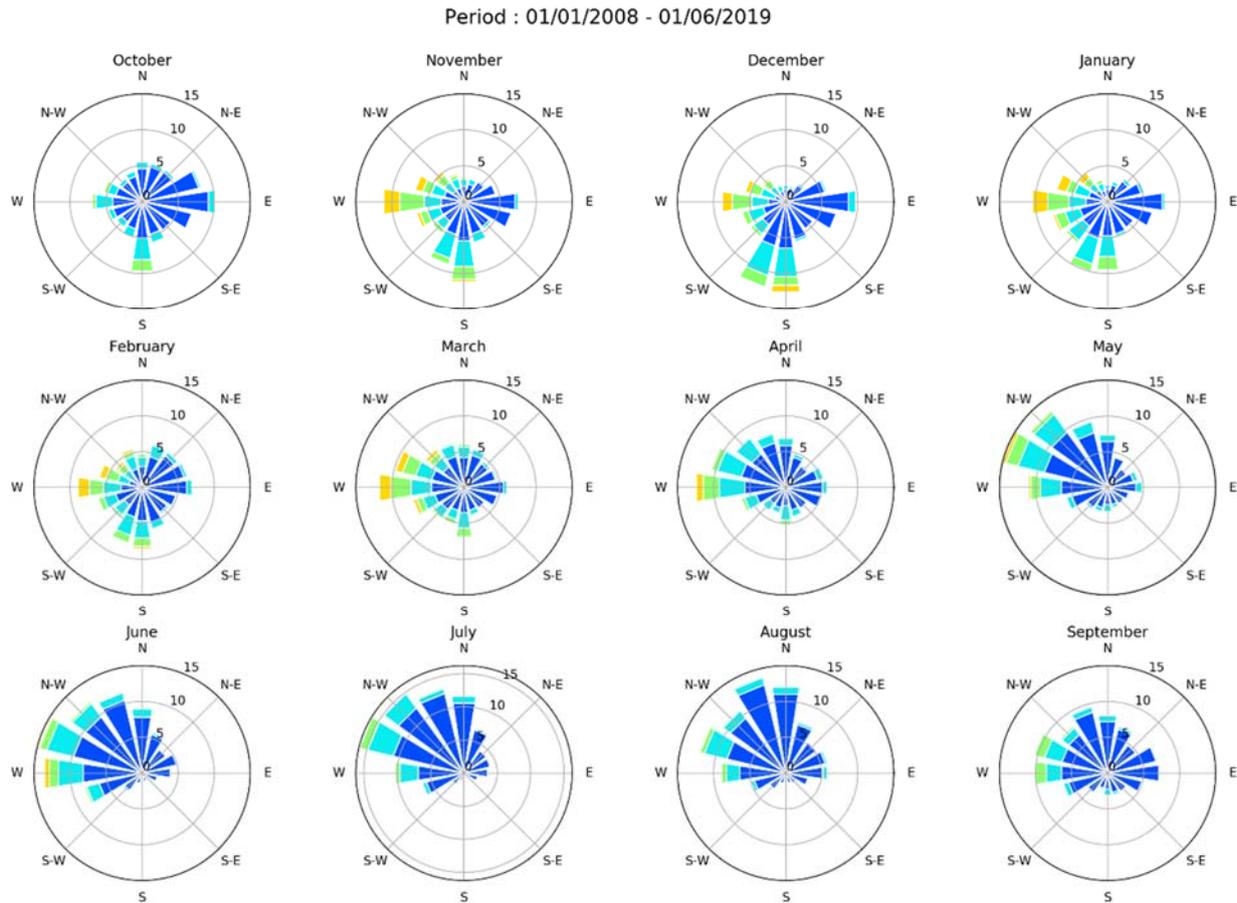


Figure 11 : Distributions mensuelles des vents sur le site de Bidart (données CFSR, période janvier à 2008 à mai 2019) échelle d'intensité des vents disponible Figure 10

3.3. VAGUES

Les roses des houles représentées ci-dessous (Figure 12, Figure 13) indiquent le pourcentage des houles (hauteurs significatives des vagues) en fonction de leur direction de provenance. Sur l'ensemble de la période étudiée (janvier 2008 à mai 2019), les vagues incidentes viennent presque exclusivement du secteur ouest/nord-ouest à nord-ouest, soit entre 300 et 315°N. On observe une légère différence des directions entre les saisons automne - hiver où le mode directionnel est autour de 300 à 330°N et les saisons printemps-été où le mode est plutôt autour de 290-300°N (Figure 13). Les bascules se faisant respectivement en août et en mars. Du point de vue de l'intensité, les houles les plus fortes (supérieures à 3 m) sont observables d'octobre à avril et dépassent fréquemment 5 m de novembre à février.

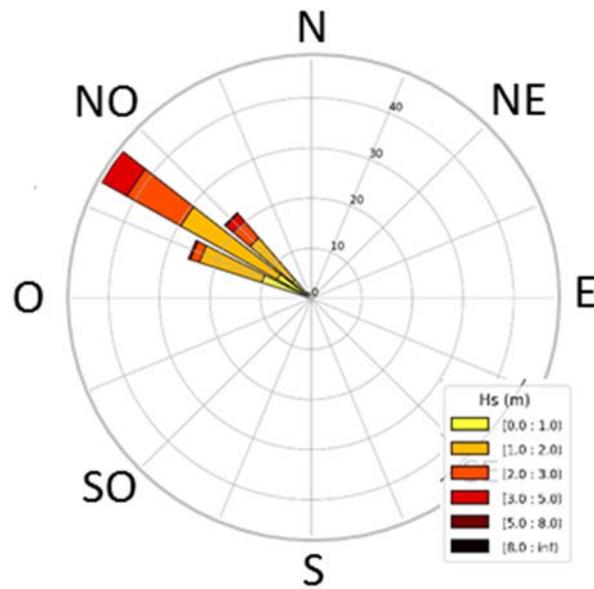


Figure 12 : Rose des hules sur le site de Bidart (données CFJR, période janvier à 2008 à mai 2019)

Significant wave height (colors) Lon : -1.649 Lat : 43.481
 Peak direction radial values indicate % of occurrences
 Period : 01/01/2008 - 01/06/2019

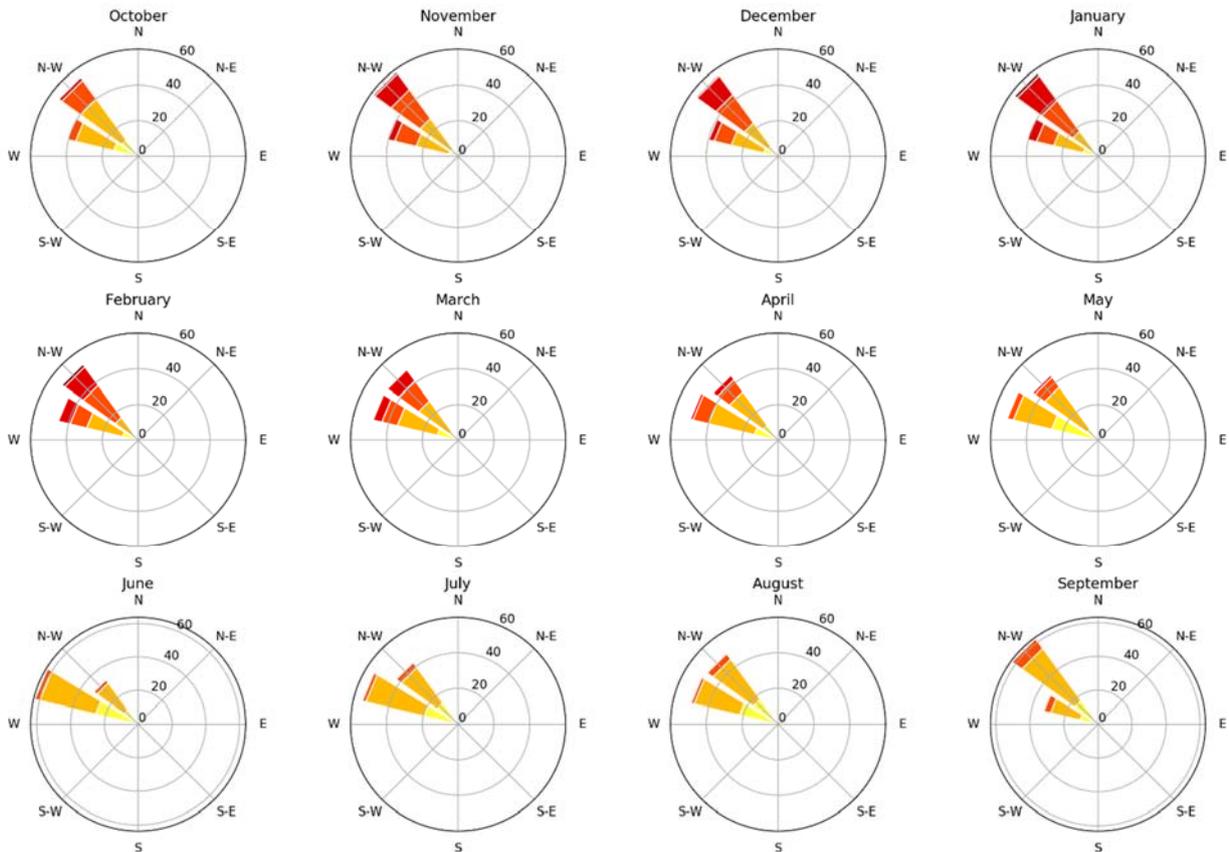


Figure 13 : Distributions mensuelles des vagues sur le site de Bidart (données CFJR, période janvier à 2008 à mai 2019) échelle d'intensité des hauteurs de vague disponible Figure 12

3.4. SERIES TEMPORELLES ET INDICATEURS D'IMPACTS DES TEMPETES LORS DE LA PERIODE D'ETUDE

Le réseau tempêtes est une émanation de l'Observatoire de la Côte Aquitaine, dont une des missions principales est d'observer les évolutions des littoraux, notamment lors des tempêtes et événements érosifs importants. À l'heure actuelle, il déploie une organisation technique et humaine sur 350 km de côte, de l'estuaire de la Gironde à la frontière espagnole, et met en relation des spécialistes pour comprendre les phénomènes tempétueux et informer sur leurs impacts sur le littoral de l'ex-région Aquitaine.

Les données issues du module de veille sur les prévisions océanographiques côtières (cf. Bulteau *et al.*, 2019), sont ici reprises. Une série temporelle des dernières années permet de constater qu'au même titre que pour le reste du littoral aquitain et d'Europe atlantique, l'hiver 2013-2014 a été particulièrement actif. Les conditions hydrodynamiques autant que l'échelle d'impact potentiel montre la prédominance de plusieurs événements d'impacts forts ou sévères, là où ce type d'événements ne sont pas systématiquement observés les autres années.

Dans le cadre de cette étude, l'indicateur d'impacts à la côte a été utilisé pour caractériser les conditions météo-marines durant la période du projet MAREA. Ces données permettent d'évaluer les conditions d'énergies associées aux vagues entre les acquisitions de données et fournissent également des informations sur la concomitance des périodes de tempête avec les périodes de plus ou moins fortes marées (Figure 14).

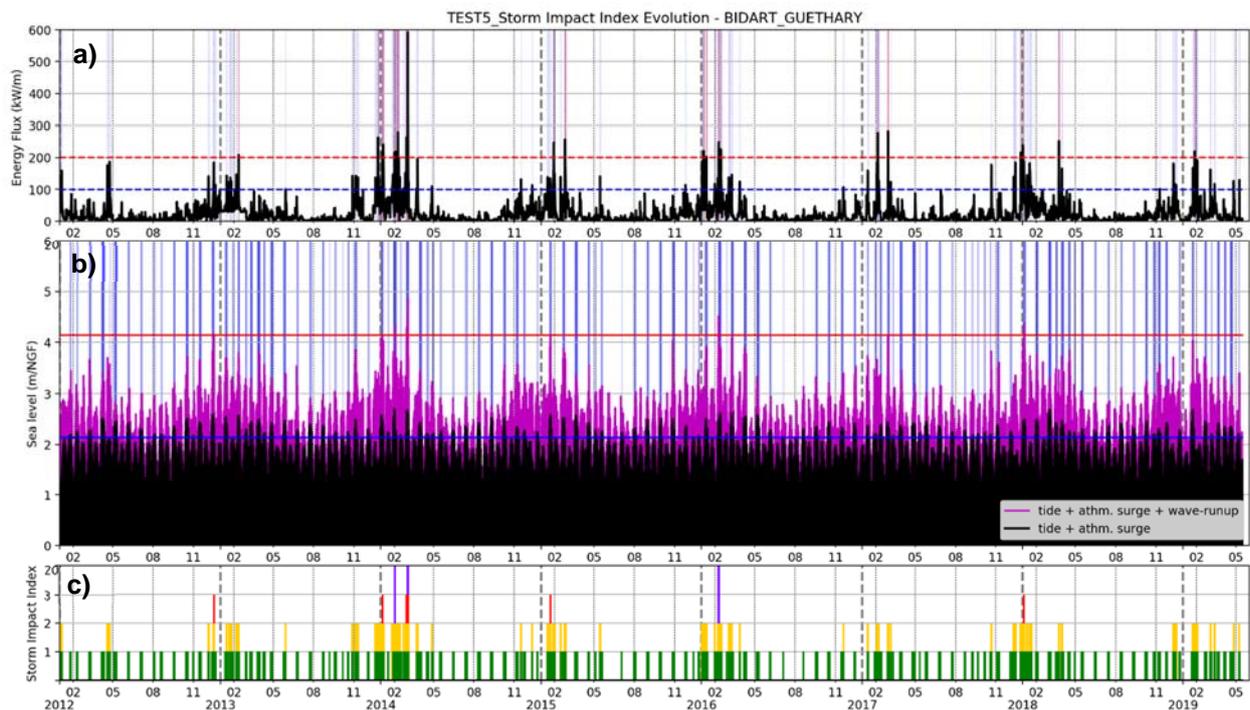


Figure 14 : Extraction du réseau tempête pour les sites de Bidart-Guéthary (source : réseau tempête OCA), a) conditions d'énergies des vagues, b) niveau d'eau marée + surcote atmosphérique + jet de rive et c) indicateurs d'impact érosif (échelle de 1 à 4)

4. Evolution géomorphologique du littoral

4.1. METHODOLOGIE

Le littoral est un système complexe dont les évolutions résultent de phénomènes d'actions et de rétroactions entre les forçages (niveaux d'eau, vagues, vents) et les morphologies aériennes (dune, plage supratidale), les morphologies dans la zone de battement des marées (domaine intertidal), les morphologies sous-marines (infratidales). Ces interactions s'expriment à plusieurs échelles de temps, le tout en fonction des stocks sédimentaires disponibles.

Comprendre les évolutions morphologiques et les mouvements des stocks sédimentaires demande donc de pouvoir mesurer un grand nombre de variables. Pour des raisons financières, techniques ou de difficulté d'accès, il est rare de pouvoir bénéficier d'acquisitions de données morphologiques synchrones, couvrant l'ensemble de la frange littorale. De plus, associer ces évolutions morphologiques aux conditions marines à différentes échelles de temps (événementielle, saisonnière, interannuelle) reste un défi scientifique.

Face à la complexité des évolutions spatiales et temporelles de la bande côtière, des descripteurs spécifiques sont suivis et des indicateurs d'évolution géomorphologique sont élaborés afin de synthétiser et caractériser les évolutions géomorphologiques des compartiments du système littoral (cf. Figure 22). Ces indicateurs peuvent être qualitatifs ou quantitatifs, géométriques ou volumétriques renseignant ainsi respectivement sur les notions d'évolutions morphologiques ou de stocks sédimentaires.

Plusieurs outils et types d'acquisitions sont utilisés de manière complémentaire afin de renseigner sur les évolutions morphologiques du littoral. Les outils utilisés permettent également de couvrir un large spectre de fréquences temporelles d'acquisition de l'évènement aux évolutions pluriannuelles.

4.2. NIVEAU 1 : ACQUISITION DES DONNEES GEOMORPHOLOGIQUES

4.2.1. Outils

Plusieurs outils sont utilisés pour réaliser des relevés topo-bathymétriques.

LiDAR et Orthophoto

Le LiDAR est une technique de télédétection active qui repose sur un double système d'émission/réception de lumière. Un télémètre laser émet une faible impulsion lumineuse et reçoit en retour l'impulsion réfléchi par l'objet touché. La mesure du temps écoulé entre l'impulsion et la réception permet de calculer la distance franchie par le signal initialement émis. Cette technique est aujourd'hui utilisée avec des paramétrisations différenciées selon les types de vecteurs (appareil supportant les capteurs : avion, hélicoptère, drone ...) permettant de couvrir des zones plus ou moins étendues ou de s'intéresser à différents compartiments du système littoral.

Le LiDAR aéroporté est utilisé pour la mesure topographique, qui associe deux télémètres lasers à balayage transversal indépendants fixés à bord d'un avion ou d'un hélicoptère et dont le positionnement est estimé par géo-référencement direct (couplage GPS / centrale inertielle). Le

plus souvent lors des acquisitions LiDAR, une acquisition de photographies aériennes est faite simultanément afin de réaliser des orthophotographies.

L'ortho-photographie consiste en la prise de vue aérienne de photos respectant un protocole de recouvrement des prises de vue afin de permettre par des traitements de géo-référencement, d'ortho-rectification et de mosaïquage afin de constituer une image continue de la frange littorale. Les prises de vue peuvent être verticales ou obliques et ainsi permettre différents types d'analyses. Dans le cadre des suivis réalisés ici les photos sont acquises simultanément aux levées LiDAR.

Dans le cadre des travaux de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (OCA), 6 levés topographiques haute résolution LIDAR et 1 levé photogrammétrique ont été réalisés par moyens aériens sur la côte basque et mis à disposition pour les besoins de l'étude (Figure 15) :

- Levé LIDAR d'avril 2011 correspondant au RGE Alti® 2011 de l'IGN par moyen aéroporté (avion)
- Levé LIDAR d'automne 2014, acquisition aéroportée OCA avec partenariat IGN.
- Levé STEREO d'automne 2015, acquisition aéroportée OCA avec partenariat société Avion Jaune.
- Levé LIDAR d'automne 2016, acquisition aéroportée OCA avec partenariat IGN.
- Levé LIDAR réalisé en hiver 2016 par la société Hélimap par moyen hélicoptéré.
- Levé LIDAR d'automne 2017, acquisition OCA avec partenariat IGN (levé IGN)
- Levé LIDAR d'automne 2018 (réalisé début décembre 2018 sur la côte rocheuse), acquisition OCA avec partenariat IGN (levé IGN).

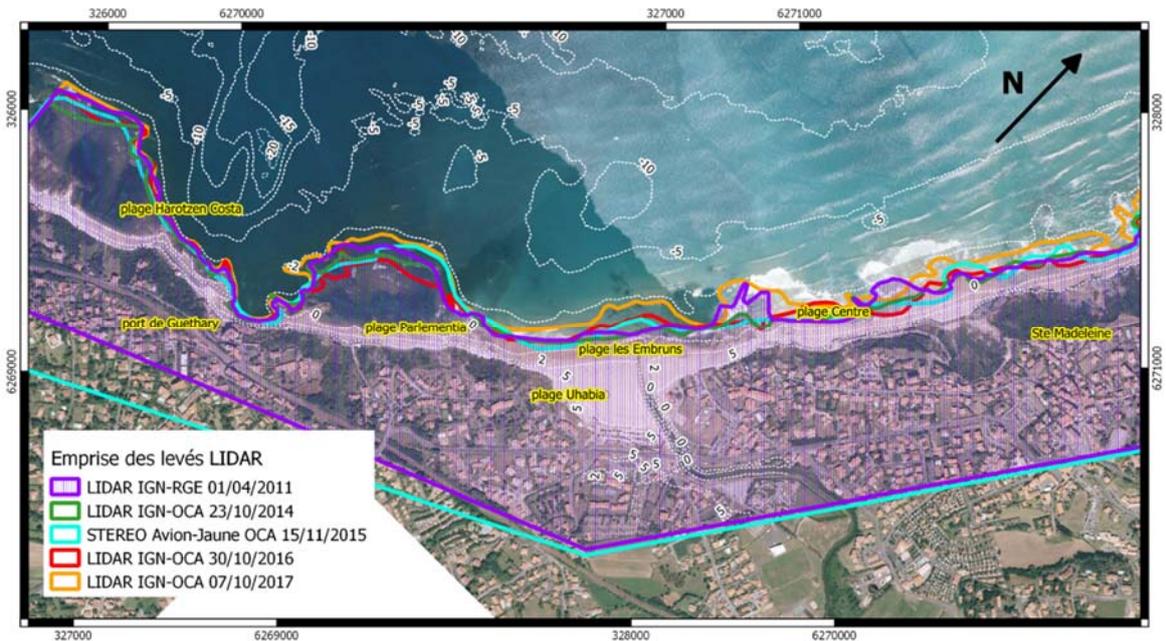


Figure 15 : Emprise des levés LIDAR utilisés dans le projet

Levés D-GPS (terrestres ou véhiculés)

Aujourd'hui le D-GPS est un outil fondamental permettant de fournir une information dite « vérité terrain ». En effet, le D-GPS permet de disposer d'une donnée très précise (de l'ordre du cm en X, Y et Z), il peut être déployé rapidement, à des fréquences régulières et les protocoles de mesures associés sont d'un haut degré de maturité. Pour le suivi des plages le D-GPS peut être embarqué sur un véhicule (type quad) permettant ainsi de couvrir de plus longues distances. Toutefois, la précision du levé lors de l'utilisation d'un véhicule peut être diminuée. Cette perte de précision est due au fait que certaines zones sont non accessibles, que la vitesse de déplacement est trop élevée et que le mode d'acquisition des données est en continu. La précision des levés est alors de l'ordre de 5 à 10 cm.

Dans le cadre de la campagne annuelle OCA (printemps – période mai à juin) de suivi des plages, des transects répartis sur les plages du Pays Basque sont relevés par DGPS. Sur la zone de l'étude, on recense sur la commune de Bidart, 2 profils sur la plage de l'Uhabia, 2 profils sur la plage du Centre et sur la commune de Guéthary 3 profils sur la plage de Parlementia. Ces acquisitions couvrent une période de 2009 à 2019. L'acquisition annuelle de ces profils topographiques sur les plages permet de suivre leur évolution géomorphologique sur le long terme. En particulier, il est possible de mettre en évidence des pertes ou gains de sable sur ces secteurs au cours d'une année.

Dans le protocole d'acquisition propre à ce projet, des levés ont été réalisés afin d'obtenir une couverture spatiale suffisante pour permettre la constitution de MNT (Figure 16, Figure 17). Par ailleurs, le réseau de profils levés annuellement lors des campagnes OCA a été densifié durant la durée du projet et compte 5 profils pour la plage de l'Uhabia, 3 profils pour la plage des Embruns, 7 profils pour la plage du Centre et 4 profils pour la plage de Parlementia (Figure 20).

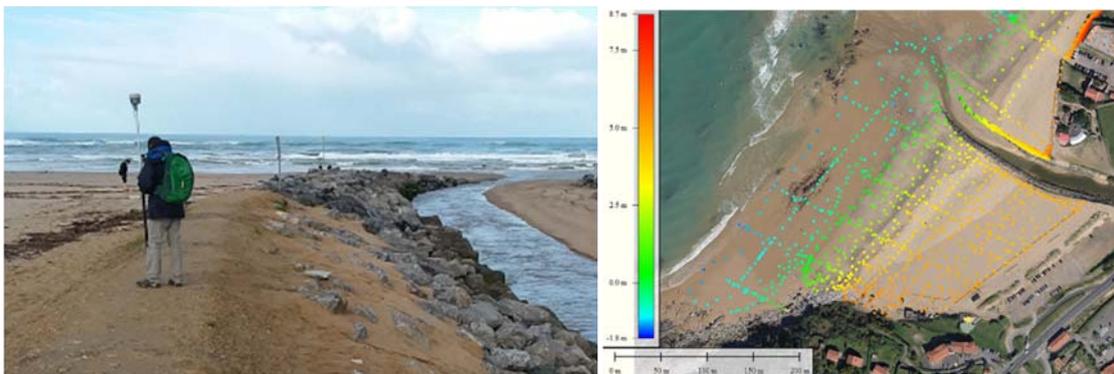


Figure 16 : Photographie d'un levé DGPS perche au niveau de l'Uhabia (gauche) et cartographie du semi de points lors d'une campagne de mesures (nov. 2017)

D'autres campagnes topographiques ont eu lieu en juin 2009 et mai 2011 et offrent une couverture spatiale complète des plages de Bidart (Uhabia, Embruns et Centre). (cf. Tableau 1).

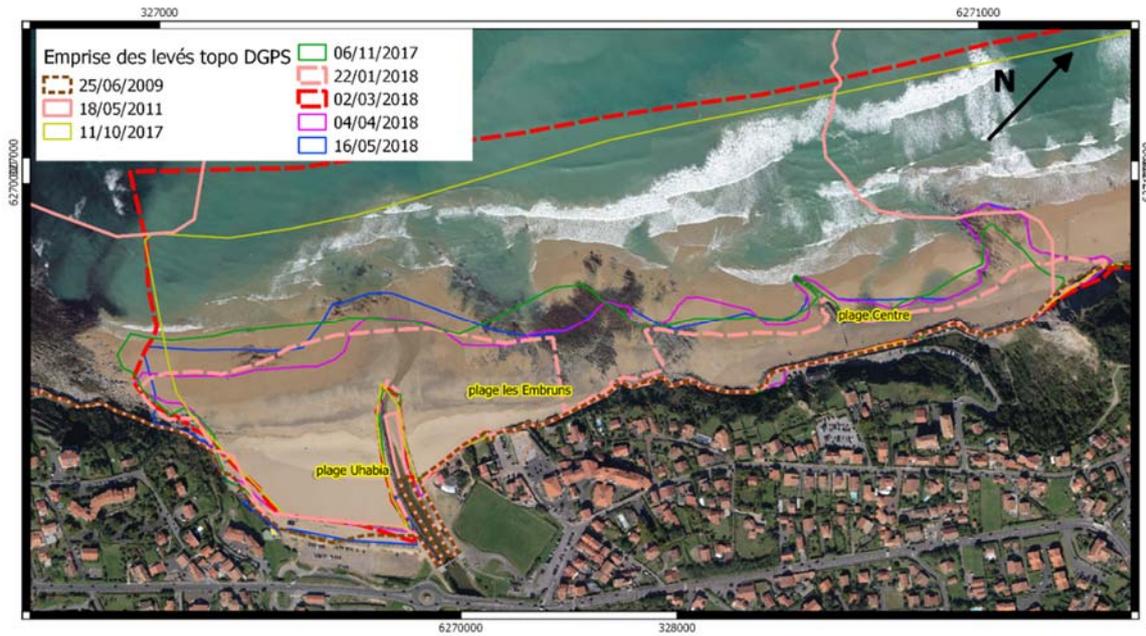


Figure 17 : Emprise des levés D-GPS utilisés dans le projet

Sondeur bathymétrique mono ou multifaisceaux

Ces systèmes mesurent la profondeur avec des instruments placés sous la surface de l'eau : les sondeurs émettent des ondes acoustiques ; la profondeur est déduite du temps de trajet de l'onde acoustique émise et réfléchi par le fond. Ils sont embarqués à bord de bateaux, d'embarcations légères type zodiac ou jet-ski par exemple. Toutefois, compte-tenu des conditions marines les levés en zone de déferlement peuvent s'avérer complexes, périlleux voire impossibles.

Plusieurs levés bathymétriques (2009, 2010, 2011, 2012) ont été mis à disposition par CASAGEC dans le cadre de l'étude (Figure 18, Figure 19). La morphologie des fonds a été intégrée dans les modèles hydrodynamiques développés dans le cadre de cette étude pour évaluer la dynamique hydro-sédimentaire du secteur.

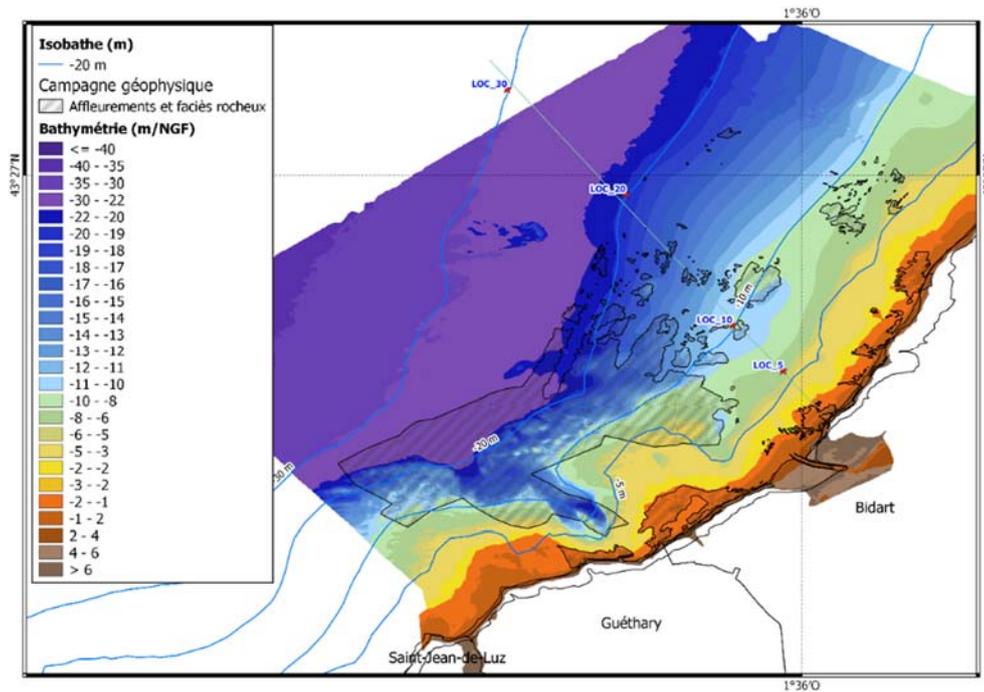


Figure 18 : Carte topo-bathymétrique de la zone d'étude issue de levé CASAGEC (Mai 2011)

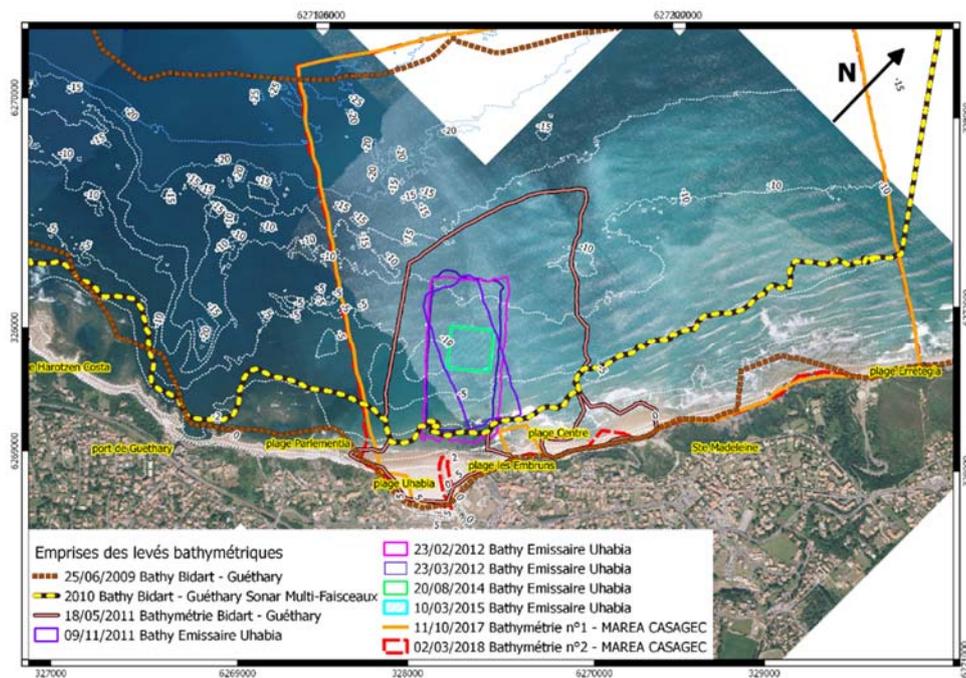


Figure 19 : Emprise des levés bathymétriques utilisés dans le projet

4.2.2. Synthèse des données

Afin de pouvoir comprendre les évolutions morphologiques, les dynamiques sédimentaires et les tendances évolutives des secteurs plages et petits-fonds de Bidart et Guéthary, un inventaire des données topographiques et bathymétriques existantes sur la zone d'étude a été réalisée. Ceci comprend les données disponibles obtenues avant le projet ayant pu être collectées. A partir de l'automne 2017 jusqu'au printemps 2019, des campagnes d'acquisitions spécifiques au programme MAREA ont été conduites par le BRGM et CASAGEC. Le tableau ci-dessous dresse un état des données capitalisées sur les secteurs d'étude.

Date	Nom de la campagne	Opérateurs
25/06/2009	Campagne Bidart Guéthary Juin 2009	CASAGEC
2010	Compilation données bathymétriques 2010	CASAGEC
01/04/2011	LIDAR RGE IGN - Avril 2011	IGN
18/05/2011	Bathymétrie Bidart secteur Uhabia-Embruns-Centre - Mai 2011	CASAGEC
09/11/2011	Bathymétrie émissaire Embruns - Novembre 2011	CASAGEC
23/02/2012	Bathymétrie émissaire Embruns - Février 2012	CASAGEC
23/03/2012	Bathymétrie émissaire Embruns - Mars 2012	CASAGEC
20/08/2014	Bathymétrie émissaire Embruns - Aout 2014	CASAGEC
23/10/2014	Campagne LIDAR OCA IGN - Octobre 2014	IGN / OCA
10/03/2015	Bathymétrie émissaire Embruns - Mars 2015	CASAGEC
15/11/2015	STEREO Avion Jaune - Novembre 2015	Avion Jaune /OCA
13/01/2016	HELIMAP LIDAR	OCA
30/10/2016	Campagne LIDAR OCA IGN - Octobre 2016	IGN / OCA
07/10/2017	Campagne LIDAR OCA IGN - Octobre 2017	IGN / OCA
11/10/2017	Campagne MAREA bathymétrique n°1 - Octobre 2017 (pré-hiver 2017-2018)	CASAGEC
06 au 09/11/2017	Campagne MAREA topographique n°1 (pré-hiver 2017-2018)	BRGM
22/01/2018	Campagne MAREA n°1 bis	BRGM
02/03/2018	Campagne MAREA bathymétrique n°2 - Mars 2018 (hiver 2017-2018)	CASAGEC
04/04/2018	Campagne MAREA topographique n°2 (post-hiver 2017-2018)	BRGM
16/05/2018	Campagne OCA	BRGM/OCA
10-11-12/09/2018	Campagne MAREA topographique n°XX (pré-hiver 2018-2019)	BRGM
05/10/2018	Campagne MAREA topo-bathymétrique n°3 - Oct 2018 (hiver 2018-2019)	CASAGEC
10/10/2018	Campagne MAREA topographique n°4 (hiver 2018-2019)	BRGM
04/12/2018	LIDAR 2018	IGN/OCA
28/03/2019	Campagne MAREA topo-bathymétrique n°4 - Mars 2019 (hiver 2018-2019)	CASAGEC
07/05/2019	Campagne OCA-MAREA	BRGM/OCA

Tableau 1 : Synthèse des campagnes d'acquisitions topo-bathymétriques sur les secteurs plages et petits-fonds de Bidart-Guéthary
(bleu : campagne bathymétrique, orange : levés LIDAR, vert : campagne topo-bathymétrique, jaune : campagne topographique plages)

4.3. NIVEAU 2 : TRAITEMENT DES DONNEES MULTISOURCES

Afin d'étudier les évolutions morphologiques deux approches sont mises en place :

- une analyse des évolutions morphologiques le long de profils transversaux,
- une analyse des modèles numériques de terrain couvrant l'ensemble des plages.

L'ensemble des données présentées ont pour référentiel altitudinal le 0 m/NGF.

4.3.1. Analyse des profils transversaux

Cette approche permet de disposer d'un plus grand nombre de dates disponibles, les suivis antérieurs au projet ayant privilégié des méthodes de suivi de quelques profils représentatifs par plage (Figure 20).

A partir des levés réalisés sur la période 2009 à 2019, une analyse statistique de la variabilité morpho-sédimentaire a été menée. Sur chacune des plages, à un localisation représentative des évolutions le long de la plage, un profil type (ou de référence) est représenté (cf. Figure 20, Figure 21). A cette localisation, un profil moyen (ou profil type) et l'enveloppe entre les minima et maxima observés sont présentés. L'enveloppe minimale peut parfois correspondre aux affleurements sur le substratum rocheux. Les niveaux maritimes de référence des pleines et basses mers de vives-eaux (coefficient de marée 95) et ceux relatifs aux plus-hautes-eaux (coefficient théorique de 120) sont affichés.

- **Plage Centre : Centre Nord et Sud**

La localisation de 2 profils de référence parmi les 7 profils du protocole d'acquisition sur la plage est présentée sur la Figure 20.

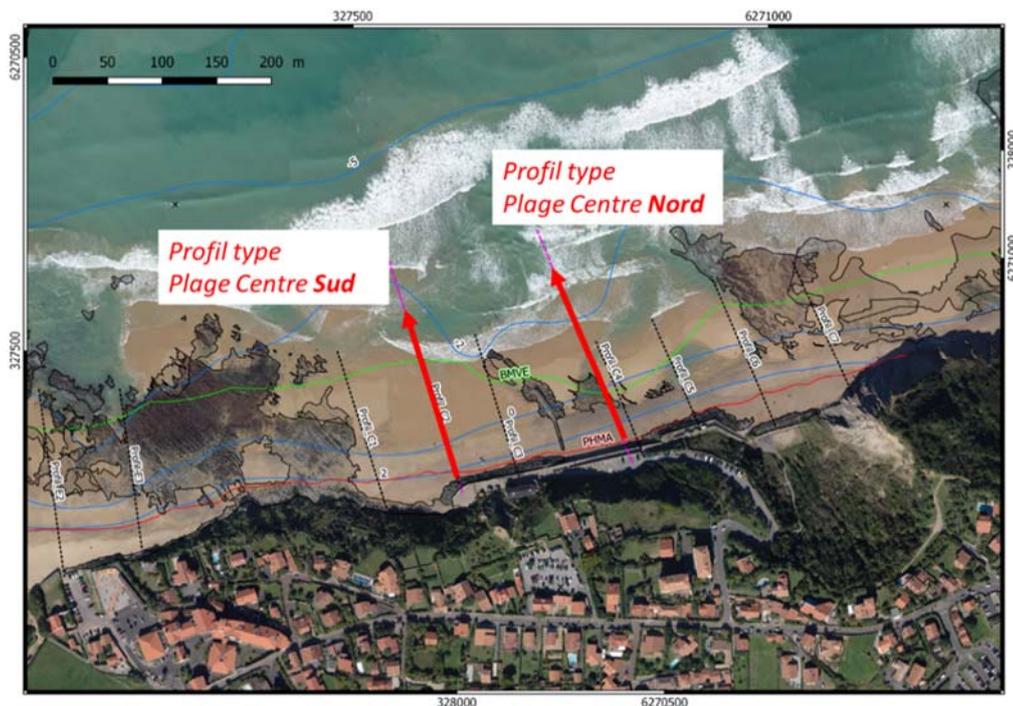


Figure 20 : Localisation des 7 profils transversaux (C1 à C7) définis pour le protocole de suivi de la plage du Centre
Les 2 profils type des compartiments Sud et Nord de la plage du Centre sont représentés ici par des flèches rouges

La localisation du profil de référence retenu pour suivre les évolutions morphologiques sur la plage de l'Uhabia est précisée sur la Figure 21.

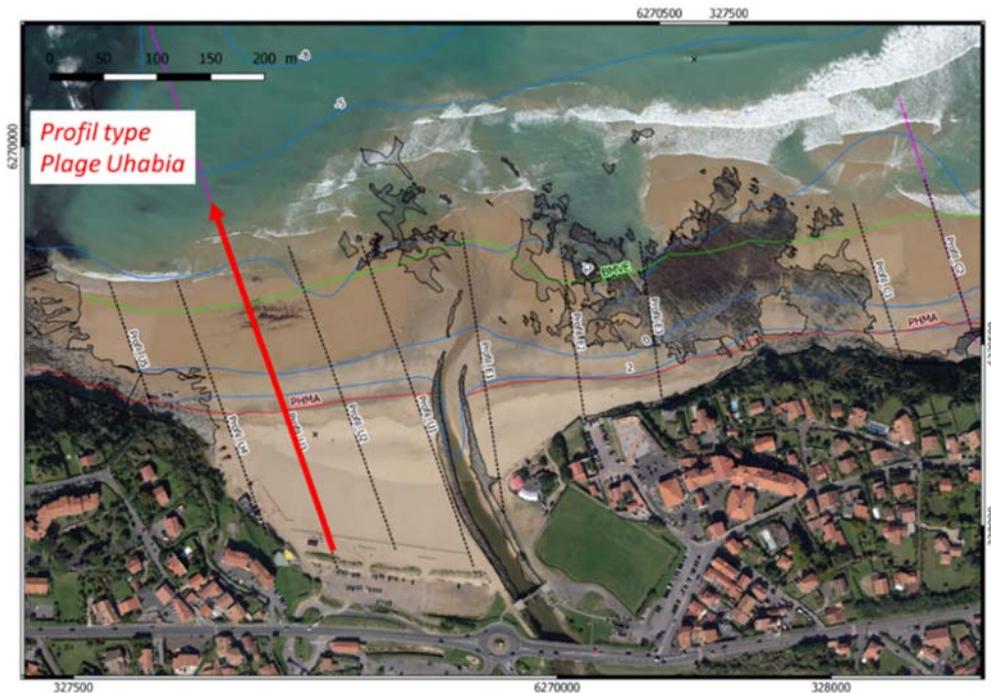


Figure 21 : Localisation des 5 profils transversaux (U1 à U5) définis pour le protocole de suivi de la plage de l'Uhabia et des 3 profils définis sur la plage des Embruns (E1 à E3).
Le profil de type de la plage de l'Uhabia est représenté ici par la tracé de la flèche rouge.

4.3.2. Analyse des modèles numériques de terrain

La deuxième approche consiste, lorsque la donnée est disponible, à analyser l'évolution des volumes sédimentaires entre deux levés en s'appuyant sur des MNT. Dans cette partie, l'analyse concernera uniquement la zone intertidale et la partie haut de la plage. L'analyse des évolutions sur l'ensemble du système (lorsque des levés topo-bathymétriques simultanés ont été réalisés) sera présentée sous la forme d'analyse des évolutions des stocks sédimentaires (§5)

A l'échelle de la cellule hydro-sédimentaire, des compartiments plage, petits-fonds et large ont été définis afin de quantifier par secteur les volumes de sables en présence (Figure 22). Le découpage de ces secteurs a été effectué respectivement selon les isobathes 2 et 10 m pour définir les limites des compartiments « plages » et « petits-fonds ».

Sur le secteur du linéaire côtier de Bidart, trois secteurs « plage » ont été définis :

- Plage de l'Uhabia/Embruns (surface de ~12 ha)
- Plage du Centre (surface de ~8,5 ha)
- Plage d'Erretegia (côte secteur Madeleine, d'une surface de ~7,9 ha).

Et trois secteurs « petit-fond » compris entre des profondeurs de 2 à 10 m au droit des 3 secteurs plages. Les surfaces des petits-fonds de Uhabia/Embruns, Centre et Erretegia sont respectivement de l'ordre de 15 ha, 40 ha et 37 ha.

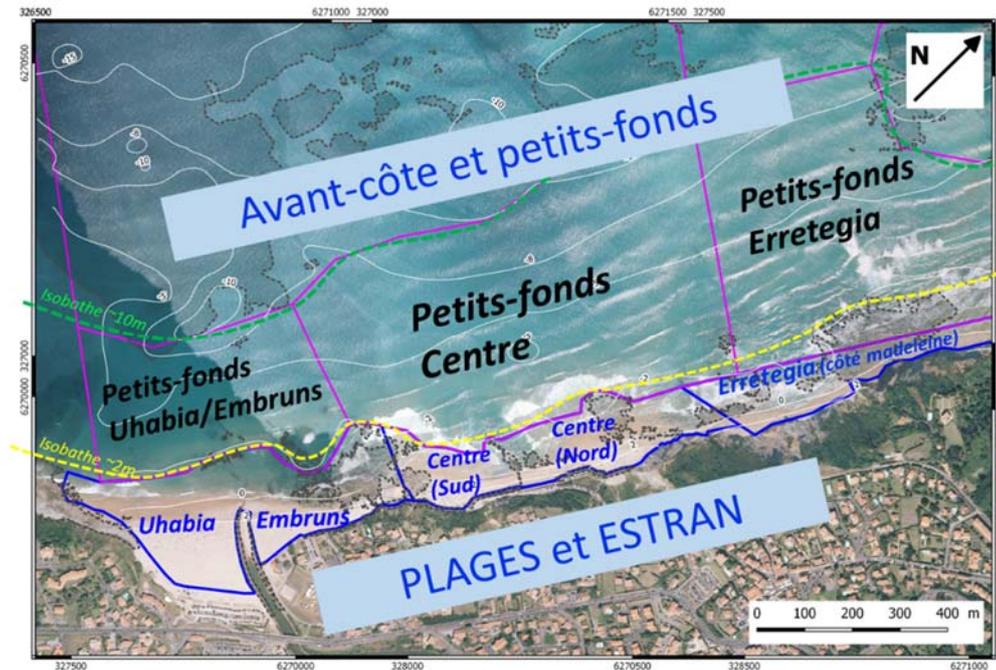


Figure 22 : Segmentation zonale des petits fonds et des plages utilisées pour la caractérisation des évolutions morphologiques et de stocks sédimentaires

4.4. NIVEAU 3 : ANALYSE DES EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES

4.4.1. Evolution des profils transversaux et enveloppes de variabilité

Plage du Centre

Sur la plage du Centre Nord (Figure 23, Figure 3), les changements morphologiques du profil de plage sont présentés sur les Figure 23 et Figure 24. La chronologie des suivis réalisés met en évidence un abaissement (d'environ 2 m) progressif depuis 2009, sur l'ensemble du profil de haut de plage (sur la portion située entre 15 m et 100 m à partir de l'origine du profil). Au printemps 2018, la partie basse du profil (à partir de 40 m depuis l'origine du profil) correspondait aux affleurements rocheux: le stock sédimentaire était réduit à un prisme de sable sur le haut de plage. La présence de l'ouvrage (mur de soutènement) et la faible pente de la plage lui confèrent une forte réflectivité. Cette situation concourt au démaigrissement progressif et continu de la plage.

