



Plan local d'urbanisme intercommunal du Seignanx

4. ANNEXES

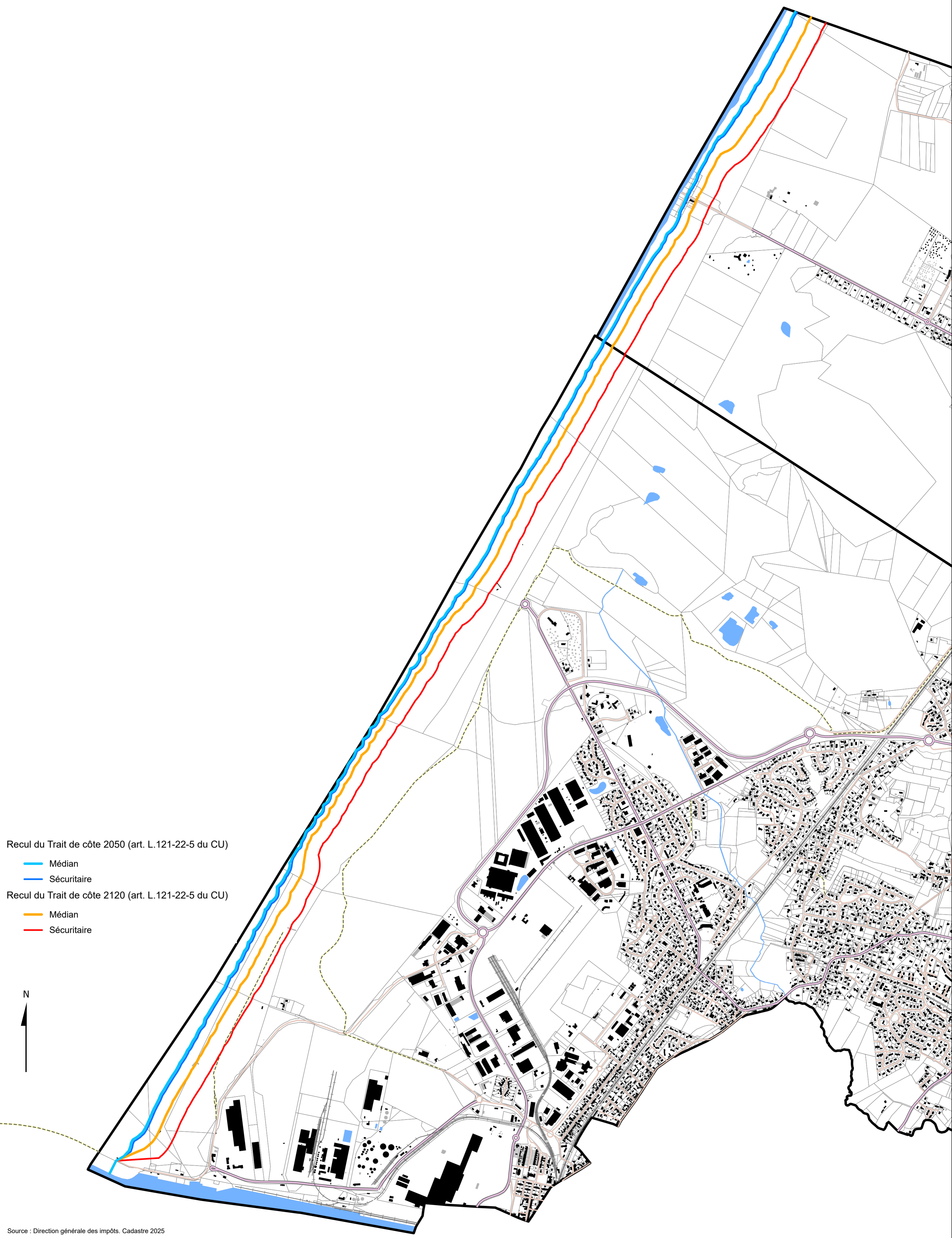
4.11. Zones de recul du trait de côte

Vu pour être annexé à la
Délibération du
Conseil communautaire du
18 décembre 2025



- Version Approbation -





Recul du Trait de côte 2050 (art. L.121-22-5 du CU)

- Médian
- Sécuritaire

Recul du Trait de côte 2120 (art. L.121-22-5 du CU)

- Médian
- Sécuritaire

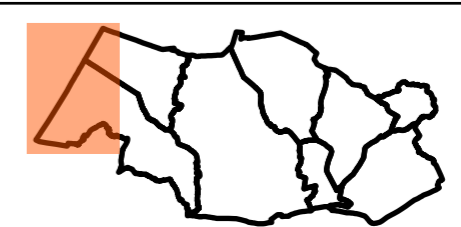


Source : Direction générale des impôts. Cadastre 2025



**Plan local d'urbanisme
intercommunal
du Seignanx**

Vu pour être annexé à la délibération
du Conseil communautaire du
18 décembre 2025



Echelle : 1 / 12 000





**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès réservé

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Rapport final

BRGM/RP-74017-FR

Version 1 du 16 décembre 2024

Étude réalisée dans le cadre des projets de recherche et développement

Bernon N., Martins L., Bourbon P., Caritg S., Le Roy S., Longueville F., Hoareau A. avec la participation de Garnier C., Levy C.

Ce rapport a été vérifié le 13/12/2024 et approuvé le 17/12/2024 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

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

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu contractuellement.

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Les justificatifs du contrôle qualité de ce rapport (auteur, vérificateur, approbateur) peuvent être communiqués à titre confidentiel au destinataire du rapport, à sa demande et dans le strict respect de la réglementation applicable au traitement des données à caractères personnels.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Littoral, recul, trait de côte, cordon dunaire, falaise, plage de poche, mouvement de terrain, érosion, loi « Climat et résilience », projection, Landes, Pyrénées-Atlantiques, Nouvelle-Aquitaine

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

Bernon N., Martins L., Bourbon P., Caritg S., Le Roy S., Longueville F., Hoareau A. avec la participation de Garnier C., Levy C. 2024. Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans. Rapport final V1. BRGM/RP-74017-FR, 170 p.

Synthèse

Au premier semestre 2021, la Communauté d'Agglomération du Pays basque (CAPB) et la Communauté de communes du Seignanx (CCS) ont mobilisé les services de l'Etat, la Région Nouvelle-Aquitaine, le BRGM et le GIP Littoral, dans l'objectif d'établir les modalités de réalisation d'une étude visant à projeter le trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans.

À l'issue de cette phase de discussions, la CAPB et le BRGM se sont engagés le 15 octobre 2021 dans la réalisation de cette étude pour caractériser l'exposition au recul du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans, pour les littoraux de la Communauté de communes du Seignanx (CCS) et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque (CAPB). Cette étude s'inscrit en continuité de la Stratégie locale de gestion des risques littoraux (SLGRL) de la CAPB, et en cohérence avec la loi du 22 août 2021 dite loi « Climat et résilience ». Les résultats de ce programme pourront bénéficier à l'ensemble des politiques publiques et compétences des collectivités locales. En outre, ces projections de la position du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans sont susceptibles d'alimenter le Schéma de cohérence territoriale (SCoT) à l'échelle du Pays basque et du Seignanx.

Le littoral de la CCS et de la CAPB comprend trois environnements littoraux : les cordons dunaires (Ondres, Tarnos et Anglet), les falaises et versants rocheux et les plages de poche ; ces deux derniers environnements étant exclusivement présents sur le littoral basque. Disposant de dynamiques d'évolution distinctes, mais reposant sur un socle méthodologique commun, le rapport d'étude est décliné de façon similaire pour chacun d'entre eux. Une description des contextes géomorphologiques et hydrosédimentaires de ces trois environnements est proposée, et l'état des connaissances sur le phénomène de recul du trait de côte, qui s'y exprime, exposé.

Un travail significatif a été mené pour l'élaboration d'un modèle géologique côtier à l'échelle du Seignanx et du Pays basque, en étendant le modèle géologique existant (dont la dernière version a été mise au point dans le cadre du projet de recherche Ezponda), et en densifiant les informations géologiques autour du linéaire côtier. Il aboutit à une meilleure connaissance des formations géologiques du substratum et des formations superficielles le recouvrant.

Le document national de recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte (Collectif BRGM/Cerema, 2022) et le document régional en la matière (Longueville *et al.*, 2024) fournissent des éléments de méthode pour la réalisation de projections de recul du trait de côte. Des orientations pour caractériser le recul des têtes d'escarpement (Lévy *et al.*, à paraître) sont en cours de réflexion et ont également été considérées dans la présente étude.

Dans l'objectif de fluidifier la lecture, un résumé de chaque méthode est proposé dans le chapitre 4. Il expose les grandes orientations techniques et les principales hypothèses de travail émises, pour chaque environnement littoral étudié.

Le chapitre 5 détaille les méthodes mises en œuvre. Au droit des cordons dunaires du Seignanx et d'Anglet, la méthode est conforme aux standards en matière de projection du trait de côte. Pour les falaises et versants rocheux, une méthode spécifique a été développée, s'appuyant sur la connaissance existante, le modèle géologique et la notion de cycle d'érosion et de propagation au cours de la période prospective. Enfin, les plages de poche du Pays basque (grande plage de Biarritz, Milady-Illbarritz, Uhabia, baie de Saint-Jean-de-Luz et plage d'Hendaye) ont également fait l'objet d'une méthode particulière, s'appuyant sur les hypothèses de travail de la SLGRL, en lien avec la forte anthropisation qui les caractérise.

La caractérisation de l'exposition des cordons dunaires, des falaises et versants rocheux, et des plages de poche, a nécessité le développement de méthodes distinctes pour restituer au mieux leurs dynamiques d'évolution. Les trois méthodes sont cependant cohérentes entre elles et respectent les préconisations nationales en matière de caractérisation de l'aléa de recul du trait de côte. Elles reposent sur des hypothèses de travail communes : l'utilisation d'un trait de côte de référence (2020), la détermination d'hypothèses de pérennité des ouvrages et des actions de gestion de sédiments, la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte", la prise en compte du changement climatique, et la projection aboutissant à cartographier les traits de côte dans le futur. Toutes ces hypothèses de travail sont déclinées à +30 ans et à +100 ans, dans deux scénarios d'évolution : un scénario médian, avec des hypothèses de travail modérées, et un scénario sécuritaire, considérant des hypothèses plus impactantes en termes de recul. Tout au long de l'étude, ces hypothèses ont fait l'objet d'un travail collaboratif avec le maître d'ouvrage, et en particulier celle visant à déterminer la pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments aux deux échéances, en raison du rôle important qu'elle joue dans l'évolution du littoral.

Enfin, les incertitudes ont été identifiées à chacune des étapes de construction des scénarios de projection, permettant une bonne appropriation de l'exercice et de ses limites. Ces incertitudes reposent essentiellement sur les hypothèses prises dans les scénarios médian et sécuritaire, en concertation avec le maître d'ouvrage, et ne remettent pas en cause le travail réalisé. Il peut être considéré que l'espace séparant les projections, selon ces deux scénarios, est une représentation des incertitudes liées aux choix opérés avec les hypothèses émises.

Ces méthodes conduisent à définir des distances de reculs potentiels à partir du trait de côte de 2020, aux échéances 2050 et 2120. Elles sont cartographiées dans un atlas, à l'échelle 1/5 000, disponible en Annexe 3.

Sommaire

1. Contexte et objectifs	13
2. Phénomène de recul du trait de côte pour les littoraux du Seignanx et du Pays basque	15
2.1. Contextes géomorphologiques et hydrosédimentaires	15
2.1.1. <i>Environnements littoraux</i>	15
2.1.2. <i>Agents dynamiques météo-marins</i>	16
2.2. Découpage du secteur d'étude en cellules hydrosédimentaires et secteurs d'évolution homogènes.....	24
2.2.1. <i>La cellule hydrosédimentaire du sud des Landes</i>	24
2.2.2. <i>Le littoral d'Anglet</i>	29
2.2.3. <i>La côte basque</i>	32
2.3. Etat des connaissances sur le phénomène de recul du trait de côte	42
2.3.1. <i>Cellule hydrosédimentaire 6.2 : le littoral du Seignanx</i>	42
2.3.2. <i>Cellule hydrosédimentaire 7 : le littoral d'Anglet</i>	44
2.3.3. <i>Le littoral du Pays basque</i>	48
3. Elaboration d'un modèle géologique côtier du Seignanx - Pays basque	59
3.1. Approche méthodologique.....	59
3.1.1. <i>Mobilisation de la connaissance existante</i>	59
3.1.2. <i>Emprises des modèles</i>	62
3.1.3. <i>Pile stratigraphique ou réflexion sur le choix des formations géologiques à modéliser</i>	62
3.1.4. <i>Maille de restitution</i>	65
3.2. Extension et consolidation des modèles géologiques.....	66
3.2.1. <i>Collecte des données issues de logs de forages existants non bancarisés</i>	66
3.2.2. <i>Cartes géologiques des formations superficielles et du substratum</i>	69
3.2.3. <i>Nouvelles mesures et levés de terrain</i>	71
3.2.4. <i>Identification de bases complémentaires existantes exploitables</i>	73
3.3. Modélisation géologique, résultats et exploitation.....	75
3.3.1. <i>Modélisation géologique et approche géostatistique</i>	75
3.3.2. <i>Modèle géologique des formations superficielles</i>	75
3.3.3. <i>Modèle géologique du substratum</i>	82
4. Etablissement de scénarios de projection du trait de côte	89
4.1. Recommandations nationales	89
4.2. Application aux contextes géomorphologiques du Seignanx et du Pays basque	90
4.2.1. <i>Application aux cordons dunaires du Seignanx et d'Anglet</i>	90
4.2.2. <i>Application au littoral rocheux du Pays basque</i>	92
4.2.3. <i>Application aux plages de poche du littoral basque</i>	94
5. Caractérisation de l'exposition du littoral du Seignanx et du Pays basque au recul du trait de côte	99
5.1. Scénarios de projection du trait de côte au droit des cordons dunaires du Seignanx et d'Anglet.....	99
5.1.1. <i>Traits de côte de référence et historiques</i>	99
5.1.2. <i>Hypothèses de pérennité des ouvrages de protection et des actions de gestion de sédiments</i>	100
5.1.3. <i>Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte"</i>	102
5.1.4. <i>Conséquences et prise en compte du changement climatique</i>	108

5.1.5.	<i>Projection et cartographie</i>	113
5.1.6.	<i>Identification et prise en compte des incertitudes</i>	114
5.2.	Scénarios de projection du trait de côte au droit du littoral rocheux du Pays basque	115
5.2.1.	<i>Traits de côte de référence</i>	115
5.2.2.	<i>Hypothèses de pérennité des ouvrages de protection et des actions de gestion des sédiments</i>	116
5.2.3.	<i>Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte"</i>	119
5.2.4.	<i>Conséquence et prise en compte de l'impact du changement climatique</i>	125
5.2.5.	<i>Projection et cartographie</i>	126
5.2.6.	<i>Identification et prise en compte des incertitudes</i>	126
5.3.	Scénario de projection du trait de côte au droit des plages de poche du Pays basque ..	128
5.3.1.	<i>Trait de côte de référence</i>	128
5.3.2.	<i>Hypothèses de pérennité des ouvrages de protection et des actions de gestion de sédiments</i>	128
5.3.3.	<i>Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte"</i>	128
5.3.4.	<i>Conséquence et prise en compte de l'impact du changement climatique</i>	129
5.3.5.	<i>Projection et cartographie</i>	130
5.3.6.	<i>Identification et prise en compte des incertitudes</i>	130
6.	Résultats : cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" pour les littoraux du Pays basque et du Seignanx, aux échéances +30 ans et +100 ans	131
6.1.	Principes et représentation cartographique	131
6.2.	Atlas cartographique à l'échelle 1/5 000	131
7.	Conclusion	133
8.	Bibliographie	135

Liste des illustrations

Illustration 1 - Communes littorales de la Communauté de communes de Seignanx et de la Communauté d'Agglomération Pays basque	14
Illustration 2 - Cartographie des environnements littoraux présents sur le littoral du Seignanx et du Pays basque	15
Illustration 3 - Orthophotographie couleur RVB (à gauche), pentes issues du MNT LiDAR (au centre) et courbure longitudinale (à droite) ; OrthoExpress@IGN, Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ; pointillés bleus = pied de dune mesuré au D-GPS lors de la mission de 2016 (extrait de Bernon et al., 2022)	16
Illustration 4 - Bidart : orthophotographie couleur RVB (à gauche), pentes issues du MNT LiDAR (au centre) et courbure longitudinale (à droite) ; OrthoExpress@IGN, Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ; pointillés violets = pied de falaise et pointillés rouges = sommet de falaise, mesurés au D-GPS lors de la mission de 2016 (extrait de Bernon et al., 2022) .	16
Illustration 5 - Mouvements verticaux du sol mesurés à proximité du secteur d'étude : en haut, station GNSS de Socoa (https://www.sonel.org/?page=gps&idStation=835) ; en bas, données du service Copernicus EGMS (https://egms.land.copernicus.eu/) ; les points de la bande côtière sur laquelle l'analyse s'appuie se trouvent dans le polygone blanc de l'extrait cartographique	18
Illustration 6 - Analyses statistiques des états de mer mesurés à l'houlgraphe d'Anglet (bouée Candhis n°06402) (source : https://candhis.cerema.fr/).....	19