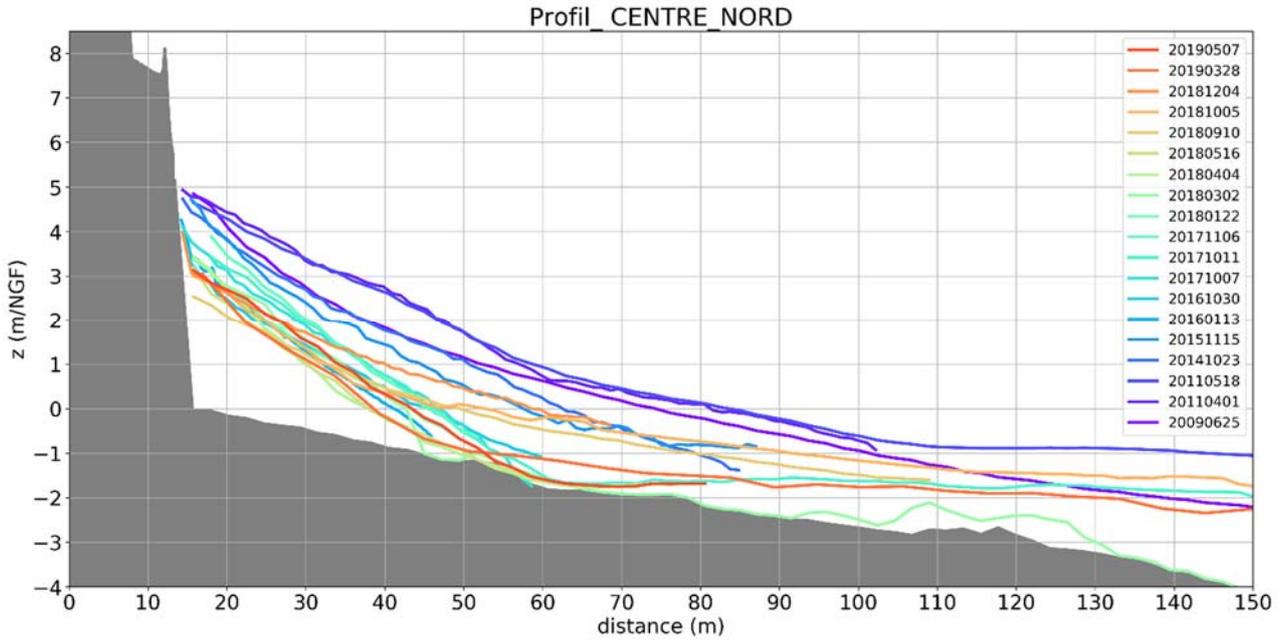


Figure 23 : Profils transversaux sur la plage du Centre Nord acquis entre 2009 et 2019
 Le substratum, les enrochements et l'ouvrage de front de mer sont figurés en gris foncé. Pour connaître les détails sur la détermination de la position du substratum, se reporter au § 5.

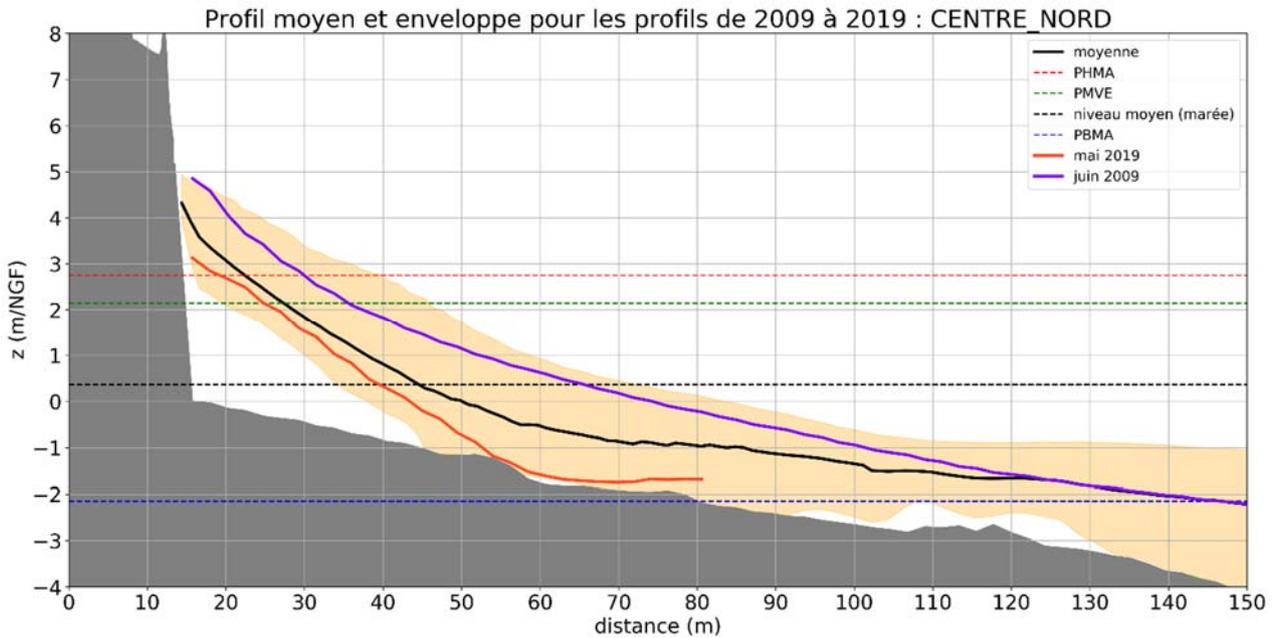


Figure 24 : Profil moyen (noir) et enveloppe des profils transversaux sur la plage du Centre Nord acquis entre 2009 et 2019
 Le substratum, les enrochements et l'ouvrage de front de mer sont figurés en gris foncé. Pour connaître les détails sur la détermination de la position du substratum, se reporter au § 5.

Sur la plage du Centre Sud, les changements morphologiques du profil de plage (abaissement du profil) sont présentés sur la Figure 26. Les variations du profil de plage les plus importantes sont de l'ordre de +/- 1,50 m et concernent le milieu de la plage (entre 50 m et 80 m depuis l'origine du profil). Sur le haut de plage, contrairement à la partie nord de cette plage, les variations sont plus faibles (de l'ordre du mètre).

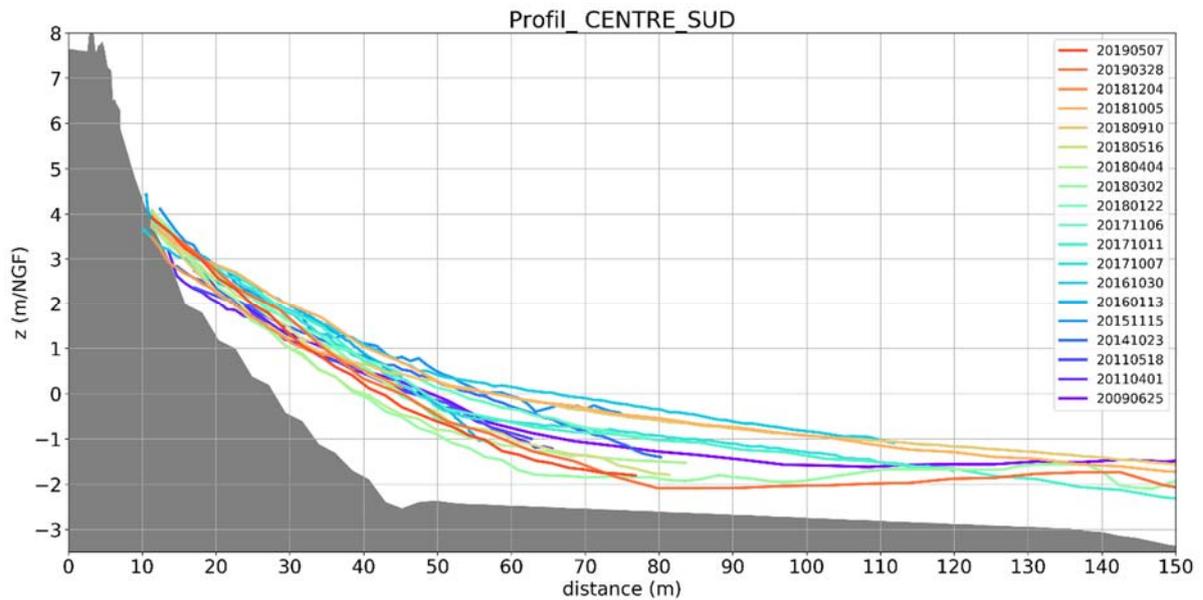


Figure 25 : Profils transversaux sur la plage de Centre Sud, acquis entre 2009 et 2019
Le substratum, les enrochements et l'ouvrage de front de mer sont figurés en gris foncé. Pour connaître les détails sur la détermination de la position du substratum, se reporter au § 5

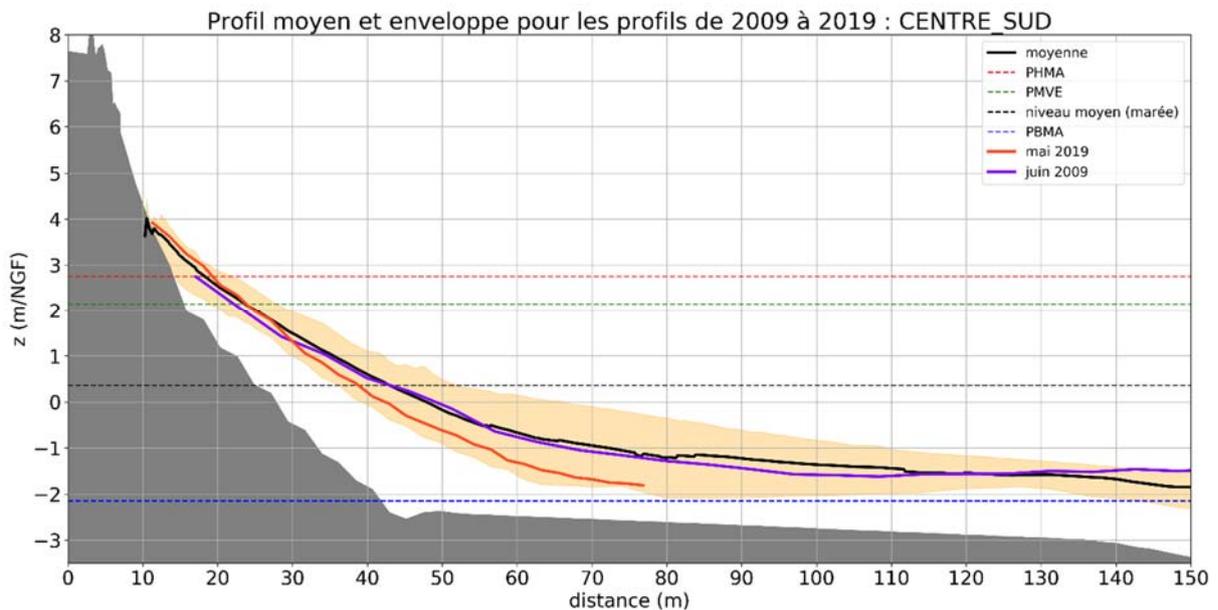


Figure 26 : Profil moyen (noir) et enveloppe des profils transversaux sur la plage du Centre Sud, acquis entre 2009 et 2019
Le substratum, les enrochements et l'ouvrage de front de mer sont figurés en gris foncé. Pour connaître les détails sur la détermination de la position du substratum se reporter au § 5.

Plage de l'Uhabia

Sur la plage de l'Uhabia (Figure 27, Figure 28), on remarque une forte variabilité du profil entre 100 m et 160 m à partir de l'origine du profil lié à l'évolution de la berme au-delà des niveaux de pleine-mer de vives-eaux (PMVE). Cette berme est notamment présente pendant le printemps et l'été et s'installe de manière relativement uniforme le long du haut de plage. A l'inverse, en hiver, cette partie de la plage subit un démaigrissement. La berme est effacée et le profil entre -1 et 4 m/NGF est plus linéaire. On distingue sur la période étudiée un point de bascule autour de 1m et 1,5 m/NGF (entre les profils d'hiver et les profils de printemps/été, cf. Figure 28).

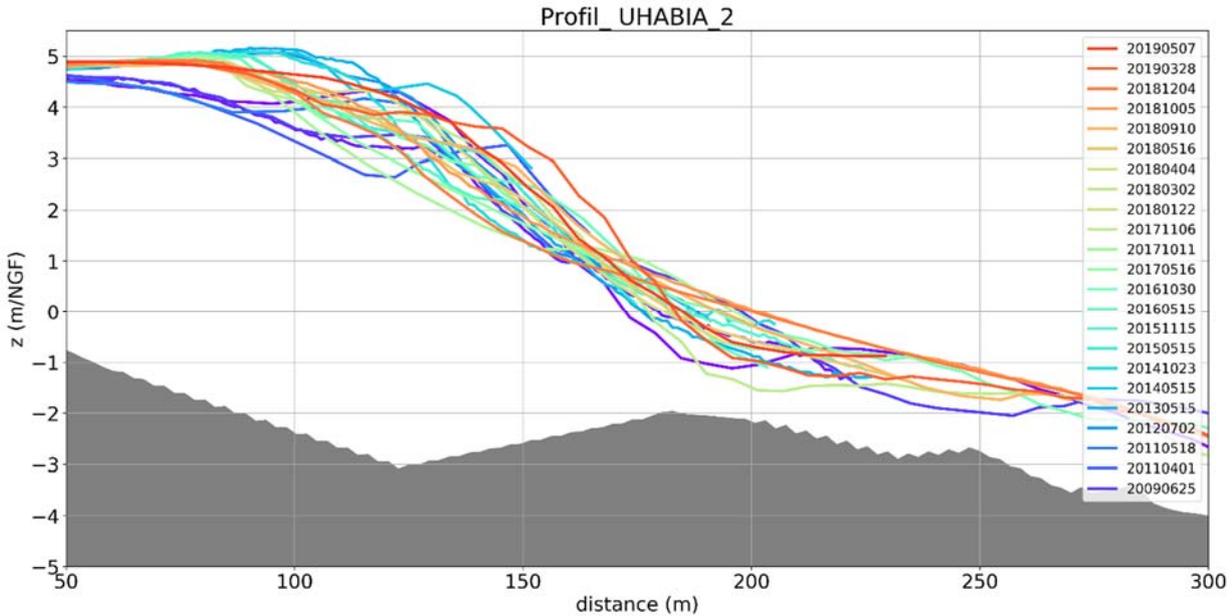


Figure 27 : Profils transversaux sur la plage de l'Uhabia acquis entre 2009 et 2019. Le substratum est figuré en gris foncé.

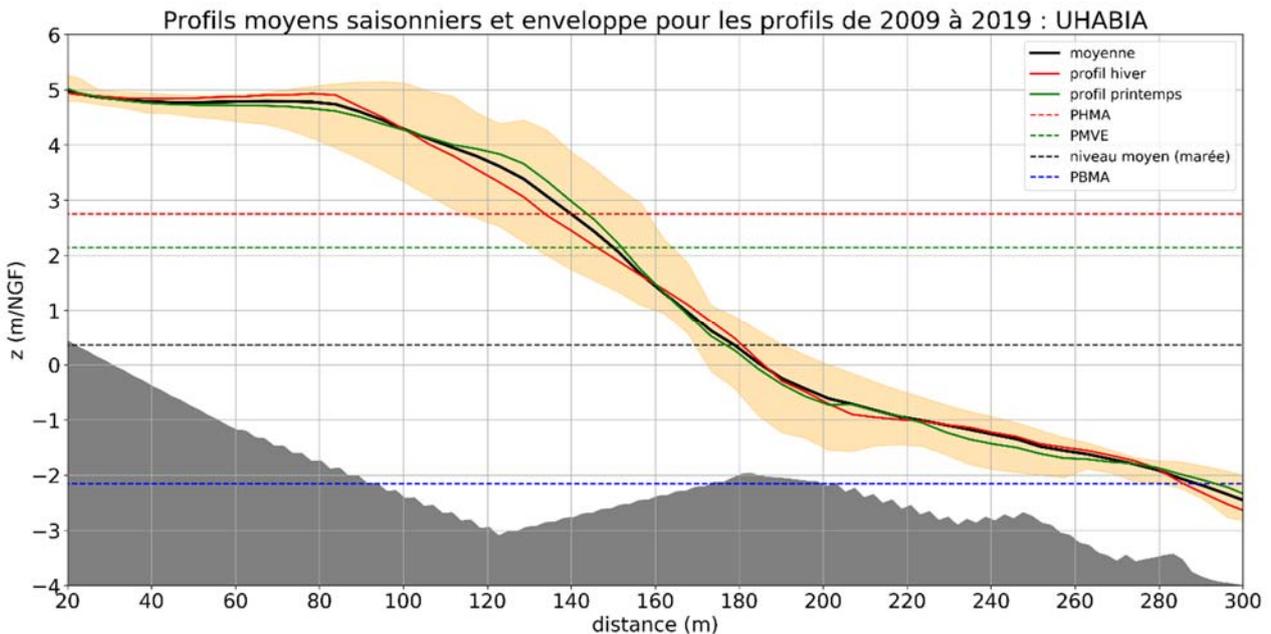


Figure 28 : Profil moyen (noir) et enveloppe des profils transversaux sur la plage de l'Uhabia acquis entre 2009 et 2019. Le substratum est figuré en gris foncé.

4.4.2. Grande variabilité des évolutions morphologiques et volumétriques

Les évolutions morphologiques des plages et la quantité de sédiments mobilisés peuvent être très importantes sur des échelles de temps court. Lors de conditions agitées, ces mouvements sédimentaires peuvent être significatifs parfois à l'échelle de temps d'une marée. Les transferts de sable sont généralement caractérisés par deux grands types de mouvements :

- Des mouvements dans le profil qui entraînent des transferts de sable depuis le haut vers le bas de plage ou inversement. Ces transferts appelés bascules transversales, correspondent à une mise en équilibre du système plage en fonction de l'énergie des houles, des niveaux d'eau et des stocks de sable disponibles.
- Des mouvements le long des plages qui entraînent un transfert depuis l'amont vers l'aval de la dérive littorale (directions variables dans le temps en fonction des conditions de houles au large et en particulier de l'angle d'incidence des vagues par rapport à la plage ainsi que du niveau de marée). Ces transferts peuvent conduire à des rotations longitudinales du système plage dans le cas des plages de poche.

L'interprétation des mouvements sédimentaires avec les méthodes utilisées ne peut rendre compte des évolutions en continu. A partir de multiples levés disponibles, il est cependant possible de :

- caractériser les grands modes de fonctionnement des systèmes plages (bascule transversale, rotation longitudinale ;
- illustrer les dynamiques saisonnières lors de la période couverte par le projet MAREA ;
- illustrer les tendances pluriannuelles d'évolutions contrastées entre les systèmes de plage Uhabia/Embruns et Centre Nord/Sud.

Mouvements sédimentaires à l'échelle mensuelle

Classiquement, on observe lorsque les houles sont plus intenses un démantèlement des formes de haut de plage (berme) au profit du bas de plage (constitution de barre sous-marine). Ce modèle classique s'inverse lorsque les conditions de houles sont plus clémentes. Le sable stocké sur le bas de plage ou la plage sous-marine est progressivement ramené vers le haut de plage (cf. Figure 29).

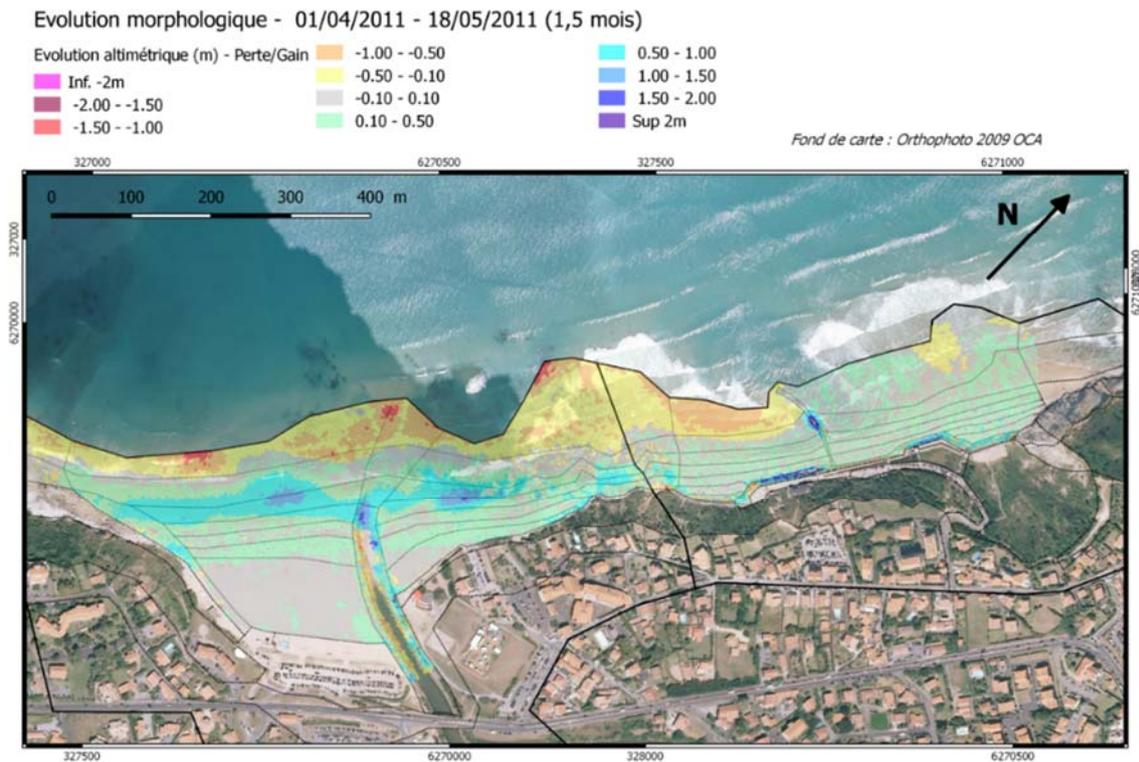


Figure 29 : Exemple d'évolution morphologique mensuelle témoignant de bascules transversales : entre avril et mai 2011, le sable des petits fonds a gagné le haut de plage de l'Uhabia

Bien que ces transferts soient observables sur le système de la plage du centre, ils sont beaucoup plus marqués sur la plage de l'Uhabia. Comme on peut le voir sur les Figure 29, Figure 30, Figure 31, Figure 32, Figure 33, les épaisseurs de sédiments mobilisés peuvent être importantes avec des accumulations ou des décaissements de 1 à 2 m.

Parmi les levés réalisés lors du projet, la période de l'hiver 2017- 2018, illustre la complexité des évolutions morphologiques sur les plages du secteur d'étude. De manière contrastée, la période de début d'hiver (novembre 2017 à janvier 2018) présente une dynamique classique de décaissement du haut de plage au profit du bas de plage (Figure 30).

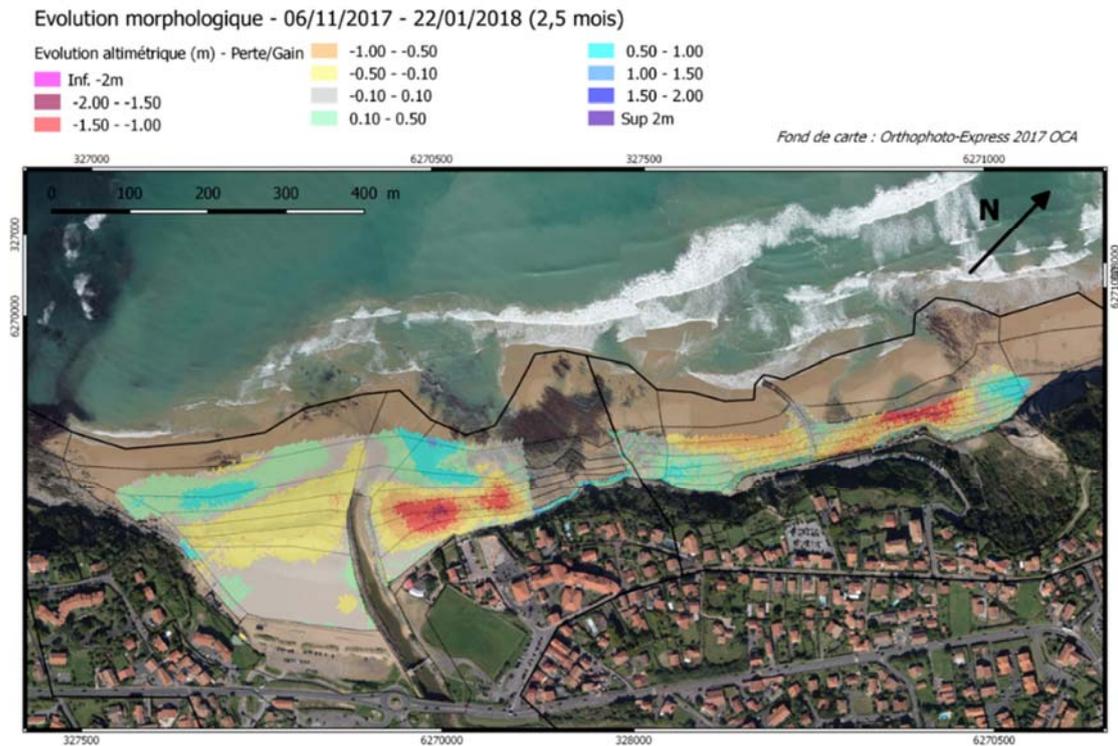


Figure 30 : Exemple d'évolution morphologique pluri-mensuelle hivernale témoignant de bascules transversales : entre novembre 2018 et janvier 2019, l'épaisseur de sédiments sur le haut de plage a été réduite au profit de celle du bas de plage

La situation suivante de fin janvier à début mars 2018 présente sur la plage de l'Uhabia un rechargement important du haut de plage entre 1 et 2 m. En parallèle, la plage du Centre présente une évolution différente, assimilable à une rotation (transfert de sable longitudinale) au profit de la plage Centre Nord (cf. Figure 31). Cette situation sur les deux systèmes de plage apparaît comme atypique à cette période de l'année mais s'explique par une période particulièrement calme d'un point de vue des conditions de houle (cf. Figure 34). Ces conditions de houle ont permis la mise en place de transferts transversaux depuis le bas vers le haut de plage et ainsi la constitution d'une berme.

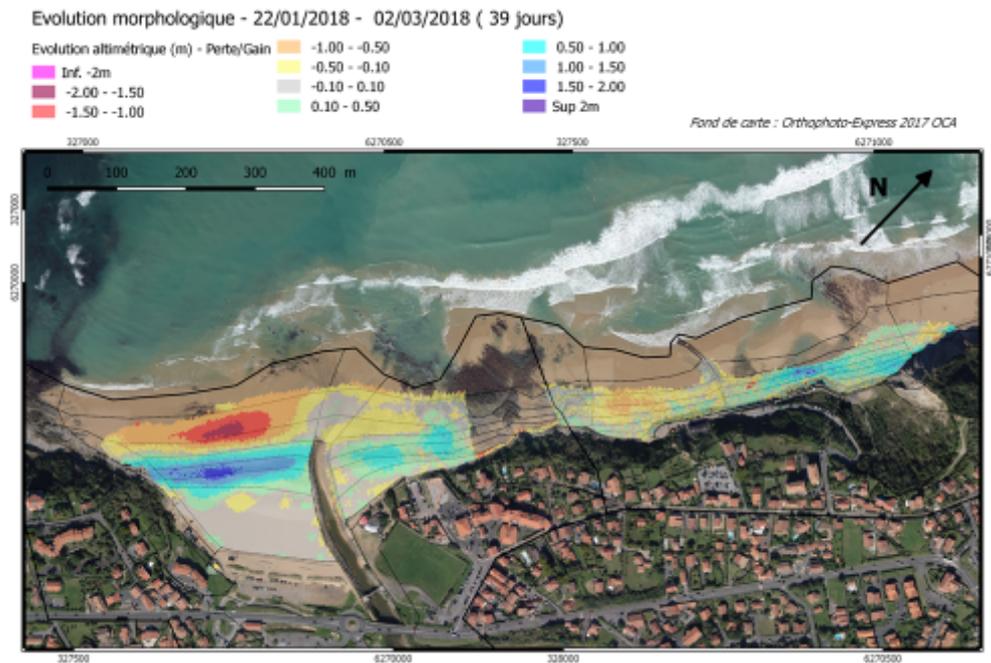


Figure 31 : Exemple d'évolutions morphologiques mensuelles hivernales témoignant de transferts longitudinaux (période janvier-mars 2018)

Les évolutions de fin d'hiver (de début mars à début avril 2018 (Figure 32)) sont associées à deux tempêtes successives (cf. Figure 34). On observe une rotation assez marquée au niveau du haut de la plage de l'Uhabia (érosion sur la partie sud et accumulation sur la partie nord). Cette accumulation se prolonge sur le haut de plage des Embruns. En revanche, pour la plage du Centre, on observe à nouveau d'importants décaissements en haut de plage.

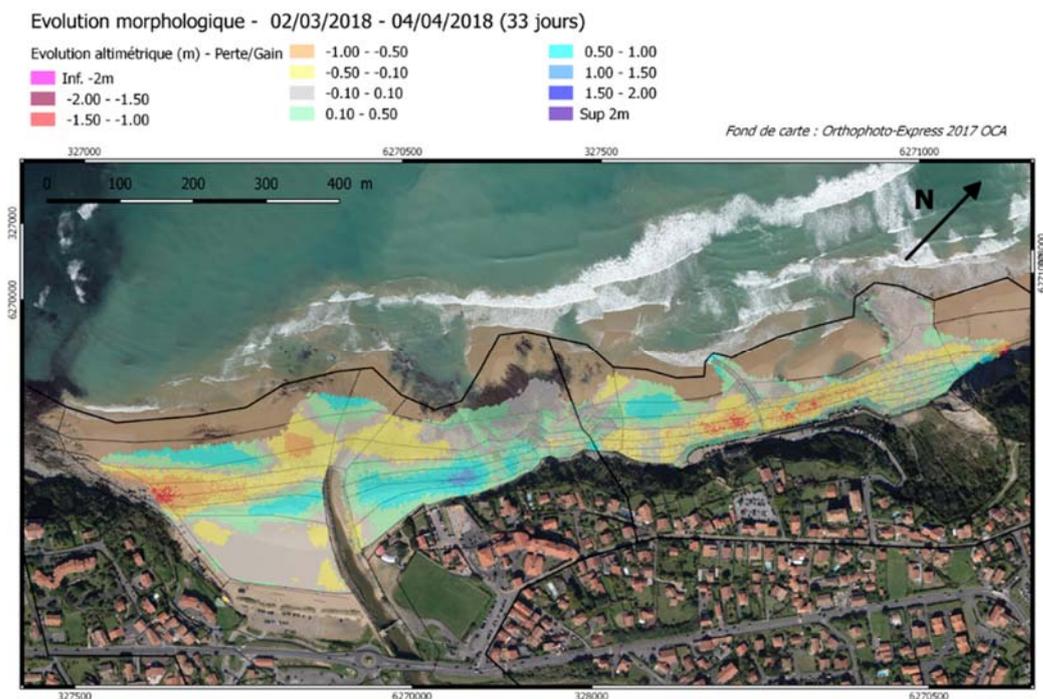


Figure 32 : Exemple d'évolutions morphologiques mensuelles hivernales témoignant de transferts mixtes, transversaux et longitudinaux (période mars-avril 2018)

Finalement, les conditions relativement clémentes de début de printemps ont permis sur le système Uhabia/Embruns un rééquilibrage (Figure 33), par rapport à la rotation observée sur la période précédente (Figure 33). Pour le secteur de la plage du Centre, on observe des évolutions différentes au sud avec une accumulation notable et au nord une forte érosion.

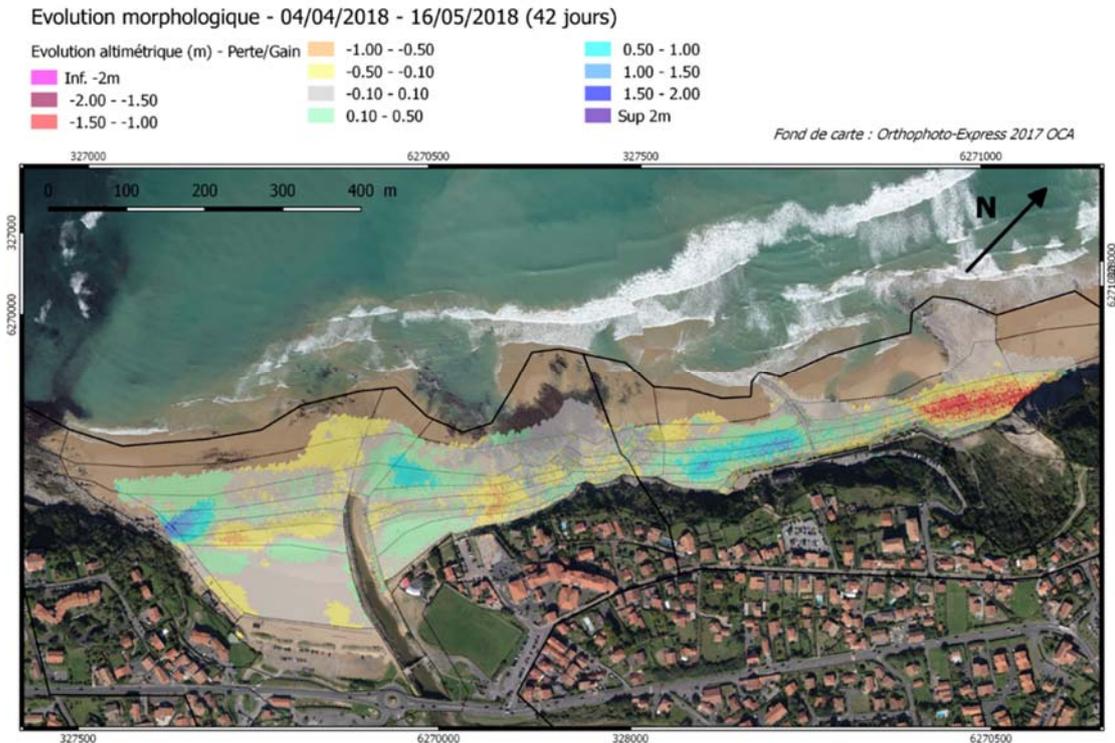


Figure 33 : Exemple d'évolutions morphologiques mensuelles au printemps, transferts modérés sur le secteur Uhabia/Embruns et de dynamiques opposées sur les plages du Centre (periode avril-mai 2018)

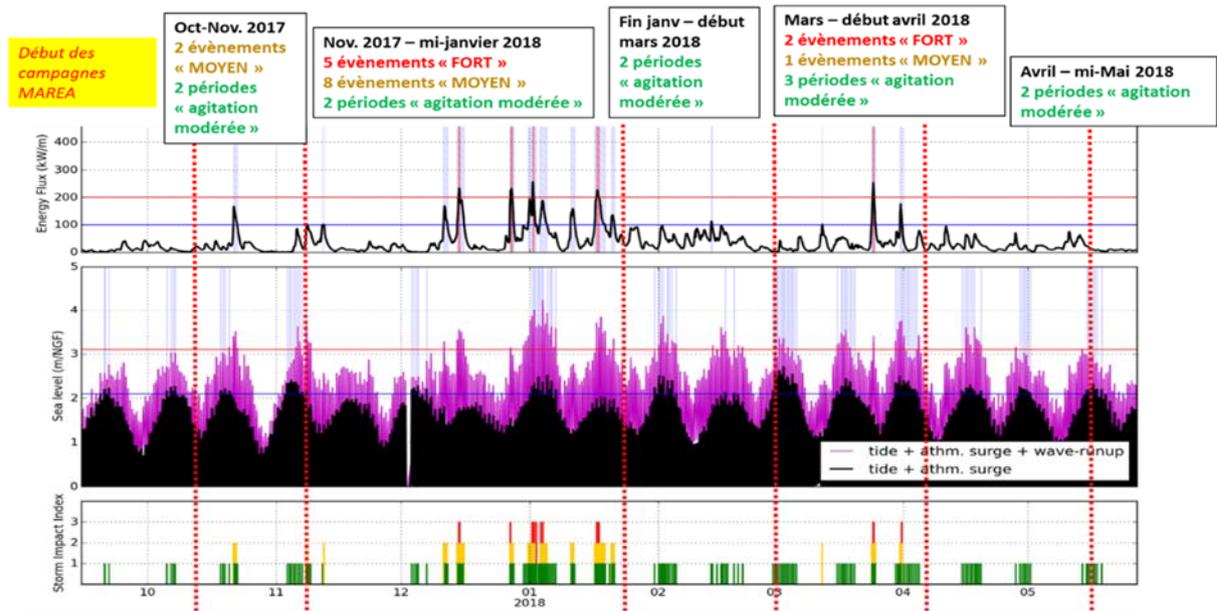


Figure 34 : Conditions hydrodynamiques et indicateur d'impact érosif (source : OCA) durant la période des suivis (octobre 2017 - mai 2018)

Evolutions saisonnières années 2017-2018

L'analyse précédente, détaillée aux échelles de temps mensuelles ou pluri-mensuelles, peut également être considérée à l'échelle de temps saisonnière. Deux éléments importants du fonctionnement peuvent ressortir de cette analyse.

La première est que les systèmes plage Uhabia/Embruns et plage du Centre Sud et Nord fonctionnent de manière très contrastée. Il n'existe pas de continuité entre les deux systèmes (Uhabia/Embruns et plages du Centre Nord/Sud) dont les modes de fonctionnements et les évolutions morphologiques associées ont été différentes lors des périodes observées. Le bilan de la saison hivernale, pour les raisons explicitées dans la partie précédente (situation clémente en fin d'hiver), est positif pour le haut de plage sur la plage de l'Uhabia et celle des Embruns alors que ceux des deux plages du Centre sont en fort déficit (Figure 35). On peut s'interroger sur le rôle d'éventuelles apports sédimentaires par la rivière Uhabia. Ces apports pourraient, outre les conditions d'exposition aux forçages météo-marins expliquer en partie la relative stabilité des plages Uhabia et Embruns. Il n'existe toutefois pas de quantification de ces apports potentiels et les évolutions de volumes sédimentaires dans l'embouchure est aussi bien associés à des apports par la rivière que des remonter de sable depuis les plages vers l'intérieur de l'embouchure.

Le second point est que, de manière atypique, la période hivernale peut être propice à des transferts de sable vers le haut de plage (Figure 35) et inversement, la période estivale présente des érosions notables en haut de plage (pour les plages des Embruns et du Centre Sud). Seule la plage du Centre Nord a connu un fort engraissement du haut de plage lors de la période estivale (Figure 36).

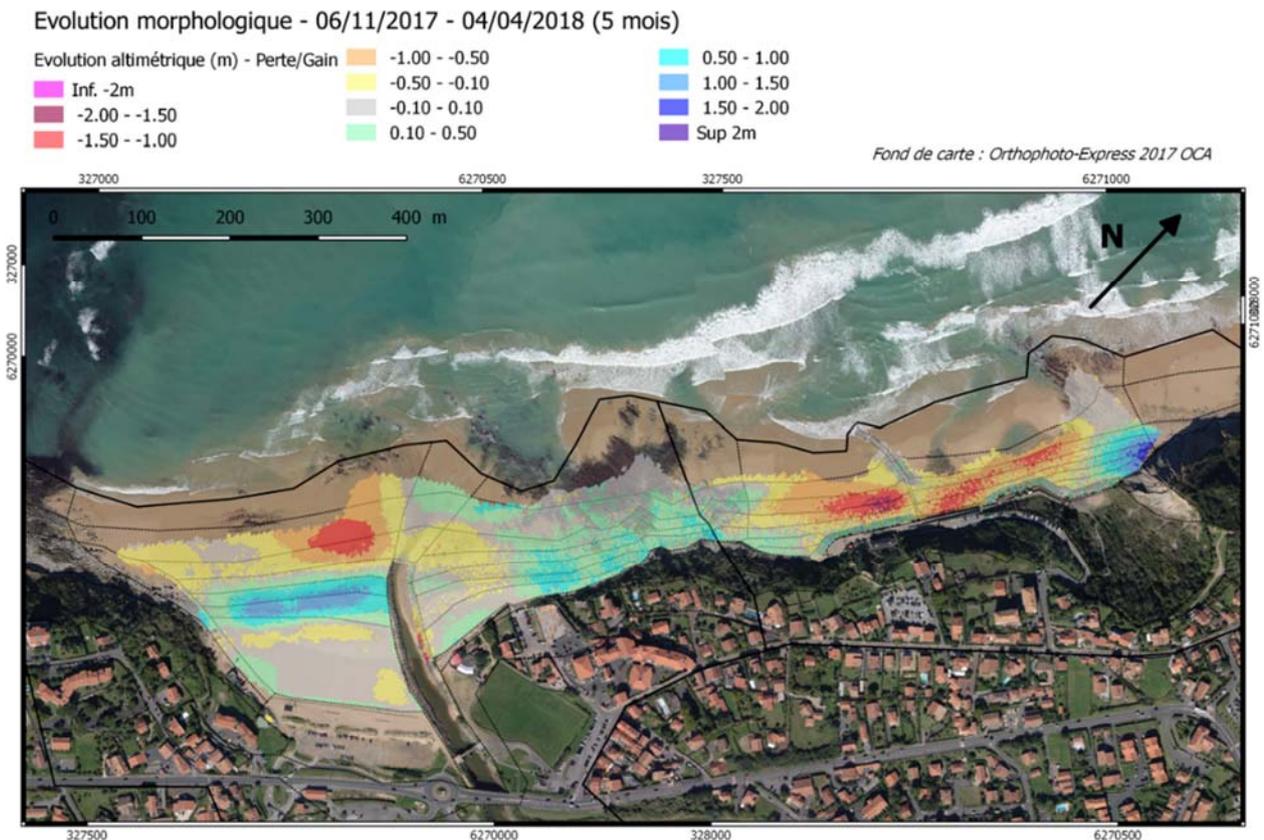


Figure 35 : Evolutions morphologiques saisonnières hivernales (novembre 2017 - avril 2018)

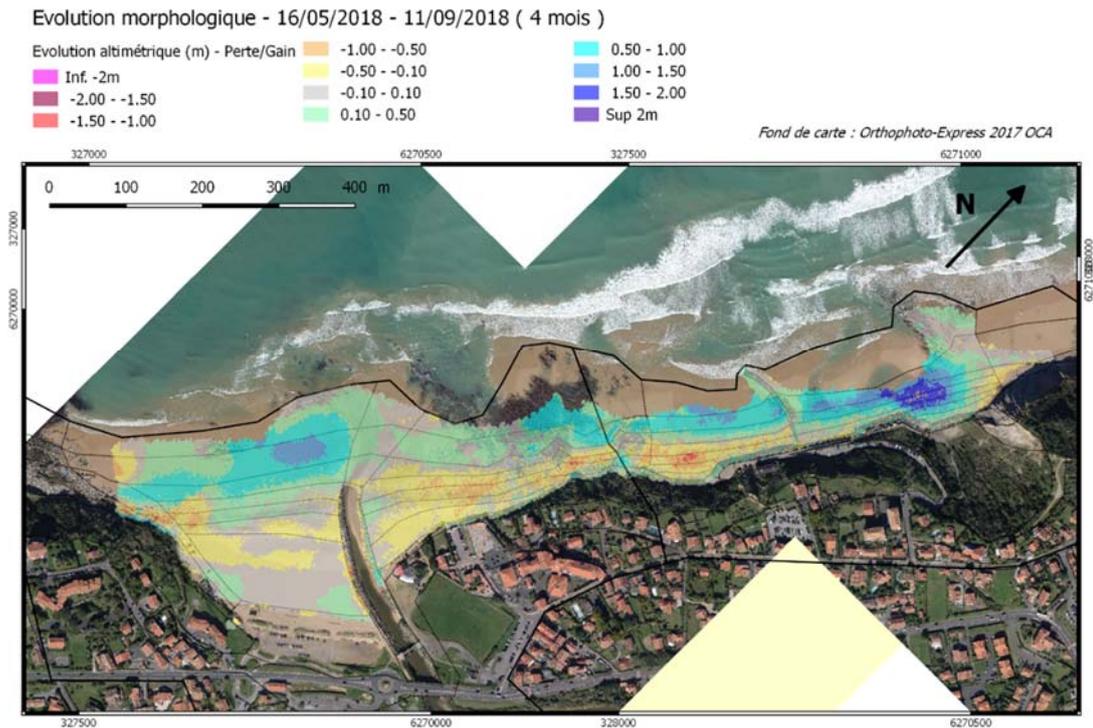


Figure 36 : Evolutions morphologiques saisonnières estivales (mai - septembre 2018)

Evolution interannuelles des plages

Les données disponibles en 2009 et 2011 ont été acquises au printemps alors que, à partir de 2014, les acquisitions annuelles de l'OCA ont été réalisées en automne (fin octobre). Cela ne permet pas d'analyse interannuelle avant 2014 car la comparaison des jeux de données introduit un biais saisonnier. L'analyse approfondie des évolutions interannuelles et pluriannuelles des plages est donc proposée entre 2014 et 2018 en prenant comme référence une situation de fin d'automne. La comparaison entre les données d'avril 2011 et d'octobre 2014 est toutefois conservée et détaillée car elle permet d'illustrer de très forts différentiels d'évolutions selon les plages. Enfin, l'analyse conduite ci-dessous permet de montrer le bilan des évolutions au cours de l'année par rapport à la situation de l'année précédente et ainsi de dégager d'année en année des tendances d'évolutions plus longues.

Bilan interannuel mai 2011 à fin octobre 2014 (3,5 années)

La Figure 37 montre des comportements très distincts entre les différentes plages. Pour le système Uhabia/Embruns, le différentiel montre la très forte bascule saisonnière classique entre le haut de plage à bilan positif et le bas de plage négatif avec des valeurs comprises entre 1 et 2 m. La situation pour les plages du Centre illustre les très fortes différences de dynamiques pouvant avoir lieu de part et d'autre de l'épi (Figure 38).

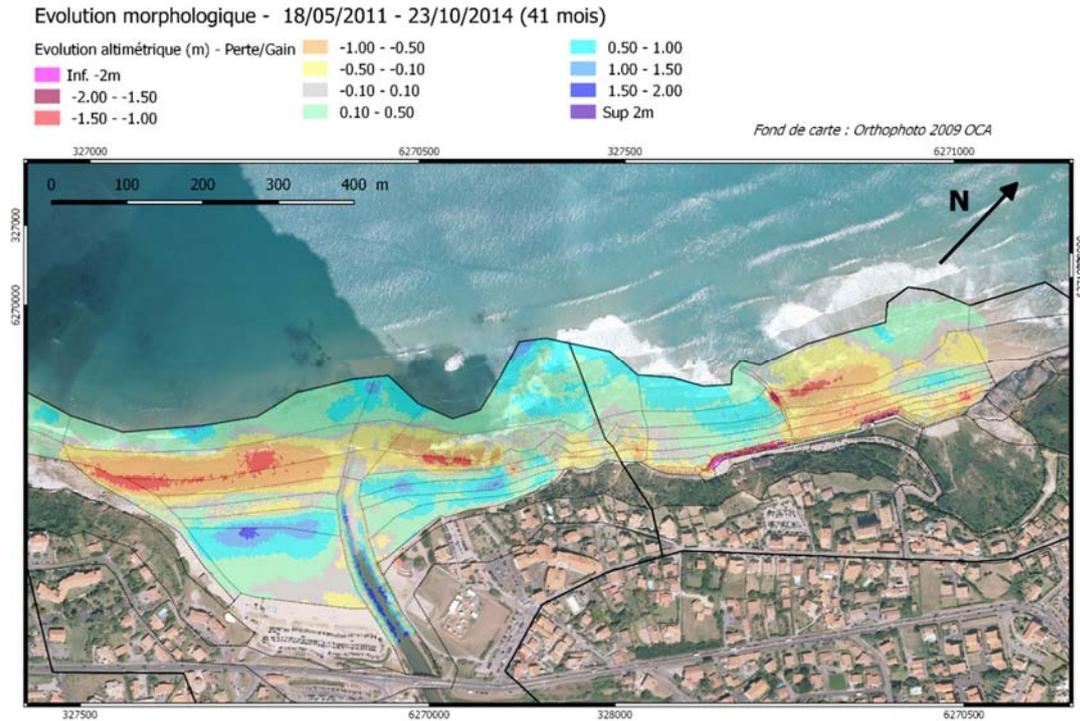


Figure 37 : Evolutions morphologiques pluriannuelles (période mai 2011 - octobre 2014)



Figure 38 : Variété des configurations morphologiques des plages du Centre

Bilan annuel de fin octobre 2014 à mi-novembre 2015 (1 an)

Ce différentiel annuel (Figure 39) montre une nouvelle fois des comportements de bascule et de rotation respectivement sur les systèmes Uhabia/Embruns et plage du Centre. Pour le système Uhabia/Embruns, les stocks de sable positionnés en bas de plage suggèrent que le système a adopté une configuration hivernale marquée dès novembre 2015 par rapport à la situation d'octobre 2014. Pour la plage du Centre la différence de tendances entre les deux plages Nord et Sud est forte et suggère que ces deux plages continuent à évoluer de manière distincte conformément à son évolution depuis 2011.

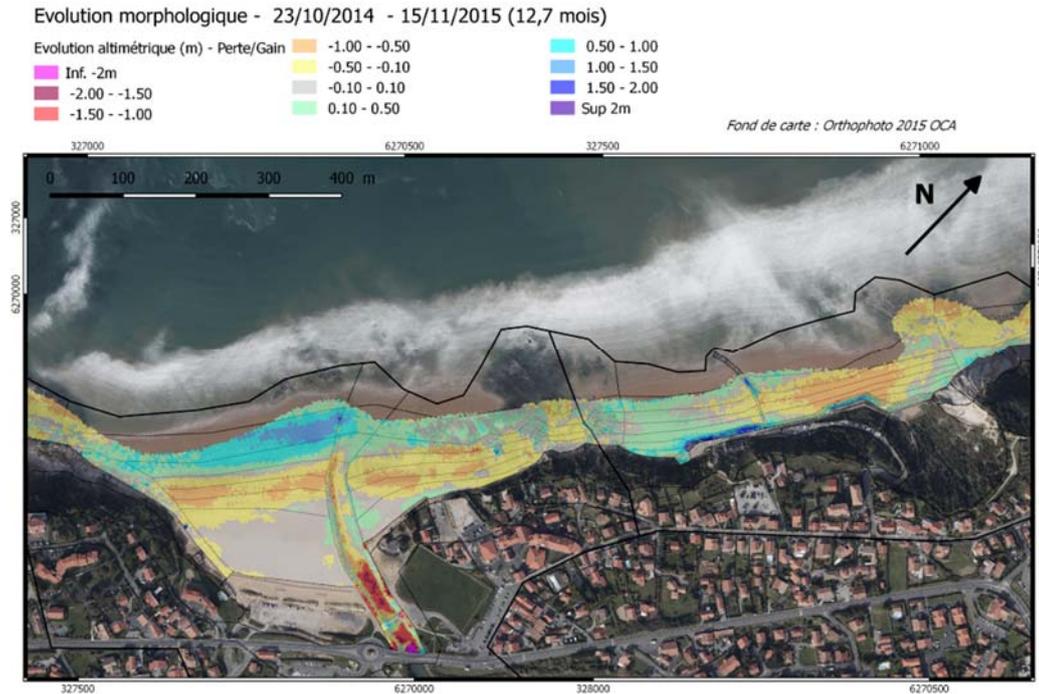


Figure 39 : Evolutions morphologiques annuelle (période octobre 2014 - novembre 2015)

Bilan annuel de mi-novembre 2015 à fin octobre 2016 (1 an)

Ce différentiel (Figure 40) montre que les plages Uhabia et Embruns sont globalement à l'équilibre par rapport à la situation de novembre 2015. En revanche, pour plage du Centre, on note un abaissement très important pour la partie Nord alors que la partie Sud a évolué de manière contrastée. Ce constat met en évidence le rôle de l'épi qui peut temporairement perturber la circulation des sédiments et provoquer des évolutions contrastées de part et d'autre.

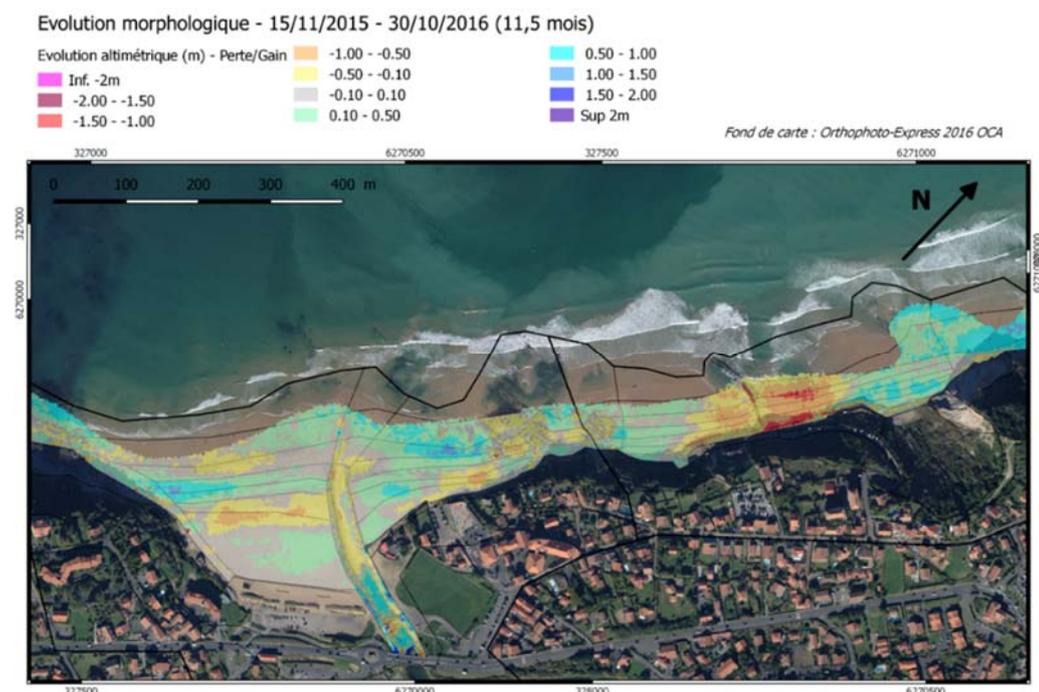


Figure 40 : Evolutions morphologiques annuelle (période novembre 2015- octobre 2016)

Bilan annuel de fin octobre 2016 à début octobre 2017 (1 an)

Ce bilan annuel (Figure 41) montre une diminution globale de la quantité de sédiments pour l'ensemble des plages. Si les hauts de plage sont globalement légèrement plus dotés en sédiments qu'à la même époque en 2016, les bas de plage sont fortement décaissés. C'est particulièrement le cas au niveau de la plage du Centre avec un abaissement généralisé de la plage (-0.50 à -1.50 m). Cette situation préoccupante à l'entrée de l'hiver est dans la continuité des tendances observées depuis 2014 (diminution chronique de la quantité de sable sur les plages du Centre). On note également que les années précédentes certaines parties de la plage du Centre (plutôt la plage Sud) présentaient des différentiels évoquant des transferts longitudinaux, ici l'ensemble des plages du Centre sont marquées par un mode de bascule transversale.

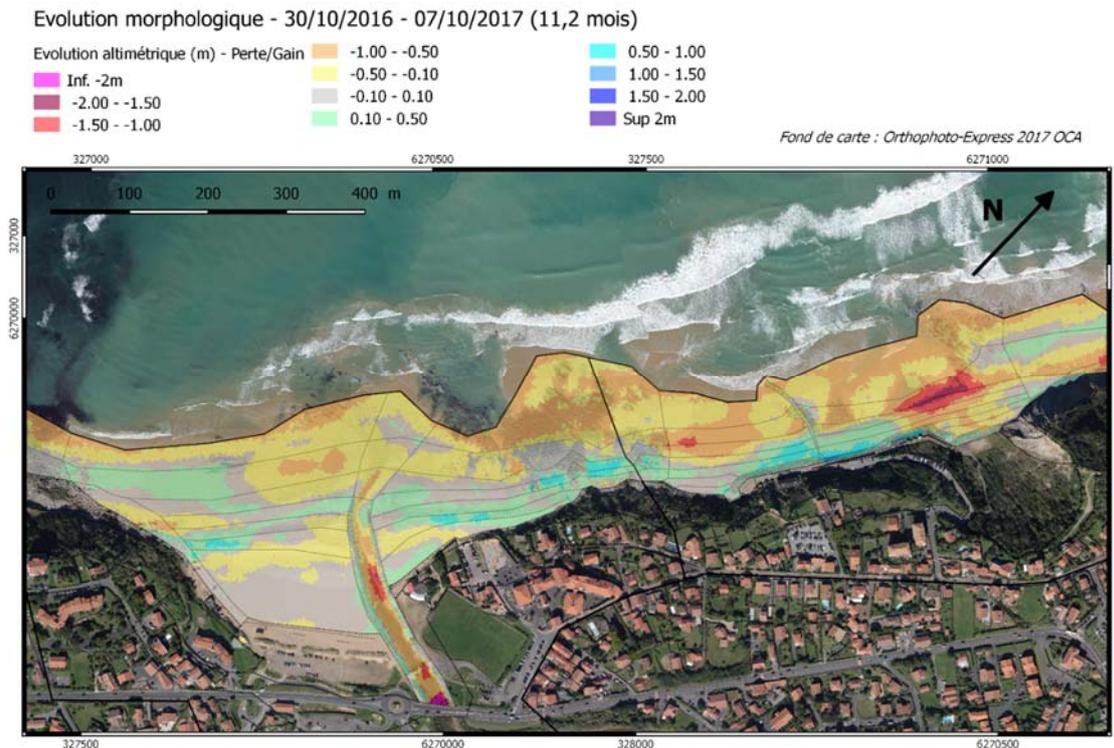


Figure 41 : Evolutions morphologiques annuelle (période octobre 2016 - octobre 2017)

Bilan annuel de début octobre 2017 à début septembre 2018 (1 an)

Ce bilan annuel (Figure 42), illustre une situation relativement stable pour les plages de l'Uhabia et des Embruns avec des différentiels d'amplitude de ± 1 m. En revanche, les hauts de plage des plages du Centre présentent des différentiels supérieurs au mètre, indiquant une situation potentiellement problématique en entrée d'hiver. Toutefois sur cette plage, les différentiels montrent une relative disponibilité des sédiments en zone intertidale. Dans le cas de conditions marine favorables, ces stocks pourront être susceptibles de gagner le haut de plage avant le début des tempêtes hivernales.

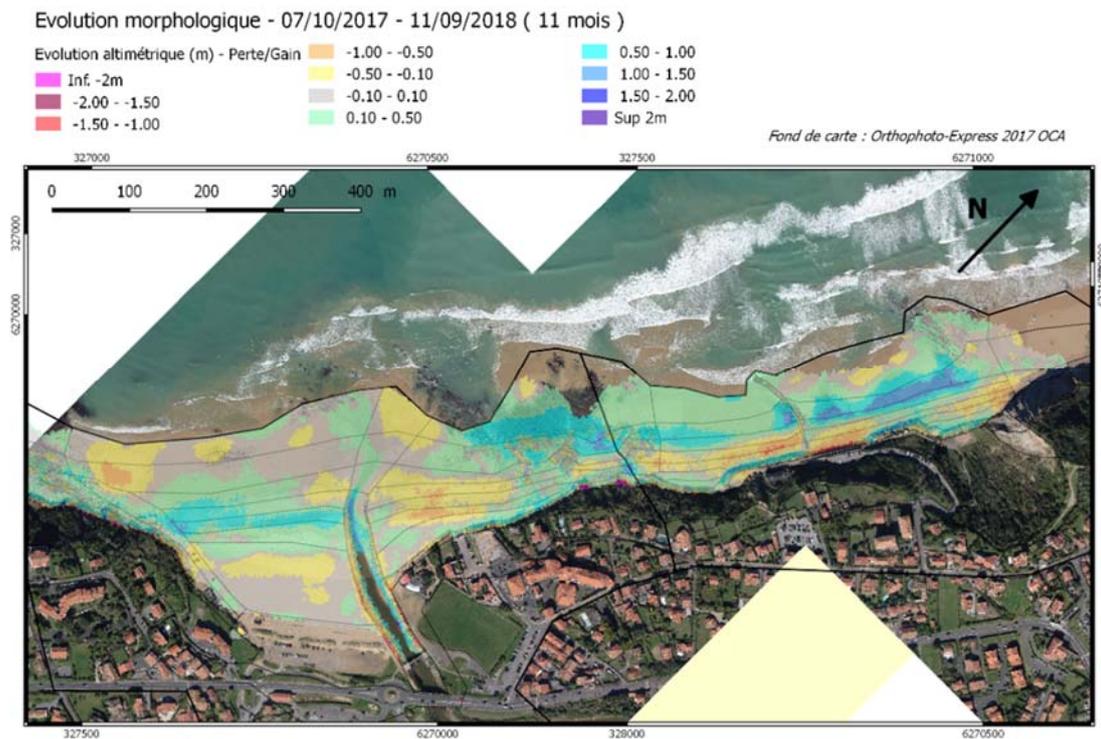


Figure 42 : Evolutions morphologiques annuelle (période octobre 2017- septembre 2018)

Compte tenu des fréquences d'acquisition, l'analyse des tendances d'évolutions des plages de l'Uhabia/Embruns et du Centre intègre à la fois des variations associées à des événements tempétueux, des évolutions mensuelles lors de la saison hivernale, des évolutions saisonnières, des évolutions interannuelles et pluriannuelles.

L'analyse de l'ensemble de ces données à partir des données de de profil ou des MNT a permis de caractériser les grands types d'évolutions observables sur les différentes plages. Elle indique également deux trajectoires distinctes à l'échelle de temps pluriannuelle pour les deux systèmes de plage.

D'un côté, le système Uhabia/Embruns apparait relativement stable à l'échelle pluriannuelle, avec des bascules du profil de plage saisonnières classiques associées à l'augmentation de l'énergie des vagues en hiver. On observe toutefois lors de la durée du projet MAREA que des rechargements importants du haut de plage (1 à 2 m d'épaisseur) peuvent avoir lieu au cours de l'hiver lors de période clémente. Inversement au cours de l'été le haut de plage peut connaître des érosions notables et le système adopter une configuration proche de la situation hivernale.

De l'autre côté, la plage du Centre présente (particulièrement pour la partie Nord) une évolution progressive et continue de perte de sédiment en haut de plage. A l'échelle intra-annuelle, on observe des phénomènes de bascule transversale et de rotations longitudinales complexes. L'épi central joue indéniablement un rôle de perturbation conduisant à des accumulations successivement de part et d'autre. Les deux plages du Centre suivent toutefois des trajectoires d'évolutions notablement différentes. Ces aspects seront détaillés dans la partie suivante via la caractérisation des stocks sédimentaires disponibles et de leurs évolutions.

5. Evaluation des stocks sédimentaires

5.1. METHODOLOGIE

L'évaluation quantitative des volumes sédimentaires présents sur l'avant-côte est une donnée essentielle pour caractériser le potentiel de résilience des plages face aux phénomènes érosifs à différentes échelles de temps. La démarche entreprise consiste à identifier les volumes de sédiments mobiles, susceptibles de transiter entre l'avant-côte et les plages. Pour ce faire, les levés d'évolutions de la morphologie en surface présentés dans le chapitre précédent, sont associés à des méthodes de prospection et d'identification de l'épaisseur des sédiments sur le site d'étude.

Une campagne de sondages de reconnaissance géologique sur les plages des communes de Bidart et Guéthary a été réalisée du 6 au 9 novembre 2017 avec pour but de caractériser la nature des sédiments et d'évaluer les stocks de sédiments. L'objectif principal de cette mission est la détection de la base (ou substratum) et du toit de l'unité sableuse supérieure (USU pour « *Upper Sand Unit* », Certain *et al.* 2004). Cette USU correspond à l'épaisseur de sables mobilisables naturellement par les vagues et la dérive littorale (cf. Figure 43). Le substratum, unité sédimentaire sous-jacente qui supporte l'USU, peut être de nature très variée (rocheux, argileux, vaseux...). Il est décrit le plus souvent comme le socle rocheux.

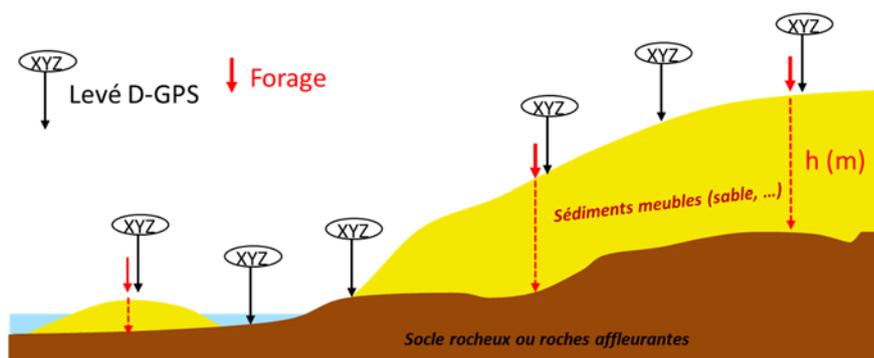


Figure 43 : Schéma de principe pour l'identification de l'Unité Sableuse Supérieure (USU) permettant de déterminer les stocks sableux disponibles

Lors des sondages, plusieurs horizons géologiques ont pu être traversés (sables fins à grossiers, marnes, argiles, etc.) et l'arrêt des sondages est effectué lorsque la tarière rencontre le socle « dur » (refus) ou lorsque l'épaisseur est supérieure à 12 m (contraintes techniques fixées lors de la prestation géotechnique). Cette épaisseur n'a toutefois jamais été atteinte.

Pour la partie sous-marine, dans le cadre de cette étude, des levés de différentes natures ont été réalisés afin d'identifier la nature des surfaces sondées (sédiments meubles, socle rocheux) et déterminer l'épaisseur de ces formations. Ces travaux ont été réalisés par CASAGEC en associant l'utilisation d'un sonar à balayage latéral et d'un sondeur à sédiments. Ces informations sont détaillées dans le rapport CASAGEC 2019.

La détermination de la morphologie et de la profondeur du socle rocheux par différence avec la topo-bathymétrie a permis d'accéder à la connaissance du stock sédimentaire. Des cartes des isopaques des sédiments meubles sur les avant-côtes et les plages de Bidart-Guéthary ont été constituées et permettent d'analyser les stocks et les mouvements sédimentaires.

5.2. NIVEAU 1 : ACQUISITION DES DONNEES SOCLES

5.2.1. Sondages de reconnaissance géologique

Des sondages de reconnaissance géologique ont été réalisés à l'aide d'une tarière mécanique sur les plages de Bidart (Figure 44). Une description des horizons géologiques rencontrés a été retranscrite sous forme de logs géologiques.



Figure 44 : Campagne de sondages géologiques

Un total d'une cinquantaine de sondages accompagnés de prélèvements a été réalisé (cf. Figure 45 et Annexe 1). Les points ont été disposés de manière à couvrir l'estran du haut de plage au bas de plage le long de profils dont les évolutions morphologiques sont suivies par ailleurs.

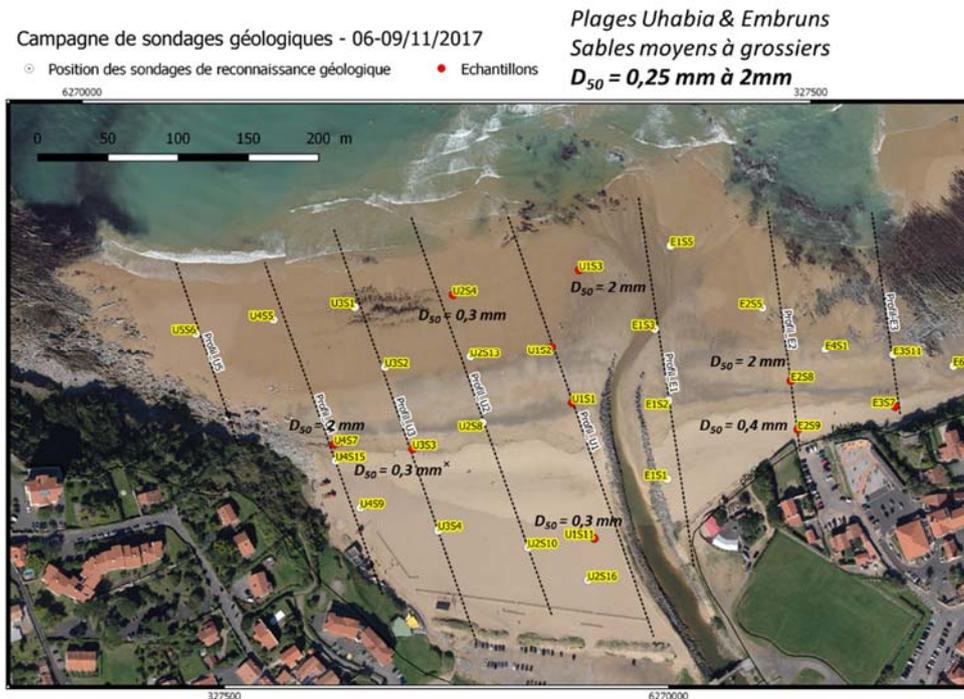


Figure 45 : Carte de localisation des sondages géologiques sur les plages Uhabia et Embruns

5.2.2. Analyse granulométrique

Lors de la campagne de sondages géologiques, des échantillons ont été prélevés et analysés en laboratoire (Figure 46). La classification des matériaux retenue montre la présence de sable très fins à grossiers, de graviers et d'argiles plus ou moins plastiques en fonction de la profondeur. Une note technique du prestataire ECR Environnement les caractéristiques des matériaux constituant chaque échantillon (cf. Annexes 1).



Figure 46 : Illustration d'échantillonnage de sédiments pour l'analyse granulométrique

5.2.3. Données LiDAR et levés topo-bathymétriques

La connaissance de la position du substratum rocheux a été complétée par une analyse géomatique des affleurements rocheux repérés à l'aide des ortho-photos et des données LIDAR des années 2014, 2015, 2016 et 2017. Les altitudes du socle « rocheux » ont été extraites des MNTs LIDAR afin de compléter la couverture spatiale des données utiles à l'interpolation du substratum rocheux. Une possibilité supplémentaire d'identifier les positions et l'élévation du substrat consiste à délimiter l'ensemble des affleurements en position intertidale. En fonction de l'état des plages (plus ou moins riche en sédiments) et des moments où les levés ont été effectués, (marée basse et coefficient), ces affleurements sont plus ou moins visibles. La campagne LiDAR 2017 a notamment permis de délimiter la position et la hauteur du substrat rocheux en zone intertidale sur de nombreux secteurs du site d'étude (cf. Figure 47 et Annexe 2).

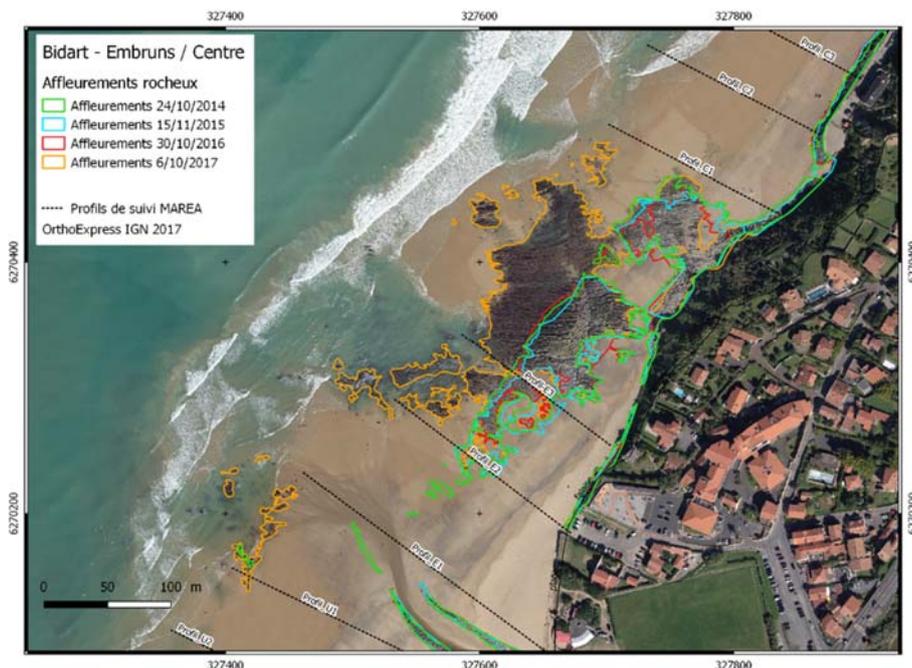


Figure 47 : Identification des affleurements rocheux sur le site de la plage des Embruns

5.2.4. Sonar et sondeur à sédiments

Pour la partie sous-marine, un sonar à balayage latéral Tritech Starfish 452F a permis de constituer des images acoustiques détaillées de la réflectivité des fonds. Cette technologie a permis de déterminer et de localiser des ensembles géologiques tels que des structures morpho-sédimentaires (roches, sables). Associés en simultanément à un sondeur à sédiments, les levés permettent d'obtenir une information précise du fond bathymétrique (onde « haute fréquence » émise à 200 kHz) et des couches de sédiments sous-jacentes (onde « basse fréquence » émise entre 3,5 et 15 kHz). Dans le cadre de cette étude un sondeur de type Knudsen Pinger a été déployé.

Les détails des campagnes de levés peuvent être consultés dans CASAGEC 2019 (Figure 48).

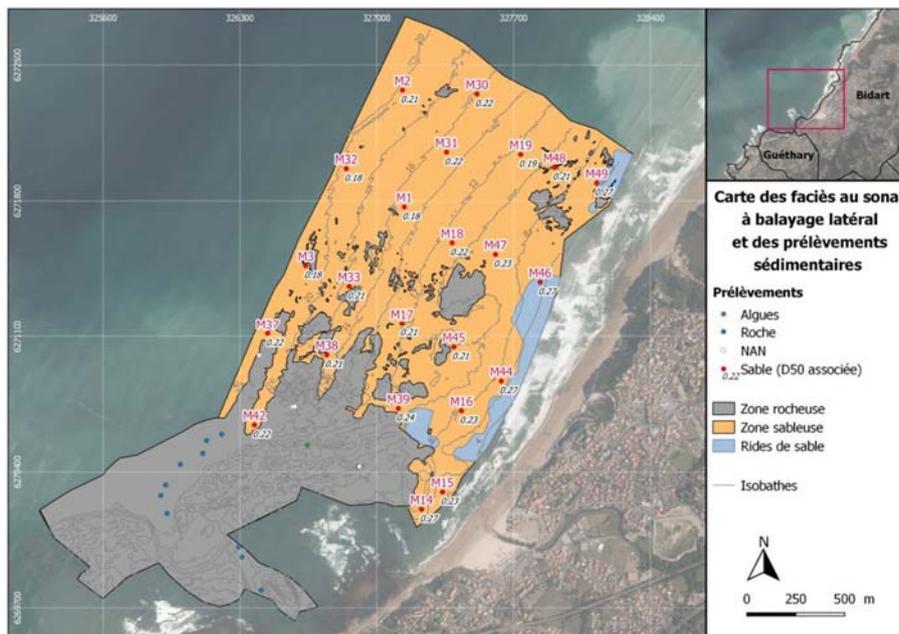


Figure 48 : Carte des faciès identifiés au sonar à balayage latéral

5.3. NIVEAU 2 : IDENTIFICATION DU TOIT ROCHEUX

Le traitement des données a permis de déterminer plusieurs composantes fondamentales permettant de caractériser les stocks sableux, à savoir :

- Identifier la position et l'altitude du toit du substratum sur le haut de plage, la zone intertidale et sous-marine ;
- Identifier la nature des fonds dans la partie sous-marine ;
- Préciser la granulométrie (en surface, et en profondeur au droit des sondages verticaux).

5.3.1. Interprétation et identification du toit rocheux

A partir de l'ensemble des données disponibles une cartographie de synthèse permet de déterminer les altitudes du socle « rocheux » acquises lors des campagnes MAREA (sondages géologiques sur les plages en novembre 2017 et profils sonar/sismique en juillet 2018). Les affleurements visibles sur les ortho-photos associées aux données LiDAR sont également intégrés et servent à densifier les levés au niveau de la zone intertidale (Figure 49).

Campagnes de caractérisation du toit rocheux (Sonar juillet 2018 - sondages novembre 2017)

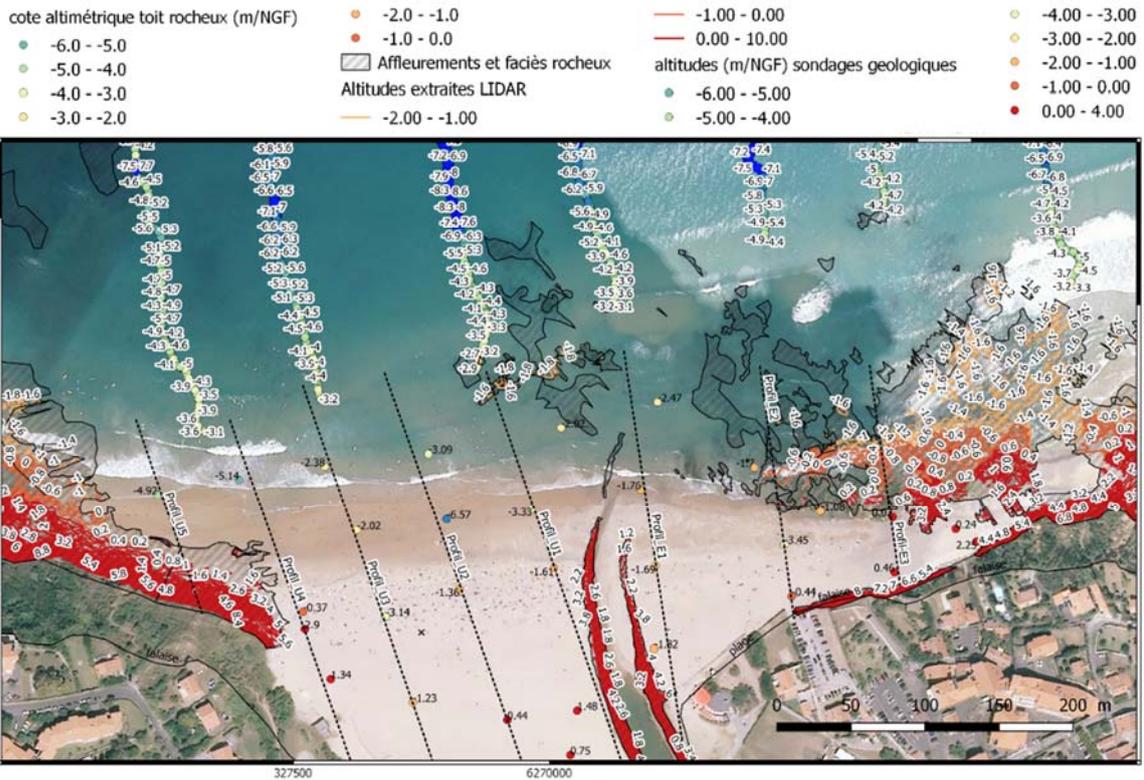


Figure 49 : Localisation des points permettant d'identifier le toit du substratum rocheux, sur les plages de l'Uhabia et d'Embruns, à partir de l'ensemble des campagnes de levés

L'ensemble de ces points ont permis de constituer un modèle numérique représentant la base de l'Unité Sableuse Supérieure ou USU (Figure 50).

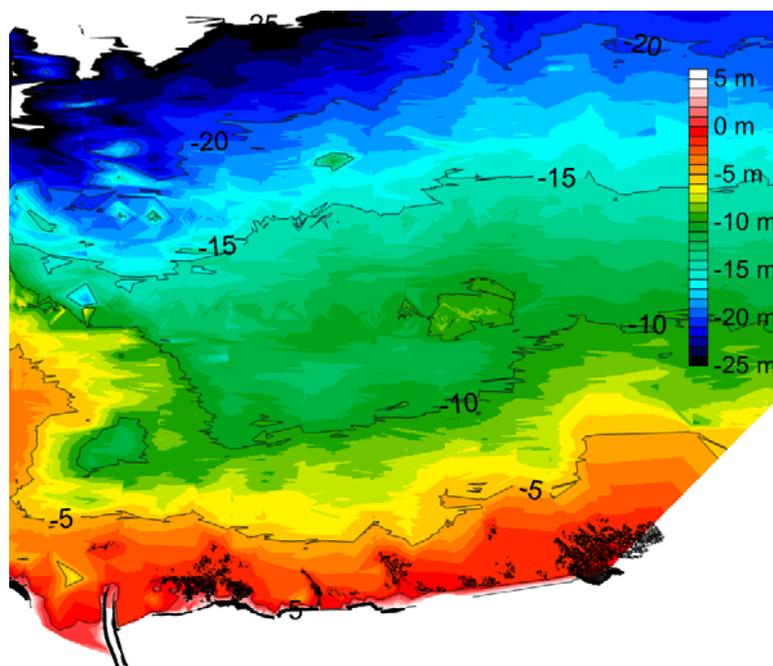


Figure 50 : Modèle numérique du toit du substratum rocheux (petits fonds et des plages)

5.3.2. Granulométrie

Des logs géologiques ont été établis à partir des différents prélèvements réalisés. Ils traduisent la nature lithologique et les épaisseurs associées des différents horizons géologiques traversés pour chacun des sondages (cf. Figure 51). Des analyses granulométriques ont également été effectuées sur les prélèvements réalisés lors de la campagne de sondages.

Nom de la campagne		MAREA Brgm	
Localisation (commune/plage)		Bidart - plage Uhabia	
Date		07-nov-17	
Nom du sondage		U1S1	
Tranche de profondeur		0 à 6.6 m	
Coord (L93)	X (m)	327532	
	Y (m)	6270094	
Altitude (m/NGF)		1.9	
Prof. (m)	Log litho		Description
0	sable fin		0m : 20cm sable fin en surface
0.5	sable grossier		1m: sable grossier / 2m: sable grossier ++ / 2m30 fraction fine qui augmente / 3m : chgmt couleur gris foncé
1			
1.5			
2			
2.5			
3			
3.5	sable fin argileux		3m50: fraction fine +++, sable fin argileux (alluvions ?), présence d'eau
4	sable fin argileux		
4.5	argile		4m50 venue d'eau / 6m: crème argileuse et sédiments fins argileux
5			
5.5			
6			
6.5			6m60 Refus - "rocher"
7			

Figure 51 : Illustration d'un log géologique réalisé sur la plage de l'Uhabia

Les analyses des sédiments de surface sur les plages de Bidart permettent de caractériser leur granulométries (échelle de Wentworth) :

- Sur les plages de l'Uhabia et des Embruns, le diamètre médian (D50) est compris entre 0.25 mm et 2 mm, et caractérise la présence de sables moyens à grossiers.
- Sur la plage du Centre, le diamètre médian (D50) est compris entre 0.5 mm et 5 mm, et caractérise la présence de sables grossiers à de graviers.
- Sur la plage de Parliamentia, le diamètre médian (D50) est compris entre 1 mm et 5 mm, et caractérise la présence de sables très grossiers et de graviers.

5.4. NIVEAU 3 : QUANTIFICATION ET ANALYSE DES TRANSFERTS

5.4.1. Quantification des stocks sédimentaires

A partir des levés disponibles, une analyse volumétrique (cubatures) a été réalisée afin d'estimer et de quantifier les évolutions des stocks sédimentaires (quantités et transferts potentiels). Ces évaluations, peuvent être réalisées pour l'ensemble des levés topographiques et bathymétriques, considérant que le toit du substratum rocheux est stable dans le temps (cf. Figures ci-dessous et Annexe 3). Ci-dessous (Figure 52 et Figure 53), on peut constater les fortes différences de disponibilité et d'organisation des sédiments sur le site étudié, avant et après l'hiver 2017-2018.

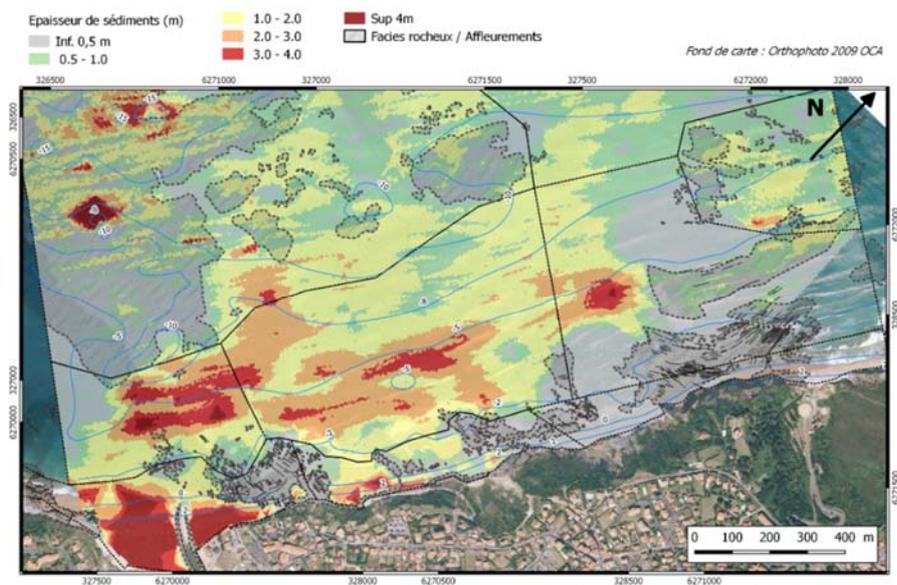


Figure 52 : Epaisseur de sédiments sableux mobilisables sur la zone d'étude en octobre 2017

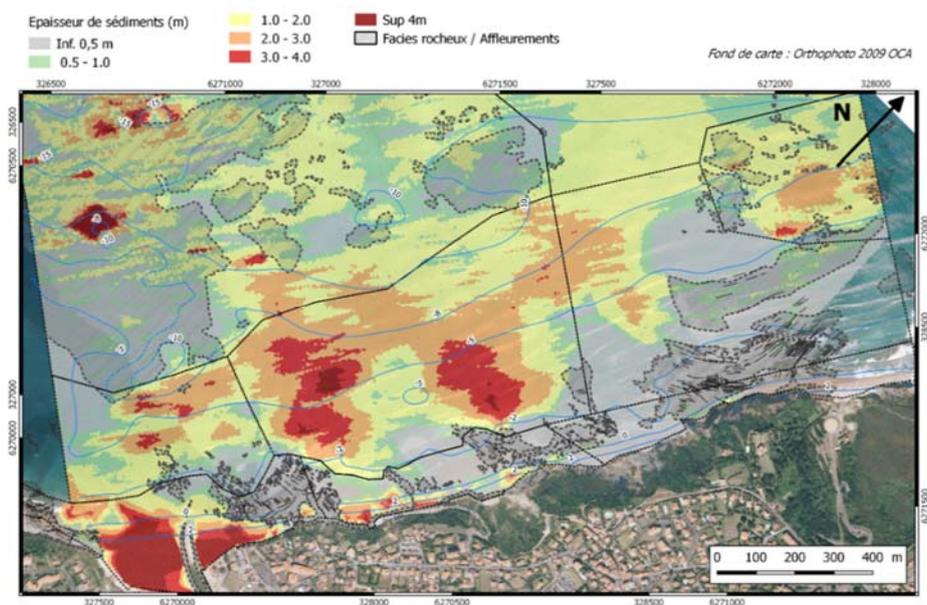


Figure 53 : Epaisseur de sédiments sableux mobilisables sur la zone d'étude en mars 2018

A cours de la période d'octobre 2017 à avril 2019, les stocks sédimentaires, sur l'ensemble du secteur où la quantification a été rendue possible (cf. Figure 22), sont établis entre 1 346 Mm³ (en mai 2018) et 1 488 Mm³ (mars 2019) avec un stock moyen de 1 389 Mm³. Soit des variations observées de l'ordre ± 100 Mm³ (inférieures à 7%). Contrairement aux levés post-hiver de mars 2019 qui présentent les valeurs les plus fortes, les autres levés présentent des valeurs proches (cf. Tableau 2). De manière générale, ces données montrent une relative stabilité de la quantité globale de sédiments sur le secteur. L'épaisseur de sédiment ramenée à la surface totale de la zone étudiée indique que l'épaisseur en m³/m² est comprise entre 1,4 et 1,6 m³/m², selon les campagnes, avec une variabilité selon les compartiments étudiés comprise entre 2,5 m³/m² (en moyenne sur le secteur de la plage de l'Uhabia) et proche de 0 m³/m² (en moyenne sur le secteur des petits fonds au large de la plage d'Erretagia). On observe une répartition moyenne des sédiments entre les plages et les petits fonds de l'ordre de 76% dans la partie sous-marine contre 24% sur les plages. Si on regarde ce rapport pour chacune des campagnes de mesure, une bascule saisonnière est observable avec des sédiments relativement plus abondants dans la partie sous-marine en fin d'hiver, de l'ordre de 77 à 79 % alors que le rapport est de l'ordre de 74 % en fin d'été-automne. Ces différences illustrent les bascules saisonnières de la position des stocks qui seront ultérieurement mise en relation avec les conditions d'agitation et les courants induits sur le fond.

	Volume (milliers de m3) du stock sableux		
	Plages Uhabia/Embruns /Centre	Avant côte des plages	Total
11/10/2017	354	992	1 346
02/03/2018	303	1 044	1 347
05/10/2018	351	1 023	1 374
28/03/2019	316	1 172	1 488

Tableau 2 : Synthèse des stocks sédimentaires disponibles sur les plages et les petits fonds durant la durée du projet

5.4.2. Evolutions des stocks et échanges plages/petits fonds.

Si les volumes totaux apparaissent comme relativement stables (Tableau 2), des déplacements importants tant le long de la côte que dans des échanges entre les petits fonds et les plages sont observables. Le différentiel des volumes sur 1 an d'octobre 2017 à octobre 2018, illustre en partie ces déplacements.

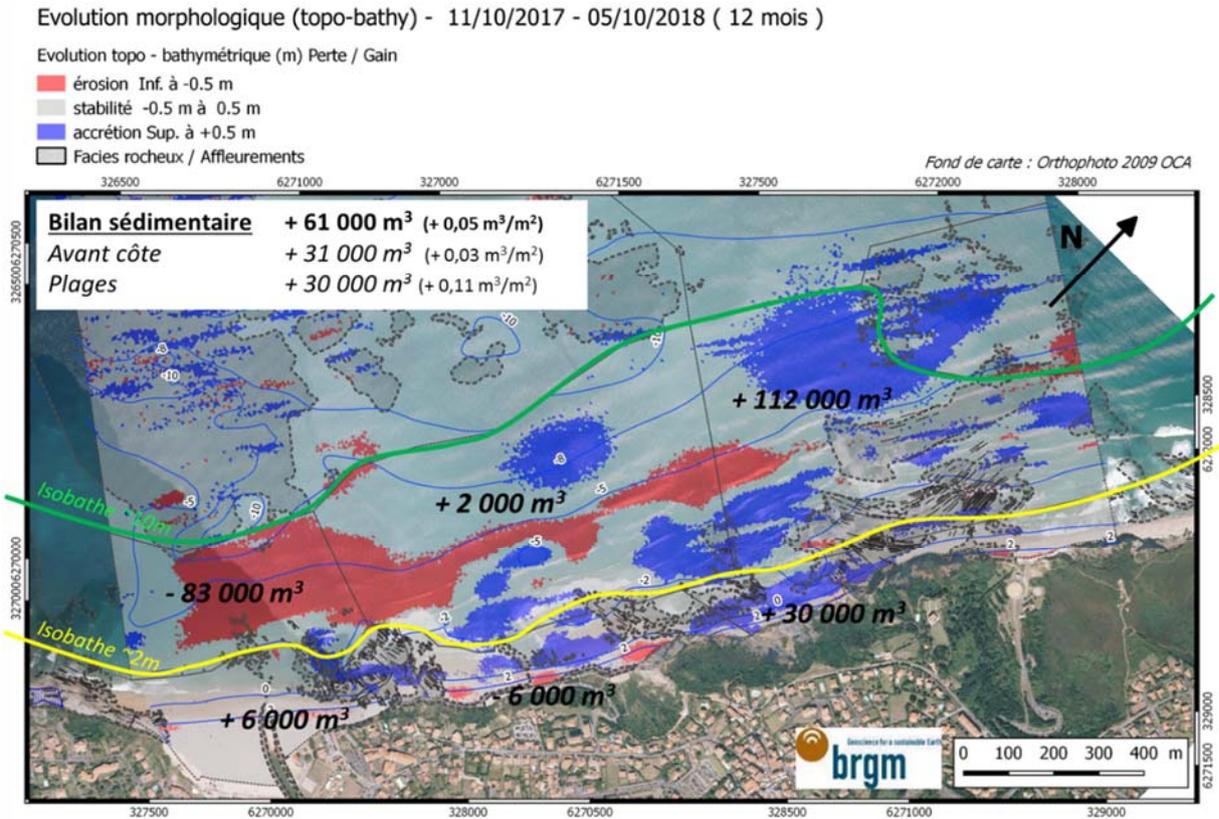


Figure 54 : Différentiel des volumes sédimentaires sur 1 an, d'octobre 2017 à octobre 2018

Les différentiels saisonniers avant et après période hivernale (Figure 55) ainsi que avant et après période estivale (Figure 56), montrent de nets phénomènes de bascule entre les petits fonds (10 et 2 m de profondeur) et les plages (domaine supérieur à 2 m de profondeur). A ces évolutions s'associent des transferts des sédiments le long de la côte du nord vers le sud. Il se manifeste par une diminution importante des stocks au niveau des petits fond face à la plage de l'Uhabia (- 83 000 m³ soit -33% par rapport au levé de d'octobre 2017) et une augmentation au nord du site face au plage d'Erretegia ou les volumes disponibles sont multipliés par 5,5 fois sur 1 an (Figure 54).