Illustration 7 - Rose des houles sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019) (Nicolae Lerma et al., 2019)	20
Illustration 8 - Distributions mensuelles des vagues sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019), échelle d'intensité des hauteurs de vague disponible dans l'illustration 7	20
Illustration 9 - Rose des vents sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019) (Nicolae Lerma et al., 2019)	22
Illustration 10 - Distributions mensuelles des vents sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019) ; échelle d'intensité des vents disponible à l'illustration 9 (Nicolae Lerma et al., 2019)	22
Illustration 11 - Régime de précipitations à la station Météo-France de Biarritz-Pays basque, au cours de la période 1991-2020	23
Illustration 12 - Normales mensuelles de températures (min - max) et durées mensuelles d'ensoleillement pendant la période 1991-2020	24
Illustration 13 - Cartographie des cellules hydrosédimentaires de la côte aquitaine (source : Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine).....	25
Illustration 14 - Morphologie et évolutions du profil plage-dune (en haut) et du haut de plage (zoom, en bas) relevés au printemps, à Tarnos, par l'OCNA, pendant la période 2009-2024, au droit du profil L20-La Butte de Tir (bien que relevés annuellement, et complétés par des profils topographiques LIDAR à l'automne, seuls quelques profils sont représentés ici par souci de lisibilité)	26
Illustration 15 - Morphologie des plages au niveau de la sous-cellule sédimentaire 6.2, en 2000 et 2016 (les tirets rouges soulignent la double berme en croissants)	27
Illustration 16 - Morphologie de la dune au droit de la sous-cellule 6.2, de Capbreton à l'Adour en 1998 (en haut) et 2016 (en bas) (source : BRGM et ONF, 2018)	28
Illustration 17 - Type de contact dune/plage au droit de la sous-cellule 6.2 (au droit du profil L20 - La Butte de Tir, relevé par l'OCNA, le 22/05/2024)	29
Illustration 18 - Morphologie des plages dans la cellule hydrosédimentaire 7 des plages d'Anglet	30
Illustration 19 - Toponymie des plages et principaux aménagements du littoral d'Anglet	31
Illustration 20 - Carte lithologique simplifiée et log stratigraphique de la partie occidentale du Pays basque	33
Illustration 21 - Coupe schématique d'un profil d'altération-type dans des calcaires marneux (Genna et al., 2004)	34
Illustration 22 - Glissement de terrain dans les altérites surplombant les flyschs à silex de Guéthary-La Muserie (Aubié et Mathon, 2006)	34
Illustration 23 - Cavité karstique dans la falaise au droit de la plage Miramar à Biarritz (© Observatoire de la Côte Aquitaine, janvier 2013).....	35
Illustration 24 - Stratification régulière des flyschs marno-calcaires de Socoa (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 25/01/2016).....	35
Illustration 25 - Faille localisée à l'extrémité de la Pointe Sainte-Anne, favorisant la formation d'un sous-cavage (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 08/10/2013).....	36
Illustration 26 - Morphotypes côtiers de falaises, définis par Genna et al. (2004a) : A - morphotype 1 au nord de la Pointe Saint-Martin à Biarritz ; B - morphotype 1 à la Pointe Sainte-Anne à Hendaye ; C - morphotype 2 à la Corniche de Bidart ; D - morphotype 3, illustré par le complexe chaotique d'Ilbarritz au nord de Bidart ; E - morphotype 4 à Saint-Jean-de-Luz dans les rochers de la Pointe-Sainte-Barbe ; F - morphotype 5 entre Ciboure et Urrugne (illustration tirée des travaux de thèse de Guillen (2024) ; en blanc, les plans de	

stratification de la roche (R.) ; en orange, le mur des altérites (Alt.) ; en jaune, le mur des alluvions (Allu.).....	37
Illustration 27 - Répartition spatiale des morphotypes, améliorés à partir de la classification de Genna et al (2004) et des cartographies détaillées de la couverture d'altérites et d'alluvions, et des structures (Guillen, 2024) (les numéros de morphotypes correspondent aux descriptions du Tableau 1).....	39
Illustration 28 - Réseau hydrographique de la côte basque	40
Illustration 29 - (a) Venue d'eau naturelle sur la plage du Pavillon Royal à Bidart (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 04/12/2013) ; (b) Ruisseau Antereneko Erreka (ou Grand Isaka ou Basarun Erreka), dont le lit est entièrement aménagé au niveau de la plage d'Erromardie à Saint-Jean-de-Luz (© Observatoire de la Côte Aquitaine, Michel Le Collen, 2013).....	40
Illustration 30 - (a) Sous-cavage des bancs calcaires à la base de la Pointe Saint-Martin, dans la commune de Biarritz (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 24/07/2015) ; (b) Coupe schématique-type de ce tronçon littoral (Nédellec et al., 2005).....	41
Illustration 31 - Evolution des positions du trait de côte au cours de la période 2008-2019, par profil, le long de la côte aquitaine (Nicolae Lerma et al., 2020)	43
Illustration 32 - Positions historiques du trait de côte au sein de la sous-cellule sédimentaire 6.2.....	44
Illustration 33 - Plage sableuse d'Anglet (©OCA, 2008) et aménagement piétonnier du cordon dunaire .	45
Illustration 34 - Positions historiques du trait de côte sur le littoral d'Anglet : de 1954 à 2021	47
Illustration 35 - Plage de Marinella en mars 1971, brèche dans la digue de protection (photographies : à droite, M. Le Collen ; à gauche, ULM Sud Bassin, ©OCA 2017)	48
Illustration 36 - Glissement de terrain affectant le sentier du littoral à Erromardie (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 17/02/2014)	49
Illustration 37 - Glissement "banc sur banc" sur la Corniche Basque à Urrugne (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 18/01/2016).....	49
Illustration 38 - Eboulements au niveau de la Pointe Sainte-Anne à Saint-Jean-de-Luz (© Observatoire de la Côte Aquitaine, octobre 2013 ; à gauche) ; coupe schématique-type (Nédellec et al., 2005 ; à droite).....	50
Illustration 39 - Instabilités gravitaires d'après la BD-MVT (Martins et al., 2021) ; les morphotypes numérotés de 1 à 7 ont été établis par Genna (2004).....	51
Illustration 40 - A : Signes d'activité érosive par l'absence de végétation sur certains versants (baie d'Erromardie, Saint-Jean-de-Luz) ; B : Dépressions topographiques mises en évidence par l'ombrage du MNT 1 m de l'IGN ; C : Présence de blocs en pied de versant indiquant la nature rocheuse des matériaux érodés (Urrugne) (source : Guillen, 2024)	52
Illustration 41 - A : Types et proportions d'instabilités gravitaires recensées sur la côte basque par la BD-MVT en 2018 ; B : Mise à jour de l'inventaire, réalisée dans le cadre des travaux de thèse de Guillen (2024) et de stage de Martins (2020)	53
Illustration 42 - Erosion du sommet des falaises basques entre 1938 et 2018.....	54
Illustration 43 - Emprise approximative du glissement de décembre 2021, affectant le versant de la plage d'Harrotzen Costa, à Guéthary (Garnier, 2022).....	55
Illustration 44 - Schéma conceptuel de l'instabilité initiée le 29 octobre 2020 sur la Corniche d'Urrugne (Garnier et al., 2020).....	56
Illustration 45 - Vue aérienne de la couronne du glissement de Lafitenia en décembre 2021 (Garnier, 2022)	56
Illustration 46 - Glissement d'Erromardie ouest, en décembre 2021 (Garnier, 2022).....	57

Illustration 47 - Evolution de la niche d'arrachement sommitale du glissement d'Archilua, entre décembre 2020 (à gauche) et décembre 2021 (à droite), au niveau de l'ancien sentier du littoral (Garnier, 2022).....	57
Illustration 48 - Localisation des emprises des modèles géologiques et des communes concernées par l'étude (fond de carte : géologie de l'Aquitaine à 1/250 000, source : BRGM) : modèles préexistants : « régional Ezponda » en orange et « FormSup » en rose ; nouveaux modèles : « Substratum » en bleu et « Formations superficielles » en vert.....	60
Illustration 49 - Extrait de la carte de l'épaisseur des altérites « faciès flysch du Crétacé » issu du modèle FormSup (Peter-Borie, 2010)	61
Illustration 50 - Présentation synthétique du modèle géologique 3D régional Ezponda.....	61
Illustration 51 - Localisation des projets ayant fait l'objet d'études techniques incluant un ou plusieurs sondages et dont les dossiers ont été récupérés dans le cadre de la collecte des données	68
Illustration 52 - Localisation de l'ensemble des forages utilisés pour la modélisation 3D des formations superficielles, dans le cadre de la présente étude	69
Illustration 53 - Carte géologique des formations superficielles.....	70
Illustration 54 - Carte géologique du substratum de la zone d'étude, emprise du modèle géologique 3D du substratum et localisation des données structurales implémentées dans GeoModeller® pour le modèle	71
Illustration 55 - Planche de photos illustrant la campagne de terrain réalisée en avril 2022, afin de compléter les mesures lithologiques et structurales pour alimenter les modèles	72
Illustration 56 - Tronçons de l'étude de Nédellec et al. (2005 - BRGM/RP-52783-FR), avec identification des valeurs d'épaisseurs affectées.....	73
Illustration 57 - Présentation des fiches d'identification géomorphologique (exemple de la fiche 63 ; Nédellec et al., 2005).....	74
Illustration 58 - Carte en isopaches des altérites (ALTE).....	76
Illustration 59 - Carte en isohypse du toit du substratum (SUB)	77
Illustration 60 - Carte en isopaches des formations alluvionnaires anciennes et plio-quaternaires (ALLU)	77
Illustration 61 - Carte en isopaches des alluvions récentes et des sables littoraux actuels (ACTU)	78
Illustration 62 - Carte en isopaches des formations dunaires (DUNE)	78
Illustration 63 - Exemple d'une coupe verticale dans le modèle, située dans le secteur de Guéthary, illustrant le front d'altération du flysch.....	79
Illustration 64 - Carte de localisation de 92 coupes géologique, extraites du modèle géologique des formations superficielles	79
Illustration 65 - Aperçu du modèle géologique 3D des formations superficielles (nord : flèche blanche) .	80
Illustration 66 - Histogramme de l'erreur brute de l'interface correspondant à la base des altérites (base exacte de la formation codée ALTE)	81
Illustration 67 - Carte de représentation de la variance de krigeage pour les variables interpolées « Mur ALTE » et « Mur ALLU ».....	82
Illustration 68 - Carte de représentation de la variance de krigeage pour la variable interpolée « Mur ACTU » et la variable calculée « Epaisseur DUNE »	82
Illustration 69 - Exemple de coupes interprétées par Razin (non publié), et utilisées dans la modélisation pour le modèle géologique régional Ezponda (Bourbon et Caritg, non publié).....	83
Illustration 70 - Carte de présentation des données géologiques et structurales superficielles ayant servi à construire le nouveau modèle du substratum du Pays basque.....	84