Evolution morphologique (topo-bathy) - 11/10/2017 - 02/03/2018 (4,7 mois)

Evolution topo - bathymétrique (m) Perte / Gain

- érosion Inf. à -0.5 m
- stabilité -0.5 m à 0.5 m
- accrétion Sup. à +0.5 m
- Facies rocheux / Affleurements

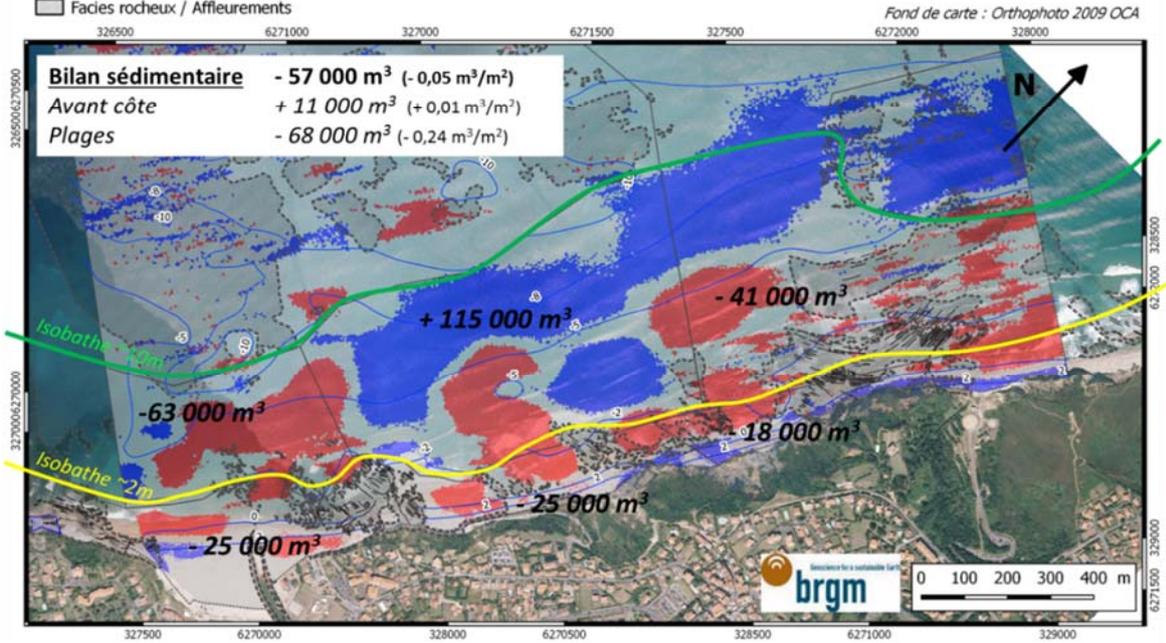


Figure 55 : Différentiel des volumes sédimentaires pour la période hivernale d'octobre 2017 à mars 2018

Evolution morphologique (topo-bathy) - 02/03/2018 - 05/10/2018 (7,1 mois)

Evolution topo - bathymétrique (m) Perte / Gain

- érosion Inf. à -0.5 m
- stabilité -0.5 m à 0.5 m
- accrétion Sup. à +0.5 m
- Facies rocheux / Affleurements

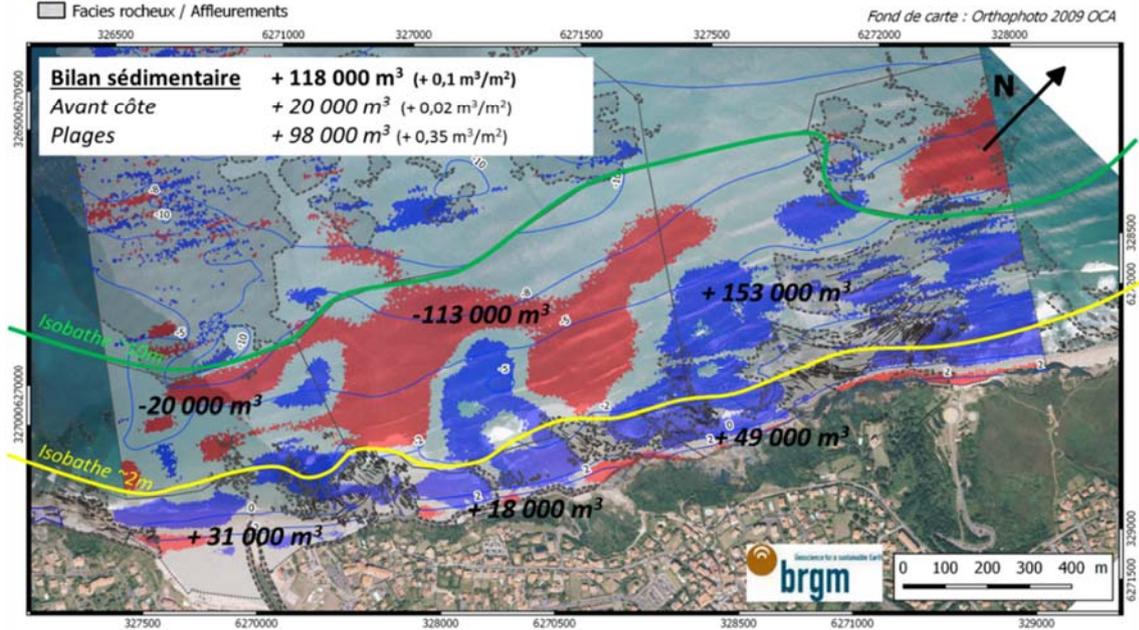


Figure 56 : Différentiel des volumes sédimentaires pour la période estivale de mars 2018 à octobre 2018

La tendance est inversée si on considère le différentiel entre octobre 2018 et mars 2019 (cf. Figure 57). Les petits fonds face à la plage de l'Uhabia et face à la plage d'Erretegia retrouvent des volumes de sédiments comparables à la situation d'octobre 2010 de l'ordre de 250 000 m³ pour le secteur de l'Uhabia et de l'ordre de 50 000 m³ pour le secteur de Erretegia. Il n'est toutefois pas possible de déterminer à ce stade si :

- ces évolutions résultent de circulations (aller - retour) des sédiments au sein du secteur étudié,
- de nouveaux apports au niveau des petits fonds face à la plage de l'Uhabia (provenant du sud et compensant les pertes de la période précédente) et d'une migration des sédiments au niveau des petits fonds face à la plage de d'Erretegia vers le nord.

Des éléments de réponse en lien avec l'hydrodynamique du secteur d'étude selon différents types de conditions de houle permettront dans le chapitre suivant d'apporter des éléments de réponse.

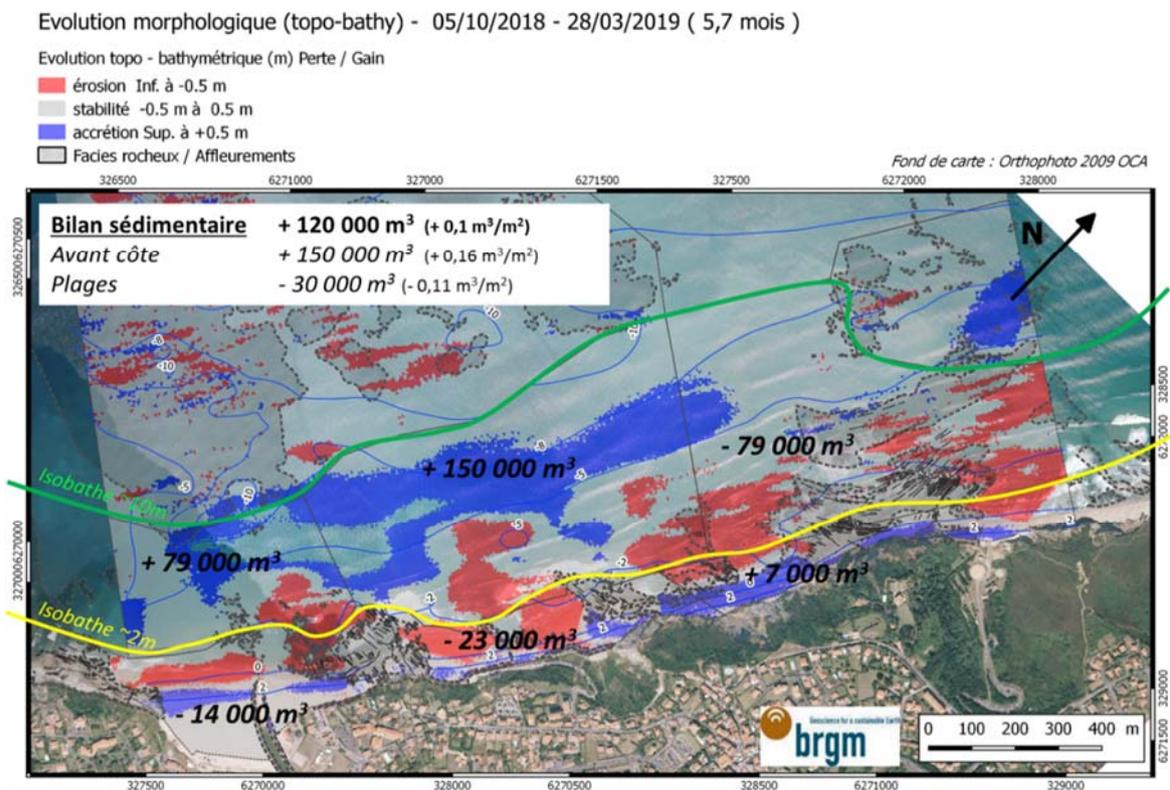


Figure 57 : Différentiel des volumes sédimentaires pour la période hivernale d'octobre 2018 à mars 2019

5.4.3. Evolution des stocks par plage

En s'appuyant sur les délimitations indiquées dans la Figure 22, une quantification des volumes par plage est proposée. En comparant les volumes sédimentaires à chacune des dates de levés et en utilisant comme référence le premier levé de la série de données (ici juin 2009), cette analyse permet d'identifier les variations saisonnières, les tendances pluriannuelles et le bilan d'évolution des stocks sableux sur 10 ans. L'analyse est également ramenée au stock moyen sur les 10 ans de données afin de mettre en perspective les valeurs calculées. Cette analyse est associée à un tableau permettant d'identifier les volumes sédimentaires en jeux. Une attention particulière est portée aux systèmes de plages Uhabia-Embruns et plage du Centre dont les tendances d'évolution sur la période sont contrastées.

Plage de l'Uhabia-Embruns

Les volumes des stocks de sédiments disponibles aux dates d'acquisition sont précisés dans le Tableau 3 ci-dessous :

La plage de l'Uhabia possède un stock sédimentaire relativement important de l'ordre de 185 000 m³ (valeur moyenne équivalente au stock en mai 2019) avec un budget sédimentaire stable sur 10 ans (+ 10 000 m³ sur la période juin 2009-mai 2019 soit +5,7%). La plage des Embruns suit la même dynamique et peut même être considérée en légère accrétion avec un budget positif de l'ordre de + 14 000 m³ sur la période 2009-2019 soit +23,3%.

	Uhabia	Embruns	Uhab_Embruns
25/06/2009	175	60	235
01/04/2011	168	54	223
18/05/2011	181	64	245
23/10/2014	177	67	244
15/11/2015	188	64	252
30/10/2016	189	68	257
07/10/2017	186	70	255
11/10/2017	187	71	258
06/11/2017	181	67	249
22/01/2018	183	54	237
02/03/2018	180	64	244
04/04/2018	184	72	256
16/05/2018	183	73	256
10/09/2018	191	71	262
05/10/2018	191	73	264
10/10/2018	192	74	266
04/12/2018	186	69	254
28/03/2019	184	74	258
07/05/2019	185	74	259
min	168	54	223
moy	184	68	251
max	192	74	266

Tableau 3 : Volumes des stocks sédimentaires sur les plages Uhabia et Embruns (en millier de m³)

L'ensemble du système est donc globalement en légère accrétion sur la période décennale (+10,2%). Cependant les variations saisonnières ou événementielles observées peuvent être importantes, particulièrement pour la plage des Embruns. Ces variations représentent 29 % de la valeur moyenne des volumes observés sur la période. L'hiver 2017-2018 est illustratif de ces variations importantes et rapides. Les volumes ont par exemple été réduits de 19,4% en un peu plus de 2 mois (entre novembre 2017 et janvier 2018). Des volumes conséquents ont ensuite été regagnés rapidement en fin d'hiver avec +35% entre janvier 2018 et avril 2018 (Figure 58). La plage de l'Uhabia est nettement plus stable, les variations observées représentent seulement 13% des volumes moyens sur la période.

Si les stocks en 2019 sont ramenés aux stocks sédimentaires moyens sur la période alors on observe que la situation pour la plage de l'Uhabia correspond au stock moyen et que ceux de la plage de Embruns présentent les plus fortes quantités observées sur la période 2009-2019.

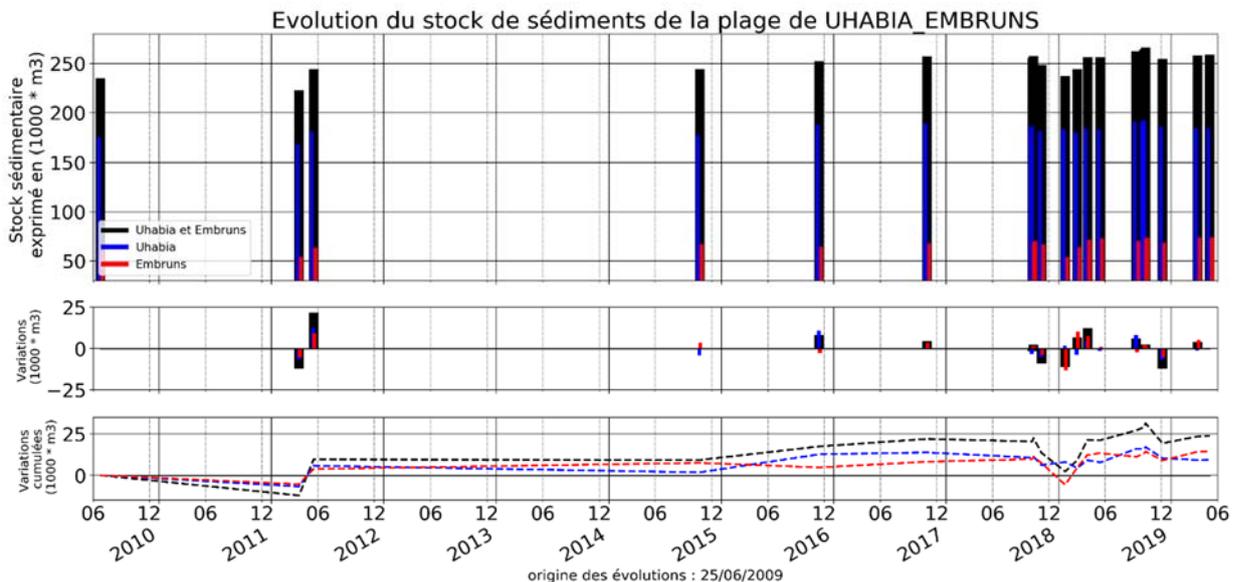


Figure 58 : Evolution des stocks sédimentaires sur les plages Uhabia/Embruns de 2009 à 2019

Plage du Centre

Les volumes des stocks de sédiments disponibles aux dates d'acquisition sont précisés dans le Tableau 4. En 2009, on estime un volume total de 61 000 m³ de sable, présent sur les plages du Centre, avec une répartition de 35 000 m³ sur la plage Centre Nord et de 26 000 m³ sur la plage Centre Sud. En 2019, la cubature fait état d'une très forte diminution du stock global estimé à 25 000 m³. Alors que le volume pour la plage du Sud est stable sur la période 2009-2019, le volume sur la plage Nord a diminué de plus de 70 %. Au total le système de la plage du Centre (Sud et Nord confondu) a perdu plus de la moitié de son volume de sable sur 10 ans (-41%). Deux points principaux caractérisent le fonctionnement de ce système sur la période 2009-2019 :

- Une très grande variabilité saisonnière avec des engraissements ou des érosions massives et rapides. Dernièrement, le système gagne + de 30 % pendant l'été 2018 et perd 40% pendant l'hiver 2018-2019.
- La plage Nord et la plage Sud suivent des dynamiques différentes sur la période étudiée. Les stocks de sable diminuent fortement sur la plage Nord alors que la plage Sud est stable.

La tendance globale est donc à une forte baisse des stocks disponibles (cf. Figure 59). La fin d'automne 2018 qui a permis un rechargement substantiel a été suivi d'une forte érosion pendant l'hiver 2018-2019. Cette situation est d'autant plus préoccupante que l'hiver en question a été particulièrement calme du point de vue des conditions hydrodynamiques. Les stocks de sable sur la plage Nord sont aujourd'hui limités à un prisme sableux peu étendu accolé à l'enrochement en haut de plage. La partie intertidale du profil est totalement décapée laissant apparaître le substrat rocheux en bas de plage

	Centre Nord	Centre Sud	Centre
25/06/2009	35	26	61
01/04/2011	28	23	51
18/05/2011	30	25	54
23/10/2014	25	27	52
15/11/2015	21	30	51
30/10/2016	19	29	48
07/10/2017	12	26	38
11/10/2017	14	29	42
06/11/2017	16	28	44
22/01/2018	13	28	40
02/03/2018	16	25	41
04/04/2018	16	25	41
16/05/2018	11	29	40
10/09/2018	21	31	52
05/10/2018	22	33	55
10/10/2018	23	37	60
04/12/2018	17	27	44
28/03/2019	14	28	42
07/05/2019	10	26	36
min	10	23	36
moy	19	28	47
max	35	37	61

Tableau 4 : Volumes des stocks sédimentaires sur les plages du Centre (en millier de m³)

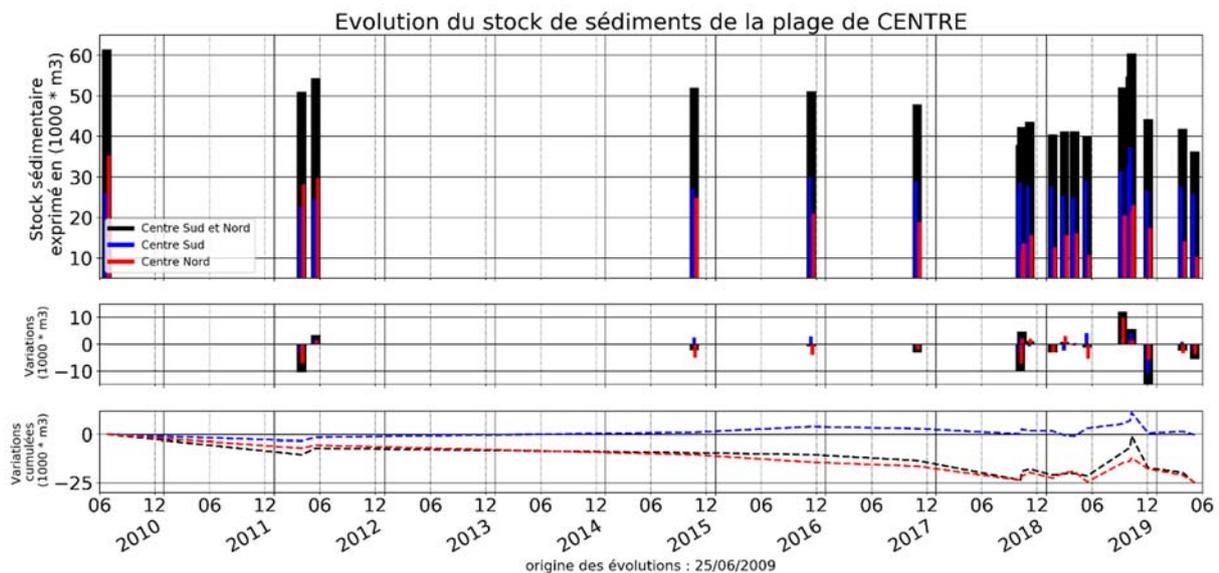


Figure 59 : Evolution des stocks sédimentaires sur les plages du Centre de 2009 à 2019

Durant le projet, trois autres systèmes de plage du secteur d'étude ont été suivis. Ces plages peu étendues présentent des évolutions moins importantes. Les acquisitions sur ces sites ont donc été moins fréquentes.

Plage de Parlementia

Les données obtenues montrent que ce système peut également connaître des variabilités significatives sur la zone intertidale et le haut de plage. Sur la période 2011 à 2019, les stocks sédimentaires sont légèrement déficitaires mais ne montrent pas de tendance pluriannuelle à l'érosion.

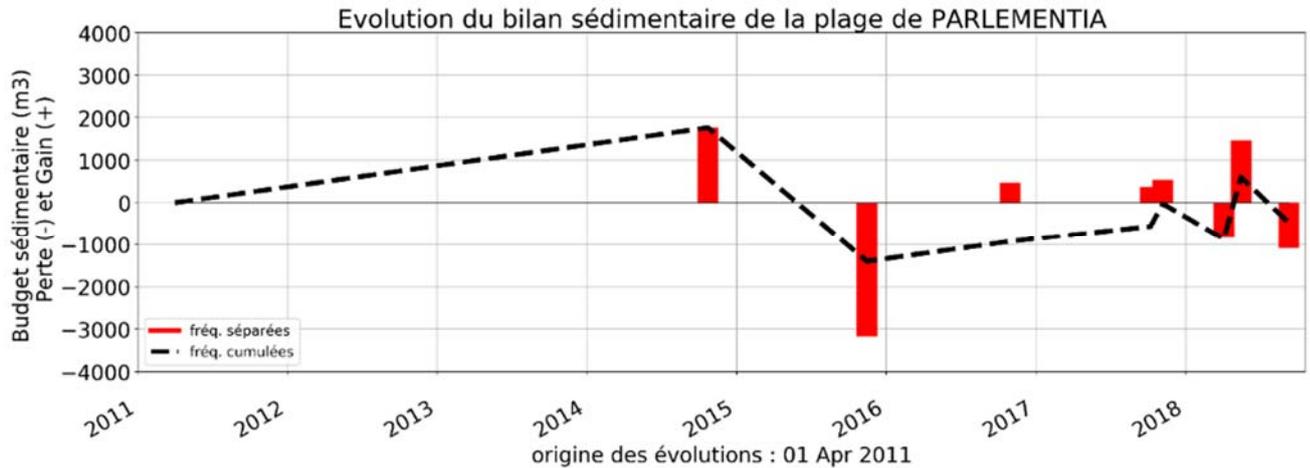


Figure 60 : Evolution des stocks sédimentaires sur la plage de Parmentia de 2011 à 2019

Port de Guéthary

Le fond du port de Guéthary présente une plage de taille réduite dont l'érosion est chronique. Ce stock de sable repose sur une dalle rocheuse. Il est entretenu par rechargement annuel pour faciliter les activités nautiques en été. En hiver, la plage est presque systématiquement érodée. Selon les levés réalisés, les volumes de sable oscillent donc entre 800 et 0 m³ lorsque la dalle est à nue (Figure 61). Les variations des volumes sur ce site sont donc principalement dues aux actions de rechargements.

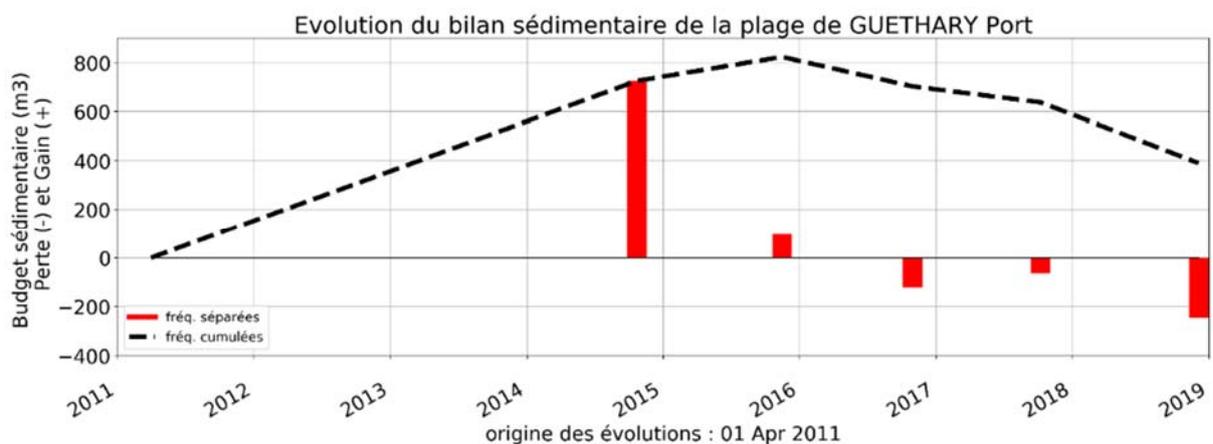


Figure 61 : Evolution des stocks sédimentaires dans le port de Guéthary de 2011 à 2019

Plage d'Harotzen Costa

Sur la plage d'Harotzen Costa (Figure 62), l'évaluation des stocks sédimentaires disponibles n'a pu être réalisée. L'information disponible concerne l'évolution absolue des volumes. On peut observer que les variations de volumes sont substantielles (-1,500 m³ en 2016 par rapport à 2011). Après cette forte érosion la tendance pluriannuelle est plutôt à la stabilité voir à des accumulations progressives. Entre 2011-2019, la perte en sédiment est de l'ordre de 750 m³.

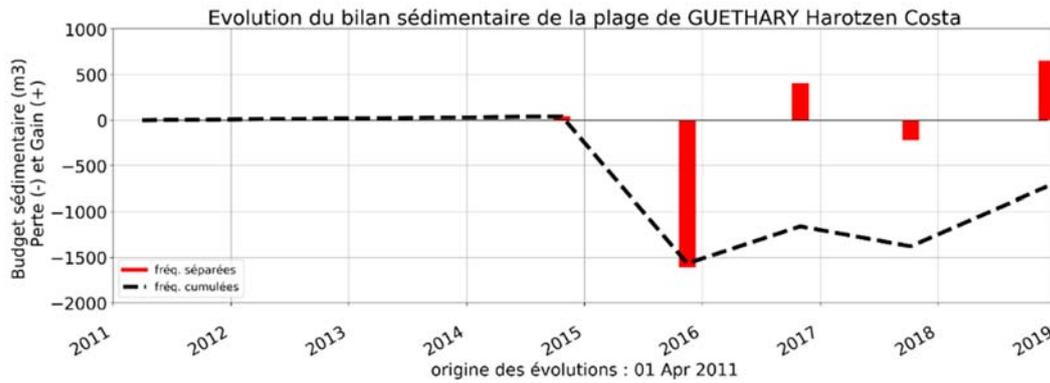


Figure 62 : Evolution des stocks sédimentaires sur la plage de Harotzen Costa 2011 à 2019

6. Dynamiques et fonctionnements hydro-sédimentaires

6.1. METHODE

De manière générale, la compréhension des relations entre les conditions météo-océaniques et la dynamique littorale est encore limitée, notamment à cause du manque d'observations terrain réalisées sur le long terme ou lors des périodes de tempêtes. Comprendre les mécanismes complexes de transits sédimentaires associés aux effets couplés de la marée et l'action des vagues est le plus souvent un défi. C'est d'autant plus le cas dans des environnements littoraux mixtes (sableux/rocheux), où les contraintes exercées par la morphologie (socle rocheux) sur la propagation des vagues est évolutive dans le temps et dépend fortement du moment de la marée.

Afin de qualifier, voire quantifier les mouvements sédimentaires susceptibles de se produire en fonction des conditions de forçage, plusieurs approches de modélisation peuvent être envisagées. Cependant, il n'existe pas aujourd'hui d'outils permettant de simuler l'évolution des stocks de sédiments à grande échelle (échanges entre les parties sous-marines et le haut de plage à l'échelle d'une cellule sédimentaire) et sur le temps long (plusieurs jours voire plusieurs mois).

Afin de progresser dans la connaissance des dynamiques susceptibles de mobiliser les sédiments à l'échelle du site d'étude et en tenant compte des contraintes associées à la mise en place des modèles et aux capacités de calculs, deux approches complémentaires ont été mises en place (Tableau 5) :

- Une modélisation des capacités de mise en suspension et de mobilité des sédiments (appelé ci-après modèle 1) ;
- Une modélisation haute résolution des courants sur le fond, associés aux vagues dont la dérive littorale à la côte (appelé ci-après modèle 2).

	Modèle 1	Modèle 2
Informations recherchées	Capacité de mise en suspension et mobilité des sédiments	Courants sur le fond associés aux vagues
Modèle numérique	MARS-2DH et WW3 + Module Sédimento	SWASH 3D
Couverture spatiale	Ensemble du Pays Basque	Ensemble du site d'étude
Résolution spatiale	20 x 20 m	2 x 2 m (3 couches verticales)
Couverture temporelle	Série temporelle pluriannuelle	Conditions moyennes et conditions de pic de tempête

Tableau 5 : Caractéristiques des modèles utilisés

6.2. NIVEAU 2 : TYPE DE MODELE ET FORÇAGES

Les différents types de modélisation mises en place dans cette étude reposent principalement sur l'exploitation de base de données de référence (MARC LOPS : données niveaux d'eau, données de vagues) ou de données ayant déjà été traitées dans le projet (données bathymétriques, facies sédimentaires...). Le projet ne prévoyait pas d'acquisition de données spécifiques pour la validation des simulations (mesures *in situ* de courants, d'agitation ...). Les données utilisées n'ont donc pas été spécifiquement acquises pour cette finalité, comme c'est le cas pour les autres blocs thématiques. Le traitement de l'information pour réaliser la modélisation est donc considérée comme étant directement de niveau 2.

6.2.1. Type de modélisation

Modèle 1

L'exercice de modélisation 1 est basé sur un couplage de plusieurs modèles (MARS 2DH, WW3) et d'un module dit de « mobilité sédimentaire ». Les grandes caractéristiques de chacun de ces modèles sont brièvement décrites ci-dessous.

MARS-2DH

Le code de calcul MARS, développé par l'IFREMER (Lazure et Dumas, 2008) permet de calculer l'hydrodynamique (niveaux et courants) au niveau régional et local à partir de composantes de marée et de variables météorologiques (vents, pression atmosphérique). Les processus représentés par le modèle sont uniquement liés aux ondes longues (marée et surcote atmosphérique) ; les ondes courtes (houles, clapot) ne sont pas représentées. D'où le besoin d'un couplage avec un code de vague. Le modèle est utilisé dans sa version 2DH (deux dimensions (x, y et processus verticaux intégrés sur la hauteur).

MARS-2DH calcule la vitesse et la direction de courants moyennés sur la verticale, ainsi que les hauteurs d'eau. Ces grandeurs sont calculées à partir de :

- conditions aux limites imposées au bord du domaine de calcul (frontières). Ces conditions aux limites peuvent contenir les effets de la marée et de la surcote atmosphérique ;
- conditions de forçages météorologiques (vent et pression) appliquées en chaque nœud du domaine de calcul.

WW3 : modèle spectral de génération et de propagation des vagues

Le code WW3 (Tolman 2009) résout l'équation de conservation de la densité d'action des vagues suivant des grilles de calculs structurées (différences finies) ou non structurées (éléments finis). Il est capable de reproduire les différents processus liés aux vagues depuis le large jusqu'au rivage comme la génération par le vent, la propagation dans l'espace (réfraction, interactions avec les courants, ...) et la dissipation (frottement au fond, déferlement, etc...).

Module sédimentaire

A l'échelle du plateau continental, un modèle simplifié de mobilité sédimentaire a été mis en place. La méthode consiste à quantifier les contraintes de cisaillement exercées par les vagues et les courants à l'aide de paramètres hydrodynamiques issus de données de modélisation. Au-delà d'une contrainte de cisaillement critique, les particules d'une granulométrie donnée perdent leur équilibre et peuvent être mises en mouvement.

Plusieurs indicateurs sont calculés à partir de :

- l'évaluation des contraintes de cisaillement critiques associées à chaque granulométrie,
- du le croisement des contraintes de fond à chaque pas de temps,
- la granulométrie environnante.

Le calcul de mobilité sédimentaire concerne les zones de fond à sédiments non-cohésifs (ie : sables, on exclut les zones de vase et de mélange sableux-vaseux). Les indicateurs obtenus sont :

- la taille de grain maximale potentiellement mise en mouvement (à un instant donné),
- le temps de mobilité de sédiments de taille donnée (durée au cours de laquelle la contrainte de cisaillement au fond dépasse la contrainte critique de mise en mouvement,.
- les contributions relatives des courants et des vagues dans la mise en mouvement des sédiments,
- le calculs des flux de sédiments charriés.

La méthode de modélisation mise en œuvre, décrite dans Idier *et al.* (2006), propose un outil simple d'estimation de la mobilité potentielle des sédiments sous l'action conjointe des vagues et des courants. Il tient compte de la variabilité spatiale et temporelle de ces processus. Le modèle présenté et mis en œuvre dans ce cas ne s'applique qu'au plateau continental en excluant ce qui se passe au niveau de la zone de surf située généralement entre 0 et 5 m de profondeur.

Modèle 2

L'exercice de modélisation 2 repose sur l'utilisation du modèle *Simulating WAVes till SHore* (SWASH), développé par l'Université Technologique de Delft (NL) et diffusé librement. Ce modèle numérique est un outil dédié à la simulation des comportements de la surface libre et des écoulements en domaine côtier (Zijlema *et al.*, 2011). Il peut être utilisé sous différentes forme de discrétisation spatiale en coordonnées cartésiennes ou sphériques, en 1D, 2DH, 2DV et 3D. Le frottement au fond peut être traité avec des coefficients de Manning spatialisés. Il peut également prendre en compte l'influence des débits fluviaux. Ce modèle s'appuie sur les équations de Saint-Venant et résout également un terme de pression non-hydrostatique. Cela lui permet un domaine d'application allant de la propagation des vagues, la zone de levée (shoaling), le déferlement et la submersion. Dans le cadre de l'étude, le modèles SWASH a été utilisé sur des fenêtres de simulation de trente minutes pour des conditions de niveaux d'eau et de paramètres de vagues au large fixes. L'information principale exploitée en terme de résultats est la vitesse moyenne des courants associés à la propagation et au déferlement des vagues sur le fond. Pour cela le modèle comprenant trois couches de discrétisation verticale, c'est l'information de vitesse sur la couche de fond qui est retenue. Cette information est utilisée pour identifier les grands courants de circulation pour la partie sous-marine et permet de déterminer le sens de la dérive littorale au niveau de la plage.

6.2.2. Données hydrodynamique de forçage

Les données de forçages sont fondamentales dans la réalisation de modélisation. Leurs formats (résolution spatiale, temporelle, format numérique...) varient fortement selon les modèles exploités.

Comme indiqué dans le Tableau 5, le besoin d'informations (résolution spatio-temporelle) varie selon les approches. Les données utilisés pour le forçage des modèles sont décrites ci-dessous en fonction des types de modélisation.

Modèle 1

Les données hydrodynamiques utilisées comme forçages proviennent des ré-analyses MARC réalisées par le LOPS (Laboratoire Océanographie Physique et Spatiale). Les données sont publiques et accessibles depuis la plateforme <https://marc.ifremer.fr/>. Les sorties de modèle sont extraites sur la période couvrant janvier 2013 à mai 2019 sur tout le linéaire de la côte basque avec une résolution spatiale de l'ordre de 200 m et selon une fréquence horaire. Les principaux paramètres utilisés sont la hauteur significative des vagues (Hs en m), la période pic des vagues (Tp en s). Concernant l'hydrodynamique, les vecteurs courants moyennes sur la verticale (U, V en m/s) et la hauteur d'eau (Xe en m/Cote Marine) déduite à partir de la bathymétrie et de l'élévation de la surface libre intégrant la marée et les signaux de surcote.

Les caractéristiques des modèles MARS-2DH et WW3 sont précisés dans le Tableau 6 ci-dessous et une extraction sur le secteur d'étude des conditions de hauteur significative des vagues pour l'ensemble des années étudiées est présentée Figure 63.

	Modèles numériques et variables	Forçages Météo	Fournisseur / hébergeur	Résolution spatiale et temporelle	Lien vers le descriptif
VAGUES	WW3 AQUITAINE 200m : Hauteurs significatives, périodes et directions pic des vagues	Prévisions du vent fournit par Météo-France (ARPEGE-AROME) ou service météo des Etats-Unis (NOAA-NCEP)	LOPS via la plateforme marc.ifremer.fr	200m, fréquence horaire	https://marc.ifremer.fr/comment_ca_marche/modeles_de_vagues
HYDRODYNAMIQUE : NIVEAUX, COURANTS,	MARS-2D AQUITAINE 250m : Niveaux marins, surcotes, vitesses des courants	ARPEGE Haute-Résolution (10km - échéance 96h) et AROME (2,5 km - échéance 36h) au pas de temps horaire de Météo-France	LOPS via la plateforme marc.ifremer.fr	250m, fréquence 15 minutes	https://marc.ifremer.fr/comment_ca_marche/modeles_mars2d

Tableau 6 : Caractéristiques des conditions de forçages pour la modélisation 1

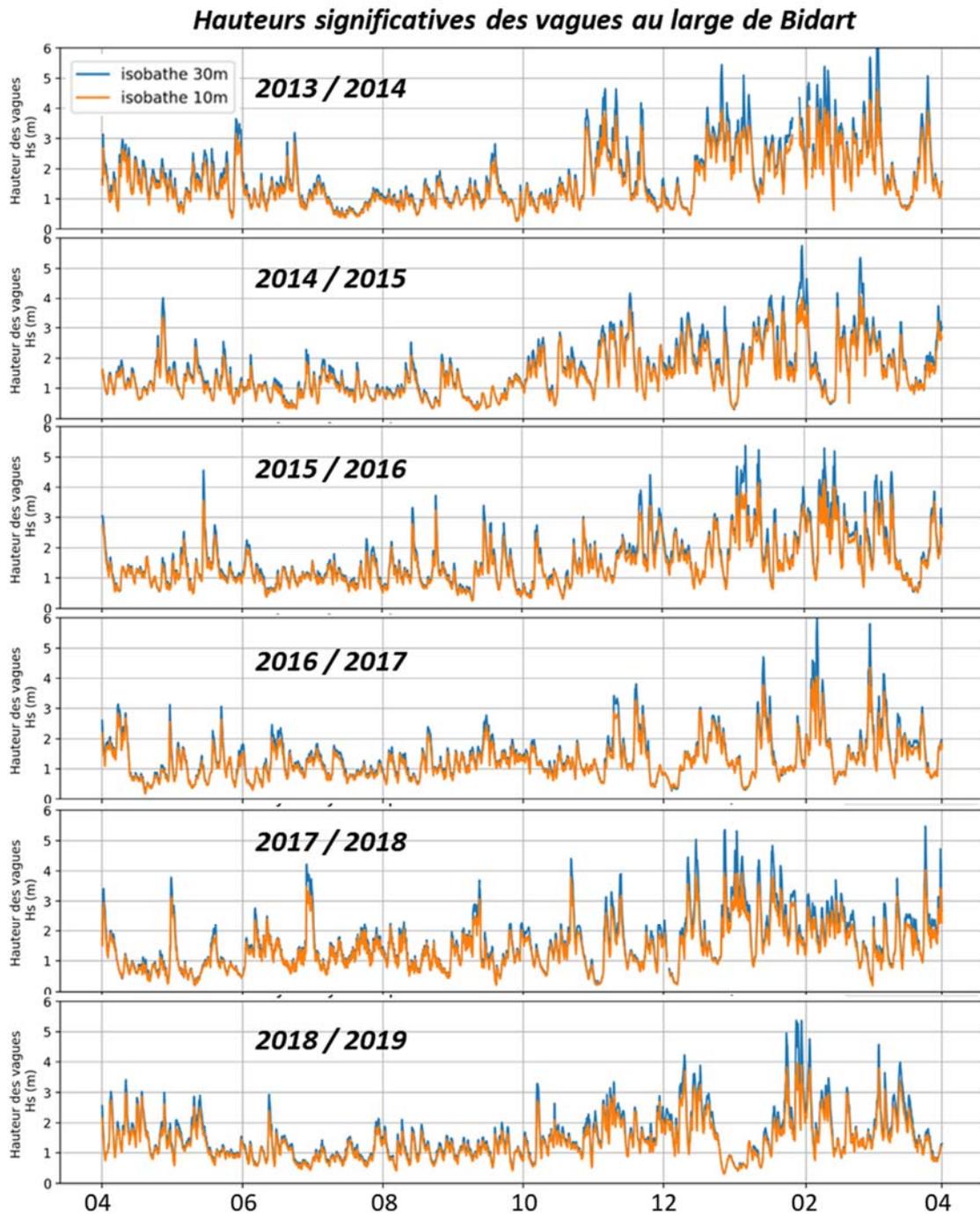


Figure 63 : Evolution annuelle (avril à avril) de la hauteur significative des vagues (Hs) de 2013 à 2019 au large de Bidart au droit des isobathes 10 m (orange) et 30 m (bleu)

Modèle 2

A partir des données précédentes (séries temporelles 2013-2019) plusieurs scénarios de conditions de « forçage type » ont été créés. Ils ont été réalisés en croisant des différents niveaux de marée (basse, moyenne, haute), différentes intensités de houles (moyenne annuelle, moyenne hivernale, tempête annuelle, tempête extrême) et différentes directions (provenance

ouest et nord-ouest) ont été déterminées (cf. Tableau 7). Ces conditions couvrent des situations variées de forçages, soit observées pour les conditions de tempêtes (intense ou extrême) soit couramment observables (conditions moyennes). Sans couvrir de manière exhaustive toutes les situations de forçages possibles, ces conditions types permettent d'approcher de façon synthétique et suffisante les grandes caractéristiques des circulations de courants associés aux vagues sur le site d'étude.

Ref cas	Nom des cas	Niveau (m/NGF)	Hs (m)	Tp (s)	Dp (°N)
1	Moyenne Estivale 2017-2018	-1.56	1.5	11.0	310
2	Moyenne Estivale 2017-2018	2.14	1.5	11.0	310
3	Moyenne annuelle ONO	-1.56	1.8	11.5	295
4	Moyenne annuelle ONO	2.14	1.8	11.5	295
5	Moyenne annuelle NNO	-1.56	1.8	11.5	335
6	Moyenne annuelle NNO	2.14	1.8	11.5	335
7	Tempête type 1 LT	-1.56	5.6	15.0	305
8	Tempête type 1 HT	2.14	5.6	15.0	305
9	Tempête type 2 LT	-1.56	4.6	16.0	325
10	Tempête type 2 HT	2.14	4.6	16.0	325
11	Tempête Intense (Felix) ONO	-0.64	5.3	14.5	295
12	Tempête Intense (Felix) ONO	1.41	4.9	15.0	295
13	Tempête Intense (Felix) NNO	-0.64	5.3	14.5	335
14	Tempête Intense (Felix) NNO	1.41	4.9	15.0	335
15	Tempête extreme (Christine) ONO	-1.35	7.7	17.5	295
16	Tempête extreme (Christine) ONO	2.20	6.8	17.0	295
17	Tempête extreme (Christine) NNO	-1.35	7.7	17.5	335
18	Tempête extreme (Christine) NNO	2.20	6.8	17.0	335

Tableau 7 : Caractéristiques des conditions de forçages pour la modélisation 2

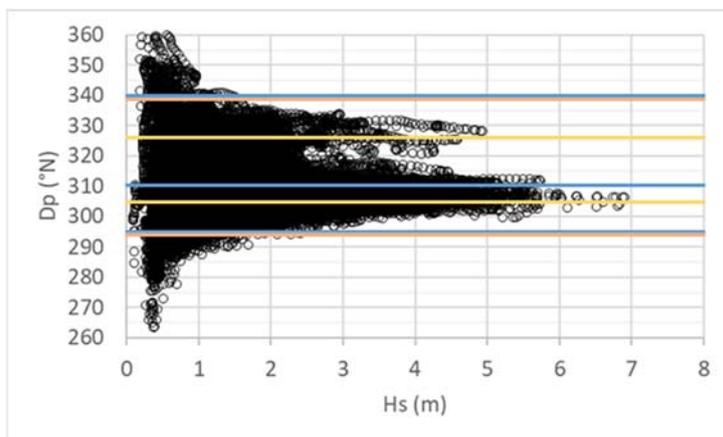


Figure 64 : Illustration des secteurs directionnels modélisés au regard des conditions de vagues au large du site d'étude (sur fond bleu conditions moyennes, fond jaune conditions de tempêtes annuelles, fond orange conditions de tempêtes historiques)

6.3. BATHYMETRIE ET NATURE DU FOND

Les modélisations ont été réalisées à différentes échelles spatiales (cf. Tableau 5). Les domaines de modélisation sont présentés ci-dessous (Figure 65, Figure 66). Ils sont associés à la cartographie des faciès sédimentaires issue de la carte G du SHOM. A l'échelle de la zone d'étude, les campagnes géophysiques ont été menées par CASAGEC (juillet 2017 et juillet 2018) à l'aide d'instrumentation de type sonar latéral à balayage et sondeur à sédiments ont permis d'affiner la carte de la répartition sédimentaire (Figure 48).

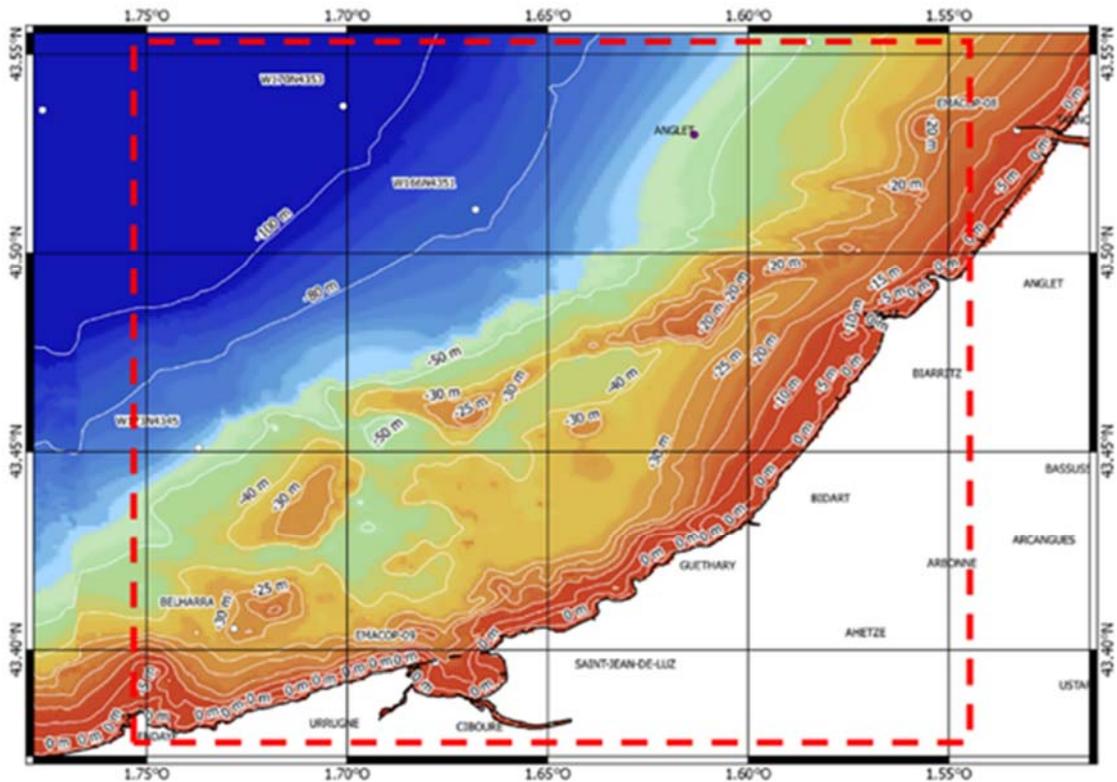


Figure 65 : Modèle numérique de topo-bathymétrie utilisé pour les simulations du modèle 1

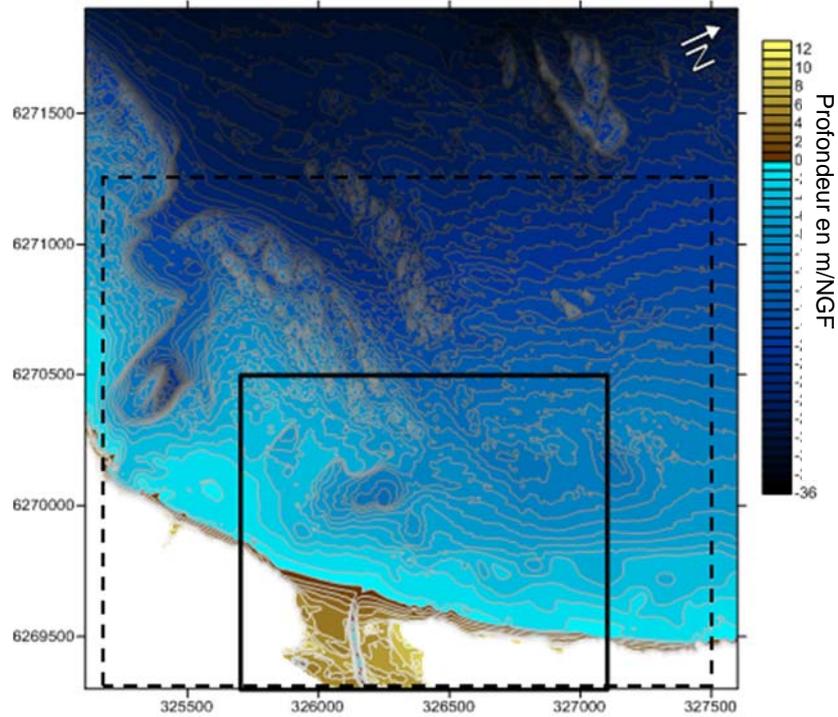


Figure 66 : Modèle numérique de topo-bathymétrie utilisé pour les simulations du modèle 2

6.4. NIVEAU 3 : EVALUATION DES FLUX SEDIMENTAIRES ET DES COURANTS SUR LE FOND

6.4.1. Capacité de mouvement et flux sédimentaires

Pour cette étude, quatre classes granulométriques ont été définies sur le secteur d'étude, selon la classification proposée par le produit carte G (Natures de Fond) du SHOM :

- sables très fins à moyens : sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 0,5 et 0,05 mm.
- sables grossiers à très grossiers : sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 2 et 0,5 mm.
- graviers : sédiments contenant de 50% à 100% de particules comprises entre 2 mm et 20 mm.
- cailloutis : sédiments contenant de 50 à 100% de particules supérieures à 20 mm.

Lors des simulations, les calculs sont effectués pour des sédiments de type sables fins ($D_{50}=0.2$ mm), pour les sables ($D_{50} = 2$ mm) et pour les sédiments grossiers ($D_{50} = 10$ mm) afin d'avoir une représentation de la mobilité potentielle des sédiments à l'échelle de la zone d'étude.

A partir des simulations couvrant l'ensemble du Pays Basque, l'information relative au linéaire côtier de Bidart et Guéthary, est décrite par l'intermédiaire de capteurs virtuels positionnés sur les isobathes 5, 10, 20 et 30 m. Au niveau de ces capteurs, la granulométrie des sédiments est de l'ordre de 0.2 mm correspondant à des sables fins.

Une représentation complémentaire des variables simulées (flux charrié et temps de mobilité des sédiments) permettant de synthétiser l'information consiste à représenter les flux de sédiments et la mobilité des sédiments par taille caractéristique des sédiments. Les variables simulées sont ainsi représentées à partir de la carte des faciès sédimentaires et des caractérisations des grains moyens associées (Figure 6). Ce traitement permet de représenter la variabilité spatiale des mobilités sédimentaires en tenant compte à la fois des conditions de forçages et de la nature de sédiment sur le fond.

Flux sédimentaires charriés cumulés

Les évolutions temporelles aux profondeurs -10 m et -30 m en face à la plage de l'Uhabia (LOC_10 et LOC_30, cf. Figure 18), des variables de hauteurs significatives des vagues (Hs), de niveaux d'eau, de contraintes de cisaillement sur le fond due aux courants (Tc) et aux vagues (Tw) sont traduites en termes d'évolution temporelle de la taille des grains mobilisables (D50) et de flux de sédiments charriés (cf. Figure 68, Figure 69, Tableau 8, Tableau 9 et Annexe 4).

Sur la base du suivi des 6 années (2013 à 2019), on constate le rôle prépondérant sur la mobilisation potentielle des sédiments de l'action des vagues aux faibles profondeurs (~10 m) et de la contrainte de cisaillement induite par la houle par rapport à celle induite par les courants (marée et surcotes). La contrainte moyenne (et maximale) de cisaillement liée aux vagues est étroitement rattachée aux conditions de vagues au large alors que la contrainte liée aux courants de marée reste stable et quasiment nulle (Tc moyen = 0.002 N/m²).

Au-delà, l'analyse pluriannuelle des flux sédimentaires charriés permet d'apporter plusieurs éléments.

Entre 2013 et 2019, entre 78 et 89 % des sédiments charriés le sont pendant la saison hivernale. La quantité totale de sédiments charriés sur la période hivernale comme sur l'ensemble de l'année est fortement corrélée à la hauteur significative moyenne des vagues sur la période, respectivement $r^2 = 0,90$ et $r^2 = 0,96$. Ainsi, lors de l'hiver 2013-2014, les flux de sédiments ont été 2,3 fois plus importants que lors de l'hiver le plus clément de la période (2016-2017). La variabilité des flux totaux sur l'hiver peut donc être importante d'une année à l'autre. La variabilité relative lors des périodes printemps/été peut également être importante. On observe des flux 1,7 fois plus importants entre l'été 2017-2018 (connaissant les flux les plus importants) et l'été 2014-2015 (flux les moins importants). Toutefois dans l'absolu cette quantité reste relativement modeste par rapport aux flux hivernaux (cf. Tableau 8, Tableau 9).

Localisation LOC_10 sur l'isobathe 10 m - secteur de Bidart											
Annuel (avril à avril)	Hs moyen	Hs max	Tw moyen	Tw max	Tc moyen	Tc maximum	D50 moyen	D50 max	Flux de sédiments charriés moyen	Flux de sédiments charriés max.	Flux de sédiments charriés cumulé
	m	m	N/m ²	N/m ²	N/m ²	N/m ²	mm	mm	m ³ /m/h	m ³ /m/h	m ³ /m/an
2013-2014	1.8	7.4	0.9	4.7	0.003	0.07	2.8	21	0.23	3	1996
2014-2015	1.6	5.7	0.7	3.9	0.001	0.06	2.4	17	0.17	2.2	1527
2015-2016	1.6	5.4	0.8	4	0.002	0.07	2.5	17	0.18	2.3	1637
2016-2017	1.4	6	0.6	4.3	0.002	0.1	1.8	19	0.11	2.6	967
2017-2018	1.6	5.5	0.7	3.8	0.003	0.08	2.3	16	0.16	2.1	1439
2018-2019	1.5	5.4	0.7	3.7	0.002	0.08	2.1	15	0.13	1.9	1174

Tableau 8 : Variabilité interannuelle de la mobilité des sédiments sur l'isobathe 10 m

Localisation LOC_10 sur l'isobathe 10 m - secteur de Bidart											
Hiver (octobre à mars)	Hs moyen	Hs max	Tw moyen	Tw max	Tc moyen	Tc maximum	D50 moyen	D50 max	Flux de sédiments charriés moyen	Flux de sédiments charriés max.	Flux de sédiments charriés cumulé
	m	m	N/m ²	N/m ²	N/m ²	N/m ²	mm	mm	m ³ /m/h	m ³ /m/h	m ³ /m/hiver
2013-2014	2.2	7.4	1.3	4.7	0.004	0.07	4	21	0.4	3	1713
2014-2015	2.1	5.7	1.1	3.9	0.002	0.06	3.7	17	0.31	2.2	1357
2015-2016	2	5.4	1.1	4	0.003	0.07	3.7	17	0.32	2.3	1398
2016-2017	1.6	6	0.8	4.3	0.002	0.1	2.5	19	0.17	2.6	751
2017-2018	2	5.5	1	3.8	0.004	0.08	3.3	16	0.26	2.1	1147
2018-2019	1.8	5.4	0.9	3.7	0.002	0.08	2.9	15	0.21	1.9	933

Tableau 9 : Variabilité interannuelle de la mobilité des sédiments sur l'isobathe 10 m (période hivernale)

La restitution cartographique des flux charriés en fonction de la nature de fond (Figure 67), permet de constater qu'outre les plages au sud de Biarritz, la zone d'étude présente les valeurs les plus fortes. On observe ainsi de part et d'autre de la dalle de Parmentaria de fortes intensités (supérieures à 0,3 m³/m/an). Cette information est à mettre en perspective avec les résultats de simulations présentées dans la partie suivante.

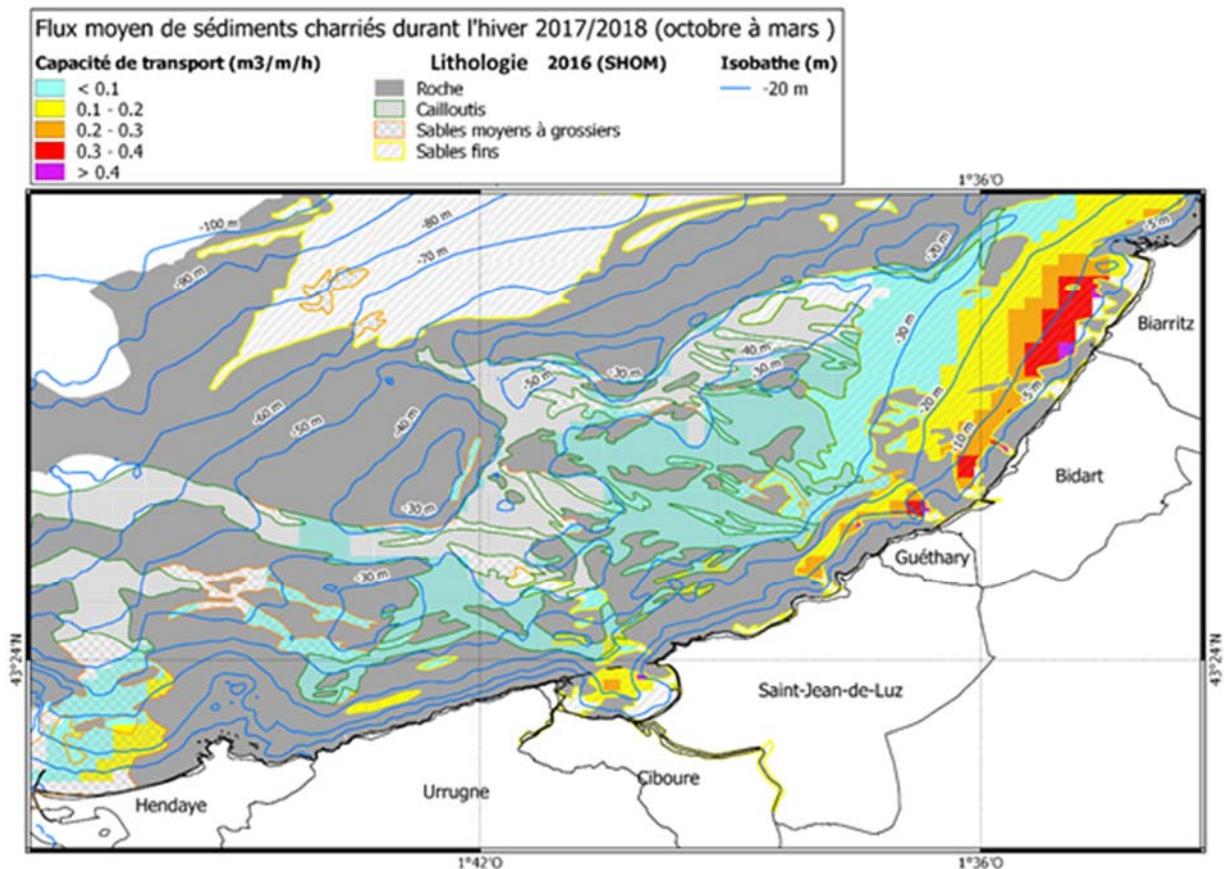


Figure 67 : Carte de flux de sédiments charriés sur la période hivernale octobre 2017 - mars 2018

Durée de mobilité sédimentaire

La durée de mobilité correspond à la période au cours de laquelle la contrainte de cisaillement au fond, dépasse la contrainte critique de mise en mouvement. Cette durée, en pourcentage du temps de l'année, est simulée annuellement entre 2013 et 2019 (Figure 68).

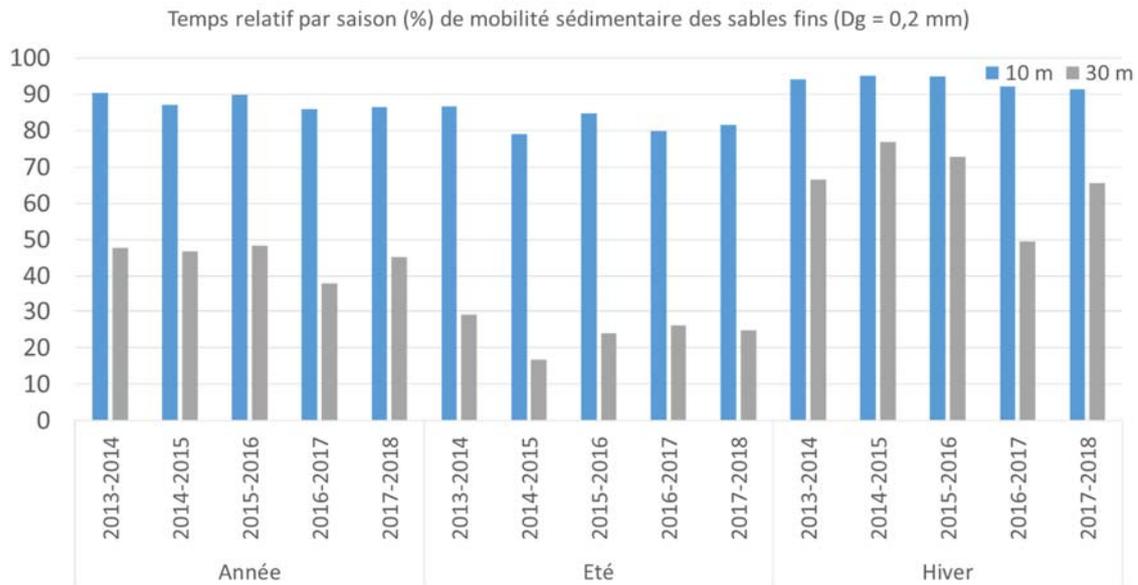


Figure 68 : Temps de mobilité saisonnier des sables ($D_g = 0.2 \text{ mm}$) par année

Au large de la zone d'étude, on constate pour des extractions à 10 m de profondeur que la variabilité interannuelle est relativement faible. En effet, les temps de mobilité d'une année à l'autre sont équivalents, les sédiments étant mobiles plus de 90 % de l'année. Les différences sont plus importantes à 30 m de profondeur où les sédiments sont nettement plus mobiles durant la période hivernale entre 40 et 50 % du temps. Alors que durant la période estivale, les mouvements par 30 m sont inférieurs à 30 % du temps. La mobilité est même inférieure à 20 % du temps en 2014-2015. Au total, par 30 m de fond, contrairement à 10 m, le temps de mobilisation pour la catégorie sable fin, peut être significativement variable d'une année sur l'autre et dépend des conditions de houles sur l'année. Par exemple entre 78% du temps en 2014-2015 et 50 % en 2016-2017.

Pour compléter cette analyse, une représentation de la taille de grain moyen maximal mobilisable est proposée. La Figure 69 permet de constater que le D50 mobilisable peut attendre 4,5 mm par 10 m de profondeur et 1,5 mm par 30 m. On constate en moyenne que les grains mobilisés par 10 m de fond sont compris entre 2 et 3 mm. Par 30 m, les valeurs sont en moyenne annuelle de l'ordre de 0,5 à 1 mm.

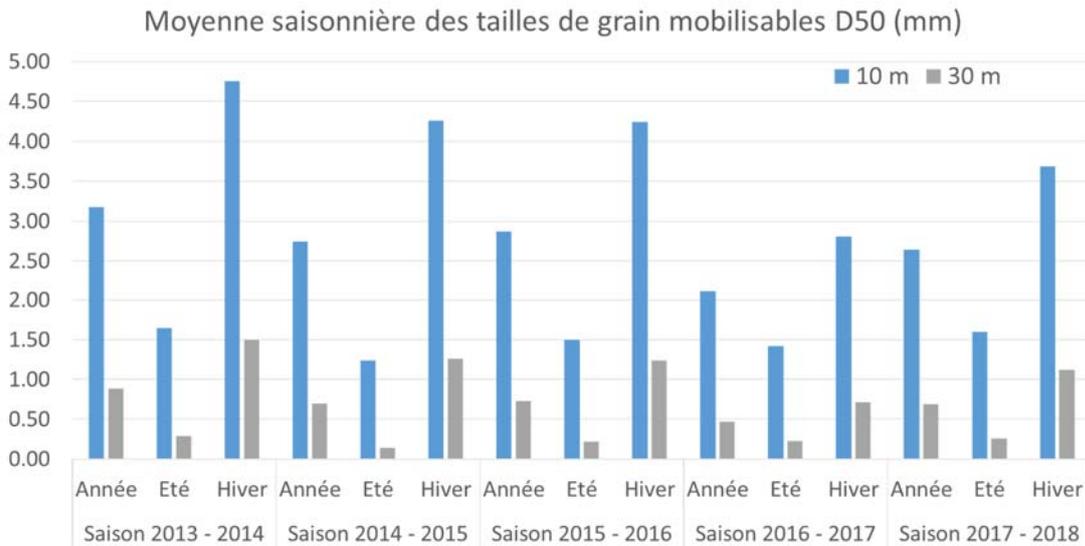


Figure 69 : Taille de grain moyen maximal mobilisable par année et par saison

Sur la base des résultats de simulations, un indicateur basé sur les classes de durée de la mobilité est proposé afin de cartographier les secteurs à faible (>25%), intermédiaire (25% à 50%), forte (50% à 75%) et très forte (>75%) mobilité sédimentaire en fonction de la nature des sédiments en présence.

Les cartes de temps de mobilité des sédiments en fonction de la nature de fond (e.g. Figure 67) permettent de constater que la plus forte de mobilité est concentrée dans le nord du Pays Basque incluant la zone d'étude.

Sur l'hiver 2017-2018, l'analyse des cartes de durée de la mobilité des sédiments (Figure 70) montre que les sédiments présents dans l'avant-côte et les petits fonds (jusqu'à environ 10 m) sont très fortement mobiles toute l'année (temps de mobilité supérieur à 75%) et fortement mobile (+ de 50 %) jusqu'à l'isobathe 20 m. En hiver, la limite de forte mobilité s'étend jusqu'à 40 m et la très forte mobilité au-delà de 20 m de profondeur. La comparaison de ces cartes avec celles de la période 2013-2014 (cf. Annexe 5), ne montre pas de différences majeures et suggère donc une faible variabilité interannuelle de cette mobilité.

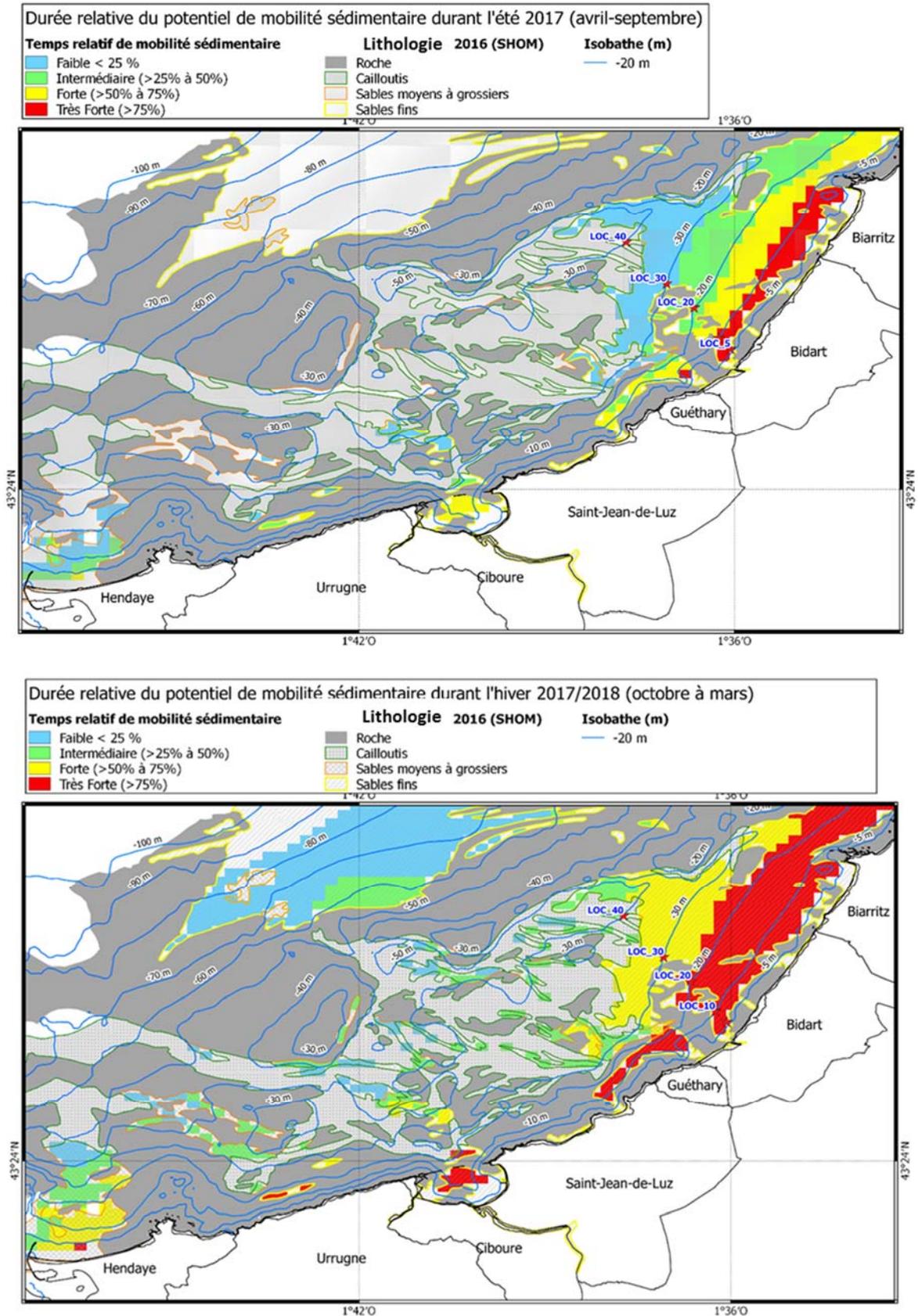


Figure 70 : Durée relative de mobilité des sédiments saison estivale (en haut), saison hivernale (en bas)

6.4.2. Courants associés aux vagues

Des simulations visant à analyser les circulations de courant sur le fond et sur les plages ont été réalisées avec le modèle SWASH. La topo-bathymétrie du site étant fortement accidentée du fait de la présence de plateformes rocheuses dans la partie sous-marine et intertidale du site, les courants associés à la dynamique des vagues montrent une grande variabilité dans le temps.

Les 18 situations testées (cf. Tableau 7) sont présentées ci-dessous à partir de cartes de synthèse mettant en avant les rôles respectifs des niveaux d'eau, de l'intensité des vagues et de leurs directions sur les grandes caractéristiques des courants susceptibles de déplacer les sédiments.

Rôle du niveau de marée et de l'intensité des vagues

Pour des conditions de houle correspondant aux conditions moyennes annuelles, on observe à marée basse (-1,56 m/NGF soit équivalent au niveau de BMVE, SHOM 2016) des vitesses de courant de l'ordre du mètre par seconde entre le récif de Parmentia et la dalle rocheuse au large de la plage de l'Uhabia (Figure 71). Dans les petits fonds et sur les plages les courants sont globalement orientés nord-sud avec des circulations locales orientées sud-nord au niveau des zones rocheuses en bas de plage des Embruns ou de la plage du Centre Nord.

A marée haute (2,15 m/NGF équivalent au niveau de PMVE, SHOM 2016), les courants de fortes intensités se limitent principalement aux plages et entraînent une dérive littorale fortement marquée en haut de plage de direction nord-sud (Figure 72). Sur la plage Centre Nord du fait de la réfraction des vagues et de la présence du platier rocheux au nord, on observe une dérive littorale inversée (sud-nord).

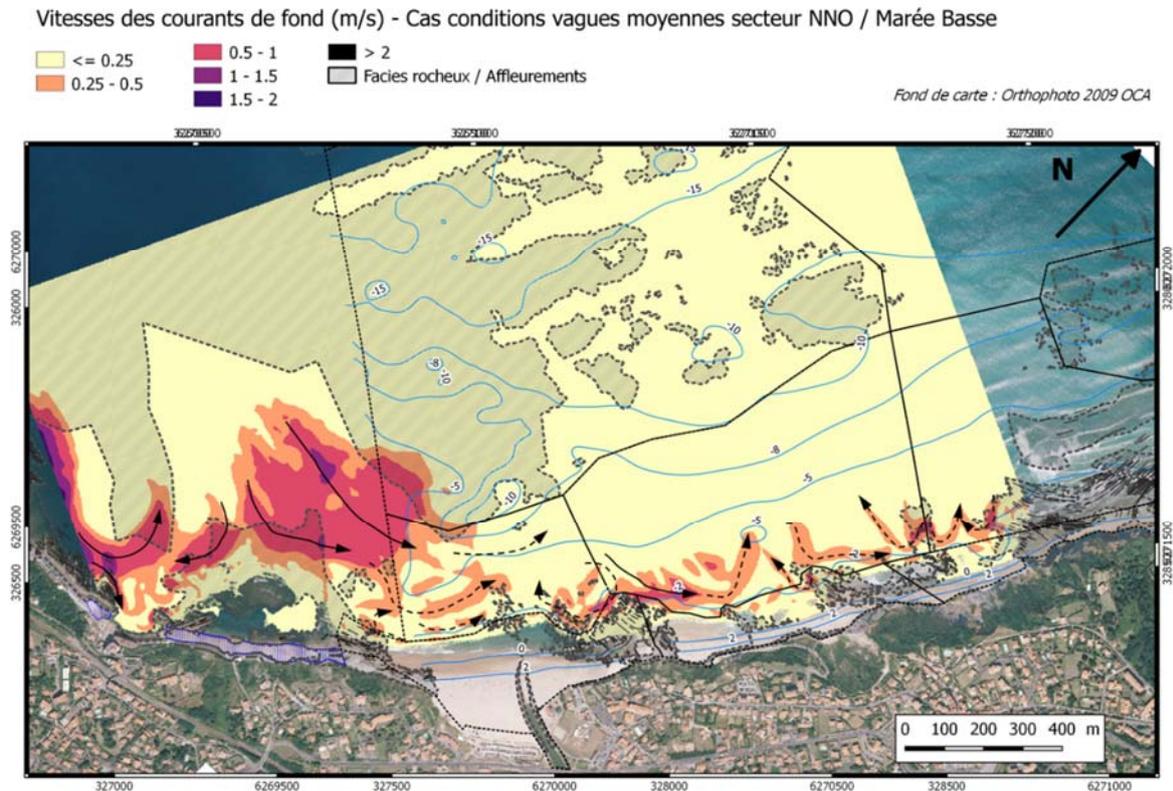


Figure 71 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles moyennes à marée basse

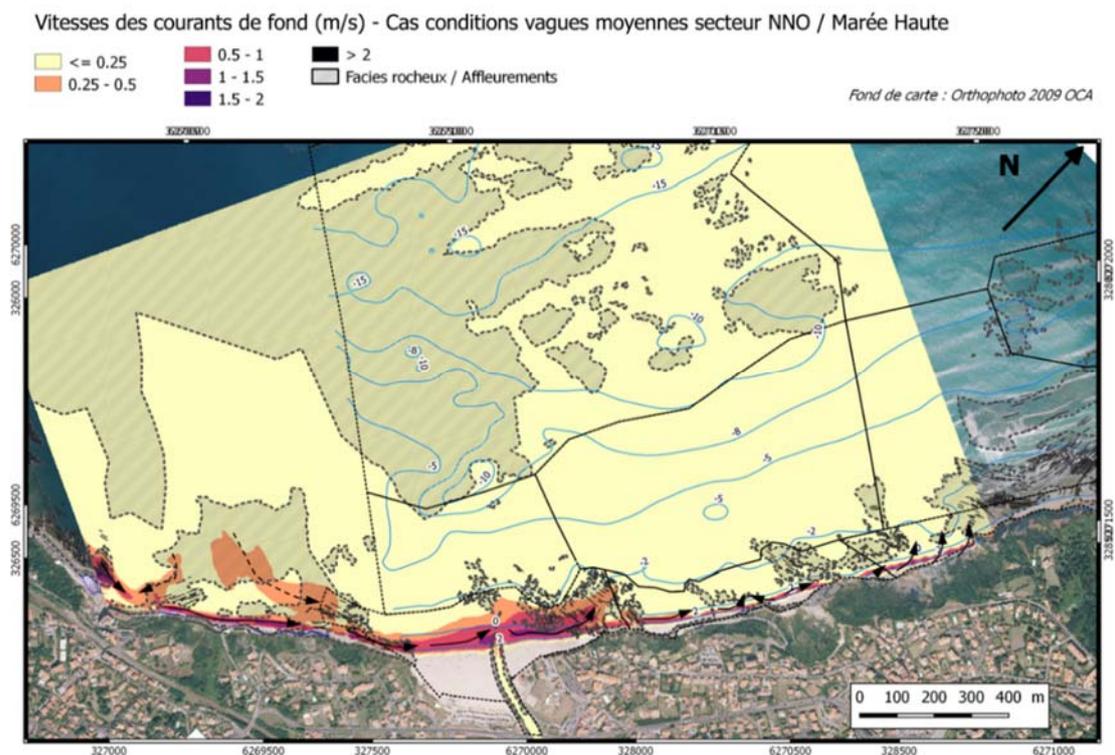


Figure 72 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles moyennes à marée haute

Pour des conditions fortement énergétiques, le rôle de la marée est prépondérant dans l'organisation des courants dans les zones de petits fonds et sur les plages. Pour illustrer, l'intensité des courants et le rôle joué par la marée, l'exemple est pris ici pour des conditions de tempête hivernale classiques ($H_s = 5,6$; $T_p = 15s$; $D_p = 305^\circ N$) telles qu'observées durant l'hiver 2017-2018 (Figure 73, Figure 74).

Trois points principaux sont mis en évidence à partir des circulations modélisées :

- la très forte intensité des courants dans les petits fonds (supérieure à 1,5 m/s) est conditionnée et chenalisée par la présence des plateformes rocheuses (récif de Parliamentia, dalle rocheuse au large de la plage de l'Uhabia, Falaises de Guétary) ;
- la mise en place de courant suggérant des transferts transversaux entre les plages et les petits fonds (particulièrement au niveau des plages du Centre) ;
- l'inversion du sens de la dérive sur les plages entre la marée basse et la marée haute (particulièrement observable pour la plage de l'Uhabia).

On peut ajouter que pour la situation à marée basse (Figure 73), les transferts de sable potentiels, suggéré par l'orientation et l'intensité des courants, montrent principalement (hormis pour la plage de l'Uhabia) des circulations transversales. Celles-ci sont susceptibles d'entraîner d'importants déplacements de sédiments depuis les plages vers le large ou potentiellement dans le sens inverse, des petits fonds vers les plages.

A marée haute (Figure 74), bien que ces vecteurs de transferts transversaux restent importants pour le secteur des plages du Centre, la dynamique générale est plutôt marquée par des courants longitudinaux avec notamment la mise en place d'un courant continu de forte intensité initié au sud de la plage de Parliamentia d'une part et au large d'autre part et qui se prolonge devant la plage de l'Uhabia au pied de la dalle rocheuse. Ce vecteur continu et de forte intensité jusqu'à

des profondeurs de 10 à 15 m (supérieur à 0,5 m/s) est susceptible d'organiser des transferts de sédiments importants depuis le sud du site d'étude vers le nord. Ces transferts semblent également susceptibles de mobiliser des sédiments des petits fonds vers les plages du Centre.

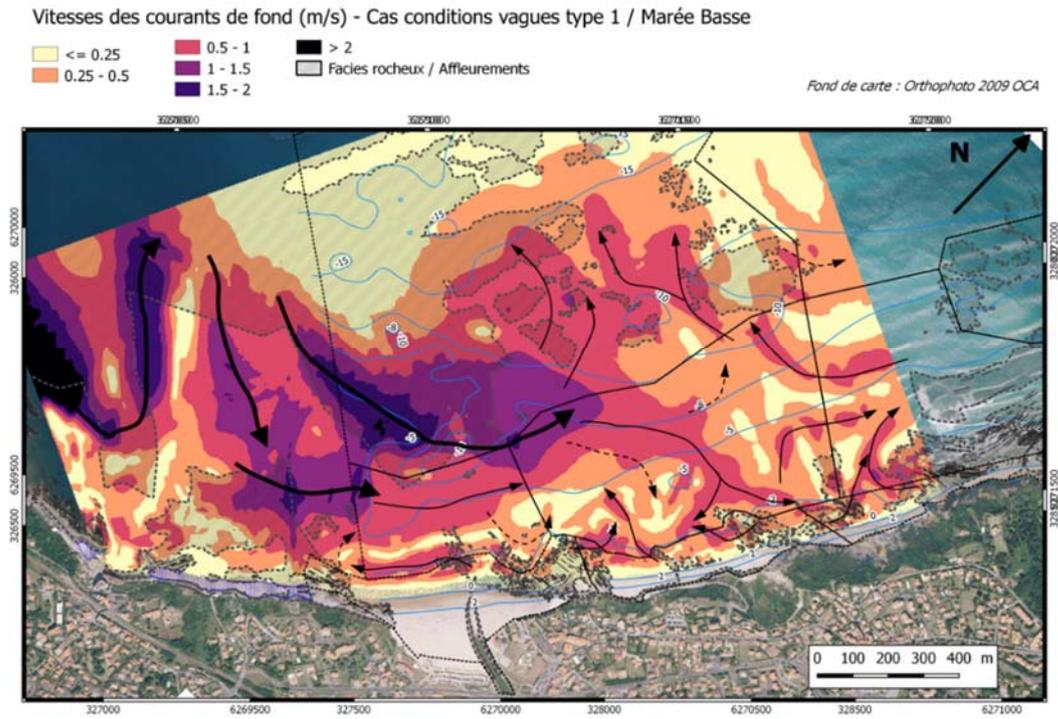


Figure 73 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête à marée basse

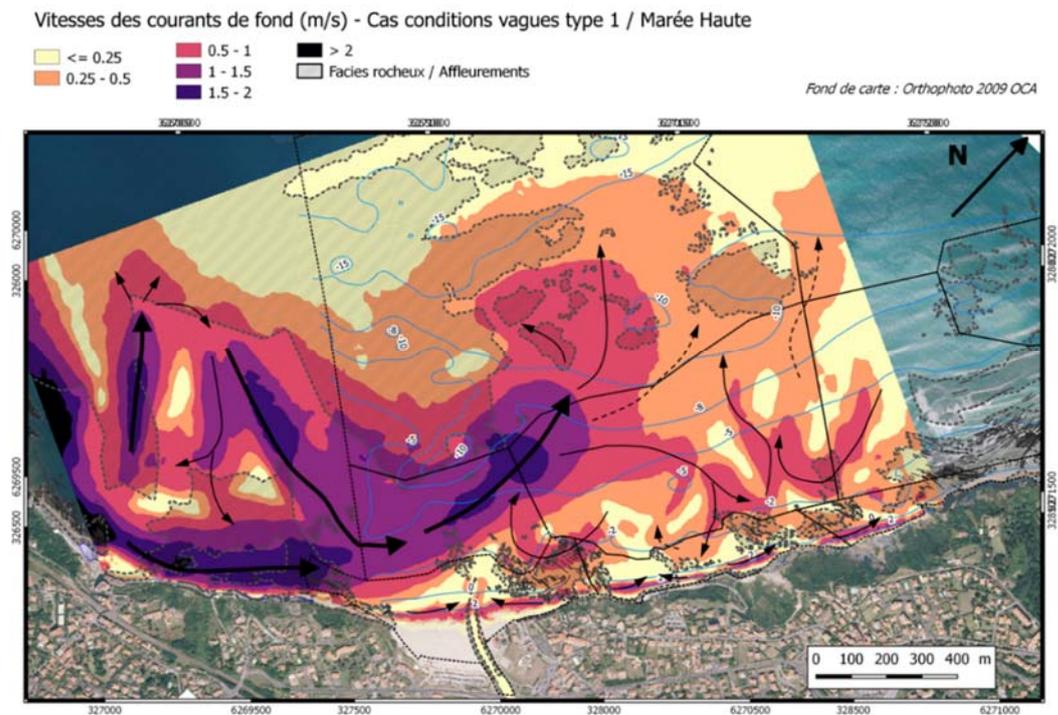


Figure 74 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête à marée haute

Rôle de la direction de provenance des vagues

L'influence de la direction de provenance des vagues est ici regardée pour des conditions de tempêtes et en fonction du niveau de marée. Les différents cas simulés pour des conditions moyennes (annuelles ou estivales) ne montrent pas de différences majeures sur les courants se mettant en place sur les petits fonds et les plages. En revanche, pour des conditions de tempêtes, on observe des différences notables lorsque les vagues proviennent d'une direction 300-305°N correspondant au secteur modale pour des conditions de tempête ($H_s > 5$ m) et lorsqu'elles proviennent de la direction 325-330°N correspondant à un mode secondaire pour des événements généralement un peu moins énergétiques (H_s compris entre 4 et 5 m).

Pour la description ci-dessous, on parlera d'évènement d'ouest pour la provenance 300-305°N et d'évènement de nord-ouest pour la provenance 325-330°N.

On observe qu'à marée basse (Figure 75), lors d'un évènement de nord-ouest, une circulation globale quasi continue du nord vers le sud (vitesses supérieures à 0,5 m/s). Celle-ci est susceptible de se mettre en place depuis le secteur des plages du Centre, vers les Embruns et la plage de l'Uhabia. Cette dynamique participe d'une recirculation plus large des courants au niveau de la zone littorale. Les courants entre 5 et 10 m de fond sont de direction globale sud-nord et circulent en sens inverse à la côte (Figure 75).

A marée haute, les différences en fonction du secteur de provenance des vagues sont moins marquées. On observe cependant que les courants de forte intensité provenant du sud se prolonge vers les plages du Centre de manière plus forte que pour un évènement d'ouest. Cette circulation suggère une capacité lors de ce type d'évènement à faire transiter des sédiments depuis les petits fonds vers les plages du Centre.

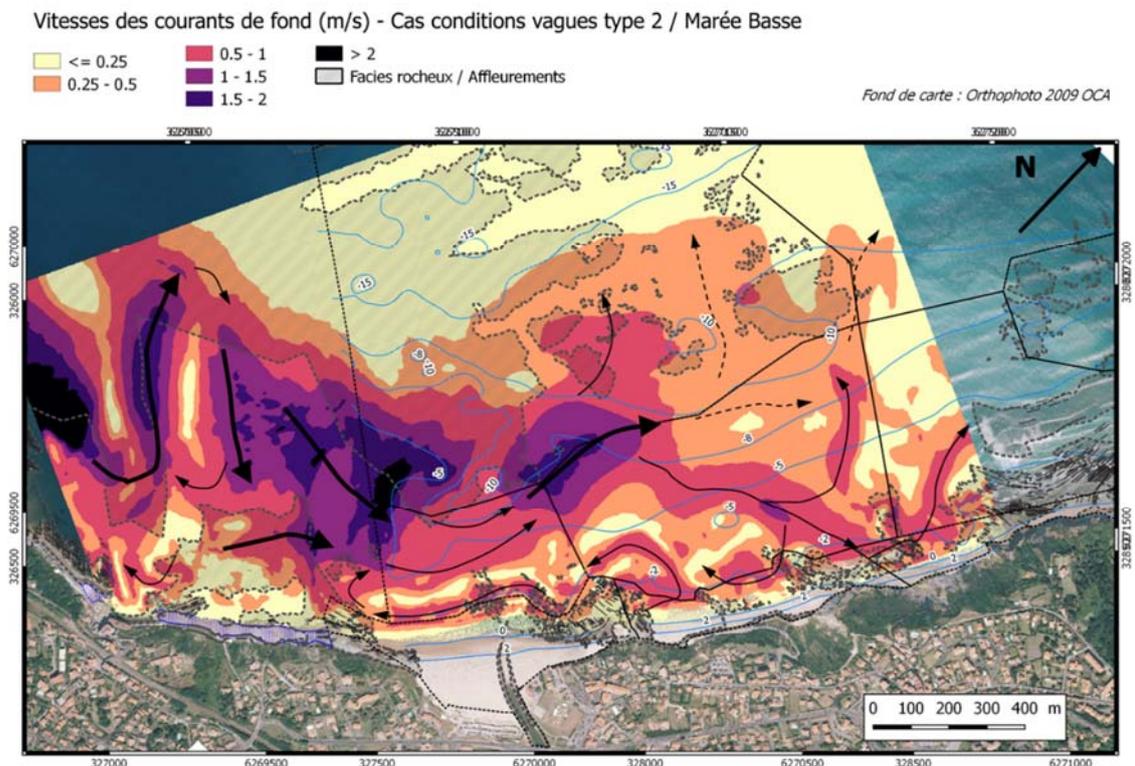


Figure 75 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête d'orientation de provenance 325-330 à marée basse

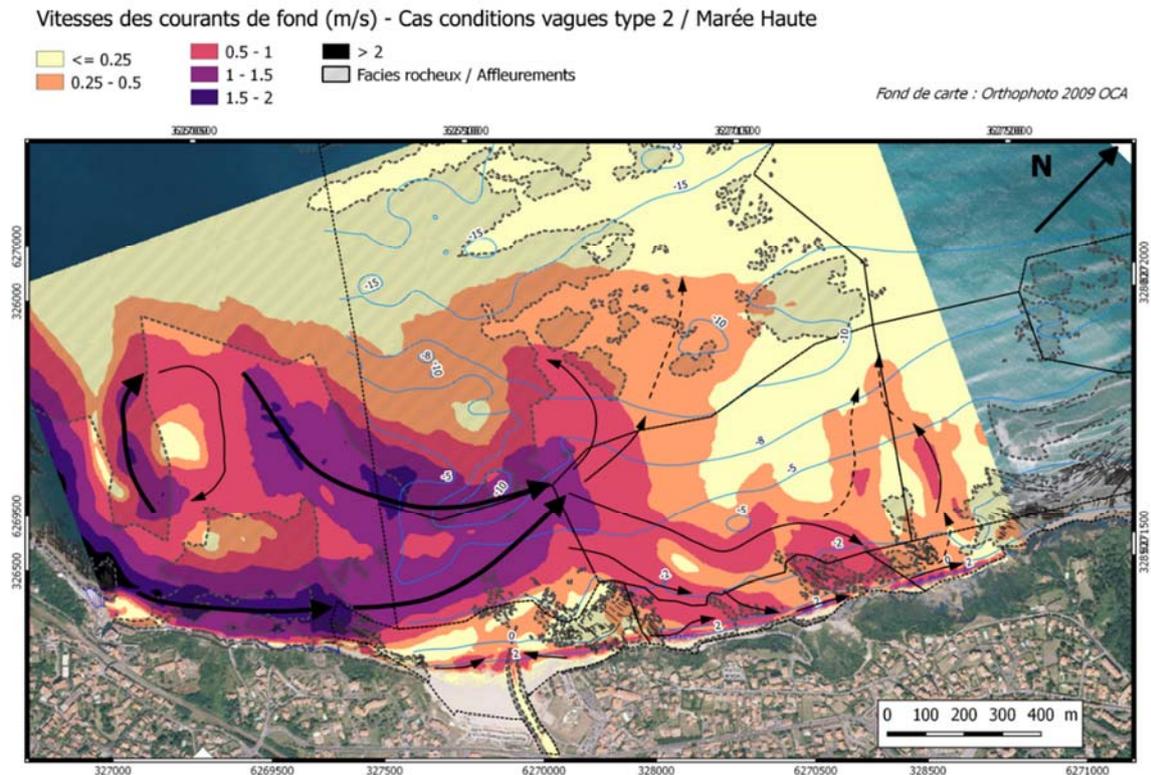


Figure 76 : Vitesses des courants sur le fond pour des conditions de houles de tempête d'orientation de provenance 325-330 à marée haute

En synthèse, les modélisations réalisées montrent que les circulations des courants moyens sur le fond peuvent être de très forte intensité dans les petits fonds comme sur les plages. Ces courants connaissent une très grande variabilité dans le temps en fonctions du niveau d'eau et des caractéristiques (intensité et directions des vagues). Au cours d'un évènement de tempête mais également lors que conditions moyennes, la dérive littorale au niveau des plages peut s'inverser entre la marée basse et la marée haute. Ceci illustre la complexité des dynamiques sédimentaires qui sont fortement conditionnées par l'interaction entre les facteurs de forçage (facteurs extrinsèques) et les facteurs morphologiques, géologiques et de disponibilités sédimentaires (facteurs intrinsèques).

Les résultats des simulations peuvent toutefois être synthétisés afin d'illustrer schématiquement les grandes caractéristiques de circulation des courants sur le fond pour des conditions moyennes et de tempêtes. Ces cartes, disponibles en Annexe 6 sont déclinées par niveau de marée, ce paramètre étant le facteur premier structurant les dynamiques de courants et par extension les dynamiques de transites sédimentaires à l'échelle d'un évènement.

7. Synthèse et schémas de fonctionnement hydro-sédimentaire

L'entité spatiale d'analyse du fonctionnement hydro-sédimentaire et des évolutions morpho-sédimentaires du littoral est généralement la cellule sédimentaire. Elle est communément définie comme le segment du littoral ayant un fonctionnement sédimentaire relativement autonome par rapport aux segments voisins. Ses limites sont, soit des ouvrages maritimes, soit des obstacles naturels (caps, embouchures, ...) importants qui bloquent ou modifient le déplacement du sable sous l'action des houles (dérive littorale). On parle de micro-cellule lorsque l'on observe des sous-ensembles de cellule qui ont pour limites des ouvrages ou des éléments naturels interrompant seulement en partie la dérive littorale. Du point de vue des échanges transversaux (entre les plages et les petits fonds), les déplacements significatifs de sédiments, c'est à dire susceptibles d'entraîner des évolutions de la morphologie ont lieu entre la profondeur de fermeture et le haut de plage (voir la dune si elle existe).

En théorie, la cellule sédimentaire est l'unité spatiale de réflexion pour la gestion du littoral. Toutefois, ses limites ne sont pas forcément en accord avec les limites administratives. De plus, le cloisonnement des cellules est relatif et des conditions de tempête ou des épisodes de vagues de directions atypiques peuvent entraîner des déplacements de sédiments au-delà des limites définies. Dans le cas du site d'étude dont la délimitation suit avant tout une logique de limites communales et dont l'objectif n'était pas proprement de délimiter les limites de cellule sédimentaire, les grands aspects de fonctionnement hydro-sédimentaires sont repris en suivant.

7.1.1. Profondeur de fermeture

En génie côtier, la profondeur de fermeture est définie comme la limite à partir de laquelle le profil du fond ne change plus de façon significative et mesurable. Cette notion peut s'avérer floue car les méthodes et les hypothèses faites pour la déterminer peuvent être très variables. On gardera à l'esprit que les vagues sont susceptibles de mobiliser des sédiments sur le fond à des profondeurs très importantes (sur le plateau continental, à des profondeurs potentiellement supérieures à 30 m, e.g. Figure 67).

La profondeur de fermeture a été évaluée ici par 3 approches complémentaires :

- à l'aide de formules empiriques,
- à l'aide de l'approche par modélisation présentée paragraphe 6.2.1,
- à l'aide de la comparaison des variations altimétriques de profils topo-bathymétriques sur 10 ans (incluant les événements de l'hiver 2013-2014).