Illustration 71 - Exemple de coupes géologiques dans le modèle 3D du substratum du Pays basque.....	85
Illustration 72 - Aperçu cartographique de résultats obtenus avec le modèle géologique du substratum : carte en isohypse du toit de la formation des marnes de Bidart.....	86
Illustration 73 - Bloc diagramme représentant en 3D les couches modélisées dans le modèle du substratum du Pays basque et identification des zones peu contraintes.....	87
Illustration 74 - Principaux éléments à prendre en compte pour bâtir des scénarios de projection du trait de côte (Collectif BRGM/Cerema, 2022)	89
Illustration 75 - Schéma conceptuel d'une falaise affectée par un événement de recul unitaire et hypothèse de propagation à différentes échéances (La probabilité et l'intensité de recul sont considérées identiques le long d'un secteur d'évolution homogène) (adapté de Lévy et al., à paraître).....	92
Illustration 76 - Exemple du calcul de DSAS (ArcGIS, © ESRI) à Lacanau, espacement inter-transects de 100 m ; (a) La ligne de base offshore parallèle à la côte fournit une origine pour l'analyse statistique sur les différentes positions historiques du trait de côte (en bleu) ; (b) Les résultats sont attribués à chaque transect et ensuite reportés sur l'ensemble du linéaire du TDC (fond photographique : © IGN, GIP ATGeRi 2009, secteur nord de Lacanau). 103	
Illustration 77 - Moyenne, quantile 95% et maximum des valeurs de Hs et flux d'énergie des vagues cumulé, calculés pour chaque hiver (du 1 ^{er} octobre de l'année N au 30 avril de l'année N+1), depuis l'hiver 2008-2009 au niveau de la bouée Cap Ferret.....	106
Illustration 78 - Carte des cordons dunaires étudiés et des valeurs de Tx et Lmax, retenues dans la présente étude	107
Illustration 79 - Courbes et valeurs (83 ^{ème} percentile) d'élévation du niveau marin selon les scénarios GIEC et nationaux, pour le marégraphe de Socoa et par rapport à la période de référence 1995-2014.....	110
Illustration 80 - Schéma de principe de la règle de Bruun, avec SLR : élévation du niveau marin, S _{Bruun} : recul du trait de côte, h et L : respectivement hauteur et longueur du profil actif de la plage (depuis la profondeur de fermeture d _c jusqu'au sommet de la dune), α : pente moyenne du profil actif.....	110
Illustration 81 - Distances de reculs imputables à l'élévation du niveau marin (ENM) et aux mouvements verticaux du sol (MVS), selon les trajectoires de réchauffement +3°C et +5°C avec effondrement des calottes glaciaires (Marine Ice cliff instability - MICI), calculées pour chacun des secteurs d'évolution homogène des cordons dunaires étudiés	111
Illustration 82 - Reculs liés à l'élévation du niveau de la mer et aux mouvements verticaux du sol, au droit du secteur 1, d'après la règle de Bruun et suivant différents scénarios de réchauffement global (projections pour le site de Socoa ; valeurs de distances (histogramme, en haut) et illustration cartographique (en bas))	113
Illustration 83 - Identification, caractérisation et traitement des incertitudes au cours de chaque étape conduisant à la détermination des différentes composantes de recul et au recul final ..	115
Illustration 84 - Schéma d'une instabilité affectant un escarpement rocheux ; dans le cas d'une falaise, le trait de côte correspond à la tête d'escarpement (adapté de Lévy et al., à paraître).....	116
Illustration 85 - Principales informations retenues pour statuer sur les hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments, pour les échéances +30 ans (en haut) et +100 ans (en bas).....	118
Illustration 86 - Modèles conceptuels de diminution de la résistance mécanique d'un massif rocheux, jusqu'à la rupture (en haut) ; modèles conceptuels du recul des falaises dans le temps (en bas) (Extraits de Giuliano, 2015).....	120
Illustration 87 - Représentation schématique des cycles d'évolution des falaises et versants rocheux mixtes.....	122

Illustration 88 - Connaissance mobilisée pour déterminer les intensités du recul cumulé Ru_{30} , soient le recul unitaire Ru_{30} , défini dans la SLGRL, et les épaisseurs des formations superficielles (à gauche) ; Schéma de principe de détermination d'un recul cumulé Rc_{30} correspondant à un cycle d'érosion pour les scénarios de recul médian et sécuritaire (à droite).....	123
Illustration 89 - Matrice de calcul des reculs cumulés Rc_{30} sur la base des reculs unitaires attribués dans la SLGRL (Ru_{30}) et des épaisseurs de formations superficielles	124
Illustration 90 - Prise en compte du changement climatique pour les falaises du Pays basque	126
Illustration 91 - Identification, caractérisation et traitement des incertitudes au cours de chaque étape conduisant à la détermination du recul du trait de côte, dans la présente étude	127
Illustration 92 - Extrait de l'atlas cartographique à l'échelle 1/5 000	132
Illustration 93 - Niveau marin moyen mesuré par les données satellitaires pendant la période 1993-2023 (source : Cazenave et Moreira, 2022, dans Le Cozannet et Cazenave, 2024)	153
Illustration 94 - Projections futures du niveau marin moyen, par rapport à la période 1986-2006, selon un faible (RCP 2.6 en bleu) et un fort (RCP 8.5 en rouge) scénario d'émissions de gaz à effet de serre (IPCC, 2019).....	154
Illustration 95 - Projections de l'élévation du niveau de la mer au marégraphe de Socoa, pour plusieurs scénarios d'augmentation de la température mondiale (source : actualisé d'après Le Cozannet et al., 2024)	155
Illustration 96 - Evènements de fortes houles simulés pour la période actuelle (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 (extrait de Morim et al., 2021) ; High wave day : le maximum journalier de hauteur significative dépasse 6 m ; les zones hachurées indiquent les régions où les évolutions projetées sont robustes	156
Illustration 97 - Etats de mer moyens simulés actuels (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et 8.5 ; les zones hachurées indiquent les régions où les évolutions projetées sont robustes (source : extrait de Morim et al., 2019)	157
Illustration 98 - Cartes présentant les hauteurs, périodes et directions actuelles des vagues dans le Golfe de Gascogne, ainsi que les changements anticipés pour un scénario de changement climatique A2 (scénarios du rapport de 2007 du GIEC - Extrait de Charles et al. (2012))	158
Illustration 99 - Valeurs absolues (m) des niveaux maximaux de pleine mer, par rapport aux niveaux moyens, pour le scénario de référence (SLR = 0 m, à gauche) et changements relatifs pour 3 scénarios d'élévation du niveau marin (SLR=5, 2, 1 m ; 3 cartes de droites).....	159
Illustration 100 - (a) Distribution non uniforme de l'élévation du niveau marin moyen (en m), en fonction du scénario RCP 4.5, pour la période 2081 - 2100 (IPCC, 2013) ; variation absolue (b) et relative (c) du niveau de marée haute, induit par ce même scénario.....	159
Illustration 101 - Températures moyennes (degrés Celsius, en haut) et précipitations moyennes (mm, en bas) de la France métropolitaine : valeurs moyennes annuelles pour la période de référence 1976-2005 (à gauche) et écarts à cette valeur à l'horizon temporel moyen (2050) pour les scénarios de réchauffement en France métropolitaine de +2,7°C (au milieu) et de +4°C (à droite) - produits « multi-modèles » de DRIAS-2020, médianes de l'ensemble (source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)	161
Illustration 102 - Intensité des précipitations extrêmes (moyenne pour la période autour des horizons temporels, valeurs médianes) (en haut) ; nombre de jours avec un sol sec (SWI < 0,4) : valeur de référence et écart à cette valeur par horizon (en bas) (source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)	162
Illustration 103 - Projections de l'évolution de la moyenne annuelle du débit journalier (au milieu) et des crues de période de retour 10 ans (en bas), pour La Nive à Cambo-les-Bains (source : drias-eau.fr/accompagnement/carteFicheResultatsExplore2/)	163