La limite externe de la plage sous-marine, correspond à la profondeur de fermeture (h_c) c'est-à-dire la limite au-delà de laquelle on ne détecte pas, de changement dans le profil. On propose ici de l'estimer via deux formules classiquement utilisées dans la littérature (Hallermeier 1981 et Birkemeier 1985 :

$$h_c = C1 * H_{sx} - C2 * \left(\frac{H_{sx}^2}{g * T_e^2} \right)$$

Avec $C1$ et $C2$ deux constantes dimensionnelles ($C1 = 2.28$ et $C2 = 68.5$ pour Hallermeier et $C1 = 1.75$ et $C2 = 57.9$ pour la formule de Birkemeier. H_{sx} la hauteur significative des vagues de tempête non dépassée plus de 12h par an et T_e la période associée.

Les valeurs obtenues sont également confrontées à la profondeur maximale de perturbation des sédiments déterminée par l'approche de modélisation présentée paragraphe 6.2.1. Cette estimation (h_{ci}) est déclinée dans le Tableau 10 par taille de grain médian. Cette limite définit une capacité de perturbation (notamment pour les sédiments les plus fins), mais ces déplacements peuvent n'être pas assez importants pour engendrer une évolution morphologique du fond observable avec les outils utilisés, tel que les sondeurs bathymétriques).

Localisation	Hauteur significative des vagues (m) dépassée 12h	Période des vagues associée (s)	D50 Médiane granulométrique (mm)	hc1 : Profondeur de fermeture (changement morphologique) <i>Formulation Hallermeir 1981</i>	hc2 : Profondeur de fermeture (changement morphologique) <i>Formulation Birkemeir 1985</i>	h _{ci} : profondeur maximale de perturbation des sédiments
isobathe 50m	8	18	0.2	17	13	51
	8	18	0.5	17	13	32
	8	18	1	17	13	23
	8	18	5	17	13	10

Tableau 10 : Profondeur de fermeture estimée pour le site d'étude

Afin d'interpréter ces estimations, les résultats sont confrontés aux données d'évolutions morphologiques sur un profil transverse aux plages de Bidart. Les évolutions sur ce profil (Figure 77) montrent de fortes variations (+/- 1 à 2 m) jusqu'aux profondeurs 10 - 12 m, puis des variations moins marquées jusque 15 - 18 m. Au regard de ces données, on peut considérer qu'il n'y a pas d'évolutions morphologiques significatives observées, sur la période 2010-2018, au-delà de 18 m. Au-delà de cette profondeur, les différences entre les campagnes étant inférieures à 20 cm, celles-ci sont imputables à l'erreur classique relative aux techniques de mesure (sondeur mono-faisceau). Ainsi, on peut considérer que pour le site d'étude la profondeur de fermeture est de l'ordre de 18 à 20 m de profondeur, en bonne cohérence avec l'ensemble des estimations réalisés (paramétriques, modélisation, observation morphologiques).

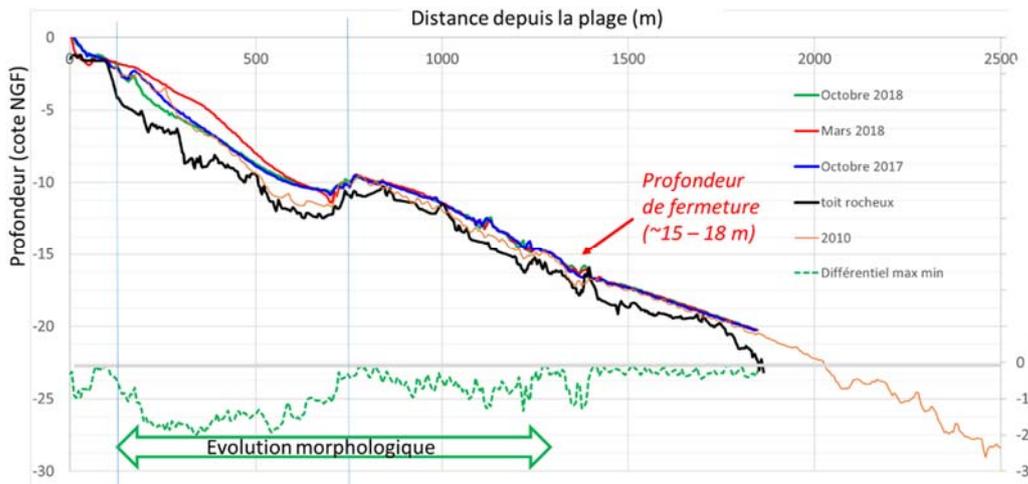


Figure 77 : Illustration de la profondeur de fermeture observée

7.1.2. Transit longitudinal

Le secteur étant particulièrement accidenté, un grand nombre d'obstacles perturbent le transit sédimentaire dont la dominante est sud-nord à l'échelle du site d'étude. Toutefois, en se référant aux cartes de stocks sédimentaires et à leurs évolutions dans le temps, ainsi qu'aux cartes de courants sur le fond, on constate qu'aucun obstacle n'est susceptible de stopper le transit sédimentaire depuis le trait de côte jusqu'à la profondeur de fermeture. Le secteur d'étude est donc une zone de transit sédimentaire, où, bien qu'il existe des cloisonnements apparents au niveau des plages, on constate une continuité des flux sédimentaires à des profondeurs entre -2 et -10 m.

On observe également, à partir des levés, que les sédiments, après avoir transité par le secteur étudié et ayant potentiellement rechargé temporairement les plages en sédiments, via des transferts dans le profil (des petits fonds vers les plages), ont tendance à poursuivre leur circulation vers le nord. A partir des cartes des stocks sédimentaires disponibles, on observe nettement des évolutions suggérant des déplacements de sédiments vers le nord du secteur étudié (Figure 78).

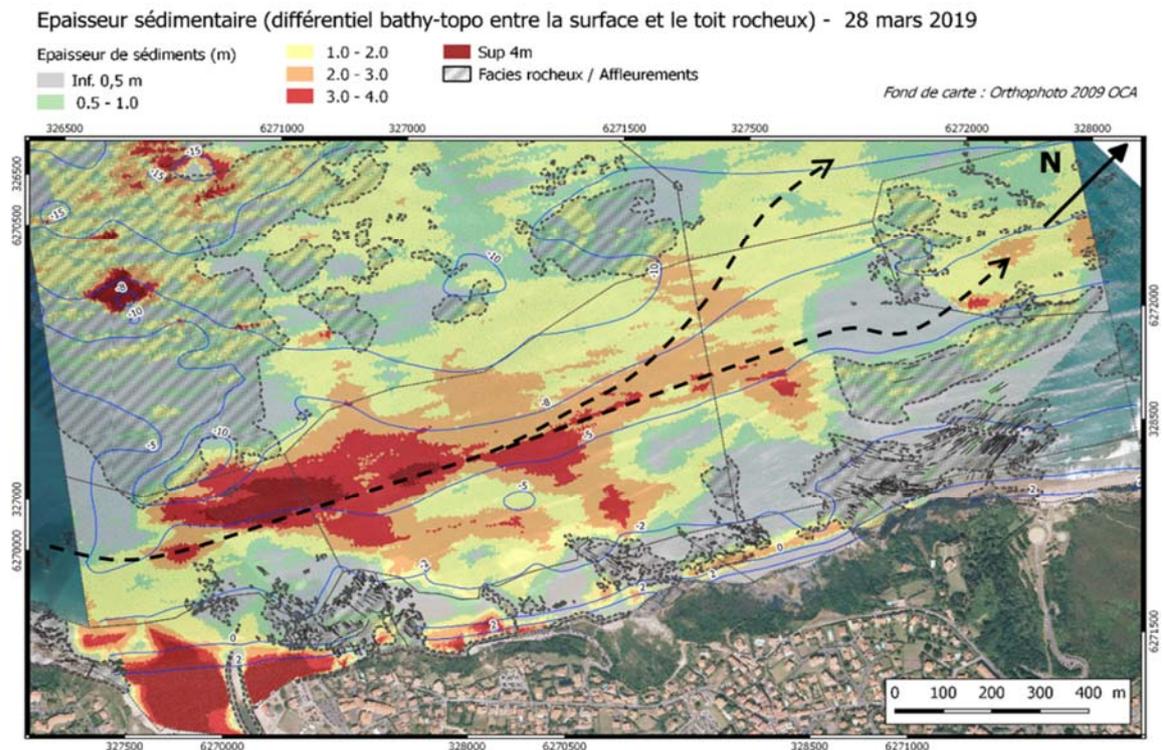


Figure 78 : Organisation des stocks sédimentaires mettant en évidence le sens dominant du transit littoral entre -10 et -2 m

Cet aspect est confirmé par la variabilité importante de la quantité de sédiments présente sur l'ensemble du secteur d'étude. Les bilans entre différentes dates d'acquisition montrent une perte de sédiments de l'ordre 57 000 m³ lors de la période hivernale (entre octobre 2017 et mars 2018). Le sens général des courants modélisés (pour l'ensemble des simulations dans ce secteur) suggère une circulation vers le nord des sédiments, particulièrement permise lors de conditions de houles énergétiques. A l'inverse, cette dynamique de migration semble moins intense lors de la période estivale jusqu'en automne. En effet, sur la période mars 2018 - octobre 2018, le bilan est nettement positif avec + 119 000 m³. Ces apports provenant globalement du sud de la zone d'étude.

7.1.3. Schéma de synthèse du fonctionnement hydro-sédimentaire

A partir des connaissances acquises sur les évolutions morphologiques, les stocks sédimentaires et la courantologie du secteur étudié, un modèle de synthèse du fonctionnement saisonnier est proposé. Cette vision schématique du fonctionnement hydro-sédimentaire de la zone d'étude présente deux configurations principales observables sur le site d'étude.

La première, Figure 79, correspond à la situation de fin de l'été observable jusqu'à la fin de l'automne (dans le cas où les situations de houles sont relativement clémentes jusqu'au début de l'hiver). Lors de cette période, les stocks sédimentaires sont préférentiellement positionnés dans la zone de petits fonds à des profondeurs inférieures à 5 m. Cette position des stocks sédimentaires permettent des transferts de sédiments vers les estrans (cf. Figure 52, cartes d'octobre 2017 et Annexe 3, cartes d'octobre 2018 et juin 2011). Comparativement, le secteur plus profond présente moins de sédiments disponibles.

Lors de la saison hivernale et jusqu'au début du printemps, on peut observer deux marqueurs principaux (Figure 80). L'érosion des sédiments entre les plages et environ 5 m de profondeur a tendance à être marquée. Cela conduit en général au découverture des dalles rocheuses sous-jacentes (comme dans le cas des plages du Centre). Cette situation est favorisée par l'intensification des courants orientés de la côte vers le large lors des conditions de tempête. Cette situation a tendance à créer des morphologies tridimensionnelles sur la bande littorale qui favorise à leur tour ces courants d'arrachements (cf. Figure 53 et Annexe 3, cartes respectivement du 2 mars 2018 et du 28 mars 2019). Dans la bande comprise entre -5 m et -10 m les sédiments sont présents en quantité importante et les morphologies des bancs sableux suggèrent des déplacements le long du littoral vers le nord (particulièrement accentués lors des tempêtes).

Les phases de transition d'un état à l'autre peuvent être complexe et non linéaires en fonction des conditions de forçages. Au regard des suivis haute fréquence des morphologies et des stocks des plages réalisées lors du projet, il semble que la situation dite « été-automne » puisse perdurer jusque à la fin de l'automne. Dans ces conditions, on observe pour les plages du Centre un rechargement des plages important mais tardif lors des années 2017 et 2018. Celui-ci intervient lors des mois d'octobre et novembre. Les volumes de sable sont ensuite à nouveau rapidement érodés lors de l'arrivée des premières conditions énergétiques de vagues entraînant un passage rapide à une situation dite « hivernale ». Le passage d'une situation hiver à une situation « été-automne » est plus progressive. A partir des levés bathymétriques, on observe que les sources de sédiments positionnés au large des plages de l'Uhabia et des Embruns ainsi que au large des plages du centre (à des profondeurs entre 5 et 10 m) auront tendance à migrer progressivement vers le nord-est. Ce déplacement conduit à positionner les stocks de sable à des profondeurs entre 5 et 2 m. Les morphologies tridimensionnelles dans les petits fonds face aux plages du centre sont progressivement effacées. Cette situation pourra permettre des transferts de sédiments vers les hauts de plages plutôt à partir de la fin du printemps (mai-juin).

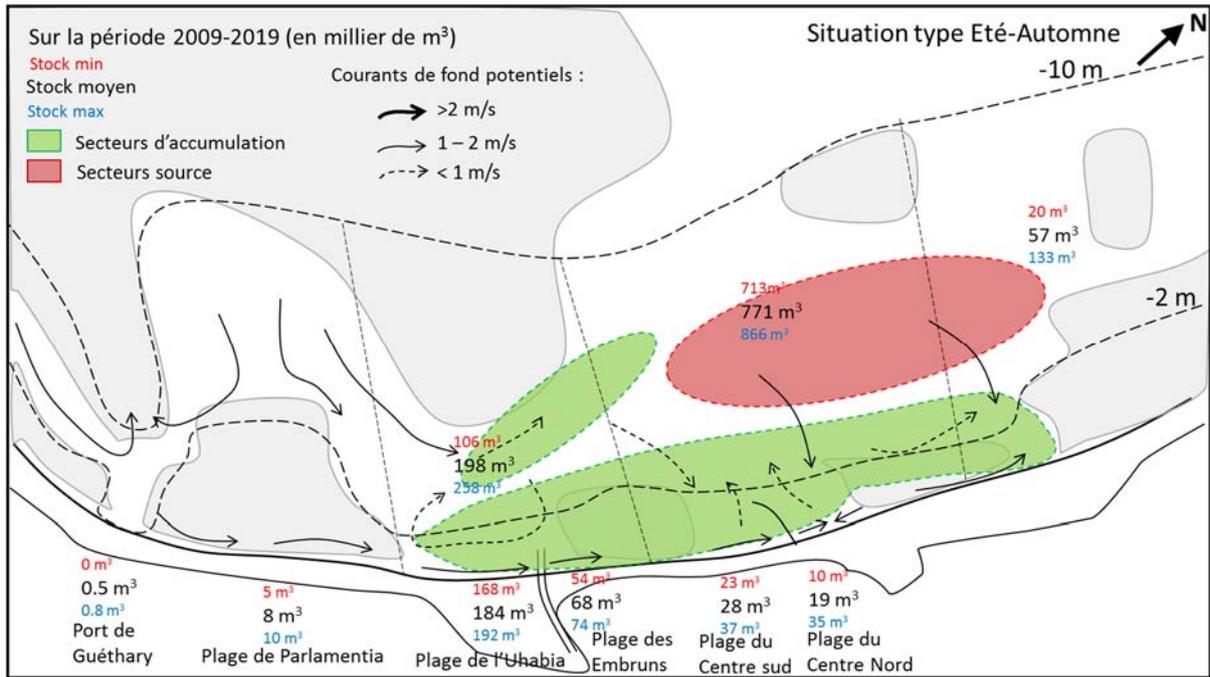


Figure 79 : Schéma de synthèse du fonctionnement hydro-sédimentaire « Eté-Automne »

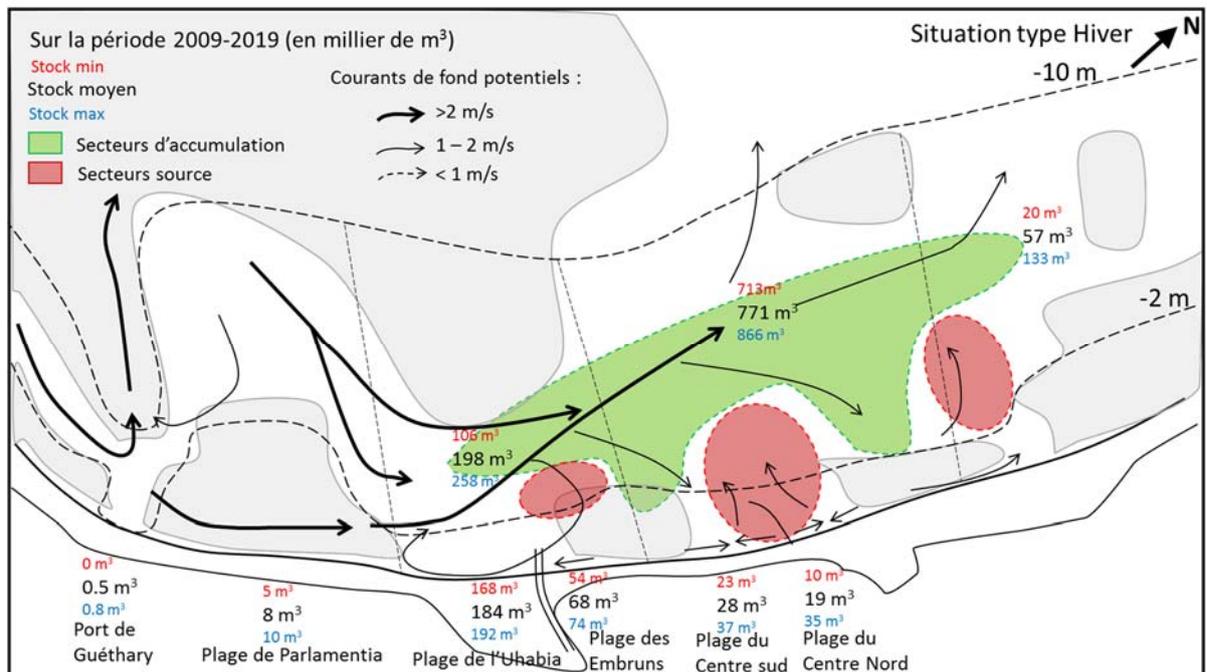


Figure 80 : Schéma de synthèse du fonctionnement hydro-sédimentaire « Hiver »

8. Gestion des sédiments

Le littoral aquitain dispose d'une stratégie régionale de gestion du risque d'érosion côtière aux horizons 2020 et 2040. Elle est issue d'une réflexion partagée entre l'Etat et les collectivités littorales réunis au sein du GIP Littoral Aquitain. La stratégie propose à l'ensemble des acteurs publics du littoral aquitain une vision partagée permettant de faire face aux risques d'érosion côtière. Respectueuse des principes de la stratégie nationale présentée le 2 mars 2012 par le ministère de l'Ecologie, elle traduit une ambition collective à l'échelle régionale et offre une boîte à outils pour mettre en œuvre, localement, une gestion durable de la bande côtière.

La démarche réalisée dans le cadre du projet MAREA vise à réaliser un bilan des connaissances relatives aux pratiques opérées sur le secteur compris entre les plages de Harotzen Costa (au sud) et Erretega (au nord). Ce bilan est réalisé à partir des informations collectées auprès des collectivités.

8.1. NIVEAU 1 : TYPE DE MOYEN DE GESTION ET QUESTIONNAIRE

La première étape de cette démarche a consisté à recueillir l'information sur les actions de gestion réalisées dans le secteur d'étude, auprès des collectivités (élus et service techniques des communes). Pour ce faire, la méthodologie retenue est passée par la constitution de questionnaires faisant référence à l'objectif N°25 (« Encadrer le rechargement et les transferts de sable ») de la stratégie régionale. Ces questionnaires diffusés aux collectivités ont été présentés à l'occasion de groupes de travail et complétés afin de répondre aux interrogations.

8.1.1. Principes et actions associés à la gestion des sédiments

Pour établir un vocabulaire commun et identifier au mieux les pratiques de gestion, un lexique des principales actions de gestion existantes a été proposé.

Ainsi il a été établi que le **rechargement sédimentaire** consiste à alimenter artificiellement en sédiments un système côtier afin de compenser son budget sédimentaire déficitaire sans perturber les processus naturels en action au sein de la cellule sédimentaire. Une cellule sédimentaire correspond à un segment de littoral dont le fonctionnement sédimentaire est distinct et indépendant des cellules voisines.

Le rechargement sédimentaire **se décline selon deux techniques** : le transfert extracellulaire et le transfert intracellulaire. Le **transfert extracellulaire** correspond à une introduction artificielle de sable, d'origine extérieure à la cellule sédimentaire locale, placé sur la plage.

La deuxième technique est le **transfert intracellulaire**. Il correspond à un déplacement artificiel de sable, d'origine interne à la cellule sédimentaire locale, placé sur la plage. Ce type de rechargement sédimentaire sollicite donc qu'une seule cellule sédimentaire. Le transfert intracellulaire permet de reconstituer un profil de plage régulier en redistribuant les sédiments.

Selon la localisation des zones de prélèvement et de dépôt, le rechargement sédimentaire peut être réalisé par voie terrestre et/ou maritime :

- **le transport mécanique terrestre** : acheminement de matériaux sédimentaires par camions ou autres machines de terrassement depuis la zone de prélèvement vers la zone de dépôt ; c'est la pratique la plus utilisée le long de la côte aquitaine.



Le transport mécanique terrestre comprend notamment **les travaux de reprofilage ou encore de nivellement**, propres au transfert intracellulaire.



- **le dragage** : prélèvement en mer, transport et clapage des sédiments à hauteur des petits fonds ou sur l'estran en zone de déficit sédimentaire, à marée haute, à l'aide de moyens nautiques (dragues mécaniques, hydrauliques). Les sédiments dragués proviennent généralement de secteurs en accrétion (bancs sableux, flèches sableuses, crochons, au large, ...).



Selon l'objectif d'une opération d'alimentation artificielle, les travaux de dragage peuvent mener au **recyclage des sédiments**. Ce dernier est envisagé lorsque le besoin de dragage à hauteur d'un port, d'un chenal ou d'une embouchure est plus important que celui de recharger. A la suite des travaux d'entretien et de curage, les sédiments sont alors **réutilisés de façon bénéfique** le long du système côtier en déficit sédimentaire.

- **le by-passing (ou by-pass), encore appelé pontage sédimentaire** : rétablissement de la dérive littorale en permettant le franchissement artificiel du transit sédimentaire d'un obstacle naturel (ex : cap rocheux, débouché de cours d'eau) ou anthropique (épi, digues portuaires, etc.) qui s'oppose à lui.

Il existe différents types de by-pass :

- o **le by-pass mécanique** : déplacement de sédiments par camions de l'amont vers l'aval de l'obstacle naturel ou anthropique.
- o **le by-pass hydraulique** : installation d'un système de succion d'un mélange d'eau et de sable en amont de l'obstacle et de refoulement en aval par le biais de conduites enterrées. Le rendement du by-pass hydraulique est adaptable en fonction des saisons et des besoins.
- o **le by-pass maritime** : utilisation de moyens nautiques telles que les dragues en mer ; il convient à tous types de sédiments et à des opérations périodiques.



D'importants volumes sédimentaires mis en jeu et une accessibilité aux plages trop contraignante favorisent le pontage sédimentaire.

D'autres modes de gestion du littoral peuvent être mis en place :

- **le génie écologique** telles que **les ganivelles** : rideaux brise-vents réduisant la vitesse du vent à proximité du sol, ce qui limite la déflation et provoque le dépôt du sédiment transporté ;



- **les ouvrages de protection côtière** :

- les **ouvrages transversaux** (épis en enrochement, en géotextile) : ouvrages positionnés perpendiculairement au trait de côte dont l'objectif est **l'interruption du transit sédimentaire longitudinal**, entraînant **un élargissement de la plage en amont** de la structure alors que **la zone aval connaît une érosion accélérée**.
- les **ouvrages longitudinaux** (perrés, digues maçonnées ou en enrochement) : ouvrages disposés le long du rivage afin de **contrer l'érosion côtière et la submersion marine**. La limite d'utilisation principale de ce type d'ouvrages est la réflexion de la houle qui amplifie l'érosion en pied d'ouvrage et mène à **l'abaissement topographique de la plage**.



8.1.2. Questionnaire

A partir de ces définitions, un questionnaire a permis d'établir, en collaboration avec les élus et services techniques des communes concernées, la liste des actions réalisées, les motivations, les fréquences ou dates de réalisation des actions de gestion sur les territoires étudiés. Lorsque cela était possible, les aspects financiers relatifs à ces actions ont également été renseignés.

Ci-dessous un extrait du questionnaire est présenté. Le questionnaire complet peut être retrouvé en Annexe 7).

Question 1 : Quel type d'opérations de re-ensablement de plage réalisez-vous au sein de votre commune ?

- Rechargement sédimentaire (apports sédimentaires d'une autre plage)
- Transfert sédimentaire (apports sédimentaires de la même plage)

Question 2 : Quel est le but / l'objectif de chaque opération de re-ensablement ? (si plusieurs, classez-les par ordre de priorité - mettre des numéros dans les cases)

- Confort balnéaire
- Lutte contre l'érosion
- Protection submersion marine
- Protection des voies de circulation, parkings
- Recyclage des matériaux
- Voie de navigation / Port
- Autre :

Question 3 : Quelle(s) est/sont la/les technique(s) de re-ensablement utilisée(s) dans votre commune et quelles sont les plages concernées ?

- By-pass mécanique (acheminement par camion) / Plage(s) : ...
- By-pass hydraulique (conduites enterrées) / Plage(s) : ...
- By-pass maritime ou dragage (clapage côtier et/ou refoulement) / Plage(s) : ...
- Reprofilage ou nivellement (remontée de sable du bas vers le haut de plage) / Plage(s) : ...
- Autres (Précisez) : ...

Plage(s) concernée(s) : ...

Suite du questionnaire en annexe

Pour chacun des secteurs concernés, une carte de synthèse est mise à disposition lors de l'enquête (Figure 81).



Figure 81 : Appui cartographique lors de la réalisation des enquêtes

8.2. NIVEAU 2 : INVENTAIRE DES ACTIONS EN COURS

A partir des entretiens réalisés, les actions relatives à la gestion des sédiments au sens large incluant les actions d'entretiens des ouvrages de protection par exemple (Figure 82), ont pu être recensées. Il s'avère que ces actions sont en nombre relativement limitées à l'heure actuelle et peuvent être synthétisées sous forme de fiches telle que présentée ci-dessous.

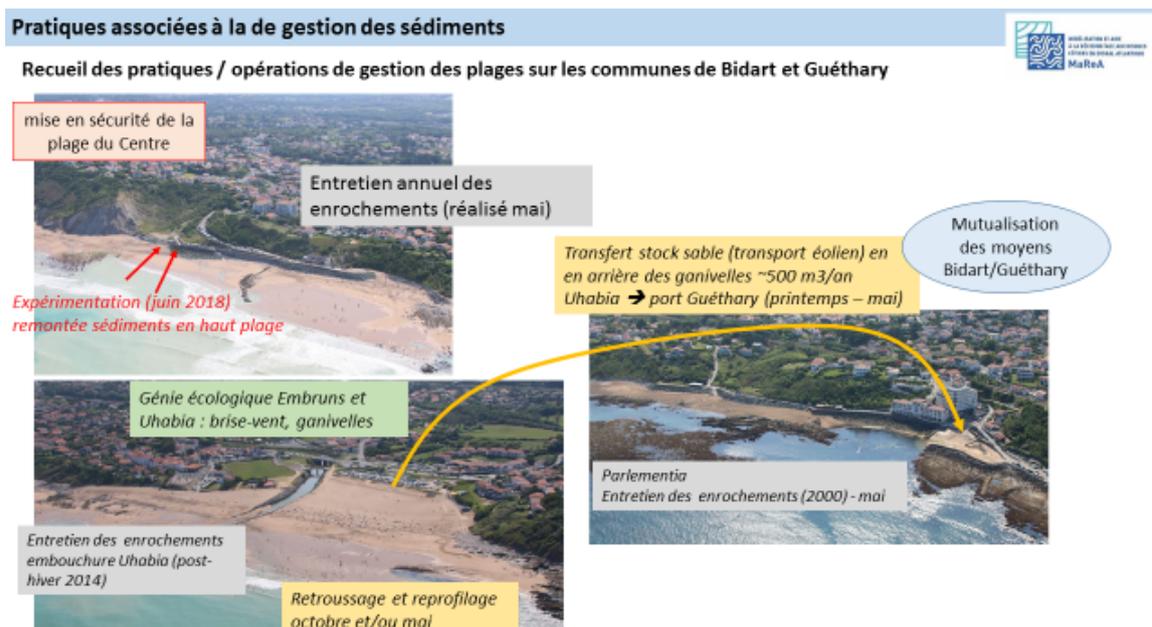


Figure 82 : Recensement des actions de gestion des sédiments et actions associées sur les sites de Bidart et Guéthary

8.3. NIVEAU 3 : ANALYSE DES OPERATIONS DE GESTION

Aujourd'hui, les principales pratiques de gestion des sédiments sur ce secteur de la côte basque consistent en :

- des actions de reprofilage et retroussage sur la plage de l'Uhabia consistant principalement en des actions de confort pour préparer la plage pour la saison estivale
- des transferts de sable de l'ordre de 500 m³/an depuis le haut de plage de l'Uhabia vers le port de Guéthary afin de constituer une plage d'accueil pour les activités nautiques estivale.

La pratique de transfert de sable depuis le haut de plage de l'Uhabia vers l'intérieur du port de Parmentia est une pratique régulière (annuelle) et relativement ancienne (dizaine d'années) (Figure 83, Figure 84). Elle apparait comme une pratique plutôt vertueuse :

- Au regard des éléments sur le fonctionnement hydro-sédimentaire, cette action consiste à faire transiter du sable depuis l'aval vers l'amont du sens général de la dérive littorale (sud-nord),
- Elle concerne un volume relativement limité à partir de prélèvements positionnés en haut de plage (sable transporté par la dynamique éolienne),
- Elle implique la mutualisation des moyens d'un point de vue logistique entre les deux communes.

Toutefois, elle ne peut pas être considérée comme durable, les stocks de sable installés dans le port de Guéthary étant systématiquement, totalement ou partiellement, érodés durant la saison hivernale. Ces sables sont amenés à être déposés dans le chenal profond du port de Guéthary. S'il est possible au regard des circulations associées au déferlement des vagues lors d'événements fortement énergétiques (cf. Figure 74 ou Figure 76) que ces sédiments soient par la suite remobilisés pour transiter à nouveau vers le nord, l'étude ne permet pas de l'affirmer ou d'évaluer les temporalités associées.

Commune de Bidart

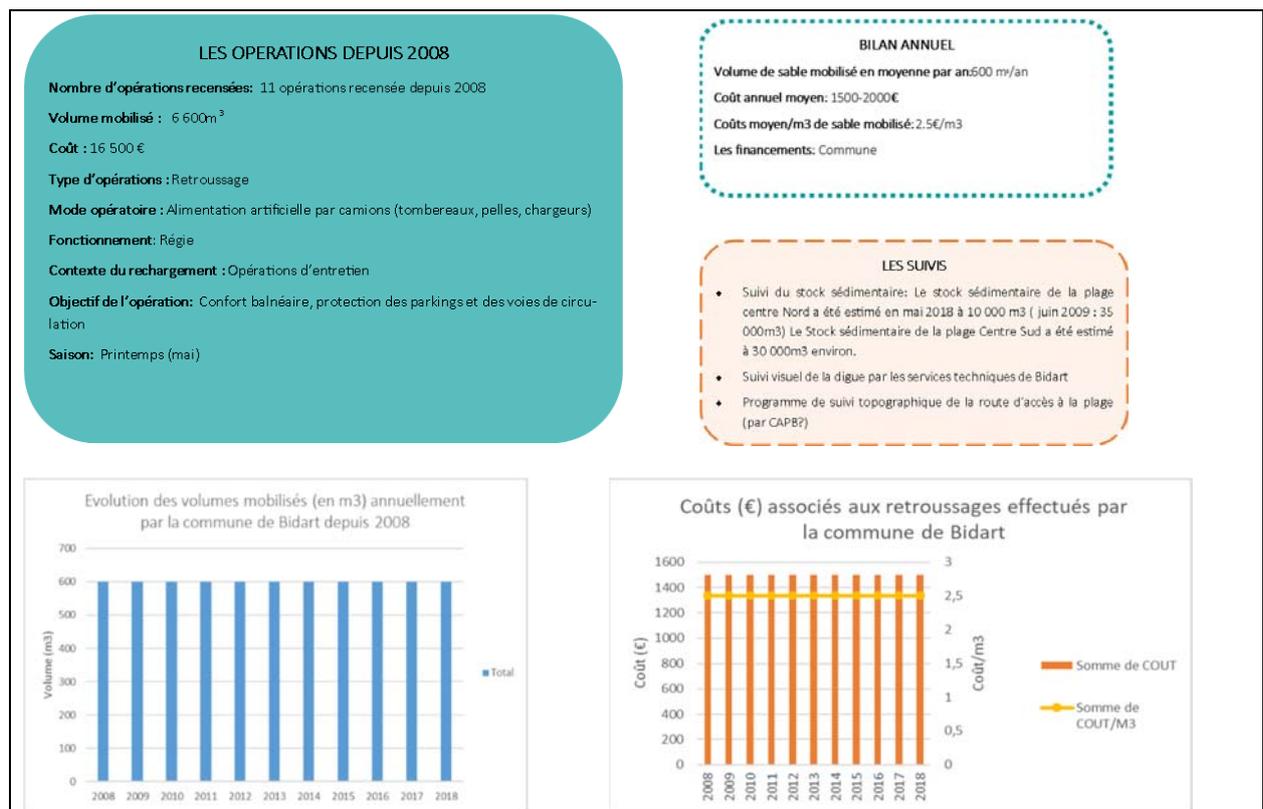


Figure 83 : Synthèse des transferts de sable relatifs aux actions de gestion pour la commune de Bidart

Commune de Guéthary

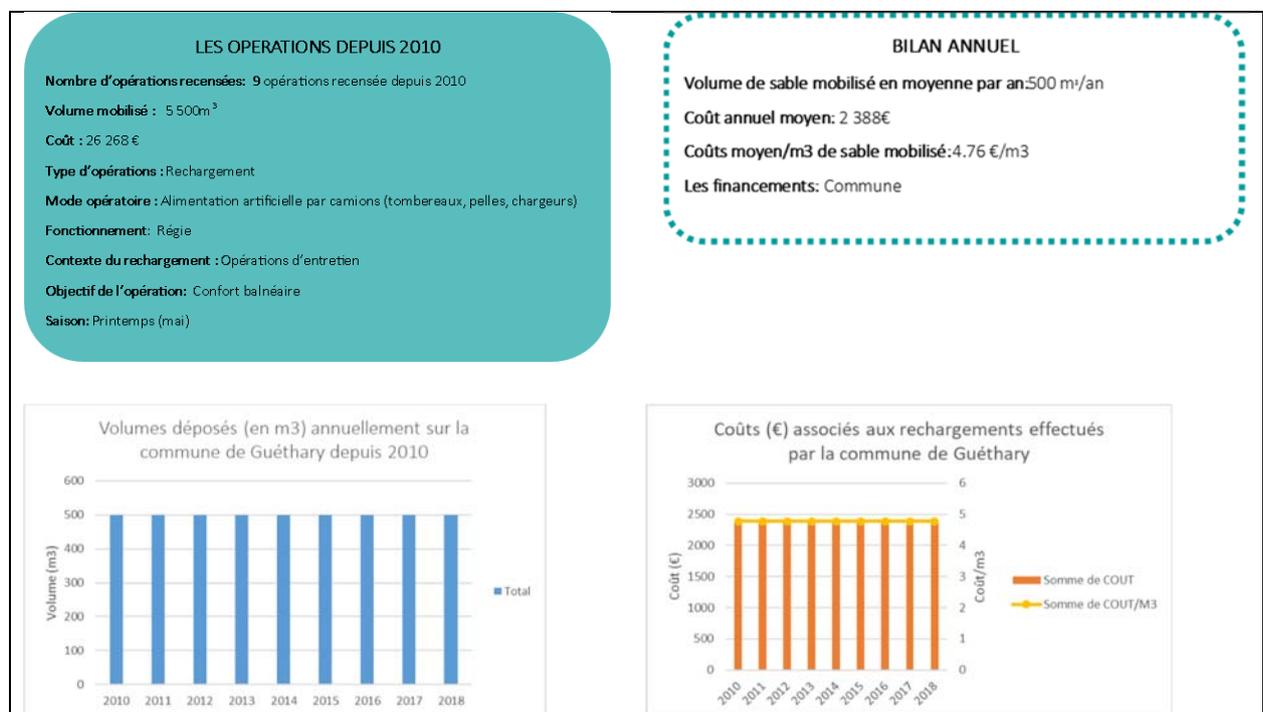


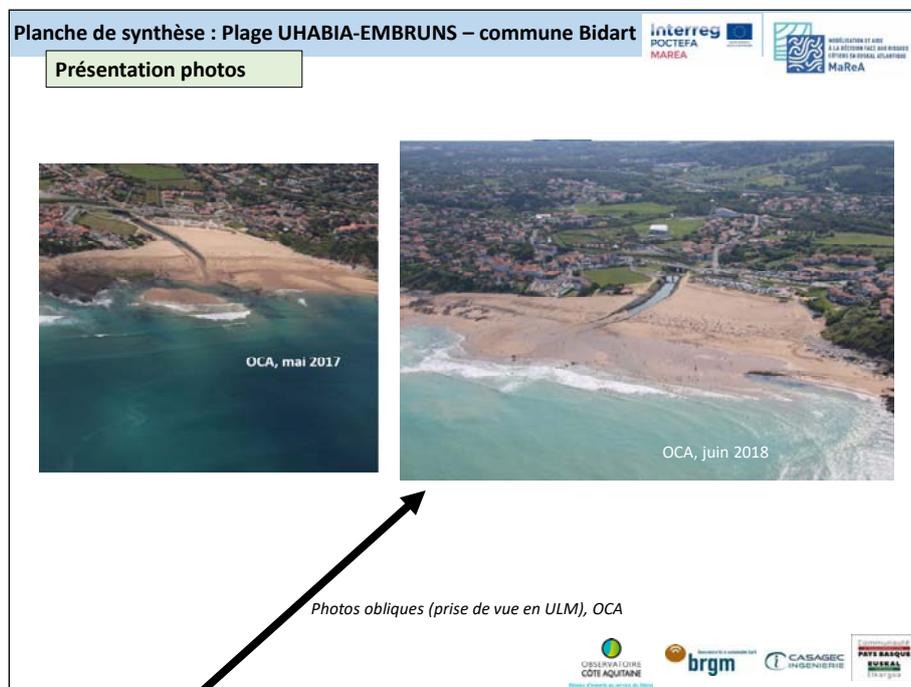
Figure 84 : Synthèse des transferts de sable relatifs aux actions de gestion pour la commune de Guéthary

9. Fiches plages

L'essentiel des informations obtenues lors du projet est synthétisé sous forme de fiches thématiques, déclinées pour chacune des plages étudiées. Ces fiches sont accompagnées d'un guide à la lecture.

Cette restitution établit un cadre méthodologique et fournit une information permettant d'encadrer la prise de décisions pour de futures actions de gestion durable des stocks sédimentaires à l'échelle de chaque système plage du site d'étude. Ces fiches par plage sont disponibles en Annexe 8. Dans ce chapitre l'exemple des fiches de la plage de l'Uhabia est utilisé pour constituer un guide de lecture.

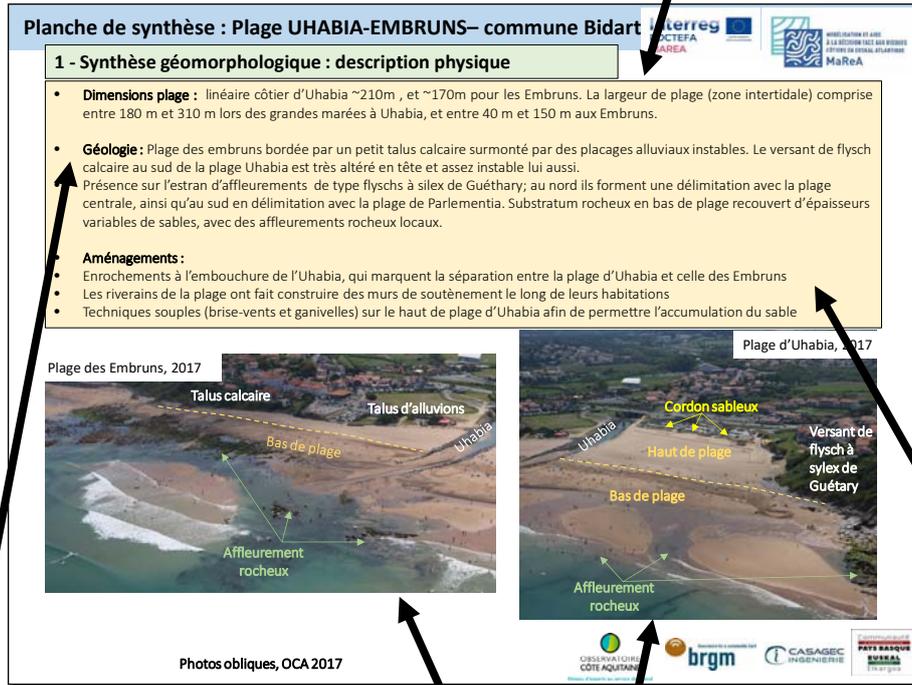
9.1. PAGE DE PRESENTATION



Les photos offrent une vue aérienne du site, permettant d'identifier son emprise géographique, sa nature géomorphologique et ses grandes caractéristiques paysagères.

9.2. PLANCHE 2 : DESCRIPTION GEOMORPHOLOGIQUE

Paragraphe qui permet de connaître les dimensions approximatives de la plage (notamment suivant les marées) et de l'avant-côte. Cette information est utile pour savoir si la plage est accessible à marée haute.



Les renseignements sur la géologie permettent de comprendre le contexte dans lequel s'inscrit la plage. Côté terre, ils peuvent faire état des instabilités existantes sur les versants rocheux. Côté océan, la présence d'affleurement rocheux est un élément important à prendre en compte dans l'hydrodynamique locale.

Paragraphe qui recense et donne les caractéristiques générales des aménagements côtiers (techniques dures et souples) présents sur le secteur.

Localisation des principaux éléments mentionnés dans les paragraphes au-dessus.

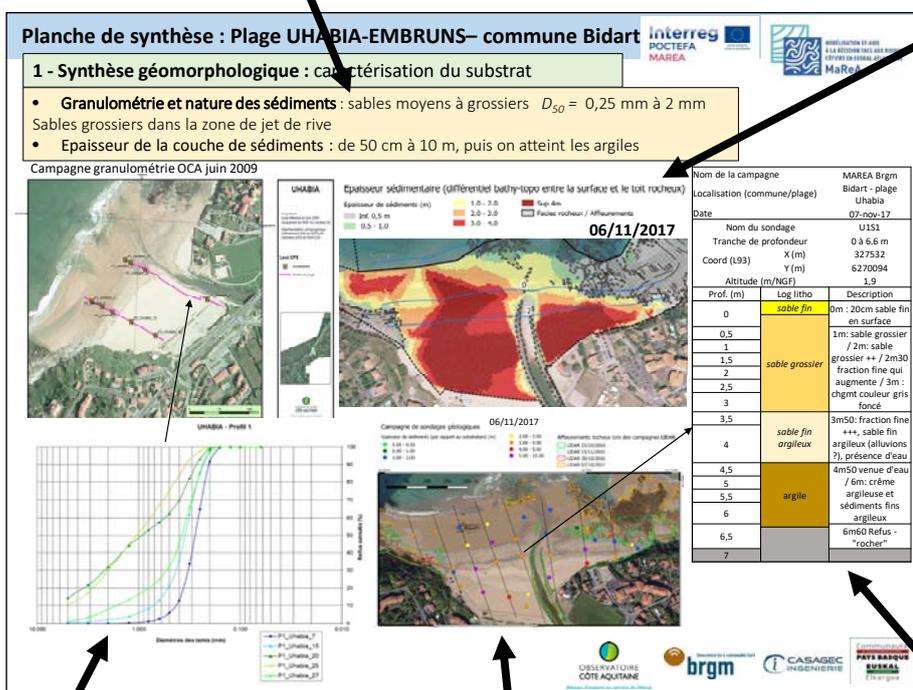
9.3. PLANCHE 3 : ANALYSE DE L'ÉPAISSEUR DES SÉDIMENTS ET DE LEUR GRANULOMÉTRIE

Présentation des chiffres clés

Cette carte représente l'épaisseur de sédiments que l'on trouve sur la plage à la date où les relevés ont été faits.

Guide de lecture : plus la couleur est foncée, plus l'épaisseur de sédiments est importante.

N.b : cette donnée est acquise à partir du croisement de l'information sur le niveau du socle et un levé topographique considéré dans le même référentiel altimétrique.



Courbe représentant la granulométrie (distribution de la taille des sédiments d'un échantillon) sur un point ou un profil donné.

Guide de lecture : le D_{50} (= médiane) se lit sur l'axe des ordonnées, sur la ligne « 50 ».

N.b : la granulométrie est un élément essentiel à connaître et à prendre en compte pour toute opération de gestion des sédiments.

Cette carte localise les points de sondages géologiques réalisés et représente le contour des affleurements rocheux sur la côte.

Guide de lecture pour les affleurements rocheux : la surface des affleurements rocheux peut être un indicateur de l'état des stocks sédimentaires présent sur la plage. Les affleurements peuvent être recouverts ou découverts en fonction des sédiments disponibles et de leurs mobilités (notamment suivant les saisons ou les tempêtes).

Ce tableau est le profil log géologique **du point de sondage identifié sur la carte ci-contre**. Il permet d'identifier jusqu'à quelle profondeur le sondage a été réalisé, de schématiser la succession des couches géologiques et d'estimer la profondeur du socle.

Guide de lecture : la lecture du profil log peut être couplée avec la lecture de la carte d'épaisseur sédimentaire.

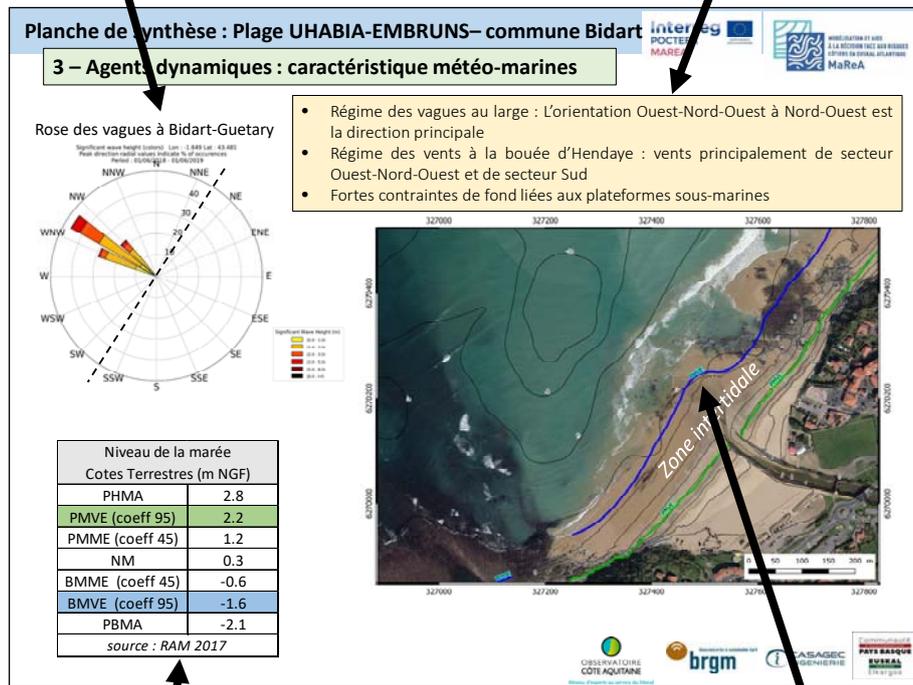
NB : l'argile n'est pas considérée comme un sédiment mobilisable.

9.4. PLANCHE 4 : CONTEXTE METEO-MARIN

La rose des vagues représente les directions de la houle au niveau d'un point de référence (modèle) ou d'une bouée de houle.

Présentation du régime des vagues et des vents.

Les vagues et les vents, à considérer notamment en fonction de l'orientation générale de la côte, peuvent avoir une influence constructive (l'accumulation des sédiments est favorisée) ou destructrice (l'érosion est favorisée) sur la plage. Ils constituent une donnée de base pour comprendre la dynamique sédimentaire locale.



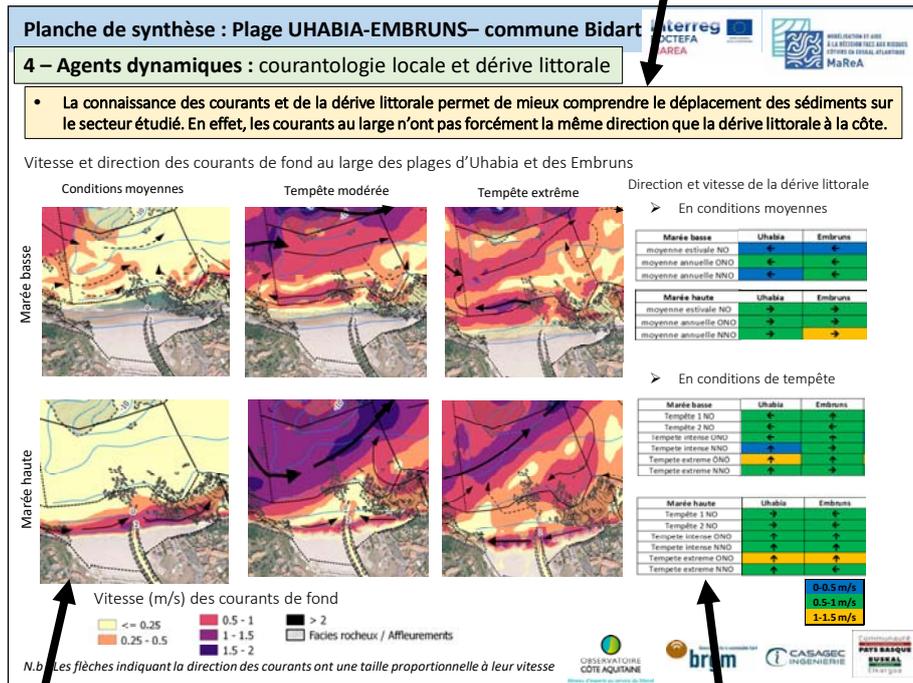
Ce tableau indique les éléments suivants : plus haute mer astronomique, pleine mer moyenne de vive-eau, pleine mer moyenne de morte-eau, niveau moyen, basse mer moyenne de morte-eau, basse mer moyenne de vive-eau, plus basse mer astronomique.

Ces éléments sur les caractéristiques principales des marées à l'échelle locale permettent d'identifier la zone intertidale ainsi que le haut de plage pour différents coefficients de marée.

Représentation de la zone intertidale. Les limites apportent une indication sur la largeur de la plage à différents moments de la marée.

9.5. PLANCHE 5 : REPRESENTATION DES COURANTS ET DE LA DERIVE LITTORALE

Encart rappelant la nécessité de connaître les comportements dominants de la dérive littorale et des courants associés aux vagues pour comprendre les évolutions morpho-sédimentaire des systèmes de plage



Cartographies de la vitesse et de la direction des courants en fonction de différents types de conditions de houle au large (Hs, Tp, Dp) et du moment de la marée.

Guide de lecture : cette information issue de la modélisation hydrodynamique à haute résolution spatiale (2m) permet d'identifier les grandes dynamiques de courants moyens sur le fond, associées à la propagation des vagues et leur déferlement sur le littoral. Elle permet ainsi d'appréhender les échanges hydrodynamiques entre les différents secteurs du littoral ainsi que le sens de la dérive littorale dominante.

Direction et intensité de la dérive littorale dominante sur la plage en fonction de différents scénarios hydrodynamiques.

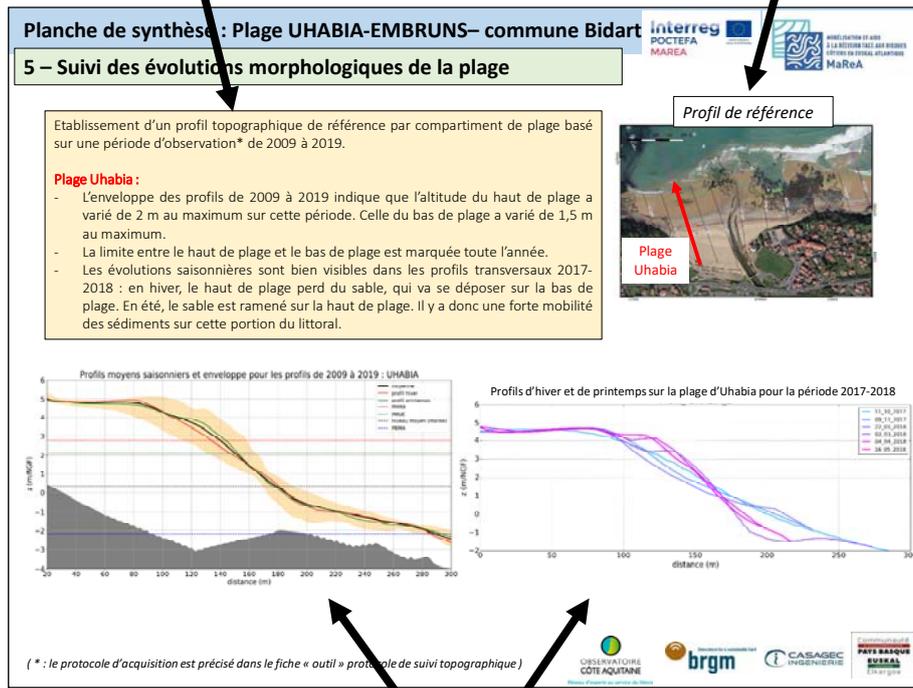
Guide de lecture : chaque ligne désigne la direction dominante de la dérive littorale (et par conséquent du transport sédimentaire) au niveau des plages pour des conditions de vagues au large prédéfinies. La flèche indique le sens de la dérive par rapport à la plage et la couleur son intensité.

9.6. PLANCHE 6 : EVOLUTION DE LA MORPHOLOGIE DE LA PLAGE

Encadré qui apporte une analyse profils topographiques de plages.

Quelques chiffres clés sont donnés.

Localisation du tronçon de plage sur lequel l'altitude de la plage a été mesurée.



Ces courbes représentent les profils topographiques d'un tronçon de plage, relevés sur une période (ou à une date) donnée (référéncés par rapport au zéro NGF). L'enveloppe représente l'entendue de l'ensemble des variations mesurées lors de l'ensemble des suivis. Le traitement des données permet également de définir un profil moyen annuel ou un profil saisonnier.

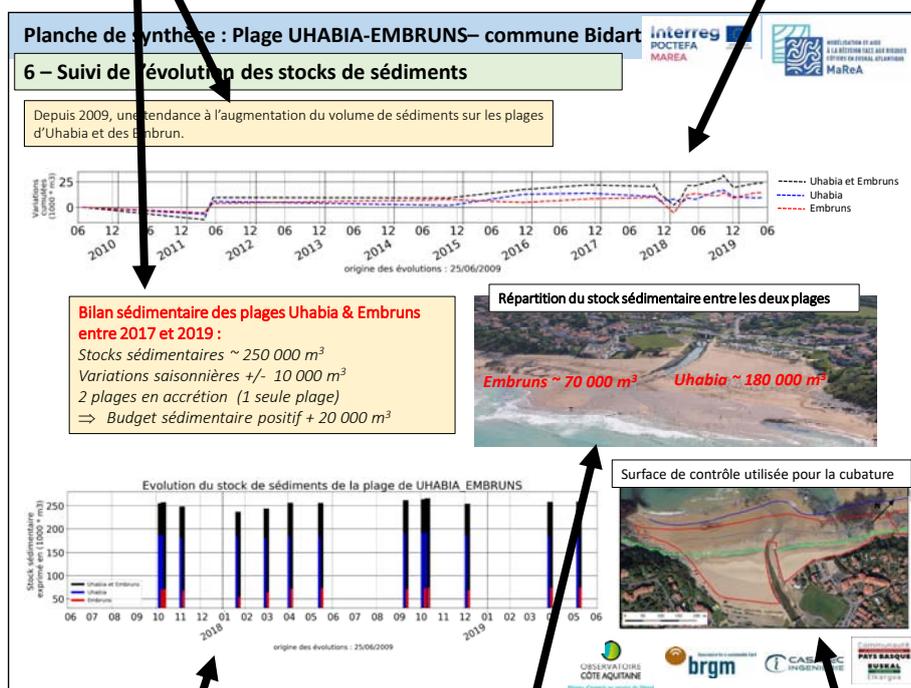
Guide de lecture : l'enveloppe de courbes permet de visualiser la variation de l'altitude de la plage sur l'ensemble des levés disponibles. Certains niveaux marins ont été indiqués en pointillés afin d'identifier la zone subtidale, intertidale, et la partie du profil exclusivement affectée par le jet de rive.

N.b : cette représentation n'est pas pertinente pour toutes les plages car elle nécessite un suivi régulier et longue durée afin de déterminer une enveloppe représentative. On peut considérer qu'un suivi de l'ordre d'une dizaine d'année est souhaitable pour connaître en détail les évolutions saisonnières et un l'enveloppe d'un profil.

9.7. PLANCHE 7 : EVOLUTION DU VOLUME DE SABLE SUR LA PLAGE

Encadré(s) qui apporte(nt) une analyse des figures ci-contre.
Quelques chiffres clés sont donnés.

Cette figure permet de visualiser la variation du volume de sable présent sur la plage dans un laps de temps donné. Cela permet de dégager une tendance.
Guide de lecture : on se base sur le premier calcul de volume effectué sur la plage pour établir les variations suivantes, ce qui explique un départ des évolutions à 0.



Évolution du stock de sédiments en milliers de m³ sur la plage. Le périmètre considéré pour l'évaluation des volumes est représenté sur la figure de droite.

Représentation de l'état des plages à marée basse pour un stock de sable donné.

La zone rouge localise la surface utilisée pour faire les calculs de stocks de la plage.

9.8. PLANCHE 8 : BILAN DES PRATIQUES DE GESTION DES SEDIMENTS SUR LA PLAGE

Liste des opérations de gestion réalisées sur la plage, contribuant notamment par l'apport, l'export ou le déplacement de sédiments sur la plage.

Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart

7 – Gestion des stocks sableux : pratiques actuelles

Pratique de gestion des sédiments :
⇒ Recueil et synthèse des pratiques et opérations de gestion des stocks

- Entretien des enrochements à l'embouchure du cours d'eau Uhabia après l'hiver 2014
- Mise en place de brise-vents et de ganivelles sur le haut de la plage d'Uhabia depuis plusieurs années
- Réalisation d'un transfert sédimentaire intracellulaire au printemps et/ou à l'automne de chaque année, du haut de plage (à l'arrière des ganivelles), vers le bas de plage. Il s'agit d'une opération de retroussage. Le volume déplacé est de l'ordre de 500 à 600 m³
- Une autre partie du sable accumulé derrière les ganivelles est transportée sur la plage du port de Guétary. Le volume est là aussi de 500 à 600 m³
- Opérateurs : services techniques de la mairie de Bidart



Transfert extracellulaire : 500 à 600 m³

Transfert intracellulaire : 500 à 600 m³

Logos: interreg POCTEFA MAREA, OBSERVATOIRE COTE AQUATINE, brgm, CASAGEC INGENIERIE, COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION DU PAYS BASQUE BAYONNE

Lorsque c'est possible, représentation visuelle des différents transferts de sable.

10. Conclusion

Le secteur littoral compris entre la plage d'Erretegia (au nord de Bidart) et la plage d'Harotzen Costa (au sud du port de Guéthary) présente un fonctionnement très complexe. Du fait de la présence des platiers rocheux en zone intertidale et de récifs en zone subtidale, les dynamiques hydro-sédimentaires (très majoritairement influencées par l'action des vagues sur le fond) sont évolutives à l'échelle de temps d'une marée. Par ailleurs, pour de même conditions de houles au large, les transferts de sédiments peuvent être dans certains secteurs orientés le long de la plage et pour d'autres principalement perpendiculaires aux plages (entre les plages et les petits fonds). Les transits sédimentaires potentiels sont d'autant plus différents à marée basse par rapport à marée haute, que les houles au large sont énergétiques (conditions de tempêtes par rapport aux conditions moyennes). L'angle d'incidence des vagues lors d'un évènement joue également un rôle notable sur les transferts [potentiels] de sédiments. Sur la plage de l'Uhabia par exemple, la dérive littorale peut être orientée nord-sud ou sud-nord en fonction de la direction de provenance des houles.

De manière, générale sur la période et l'ensemble de la zone étudiée, les stocks sédimentaires incluant zones sous-marines et plages sont relativement stables, constitués en moyenne de 1 389 000 m³ avec une variabilité saisonnière et interannuelle inférieure à 10 %. Toutefois, les évolutions des volumes de sédiments stockés sur les plages des différents secteurs étudiés peuvent être importantes et rapides (fluctuations allant de +30% puis -40% pour le secteur de la plage du Centre Nord durant l'hiver 2017-2018). D'autres secteurs comme la plage de l'Uhabia apparaissent comme particulièrement stable sur les 10 dernières années, profitant d'une situation relativement protégée grâce à la présence face à la plage du récif de Parlementia.

L'estimation des stocks à plusieurs dates, a permis de quantifier leurs variabilités saisonnières et pluriannuelles. Ces résultats montrent que ce secteur du littoral est principalement une zone de transit où les sédiments circulent parallèlement à la côte (du sud vers le nord) entre -2 et -10 m de profondeur. A part sur la plage de l'Uhabia, les stocks sédimentaires accumulés sur les plages représentent une quantité relativement limitée par rapport aux stocks positionnés sur les petits fonds. Si on regarde ce rapport sur l'ensemble de la zone d'étude, il est de l'ordre de 25 % sur les plages pour 75% dans la partie sous-marine entre -2 et -10 m de profondeur.

Un schéma général du fonctionnement hydro-sédimentaire du secteur étudié est proposé et constitue une synthèse des connaissances acquises sur le secteur. Des fiches de synthèse thématiques décrivant chaque plage sont présentées. Ces éléments constituent les bases de connaissances nécessaires pour analyser à l'avenir les évolutions des plages et fournissent également aux gestionnaires un cadre pour envisager des actions de gestions.

Actuellement, les actions de gestions effectives sont en nombre limité sur le secteur étudié. Cependant au regard de la trajectoire d'évolution des plages du Centre et des projets de réhabilitation du front de mer sur ce secteur les connaissances acquises ici pourront servir pour orienter et pérenniser les suivis afin d'interpréter les évolutions futures. Les éléments méthodologiques (analyses des évolutions, des stocks, des dynamiques hydro-sédimentaire et des questionnaires sur des pratiques) développés dans ce rapport, permettent d'envisager, en fonction des besoins spécifiques, la mise en place d'un plan de gestion des sédiments. Ces méthodologies sont par ailleurs exportables pour constituer un niveau de connaissance et de compréhension homogène à l'échelle du littoral basque.

11. Bibliographie

Birkemeier, W. A. (1985). Field data on seaward limit of profile change. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 111(3), 598-602.

Bulteau T., Paris F., Nicolae Lerma A., Muller H. (2019) – Le réseau tempêtes de l'Observatoire de la Côte Aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-67418-FR, 72 p., 45 fig., 6 tabl., 6 ann.

CASAGEC (2019), Caractérisation des stocks et des dynamiques sédimentaires du secteur Erregetgia-Harotzen Costa (Bidart-Guéthary), Rapport technique CI-CR-11-rev01, 35p.

Certain, R., Tessier, B., Barousseau, J. P., Courp, T., & Pauc, H. (2004). Sedimentary balance and stock availability along a littoral system. The case of the western Gulf of Lions littoral prism (France) investigated by very high resolution seismic. *Mar. Petrol. Geol.*

Genna A., Mallet C., Capdeville J.P., Deshayes L. (2004) – Observatoire de la Côte Aquitaine. Etude géologique simplifiée de la Côte Basque. Rapport final. BRGM/RP-53258-FR, 44 p. 25 fig.

Hallermeier, R. J. (1981). A Profile Zonation for Seasonal Sand Beaches from Wave Climate. *Coastal Engineering*, Vol. 4, 253-277

Idier, D., Pedreros, R., Oliveros, C., Sottolichio, A., Choppin, L., & Bertin, X. (2006). Contributions respectives des courants et de la houle dans la mobilité sédimentaire d'une plate-forme interne estuarienne. Exemple: le seuil interinsulaire, au large du pertuis d'Antioche, France. *Comptes Rendus Geoscience*, 338(10), 718-726.

Lazure, P., & Dumas, F. (2008). An external–internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for applications at regional scale (MARS). *Advances in water resources*, 31(2), 233-250.

SHOM (2016). In: Références Altimétriques Maritimes. RAM, Edition SHOM, p. 120p.

Tolman, H. L. (2009). User manual and system documentation of WAVEWATCH III TM version 3.14. *Technical note, MMAB Contribution*, 276, 220.

Zijlema, M., Stelling, G., & Smit, P. (2011). SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters. *Coastal Engineering*, 58(10), 992-1012.

Annexe 1

Campagne de sondages de reconnaissance géologique - du 6 au 9 novembre 2017

Campagne de sondages géologiques - 06-09/11/2017

○ Position des sondages de reconnaissance géologique ● Echantillons

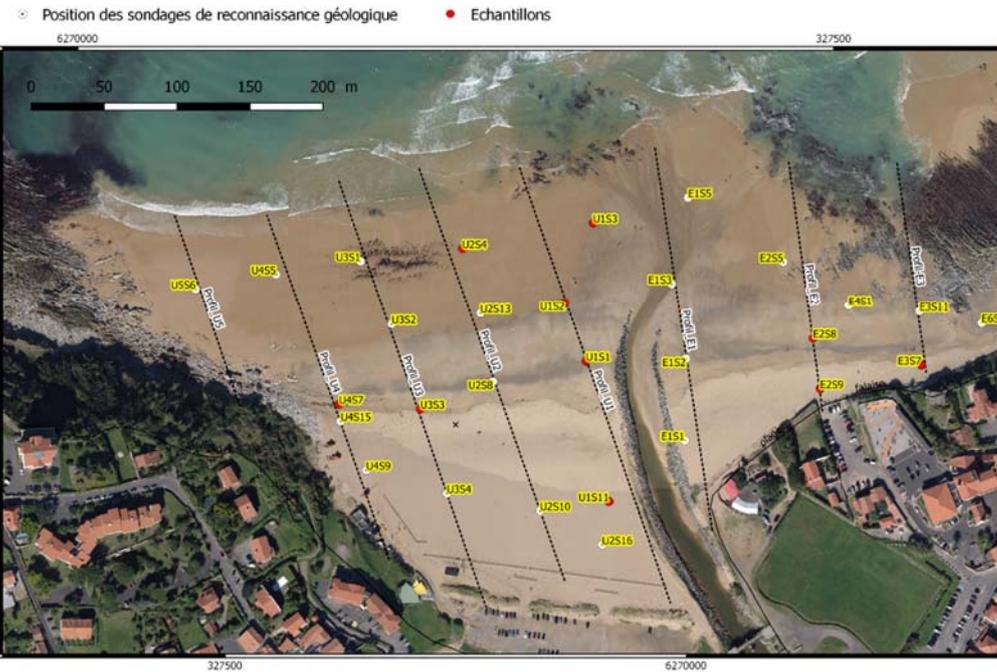


Campagne de sondages géologiques - 06-09/11/2017

○ Position des sondages de reconnaissance géologique ● Echantillons



Campagne de sondages géologiques - 06-09/11/2017

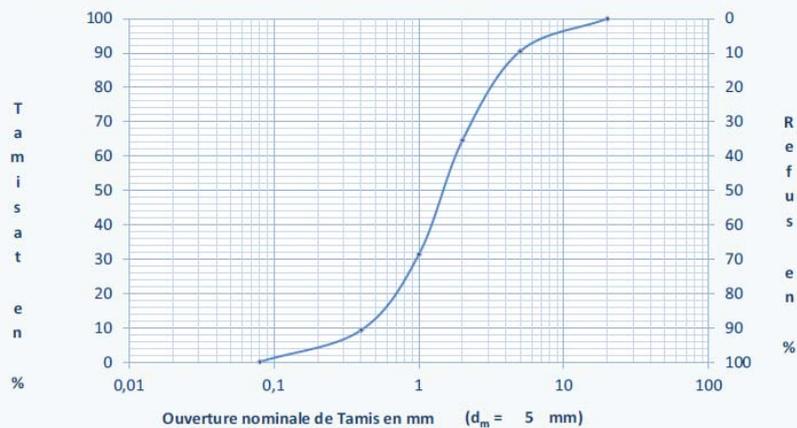


Informations de l'échantillon analysé

Affaire :	Outil de prélèvement : Tarière
Chantier : BRGM BIDART	Prélevé le : 09/11/17
Sondage : C1S11	Essai réalisé le : 23/11/17
Profondeur : 1,7M	Température d'étuvage : 105 °C
Nature du matériau : Sable grossier	

Analyse granulométrique (NF P 94-056)

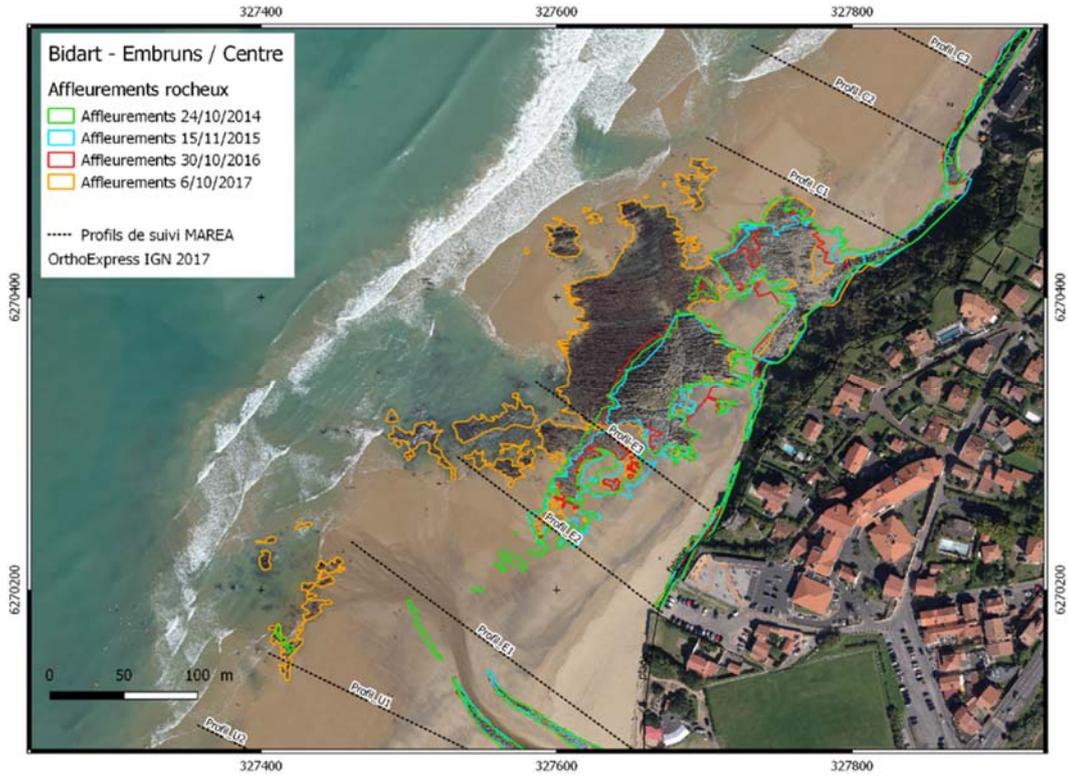
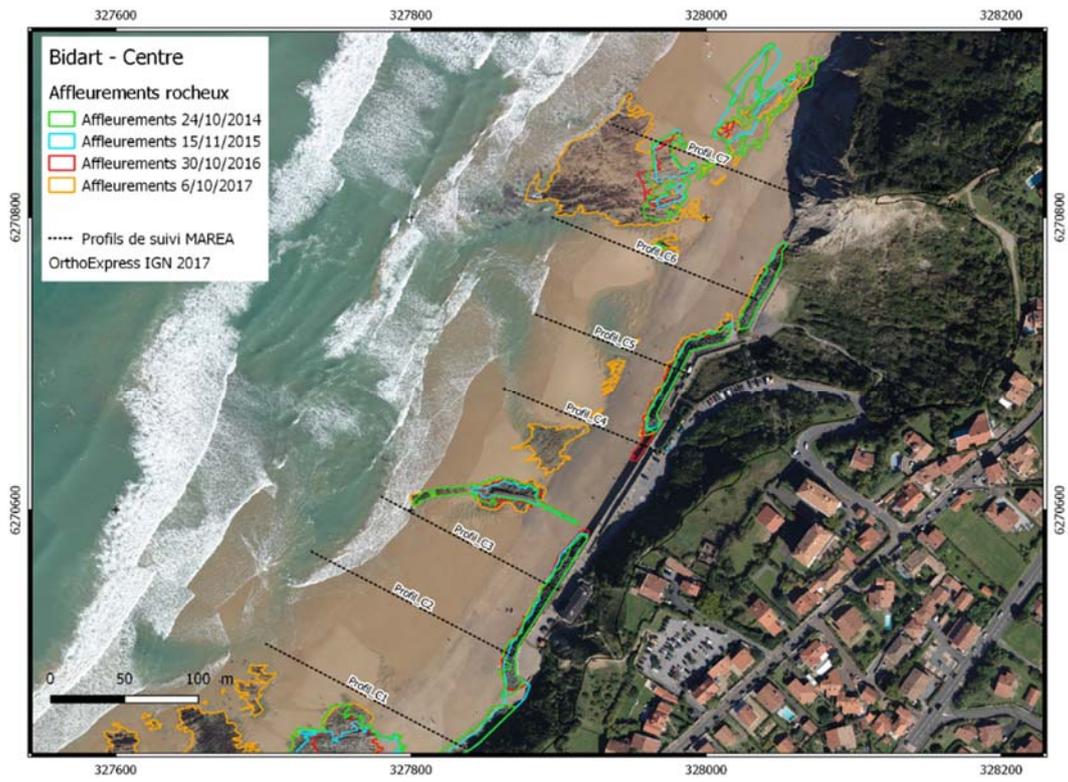
Tamis d (mm)	20	5	2	1	0,4	0,08
Passant (%)	100,0	90,5	64,6	31,4	9,3	0,1

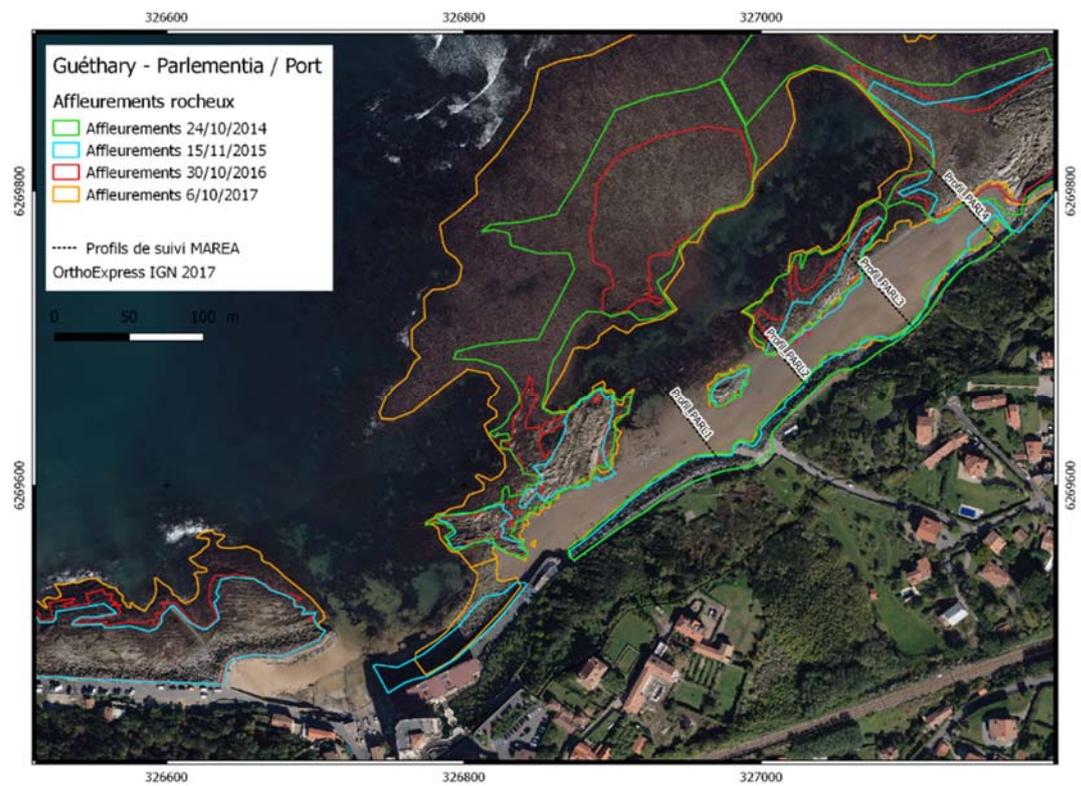


Exemple de fiche d'échantillonnage

Annexe 2

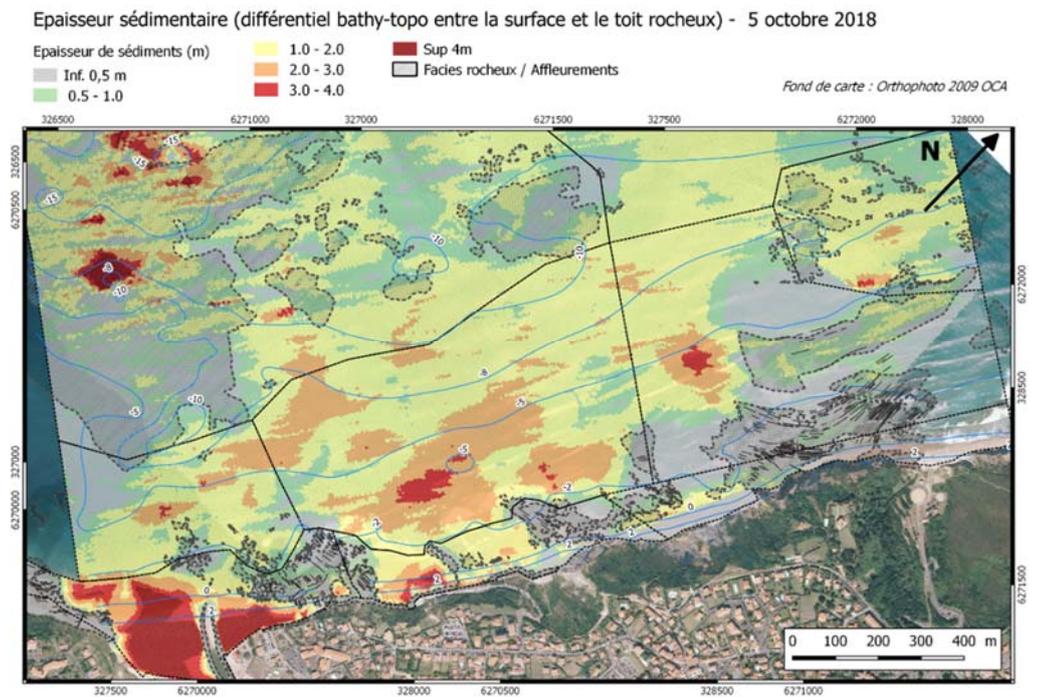
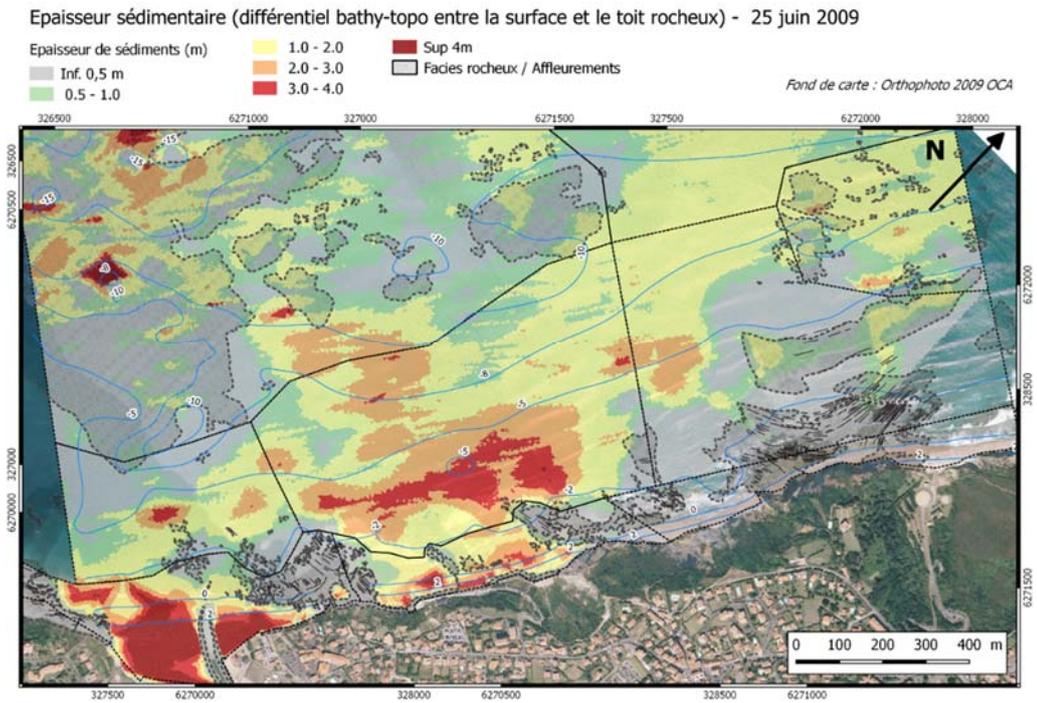
Localisation des affleurements rocheux



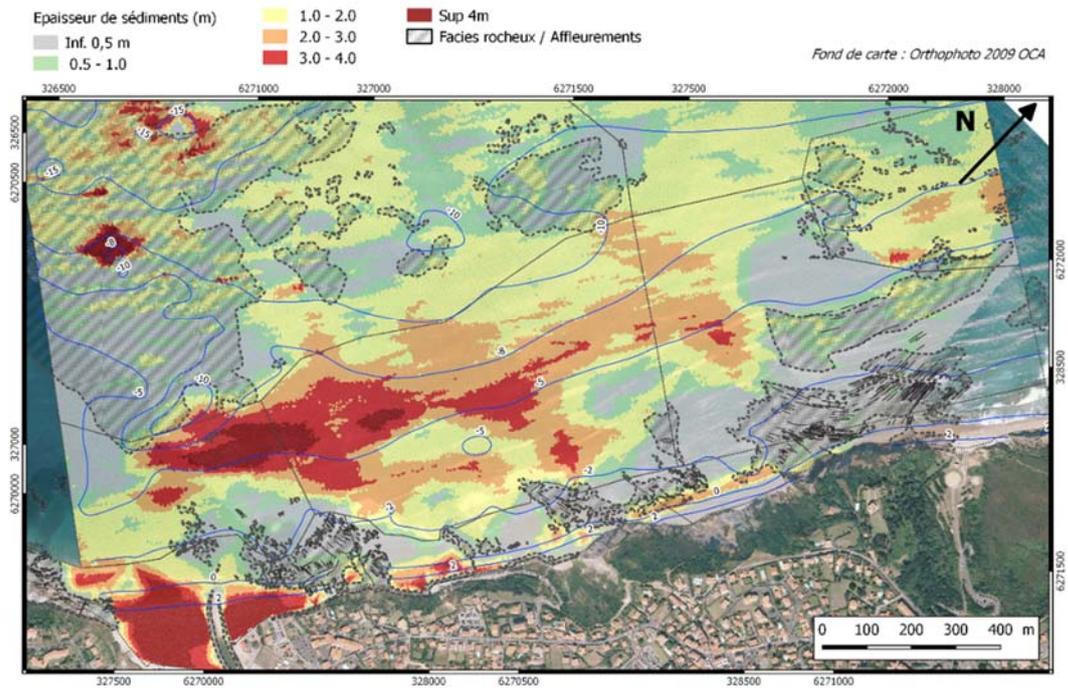


Annexe 3

Cartes d'épaisseur des sédiments

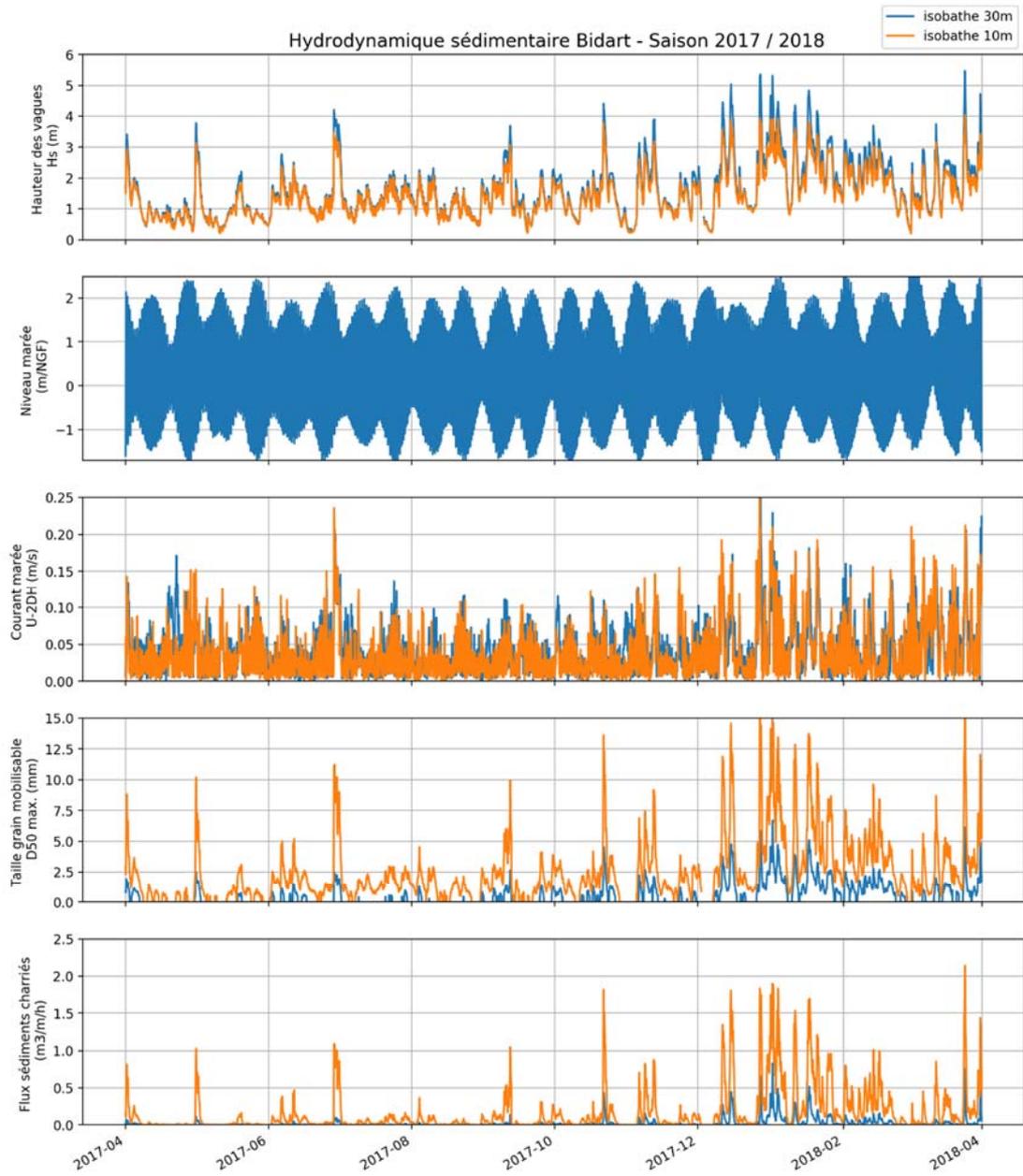


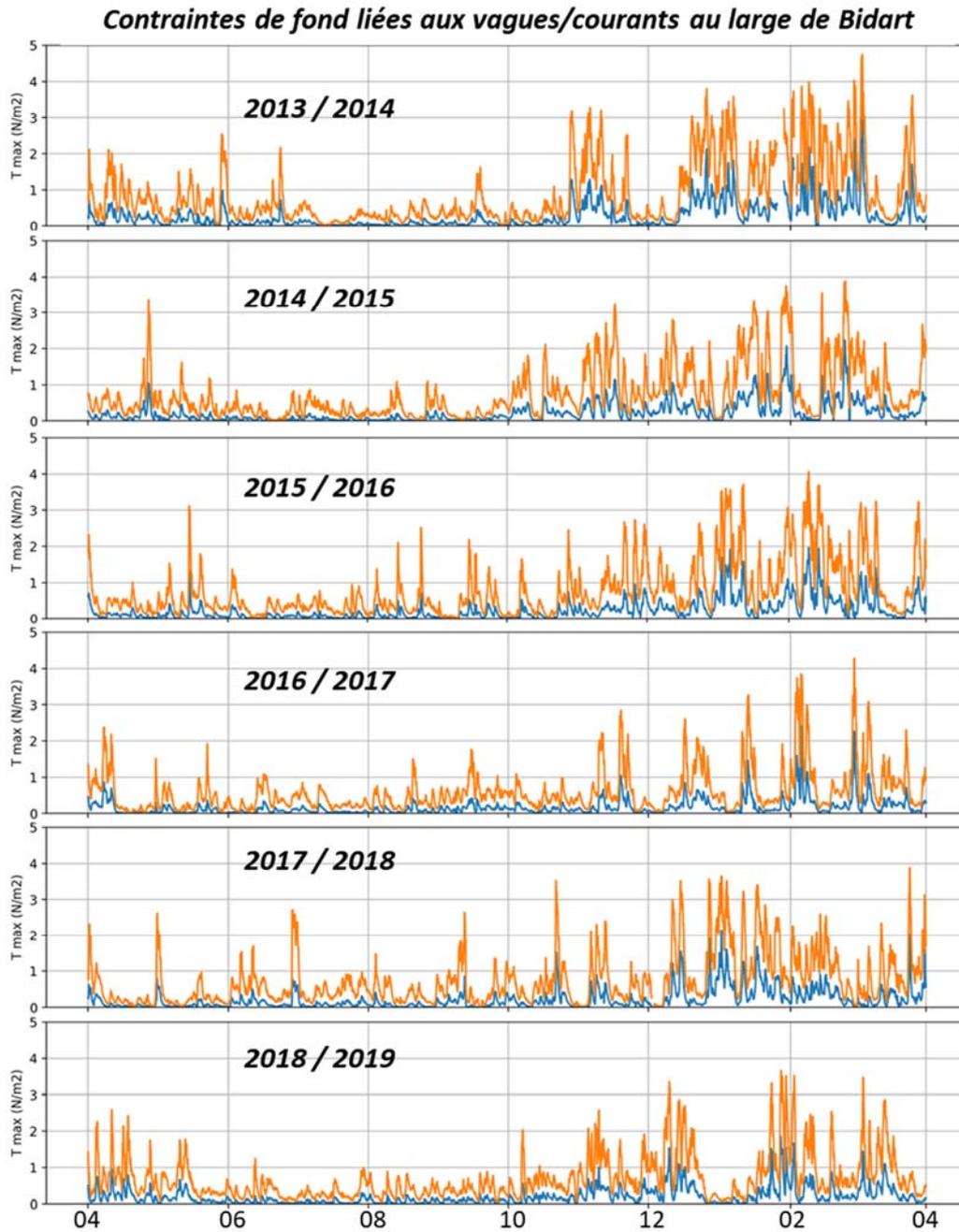
Epaisseur sédimentaire (différentiel bathy-topo entre la surface et le toit rocheux) - 28 mars 2019



Annexe 4

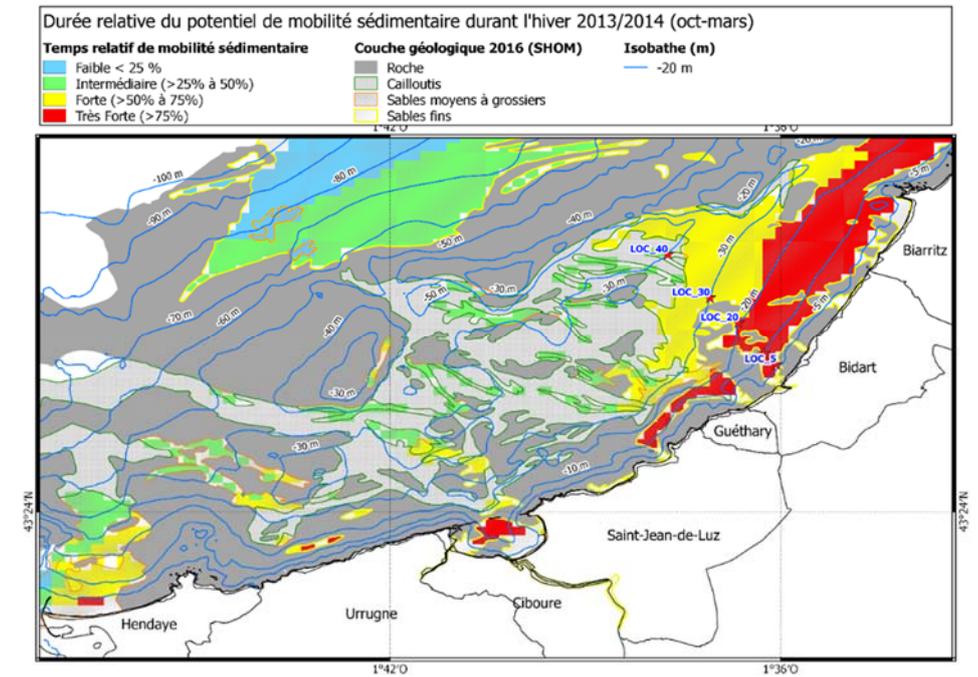
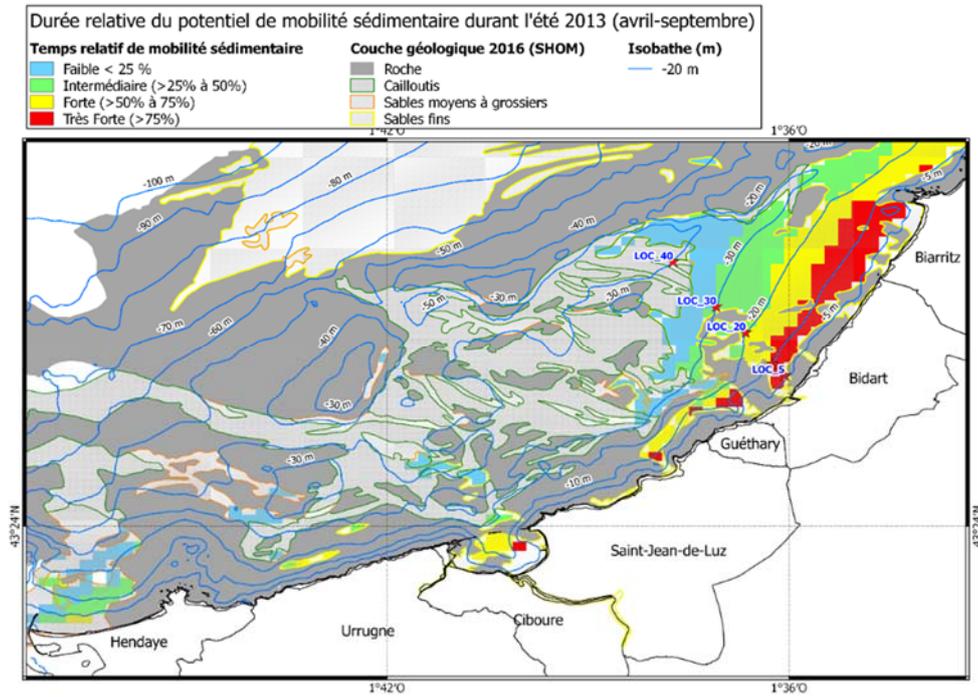
Caractéristiques et évolutions des contraintes de fond sur la période étudiée