Illustration 104 - Evolution des niveaux piézométriques moyens annuels agrégés spatialement sans prélèvements pour la période de référence (noir) et les 3 scénarios RCP du GIEC ; traits pleins : médiane de l'ensemble, traits pointillés : médiane de l'ensemble avec application d'une moyenne mobile de fenêtre fixée à 30 ans (ensemble Explore2-2024, ADAMONT) ; en haut : aquifère du Plio-Quaternaire ; en bas : aquifère de l'Oligocène (Extrait de Vergnes et al. (2024)) 164

Liste des annexes

Annexe 1 Recensement des ouvrages et informations complémentaires associées, par commune 143

Annexe 2 Impacts du changement climatique sur les environnements littoraux de Nouvelle-Aquitaine 153

Annexe 3 Atlas cartographique au 1/5 000 de l'exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque, au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans (hors texte) 167

1. Contexte et objectifs

La France s'est dotée, fin 2011, d'une Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (SNGITC). L'ambition de ce document, et du programme d'actions 2012-2015 qui en découle, fut l'amélioration et le partage de la connaissance des évolutions du littoral, et la définition de stratégies à l'échelle des territoires pour favoriser leur adaptation. Le second programme d'actions 2017-2019 a eu pour objectif principal de promouvoir une approche globale de la gestion intégrée du trait de côte. Les axes identifiés dans ce programme sont, comme dans le précédent, l'amélioration de la connaissance du risque et la mise en œuvre de stratégie de gestion à l'échelle des territoires, mais aussi le développement de démarches expérimentales pour faciliter la recomposition spatiale et l'identification des modalités d'intervention financière en appui à la gestion du risque de recul du trait de côte. A la date de la rédaction du présent rapport, la SNGITC est en cours d'actualisation.

La loi n°2021-1104 du 22 août 2021, portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, comporte des mesures relatives à l'adaptation des territoires littoraux au recul du trait de côte (articles 236 à 251 : adapter les territoires aux effets du dérèglement climatique). Dans ce contexte, à la demande de la Direction de l'Environnement et de la Biodiversité et de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de la Transition Ecologique, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) travaillent collectivement au développement d'une méthode d'aide à la conception de cartographies locales d'évolution du trait de côte, en lien avec les dispositions législatives précitées. Cette collaboration s'est notamment concrétisée par la parution de « recommandations pour la réalisation de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte » (Collectif BRGM/Cerema, 2022), et d'une trame de cahier des charges pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte (Collectif BRGM/Cerema, 2023).

Aux échelles régionale et locale, les stratégies de gestion de la bande côtière ont notamment pour objectif de préciser les risques liés au recul du trait de côte et d'étudier différents scénarios de gestion du littoral. A l'échelle locale, ces étapes menées par les collectivités locales concernées, dans un esprit de concertation, aboutissent à un programme d'actions pour favoriser la gestion du risque de recul du trait de côte au travers de l'amélioration de la connaissance, d'actions de prévention, de gestion de crise, de l'intégration du risque dans les documents de planification et de la mise en œuvre de modalités de gestion de l'évolution du trait de côte. Dans ce contexte, la Communauté d'Agglomération Pays basque (CAPB) dispose depuis 2017 d'une Stratégie locale de gestion des risques littoraux, aux échéances 2023 et 2043, et le BRGM a établi, en 2011, une cartographie régionale de l'aléa "recul du trait de côte" aux horizons 2020 et 2040 (Aubié *et al.*, 2011), actualisée en 2016 aux horizons 2025 et 2050 (Bernon *et al.*, 2016).

Au premier semestre 2021, la CAPB et la Communauté de communes de Seignanx (CCS) ont mobilisé les services de l'Etat (DREAL¹ de Nouvelle-Aquitaine, DDTM² des Landes et des Pyrénées-Atlantiques), la Région Nouvelle-Aquitaine, le BRGM et le GIP³ Littoral dans l'objectif d'établir les modalités de réalisation d'une étude visant à projeter le trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans. Sur la base de ses compétences et de son expérience en matière de recul du trait de côte sur les territoires concernés (Illustration 1), le BRGM a été sollicité pour la

¹ Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

² Direction départementale des territoires et de la mer

³ Groupement d'Intérêt Public

définition et la réalisation d'un programme scientifique et technique répondant aux objectifs de cette étude. Ce programme s'inscrit donc dans le cadre d'un projet de partenariat. Celui-ci est mené dans la continuité de la Stratégie locale de gestion des risques littoraux (SLGRL) de la CAPB, et en cohérence avec la loi du 22 août 2021 dite loi « Climat et résilience ». Les résultats de ce programme pourront bénéficier à l'ensemble des politiques publiques et compétences des collectivités locales.

En outre, ces projections de la position du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans sont susceptibles d'alimenter le SCoT⁴ Pays basque et Seignanx, où la prise en compte de la projection du trait de côte à long terme est sollicitée par les services de l'Etat, dans une note d'enjeux adressée en 2020. Enfin, ces projections sont également produites en conformité avec le SRADDET⁵ de Nouvelle-Aquitaine, qui impose de tenir compte de deux règles concernant l'intégration des risques côtiers dans les documents d'urbanisme : la règle 25 (les SCoT des territoires littoraux intègrent les scénarios de projection du GIEC 2050 - 2100) et la règle 26 (les documents de planification et d'urbanisme anticipent les évolutions de la bande côtière).

Le territoire de l'étude correspond aux côtes des communes littorales de la Communauté de communes de Seignanx (Ondres et Tarnos) et de la CAPB (d'Anglet à Hendaye).

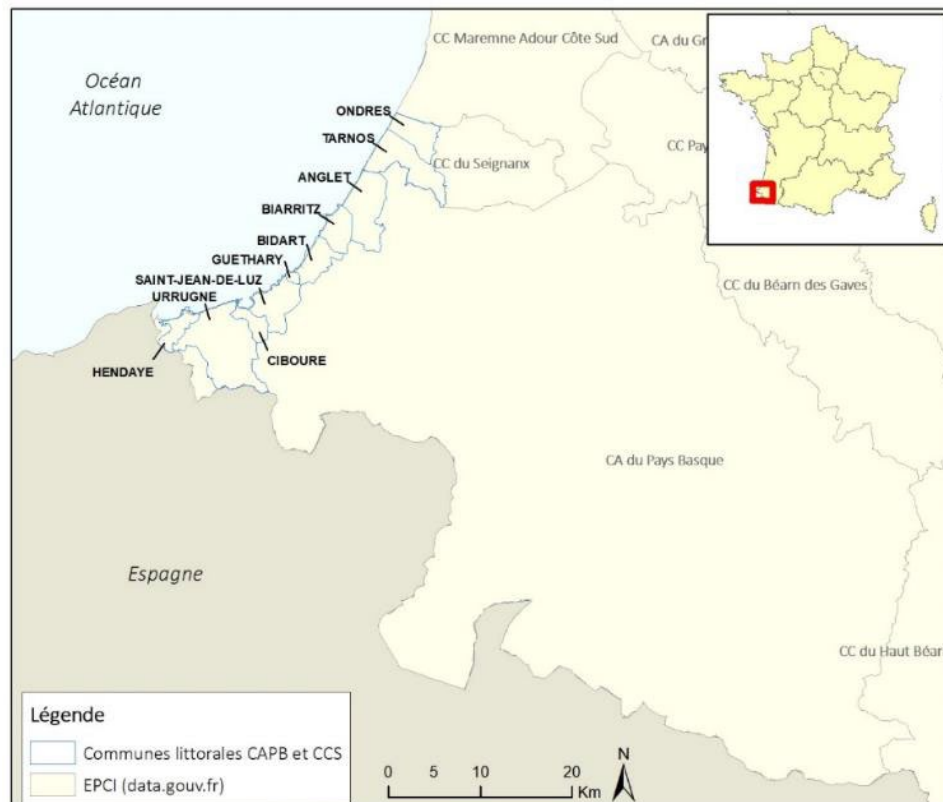


Illustration 1 - Communes littorales de la Communauté de communes de Seignanx et de la Communauté d'Agglomération Pays basque

La formalisation de cette étude est établie au travers d'une convention de recherche et développement partagés entre la CAPB et le BRGM, signée le 15 octobre 2021 pour une durée initiale de 2 ans, reconduite par avenant jusqu'au 15 décembre 2024.

⁴ Schéma de cohérence territoriale

⁵ Schéma régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires

2. Phénomène de recul du trait de côte pour les littoraux du Seignanx et du Pays basque

2.1. CONTEXTES GEOMORPHOLOGIQUES ET HYDROSEDIMENTAIRES

2.1.1. Environnements littoraux

Le secteur d'étude comprend trois environnements littoraux parmi ceux présents en Nouvelle-Aquitaine, tels que défini par l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA) : les dunes littorales, les falaises et versants rocheux, et les plages de poche (ou de fond de baie) (Bernon *et al.*, 2022). Leur distribution spatiale est gouvernée par les contextes géologiques et géomorphologiques du sud de la région (Illustration 2).

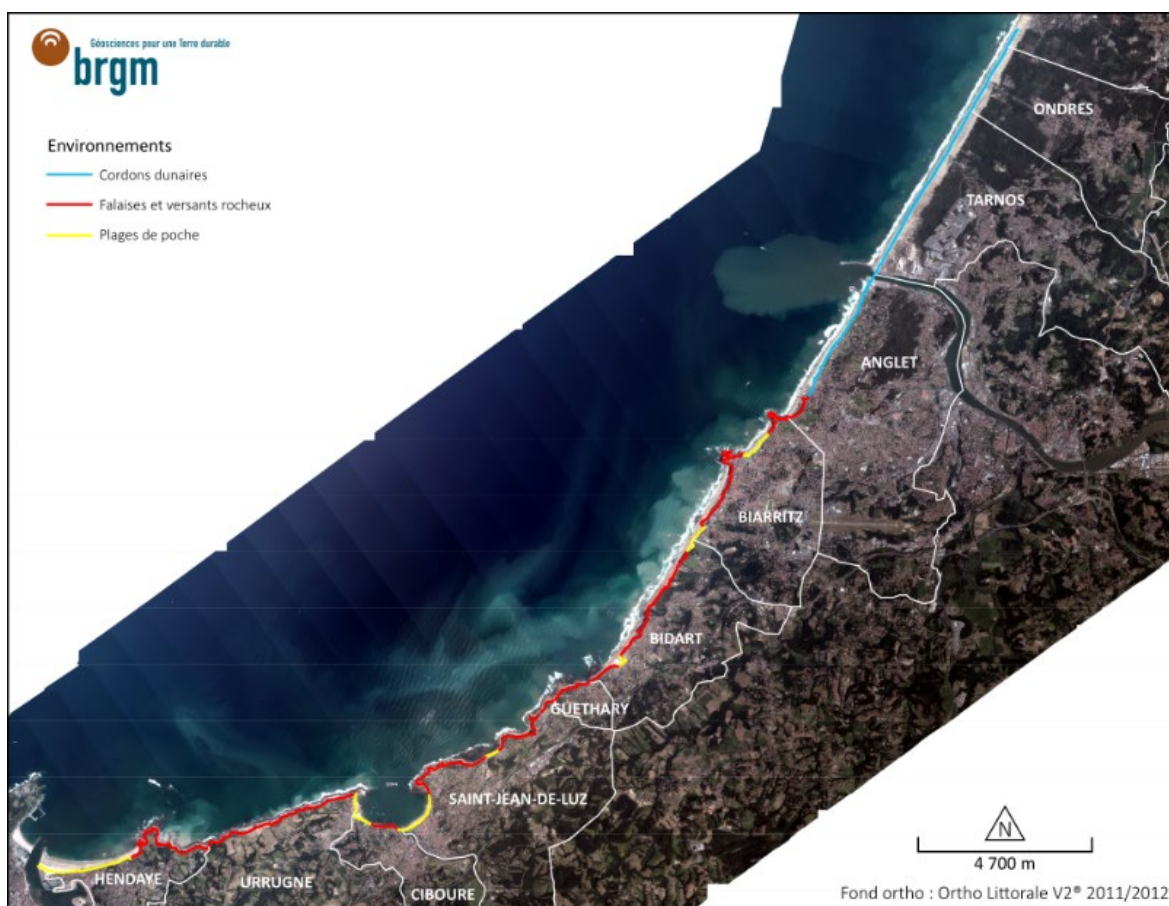


Illustration 2 - Cartographie des environnements littoraux présents sur le littoral du Seignanx et du Pays basque

Les cordons dunaires sont présents au nord du secteur d'étude, sur les communes d'Ondres, Tarnos et Anglet, pour un linéaire de 11,5 kilomètres. Les falaises et versants rocheux couvrent, sur 30,1 kilomètres, la majorité sud du linéaire d'étude, depuis le sud d'Anglet jusqu'à Hendaye. Enfin, les plages de poche occupent une portion réduite du littoral (8,2 kilomètres) au droit des débouchés des fleuves côtiers de l'Uhabia, de l'Antereneko Erreka (ou Grand Isaka), de la Nivelle et de l'Untxin, de la Bidassoa (Illustration 28), ou d'anciennes vallées aujourd'hui disparues de la côte des Basques ou de Milady-Illbarritz.

Ces environnements littoraux conditionnent la mobilité du trait de côte, offrant au littoral des configurations spécifiques : nature de l'estran, disponibilité en sédiments, pentes, caractéristiques mécaniques, exposition aux agents dynamiques, etc. L'OCNA détermine ainsi les descripteurs du trait de côte les plus adaptés pour retranscrire les dynamiques d'évolution du littoral néo-aquitain. Au droit du secteur d'étude, il s'agit du pied de dune (rupture de pente concave) pour les cordons dunaires, du pied de cordon (rupture de pente concave) pour les plages de poche, et les sommets de falaise (rupture de pente convexe) pour les falaises et versants rocheux (Illustration 3 et Illustration 4).

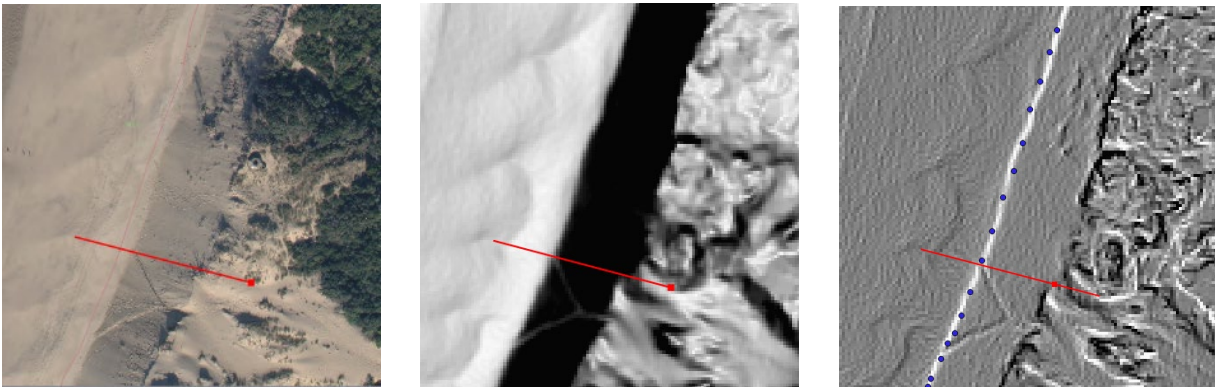


Illustration 3 - Orthophotographie couleur RVB (à gauche), pentes issues du MNT LiDAR (au centre) et courbure longitudinale (à droite) ; OrthoExpress®IGN, Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ; pointillés bleus = pied de dune mesuré au D-GPS lors de la mission de 2016 (extrait de Bernon et al., 2022)

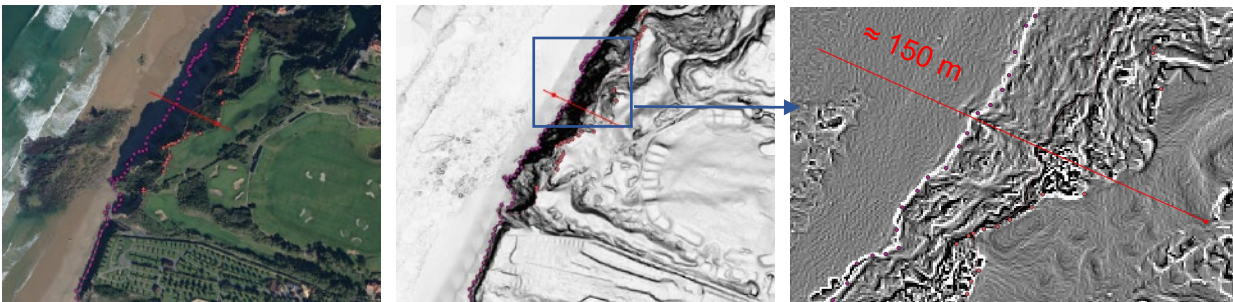


Illustration 4 - Bidart : orthophotographie couleur RVB (à gauche), pentes issues du MNT LiDAR (au centre) et courbure longitudinale (à droite) ; OrthoExpress®IGN, Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ; pointillés violets = pied de falaise et pointillés rouges = sommet de falaise, mesurés au D-GPS lors de la mission de 2016 (extrait de Bernon et al., 2022)

2.1.2. Agents dynamiques météo-marins

Les agents dynamiques météo-marins sont responsables de sollicitations mécaniques ou chimiques s'exerçant sur le littoral et responsables de son évolution. Un rapide exposé des caractéristiques des principaux agents dynamiques présents sur les littoraux du Seignanx et du Pays basque est proposé dans les paragraphes suivants.

a) Eustatisme et mouvements verticaux du sol

L'observation du niveau moyen de la mer est opérée par le Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom). Le niveau de la mer est fonction de plusieurs composantes tels que la marée et les états de mer, mais il est aussi influencé par les vents, la nature et la morphologie des fonds. Sa mesure s'effectue localement au niveau de marégraphes. Au travers du réseau RONIM (Réseau d'observation du niveau de la mer), le Shom opère et

entretient cinquante marégraphes sur les côtes de France métropolitaine et outre-mer. Au droit du secteur d'étude, le marégraphe de Saint-Jean-de-Luz appartient à ce réseau en tant que marégraphe de référence, où les niveaux marins moyens sont mesurés et diffusés dans les Références altimétriques maritimes (Shom, 2022).