Annexe 5

Cartes de durée potentielle de mobilité sédimentaire lors de la période 2013-2014



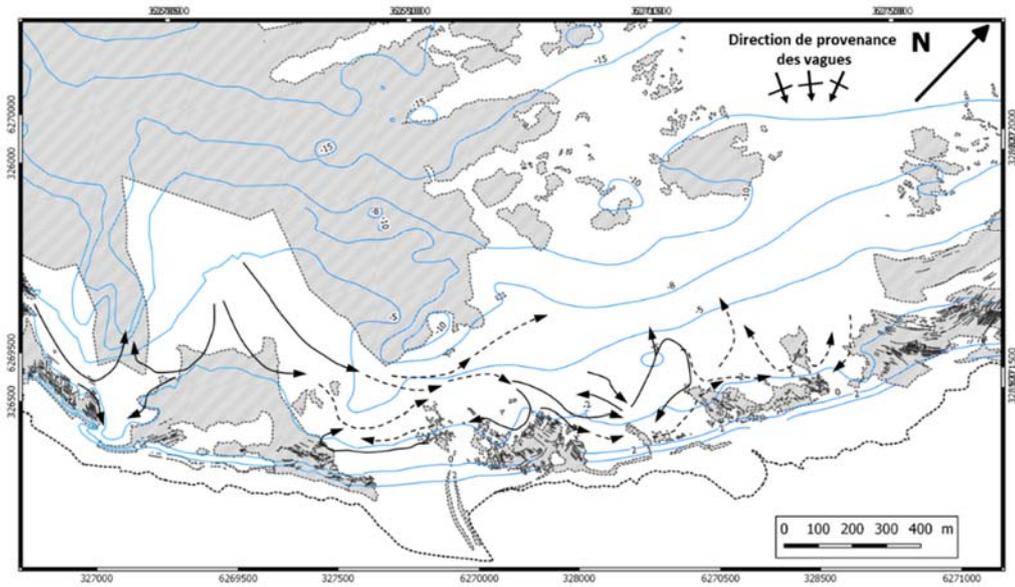
Annexe 6

Cartes de synthèse des courants sur le fond pour différentes conditions de houles et de marée

Fonctionnement conditions moyennes : **synthèse**

Synthèse des conditions moyennes estivales et moyenne d'Ouest et de Nord
Marée Basse

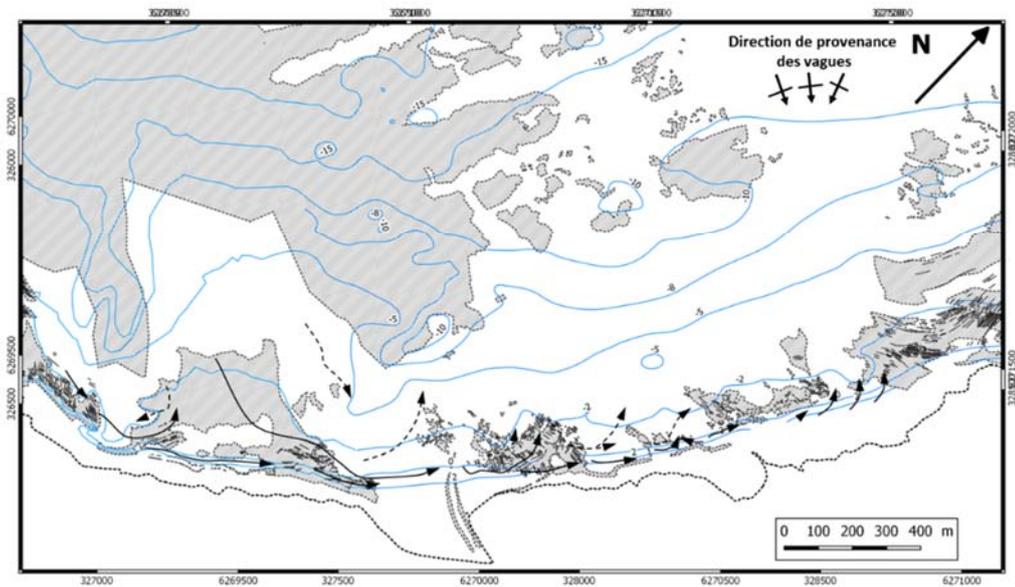
Fond de carte : Orthophoto 2009 OCA



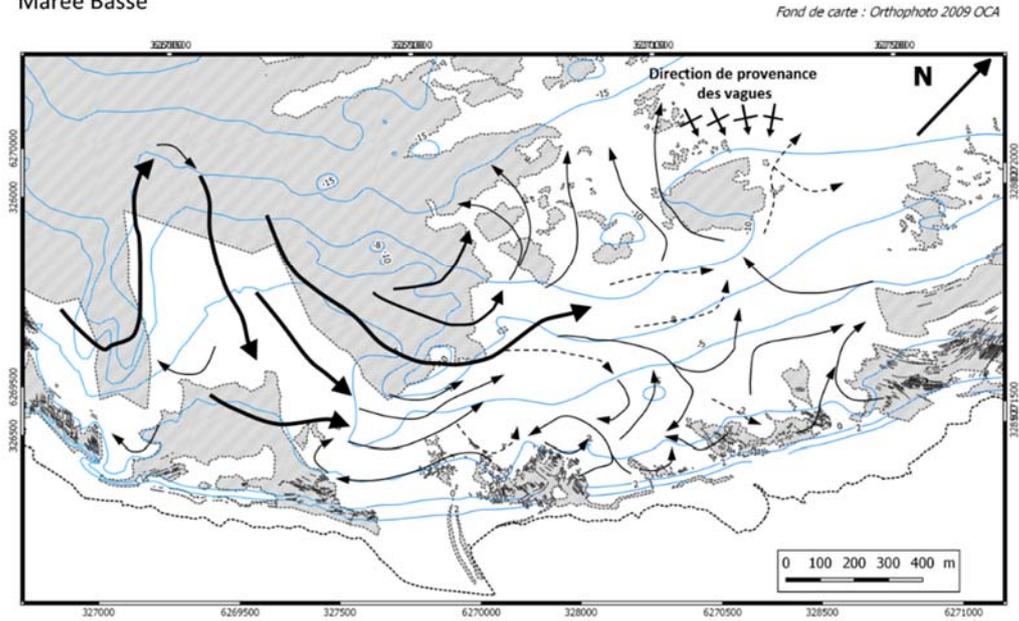
Fonctionnement conditions moyennes : **synthèse**

Synthèse des conditions moyennes estivales et moyennes d'ouest et de nord
Marée Haute

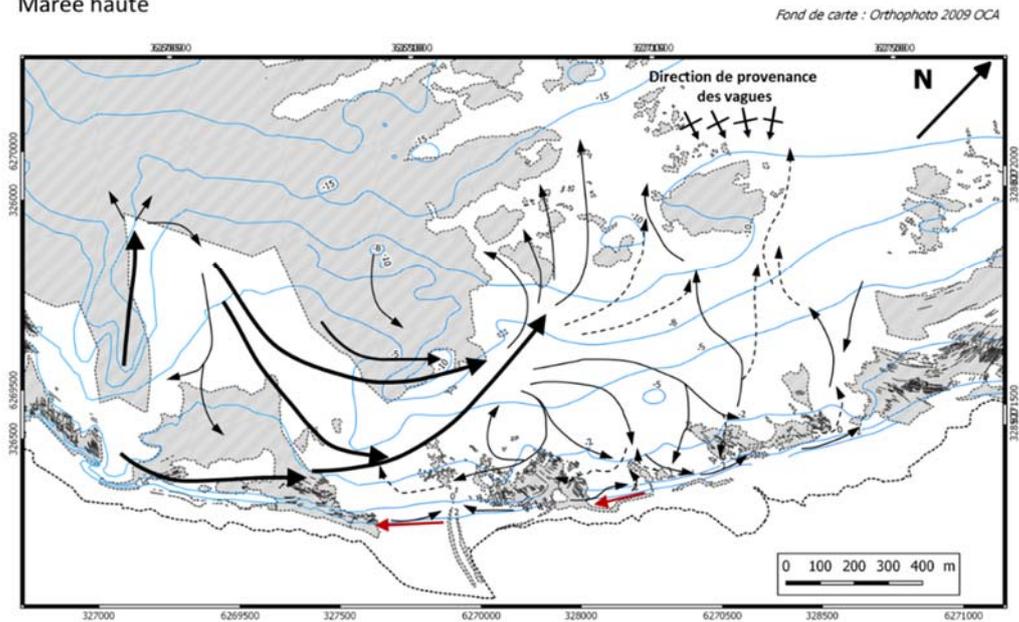
Fond de carte : Orthophoto 2009 OCA



Fonctionnement conditions tempête
Synthèse toutes directions et toutes intensités
Marée Basse



Fonctionnement conditions tempête
Synthèse toutes directions et toutes intensités
Marée haute



Annexe 7

Questionnaire à destination des collectivités

COMMUNE :

NOM DU REFERENT TECHNIQUE :

LISTE DES PLAGES CONCERNEES :

Consigne: Les réponses attendues aux questions **concernent l'ensemble de la commune**. Cependant, il se peut qu'il existe plusieurs plages concernées par des opérations de gestion des sédiments, merci de bien vouloir les indiquer à chaque question. Les opérations terminées, **en cours de traitement ou futures** sont concernées par ce questionnaire. **Tous les types de gestion des sédiments** (mentionnés au-dessus) sont pris en compte dans cette étude (reprofilage estival, nivellement, dragages portuaires, clapage côtier, transfert hydraulique, etc.).

Questions génériques

QUESTION 1 : QUEL TYPE D'OPERATIONS REALISEZ-VOUS AU SEIN DE VOTRE COMMUNE ?

- Transfert extracellulaire (apports sédimentaires d'une autre plage)
- Transfert intracellulaire (apports sédimentaires de la même plage)

QUESTION 2 : QUEL EST LE BUT / L'OBJECTIF DE CHAQUE OPERATION ? (SI PLUSIEURS, CLASSEZ-LES PAR ORDRE DE PRIORITE - METTRE DES NUMEROS DANS LES CASES) ?

- Confort balnéaire Lutte contre l'érosion Protection submersion marine
- Protection des voies de circulation, parkings Recyclage des matériaux
- Voie de navigation / Port Autre :

QUESTION 3 : QUELLE(S) EST/SONT LA/LES TECHNIQUE(S) UTILISEE(S) DANS VOTRE COMMUNE ET QUELLES SONT LES PLAGES CONCERNEES ?

- Transport mécanique terrestre
- Alimentation artificielle par dragage
- By-pass (mécanique, hydraulique, maritime) – Si OUI, entourez celui utilisé.
- Reprofilage (déplacement de sable du haut vers le bas de plage), nivellement
- Autres (Précisez) : ...

Plage(s) concernée(s) : ...

QUESTION 4 : EST-CE QUE LES TRAVAUX SONT EFFECTUES PAR LA COMMUNE ?

- OUI :
- NON - Si NON, quel est le prestataire en charge des travaux :

-
-

QUESTION 5 : QUELS SONT LES MOYENS TECHNIQUES EMPLOYES ?

- Moyens des services techniques de la commune – Listez le matériel utilisé : ...
-
- Location et/ou mutualisation de matériel – Si c'est le cas, auprès de qui ? – Listez le matériel utilisé : ...
-
- Matériel fourni par un prestataire (location et maîtrise d'œuvre) – Listez le matériel utilisé :
-

QUESTION 6 : MUTUALISEZ-VOUS VOS MOYENS AVEC DES COMMUNES VOISINES ?

- Oui – Si OUI, sous quelle forme ? (prêt, location, etc.)
- Non – Si NON, l'avez-vous envisagé ?

Pour la suite du questionnaire, **les questions** vont être divisées **en deux parties distinctes correspondantes à deux types de travaux de gestion des sédiments** menés sur une portion du littoral de votre commune **lors de la dernière décennie**.

Le premier ensemble de questions visera à recenser les **travaux d'entretien** effectués dans une perspective **de gestion durable** au cours de l'année. Ils sont notamment planifiés à la suite de l'agitation hivernale ou avant la saison touristique estivale.

La deuxième partie se focalise sur **les opérations d'urgence réalisées par la commune à la suite d'un évènement météo-marin érosif**. Elles peuvent également être menées **à titre préventif** quelques jours **avant l'apparition d'une grosse tempête** afin d'en limiter son impact.

Chaque lot de questions est suivi :

- d'un **tableau synthétique** où vous pouvez directement répondre à l'ensemble des questions,
- d'un **schéma explicatif** des opérations **à compléter**,
- d'un **champ d'argumentation** vous permettant d'étayer vos éléments de réponses.

Les deux premiers tableaux récapitulatifs sont pré-remplis d'**exemples d'opérations de gestion des sédiments** afin de mieux vous approprier le sujet

Questions relatives aux opérations d'entretien

QUESTION 7 : REALISEZ-VOUS DES OPERATIONS D'ENTRETIEN ?

- OUI – Si OUI, quel(s) moyen(s) mis en œuvre ? Comment ? Protocole en place ?
- NON – Si NON, est-ce que s'est envisagé ? ou volonté de ne pas agir ?

QUESTION 8 : EST-CE QU'ELLES ONT ETE ACTUALISEES, MODIFIEES A LA SUITE D'EVENEMENTS CRITIQUES (TEMPETES, SOUCIS TECHNIQUES, FORTE HOULE, ETC.) ?

- OUI – Si OUI, pour quelle(s) raison(s) : ...
 NON – Si NON, pour quelle(s) raison(s) : ...

QUESTION 9 : QUELLE EST LA PERIODE DES OPERATIONS MENEES DEPUIS 2012 ?

QUESTION 10 : POURQUOI EFFECTUEZ-VOUS LES TRAVAUX AU COURS DE CETTE PERIODE ? (SI CHANGEMENT D'UNE ANNEE SUR L'AUTRE, POUR QUELLE RAISON ?)

QUESTION 11 : QUELLES SONT LA FREQUENCE ET LA DUREE (EN JOURS) DES TRAVAUX EFFECTUES LE LONG DE VOTRE LITTORAL ?

QUESTION 12 : QUELLES SONT LES ZONES DE PRELEVEMENT ET LES ZONES DE DEPOT POUR CHAQUE OPERATION ? (SCHEMATISEZ-LES A LA FIN DE CETTE PARTIE – P. 7)

QUESTION 13 : QUEL EST LE VOLUME ANNUEL DE SEDIMENTS APPORTES (EN M³) DEPUIS 2012 ?

QUESTION 14 : QUEL EST LE COUT ANNUEL MOYEN DES TRAVAUX ?

Questions relatives aux opérations d'urgence

QUESTION 15 : REALISEZ-VOUS DES OPERATIONS D'URGENCE ?

- OUI – Si OUI, quel(s) moyen(s) sont mis en œuvre ? Comment ? Protocole en place ?
 NON – Si NON, est-ce que s'est envisagé ? ou volonté de ne pas agir ?

QUESTION 16 : EST-CE QU'ELLES ONT ETE ACTUALISEES, MODIFIEES A LA SUITE D'EVENEMENTS CRITIQUES (TEMPETES, SOUCIS TECHNIQUES, FORTE HOULE, ETC.) ?

- OUI – Si OUI, pour quelle(s) raison(s) : ...
 NON

QUESTION 17 : QUELLE EST LA PERIODE DES OPERATIONS MENEES CES DERNIERES ANNEES ?

QUESTION 18 : POURQUOI EFFECTUEZ-VOUS LES TRAVAUX AU COURS DE CETTE PERIODE ? (SI CHANGEMENT D'UNE ANNEE SUR L'AUTRE, POUR QUELLE RAISON ?)

QUESTION 19 : QUELLES SONT LA FREQUENCE ET LA DUREE (EN JOURS) DES TRAVAUX EFFECTUES LE LONG DE VOTRE LITTORAL ?

QUESTION 20 : QUELLES SONT LES ZONES DE PRELEVEMENT ET DE DEPOT POUR CHAQUE OPERATION ? (SCHEMATISEZ-LES A LA FIN DE CETTE PARTIE - P.11)

QUESTION 21 : QUEL EST LE VOLUME ANNUEL DE SEDIMENTS APPORTES (EN M³) DEPUIS 2012 ?

QUESTION 22 : QUEL EST LE COUT ANNUEL MOYEN DES TRAVAUX ?

Question relative au suivi des opérations

QUESTION 23 : AVEZ-VOUS REALISE DES ETUDES ET/OU DES SUIVIS AVANT ET APRES CHAQUE OPERATION ?

- OUI – Si OUI, compléter le tableau ci-dessous.
- NON – Si NON, en ressentez-vous le besoin ?

Commentaires libres et précisions dans le tableau :

Etudes/ Suivis	Etude sédimentologique		Levés topographiques, bathymétriques		Suivi diachronique		Etude d'impacts	
	Zone source	Zone de dépôt	Avant travaux	Après travaux	Avant travaux	Après travaux	Zone source	Zone de dépôt
2012								
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								
2018								

Tableau récapitulatif des actions et études de suivi propres aux opérations de rechargement sédimentaire

Questions relatives au retour d'expérience (REX)

QUESTION 24 : ETES-VOUS SATISFAITS DE LA TECHNIQUE UTILISEE ? AVEZ-VOUS MIS EN PLACE UN RETOUR D'EXPERIENCE AU FIL DES ANNEES ? N'HESITEZ PAS A DEVELOPPEZ VOTRE REPONSE.

QUESTION 25 : SOUHAITEZ-VOUS ETRE CONSEILLES LORS DE VOS FUTURES OPERATIONS ?

QUESTION 26 : AVEZ-VOUS RENCONTRE DES DIFFICULTES LORS D'UNE OPERATION ? DE QUELLE NATURE ?

QUESTION 27 : SERIEZ-VOUS PRETS A CONTRIBUER A LA REALISATION D'UN GUIDE DE BONNES PRATIQUES ADAPTE A VOTRE LITTORAL ?

Commentaires particuliers :

Merci d'avoir pris le temps de répondre à nos questions.

Annexe 8

Fiches plages

Plages Uhabia/Embruns

Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS – commune Bidart

Présentation photos



OCA, mai 2017



OCA, juin 2018

Photos obliques (prise de vue en ULM), OCA



Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS – commune Bidart

1 - Synthèse géomorphologique : description physique



- **Dimensions plage** : linéaire côtier d'Uhabia ~210m , et ~170m pour les Embruns. La largeur de plage (zone intertidale) comprise entre 180 m et 310 m lors des grandes marées à Uhabia, et entre 40 m et 150 m aux Embruns.
- **Géologie** : Plage des embruns bordée par un petit talus calcaire surmonté par des placages alluviaux instables. Le versant de flysch calcaire au sud de la plage Uhabia est très altéré en tête et assez instable lui aussi.
- Présence sur l'estran d'affleurements de type flysch à silex de Guéthary; au nord ils forment une délimitation avec la plage centrale, ainsi qu'au sud en délimitation avec la plage de Parlementia. Substratum rocheux en bas de plage recouvert d'épaisseurs variables de sables, avec des affleurements rocheux locaux.
- **Aménagements** :
 - Enrochements à l'embouchure de l'Uhabia, qui marquent la séparation entre la plage d'Uhabia et celle des Embruns
 - Les riverains de la plage ont fait construire des murs de soutènement le long de leurs habitations
 - Techniques souples (brise-vents et ganivelles) sur le haut de plage d'Uhabia afin de permettre l'accumulation du sable



Plage des Embruns, 2017



Plage d'Uhabia, 2017

Photos obliques, OCA 2017



Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS– commune Bidart

1 - Synthèse géomorphologique : caractérisation du substrat

- **Granulométrie et nature des sédiments**: sables moyens à grossiers $D_{50} = 0,25 \text{ mm à } 2 \text{ mm}$
Sables grossiers dans la zone de jet de rive
- **Epaisseur de la couche de sédiments**: de 50 cm à 10 m, puis on atteint les argiles

Campagne granulométrie OCA juin 2009

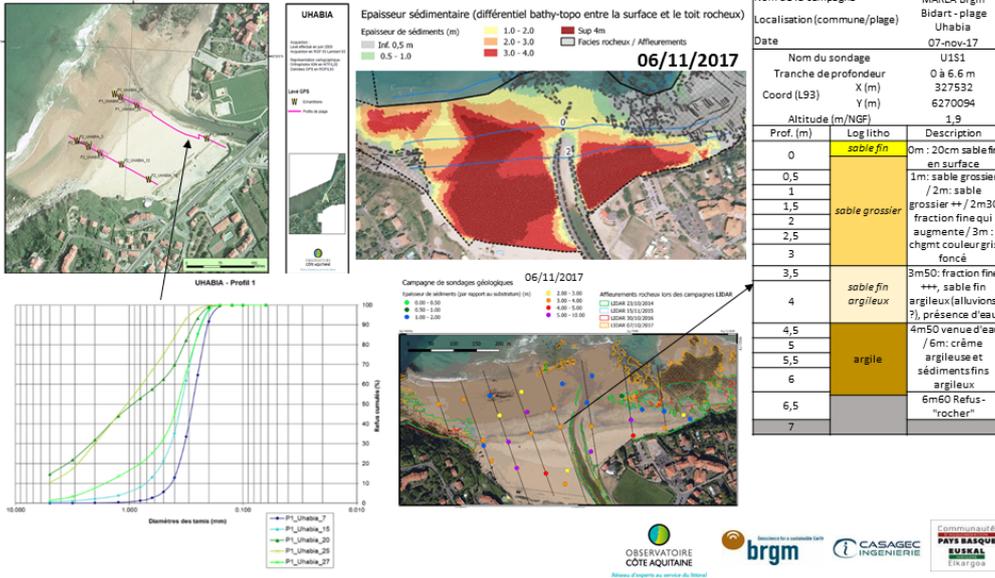
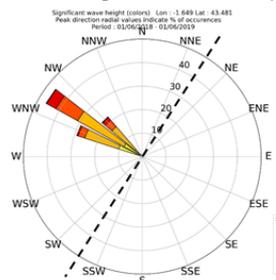


Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS– commune Bidart

3 – Agents dynamiques : caractéristique météo-marines

- Régime des vagues au large : L'orientation Ouest-Nord-Ouest à Nord-Ouest est la direction principale
- Régime des vents à la bouée d'Hendaye : vents principalement de secteur Ouest-Nord-Ouest et de secteur Sud
- **Fortes contraintes de fond liées aux plateformes sous-marines**

Rose des vagues à Bidart-Guetary



Niveau de la marée	
Cotes Terrestres (m NGF)	
PHMA	2.8
PMVE (coeff 95)	2.2
PMME (coeff 45)	1.2
NM	0.3
BMME (coeff 45)	-0.6
BMVE (coeff 95)	-1.6
PBMA	-2.1

source : RAM 2017



Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS – commune Bidart



4 – Agents dynamiques : courantologie locale et dérive littorale

- La connaissance des courants et de la dérive littorale permet de mieux comprendre le déplacement des sédiments sur le secteur étudié. En effet, les courants au large n'ont pas forcément la même direction que la dérive littorale à la côte.

Vitesse et direction des courants de fond au large des plages d'Uhabia et des Embruns

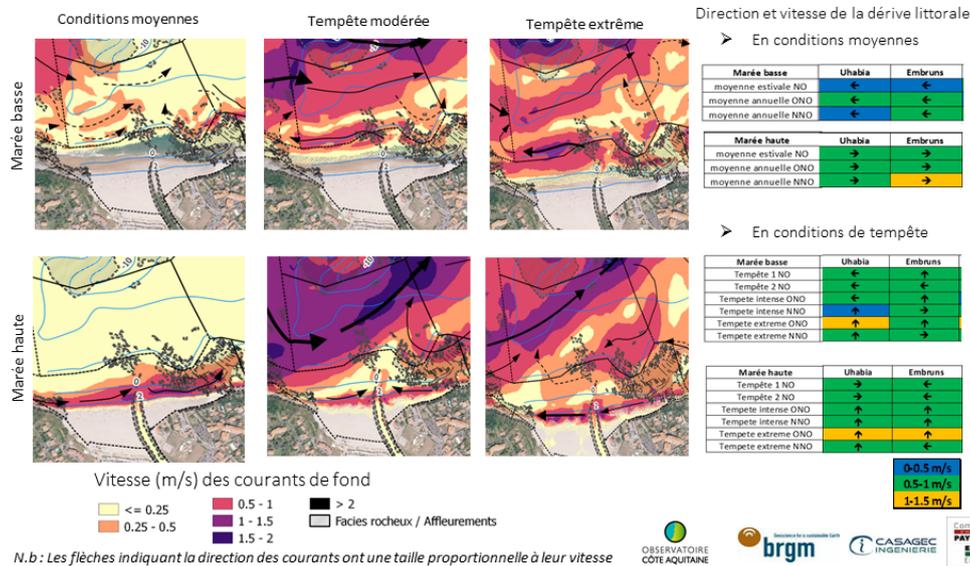


Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS – commune Bidart



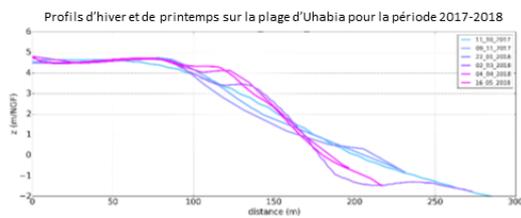
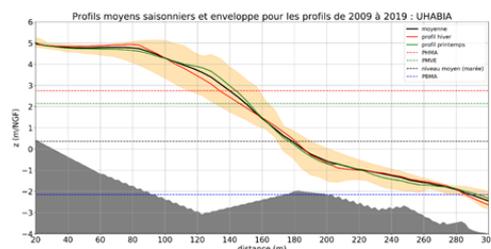
5 – Suivi des évolutions morphologiques de la plage

Etablissement d'un profil topographique de référence par compartiment de plage basé sur une période d'observation* de 2009 à 2019.

Plage Uhabia :

- L'enveloppe des profils de 2009 à 2019 indique que l'altitude du haut de plage a varié de 2 m au maximum sur cette période. Celle du bas de plage a varié de 1,5 m au maximum.
- La limite entre le haut de plage et le bas de plage est marquée toute l'année.
- Les évolutions saisonnières sont bien visibles dans les profils transversaux 2017-2018 : en hiver, le haut de plage perd du sable, qui va se déposer sur la bas de plage. En été, le sable est ramené sur la haut de plage. Il y a donc une forte mobilité des sédiments sur cette portion du littoral.

Profil de référence



(* : le protocole d'acquisition est précisé dans la fiche « outil » protocole de suivi topographique.)

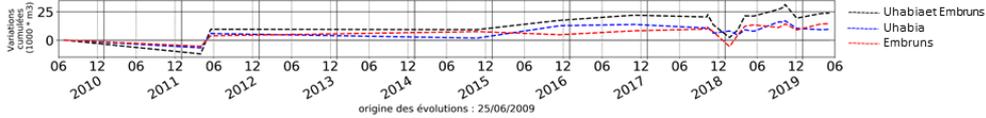


Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS – commune Bidart



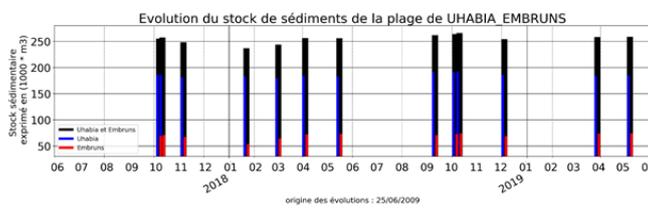
6 – Suivi de l'évolution des stocks de sédiments

Depuis 2009, une tendance à l'augmentation du volume de sédiments sur les plages d'Uhabia et des Embruns.



Bilan sédimentaire des plages Uhabia & Embruns entre 2017 et 2019:

Stocks sédimentaires ~ 250 000 m³
 Variations saisonnières +/- 10 000 m³
 2 plages en accrétion (1 seule plage)
 ⇒ Budget sédimentaire positif + 20 000 m³



Surface de contrôle utilisée pour la cabutrage



Planche de synthèse : Plage UHABIA-EMBRUNS – commune



7 – Gestion des stocks sableux : pratiques actuelles

Pratique de gestion des sédiments :

⇒ Recueil et synthèse des pratiques et opérations de gestion des stocks

- Entretien des enrochements à l'embouchure du cours d'eau Uhabia après l'hiver 2014
- Mise en place de brise-vents et de ganivelles sur le haut de la plage d'Uhabia depuis plusieurs années
- Réalisation d'un transfert sédimentaire intracellulaire au printemps et/ou à l'automne de chaque année, du haut de plage (à l'arrière des ganivelles), vers le bas de plage. Il s'agit d'une opération de retroussage. Le volume déplacé est de l'ordre de 500 à 600 m³
- Une autre partie du sable accumulé derrière les ganivelles est transportée sur la plage du port de Guétary. Le volume est là aussi de 500 à 600 m³
- Opérateurs : services techniques de la mairie de Bidart



Plages du Centre

Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart

Interreg
POCTEFA
MAREA



Présentation photos



Prise de vue drone, mars 2018, OCA



Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart

Interreg
POCTEFA
MAREA



1 - Synthèse géomorphologique : description physique

- **Dimensions plage** : linéaire côtier ~500m , largeur de plage (zone intertidale) comprise entre 50 m et 150 m lors des grandes marées
- **Géologie** : Au nord, falaise marno-calcaire de Loya, présence sur l'estran d'affleurements de type flyschs à silex de Guéthary; au sud comme délimitation avec la plage des Embruns; au nord affleurements en délimitation avec la plage Madeleine-Erretega.
- **Aménagements** :
 - Ouvrage de protection maçonné et enrochements en haut de plage sur front de mer
 - Deux compartiments Nord et Sud délimités par un épi maçonné en milieu de plage.

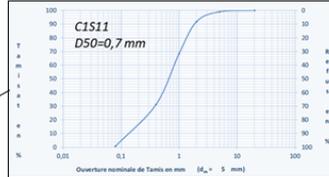
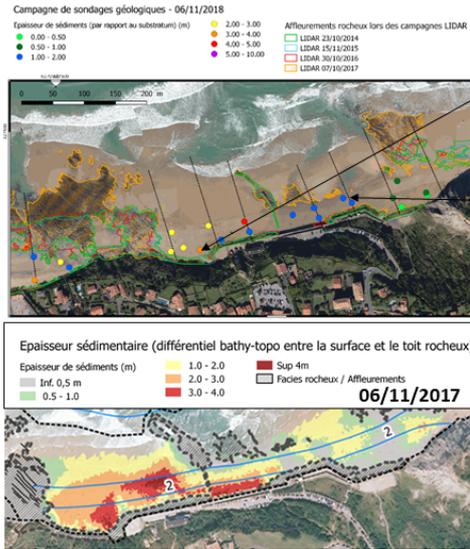


Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart



1 - Synthèse géomorphologique : caractérisation du substrat

- Granulométrie et nature des sédiments : sables moyens à graviers $D_{50} = 0,5 \text{ mm}$ à 5 mm
- Sondages de reconnaissance géologiques : détermination de la profondeur du substratum et du disponible sédimentaire (carte de l'épaisseur des sédiments)



Nom de la campagne			MAREA Brgm
Localisation			Bidart - plage Centre
Date			07-nov-17
Nom du sondage			C455
Tranche de profondeur			0 à 2m
X (m)			327931
Y (m)			6270654
Altitude (m/NGF)			0.35
Prof. (m)	Log litho	Lithologie	
0	sable	0m sable grossier / 0m 70	
0.5	grossier à cailloutis	sable + grossier et présence de cailloutis à	
1	marge	1m40 marne grise	
1.5	fysch	1m80 refus sur socle "dur" - fysch ?	
2			
2.5			STRATUM

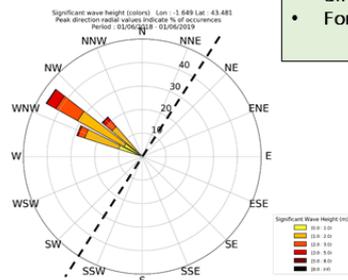


Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart



3 – Agents dynamiques : caractéristique météo-marines

- Régime des vagues au large : L'orientation Ouest-Nord-Ouest à Nord-Ouest est la direction principale
- Fortes contraintes de fond liées aux plateformes sous-marines



Niveau de la marée	
Cotes Terrestres (m NGF)	
PHMA	2.8
PMVE (coeff 95)	2.2
PMME (coeff 45)	1.2
NM	0.3
BMME (coeff 45)	-0.6
BMVE (coeff 95)	-1.6
PBMA	-2.1
source : RAM 2017	



Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart

4 – Agents dynamiques : courantologie locale et dérive littorale

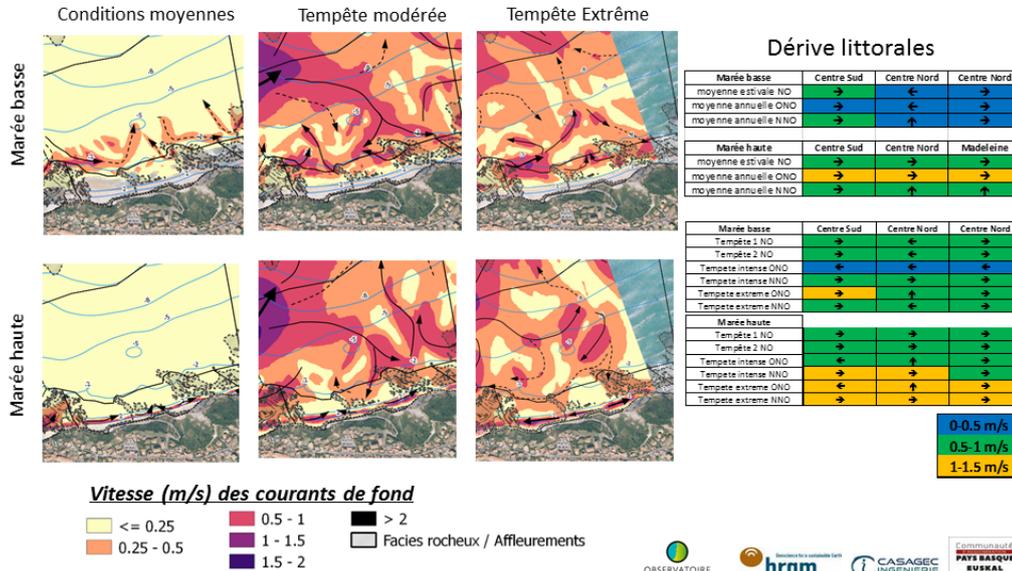
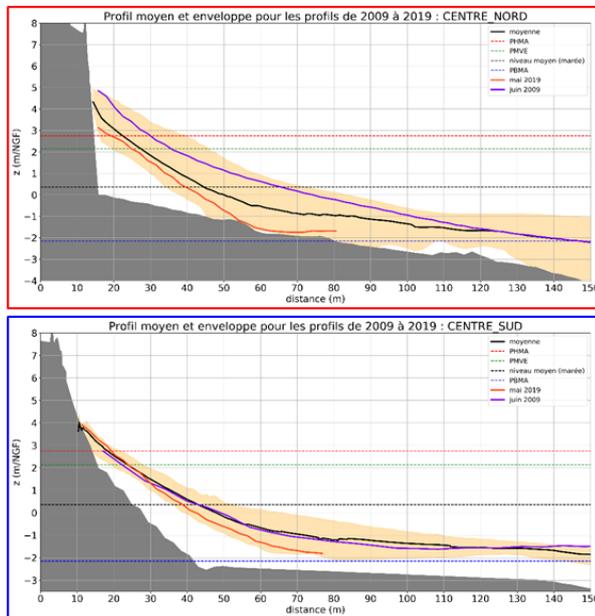
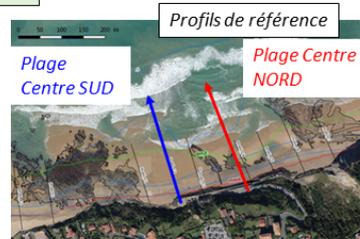


Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart

5 – Suivi des évolutions morphologiques de la plage



(* : le protocole d'acquisition est précisé dans le fiche « outil » protocole de suivi topographique)



Etablissement d'un profil topographique de référence par compartiment de plage basé sur une période d'observation* de 2009 à 2019.

- Plage Centre Nord :**
- Baisse généralisée [-2m] du profil de plage sur la dernière décennie
 - Affleurements visibles depuis automne 2017
 - Plage en forte érosion : abaissement du profil et perte de sédiments
- Plage Centre Sud :**
- Variabilité du profil moyen autour de +/-1m.
 - Evolutions saisonnières marquées

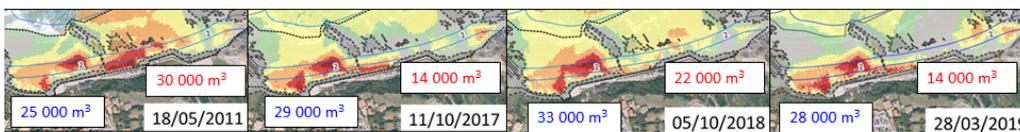
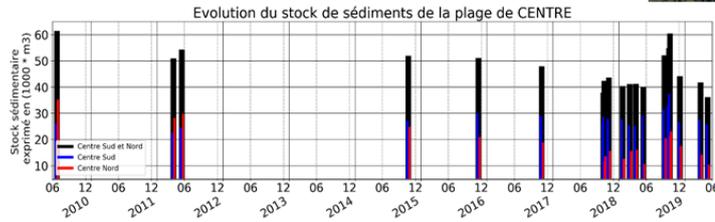


Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart

6 – Suivi de l'évolution des stocks de sédiments

Plage Centre Nord :
 ⇒ Stock sédimentaire en baisse depuis juin 2009 (35 000 m³) avec un stock critique estimé en mai 2018 (10 000 m³)

Plage Centre Sud :
 ⇒ Stock sédimentaire stable (~ 30 000 m³)



Epaisseur sédimentaire (différentiel bathy-topo entre la surface et le toit rocheux)

Inf. 0,5 m	1.0 - 2.0	Sup 4m
0.5 - 1.0	2.0 - 3.0	Facies rocheux / Affleurements
	3.0 - 4.0	



Planche de synthèse : Plage CENTRE – commune Bidart

7 – Gestion des stocks sableux : pratiques actuelles

- Pratique de gestion des sédiments :**
- ⇒ Recueil et synthèse des pratiques et opérations de gestion des stocks
 - Entretien annuel des enrochements (mai, avant saison estivale)
 - Mise en sécurité des accès à la plage suite à des désordres sur l'ouvrage de protection
 - Expérimentation (juin 2018) d'une mobilisation de sables du bas vers le haut de plage
 - Opérateurs : services techniques mairie Bidart



Plage de Parliamentia

Planche de synthèse : Plage PARLEMENTIA – commune Bidart



Présentation photos



Prise de vue drone, mars 2018, OCA



Planche de synthèse : Plage PARLEMENTIA – commune Bidart



1 - Synthèse géomorphologique : description physique

- **Dimensions plage** : linéaire côtier de Parliamentia ~390 m, largeur de plage (zone intertidale) comprise entre 0 et 75 m lors des grandes marées
- **Géologie** : Au nord de la plage, présence d'un versant de flysch calcaire, de 10 à 20 m de haut, très altéré en tête et assez instable.
- Présence sur l'estran d'affleurements de type flysch à silex de Guéthary (calcaire) ; au nord ils forment une délimitation avec la plage d'Uhabia, ainsi qu'au sud une délimitation avec le port de Guéthary. Le substratum rocheux (flysch à silex) en bas de plage est très découvert.
- **Aménagements** :
- Perré couvert d'enrochements tout le long de la plage



Prise de photos par drone, OCA 2018



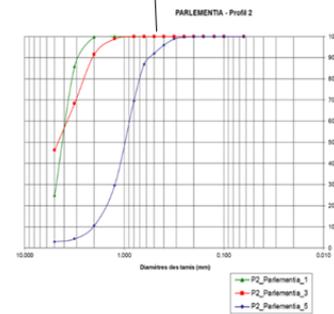
Planche de synthèse : Plage UPARLEMENTIA – commune Bidart



1 - Synthèse géomorphologique : caractérisation du substrat

- Granulométrie et nature des sédiments : sables grossiers à graviers $D_{50} = 1 \text{ mm}$ à 5 mm
- Epaisseur de la couche de sédiments : de 50 cm à 2m, puis on atteint les argiles

Campagne granulométrie OCA juin 2009



Nom de la campagne	MAREA Brgm	
Localisation (commune/plage)	Bidart - plage Parlementia	
Date	07-nov-17	
Nom du sondage	P151	
Tranche de profondeur	0 à 3m30	
Coord (L93)	X (m) 326962 Y (m) 6269623	
Altitude (m/NGF)	2,3	
Prof. (m)	Log litho	Description
0		
0,5		
1	sable grossier	0m : sable fin à grossier (gravier)
1,5		
2		
2,5	argile	1m80 argile
3		
3,5		3m30 sode "refus"
4		

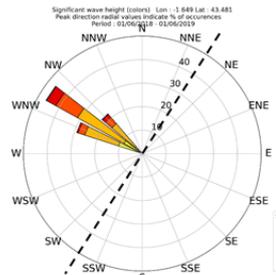


Planche de synthèse : Plage PARLEMENTIA – commune Bidart



3 – Agents dynamiques : caractéristique météo-marines

Rose des vagues à Bidart-Guétary



- Régime des vagues au large : L'orientation Ouest-Nord-Ouest à Nord-Ouest est la direction principale
- Régime des vents à la bouée d'Hendaye : vents principalement de secteur Ouest-Nord-Ouest et de secteur Sud
- Fortes contraintes de fond liées aux plateformes sous-marines

Niveau de la marée	
Cotes Terrestres (m NGF)	
PHMA	2.8
PMVE (coeff 95)	2.2
PMME (coeff 45)	1.2
NM	0.3
BMME (coeff 45)	-0.6
BMVE (coeff 95)	-1.6
PBMA	-2.1
source : RAM 2017	



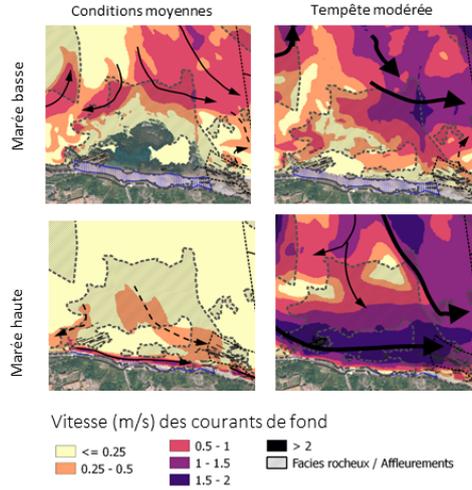
Planche de synthèse : Plage PARLEMENTIA – commune Bidart



4 – Agents dynamiques : courantologie locale et dérive littorale

- La connaissance des courants et de la dérive littorale permet de mieux comprendre le déplacement des sédiments sur le secteur étudié. En effet, les courants au large n'ont pas forcément la même direction que la dérive littorale à la côte.
- A Parmentia, la dérive littorale est en permanence orientée Sud-Nord
- En conditions de tempête extrême (cas de figure non représenté), les courants de fond sont sensiblement identiques à ceux qui s'exercent en conditions de tempête modérée

Vitesse et direction des courants de fond au large des plages d'Uhabia et des Embruns



Direction et vitesse de la dérive littorale

En conditions moyennes

Marée basse	Parmentia
moyenne estivale NO	→
moyenne annuelle ONO	→
moyenne annuelle NNO	→

Marée haute	Parmentia
moyenne estivale NO	→
moyenne annuelle ONO	→
moyenne annuelle NNO	→

En conditions de tempête

Marée basse	Parmentia
Tempête 1 NO	→
Tempête 2 NO	→
Tempête intense ONO	→
Tempête intense NNO	→
Tempête extrême ONO	→
Tempête extrême NNO	→

Marée haute	Parmentia
Tempête 1 NO	→
Tempête 2 NO	→
Tempête intense ONO	→
Tempête intense NNO	→
Tempête extrême ONO	→
Tempête extrême NNO	→

0-0.5 m/s
0.5-1 m/s
1-1.5 m/s

N.b : Les flèches indiquant la direction des courants ont une taille proportionnelle à leur vitesse

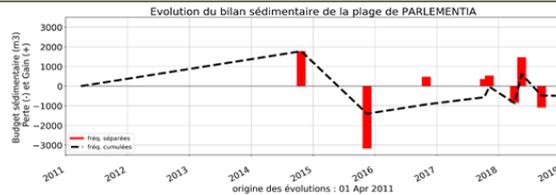


Planche de synthèse : Plage PARLEMENTIA – commune Bidart

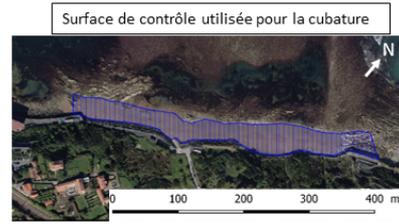
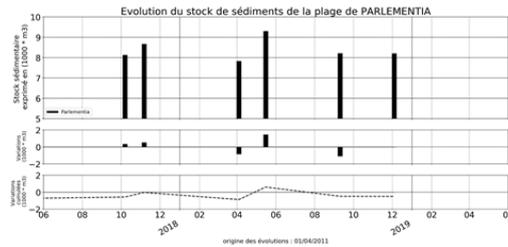


6 – Suivi de l'évolution des stocks de sédiments

Entre 2011 et 2015, la plage a connu un gain de sédiments (période de budget sédimentaire positif). Mais depuis 2015, la situation s'est inversée : le budget sédimentaire est négatif, la plage suit une tendance à l'érosion.



Bilan sédimentaire de la plage Parmentia entre 2017 et 2019 :
 Stock sédimentaire stable sur cette période ~ 8 000 m³
 Variations saisonnières :
 - Novembre 2017 ~ 8 600 m³
 - Mai 2018 ~ 9 200 m³





Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 - Orléans Cedex 2 - France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction Régionale Nouvelle-Aquitaine

24, avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac - France

Tél. : 05 57 26 52 70