Le niveau marin moyen mesuré au port de Saint-Jean-de-Luz est de 2,51 m par rapport au zéro hydrographique. Ce dernier correspondant à -2,173 m NGF-IGN69, le niveau marin moyen au port de Saint-Jean-de-Luz est de 0,337 m NGF-IGN69.

Les mouvements verticaux du sol peuvent actuellement être estimés à partir de deux sources : le réseau SONEL (Système d'observation du niveau des eaux littorales) à l'aide de stations GNSS (*Global Navigation Satellite System*) et le *Copernicus European Ground Motion Service* (EGMS). Les données de la station GNSS de Socoa, couvrant la période de fin 2005 à actuellement, indiquent un mouvement vertical du sol de -1,53 +/- 0,23 mm/an, d'après l'analyse produite par l'Université de La Rochelle (Gravelle *et al.*, 2023). Le service Copernicus EGMS fournit, au sein de la bande littorale correspondante au secteur d'étude, une tendance comparable de -1,36 mm/an (erreur quadratique moyenne de 1,08 mm) pour la période 2018-2022. Étudié à l'échelle européenne comparativement aux données GNSS, il a été démontré l'existence d'un biais dans l'estimation des vitesses de mouvements verticaux du sol, lié au référentiel géodésique utilisé pour calibrer le service Copernicus EGMS (Thieblemont *et al.*, 2024). Ce biais, pour le sud-ouest de la France, est de 0,65 mm/an. Ces informations confirment les résultats de l'étude de Thieblemont (2024), qui suggèrent que les plaines côtières européennes s'enfoncent à un taux de l'ordre de 1 mm/an. Cette valeur sera retenue dans les hypothèses de travail pour l'établissement des scénarios de projection du trait de côte au droit des cordons dunaires (cf. chapitre 5.1.4).

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

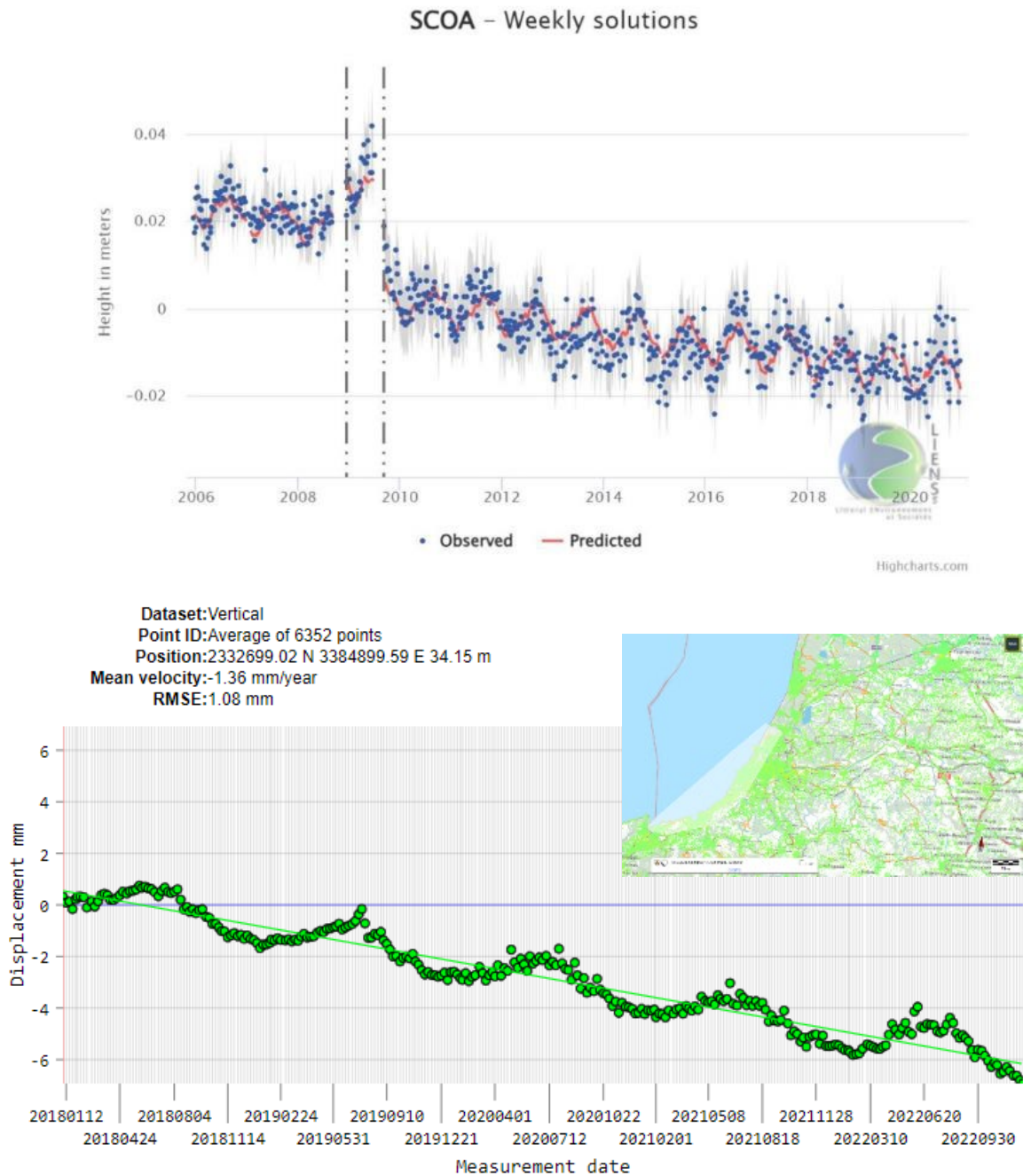


Illustration 5 - Mouvements verticaux du sol mesurés à proximité du secteur d'étude : en haut, station GNSS de Socoa (<https://www.sonel.org/?page=gps&idStation=835>) ; en bas, données du service Copernicus EGMS (<https://egms.land.copernicus.eu/>) ; les points de la bande côtière sur laquelle l'analyse s'appuie se trouvent dans le polygone blanc de l'extrait cartographique

b) Etats de mer

Dans le secteur d'étude, l'houlgraphe d'Anglet appartenant au réseau Candhis⁶ fournit la plus longue série temporelle, exploitée en 2023 dans le rapport d'analyse du Cerema, égale à 10,37 ans (Cerema, 2023). Situé à plus de 6 km au large d'Anglet, où la profondeur est de 50 mètres, il fait état d'une climatologie moyenne des houles avec des incidences ouest / nord-ouest à nord-ouest en très grande majorité, dont 80% des vagues ont une hauteur significative (H_{m0} , moment d'ordre 0 de la densité spectrale des hauteurs des vagues) inférieure à 2,45 m et 50% inférieure à 1,40 m, pour des périodes comprises majoritairement entre 8 et 14 s. Ces états de mer présentent un régime saisonnier, où les H_{m0} sont inférieures, pour 80% des valeurs mesurées, à 1,72 m en été (avril à septembre) et 3,06 m en hiver (janvier à mars et octobre à décembre), et comprenant des périodes de pics plus élevées durant la saison hivernale.

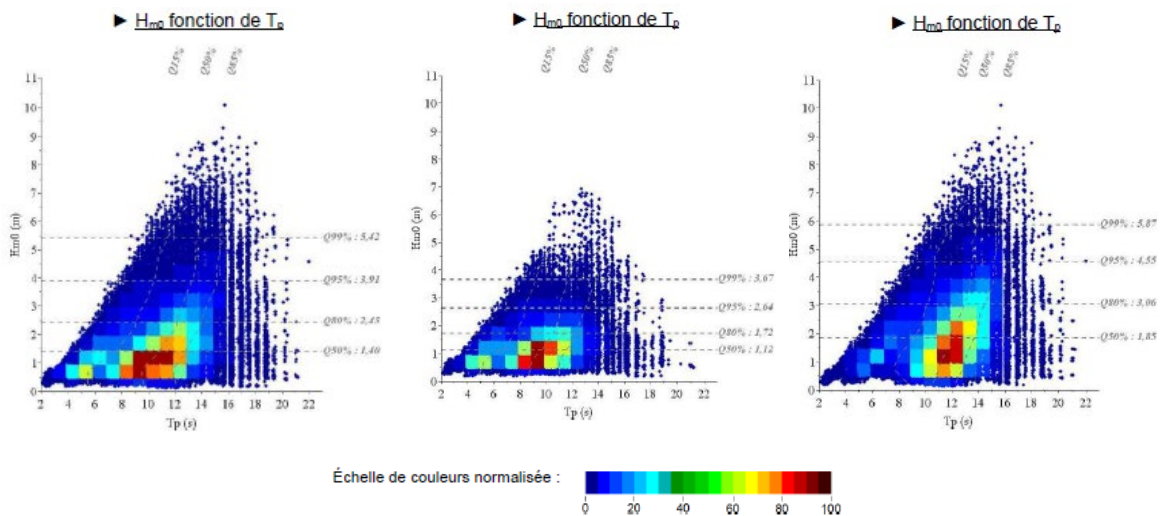


Illustration 6 - Analyses statistiques des états de mer mesurés à l'houlgraphe d'Anglet (bouée Candhis n°06402) (source : <https://candhis.cerema.fr/>)

Dans le cadre du programme de recherche MAREA, porté par le Groupement d'Intérêt Scientifique Littoral Basque, une analyse des états de mer à l'aide des données CFSR⁷ a été produite par le BRGM (Nicolae Lerma *et al.*, 2019) au droit de Bidart. Elle est reprise ci-après.

Les roses des houles représentées ci-dessous (Illustration 7 et Illustration 8) indiquent le pourcentage des houles (hauteurs significatives des vagues) en fonction de leur direction de provenance. Pour 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 (Illustration 7). 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.

⁶ <https://candhis.cerema.fr/public/campagne.php>

⁷ Climate Forecast System Reanalysis : <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/climate-forecast-system-reanalysis-cfsr>

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

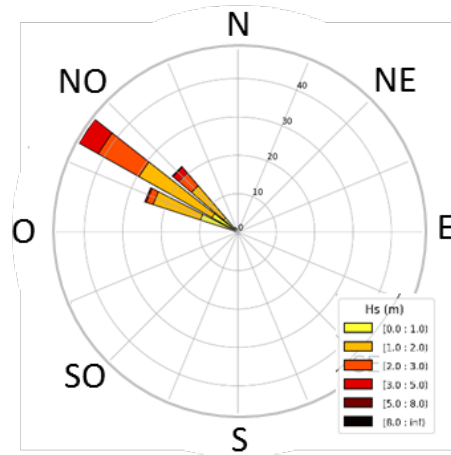


Illustration 7 - Rose des houles sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019) (Nicolae Lerma et al., 2019)

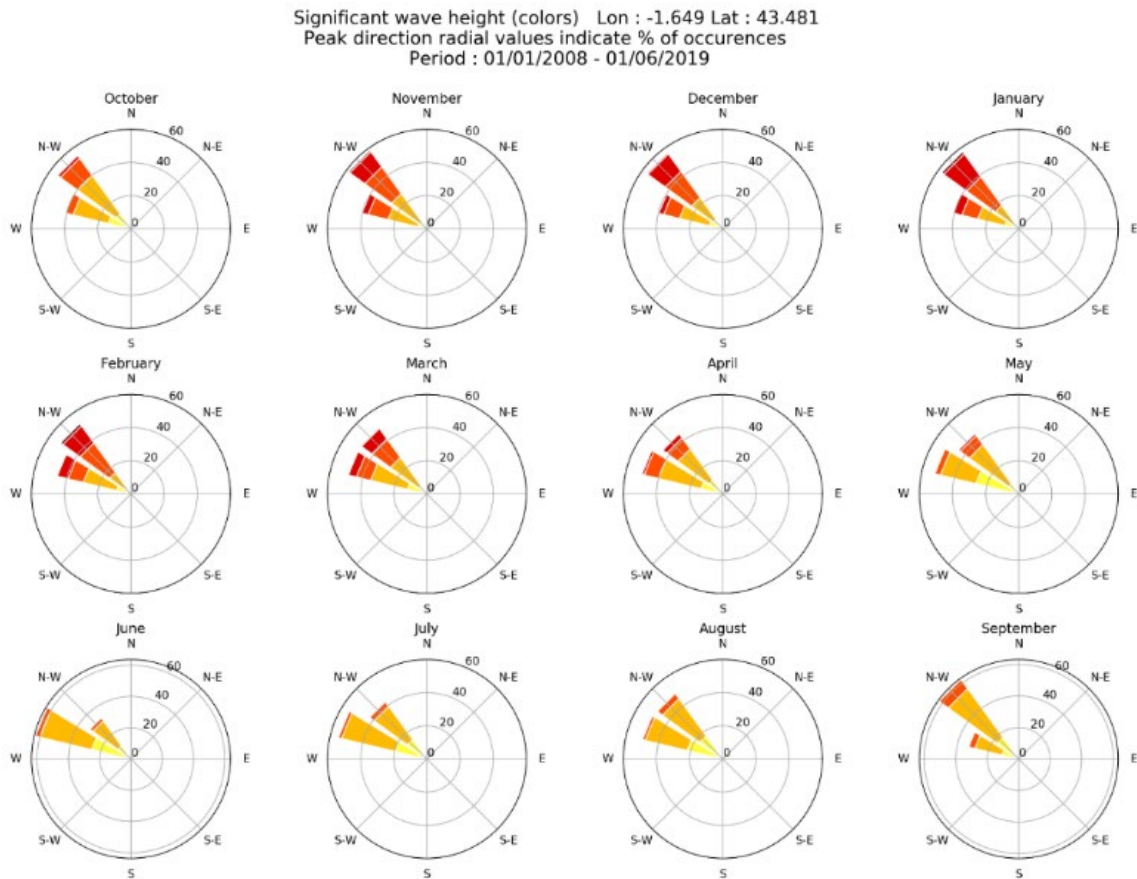


Illustration 8 - Distributions mensuelles des vagues sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019), échelle d'intensité des hauteurs de vague disponible dans l'illustration 7

c) Marée

Sur la côte du sud-ouest de la France, la marée est de type semi-diurne avec une période de 12h25'. Pour des marées de vives-eaux moyennes (coefficients de 95), le niveau moyen de la mer mesuré au marégraphe de Saint-Jean-de-Luz est de 4,35 m/ZH (soit 2,177 m NGF) à marée haute et de 0,60 m/ZH (soit -1,573 m NGF) à marée basse (Shom, 2022).

L'action de la marée sur la morphologie côtière est double :

- elle modifie le niveau d'action des houles sur l'estran et module ainsi le temps d'action des processus hydrodynamiques sur le profil de plage ;
- elle engendre d'importants courants alternatifs dans les zones d'embouchure (comme l'Adour) qui peuvent ainsi constituer une véritable barrière hydraulique agissant sur la dérive littorale des sédiments ; le terme « d'épi hydraulique » est fréquemment employé pour caractériser ce phénomène.

Sur les plages, en dehors des contextes particuliers des embouchures, les courants de marée sont négligeables par rapport à ceux induits par la houle (Castelle et Bonneton, 2006). Déjà relativement faibles au large (0,25 m/s d'après Lorin *et al.*, 1979), leur vitesse décroît progressivement vers la côte, limitant ainsi fortement leur rôle dans la dynamique littorale.

En revanche, les variations de l'altitude du plan d'eau (marnage en association avec les surcotes) influent sur la morphologie et la largeur des plages. Elles contrôlent également le niveau maximum et la durée d'attaque des vagues sur le haut de plage et au-delà du trait de côte (dune, falaise, versant rocheux).

d) Vents

Dans le cadre du programme de recherche MAREA, porté par le Groupement d'Intérêt Scientifique Littoral Basque, une analyse des conditions de vents à l'aide des données CFRS a été produite par le BRGM (Nicolae Lerma *et al.*, 2019) à Bidart. Elle est reprise ci-après.

La base de données CFRS propose des chroniques de vitesse et direction 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, couvrant la période de janvier à 2008 à mai 2019 (Illustration 9 et Illustration 10).

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 secteur sud avec des intensités supérieures à 10 m/s, ou de secteur est avec des valeurs supérieures à 5 m/s. La période d'avril à septembre est plus clémente avec des vents majoritairement inférieurs à 5 m/s, principalement issus du quart nord-ouest.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

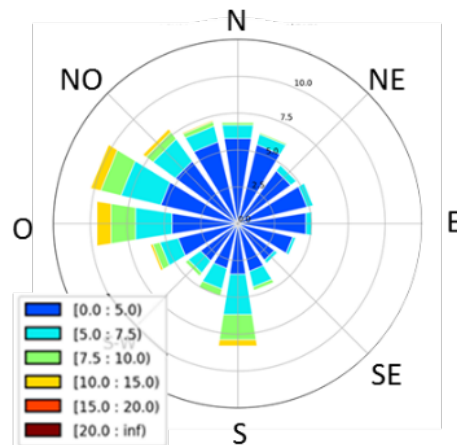


Illustration 9 - Rose des vents sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019) (Nicolae Lerma et al., 2019)

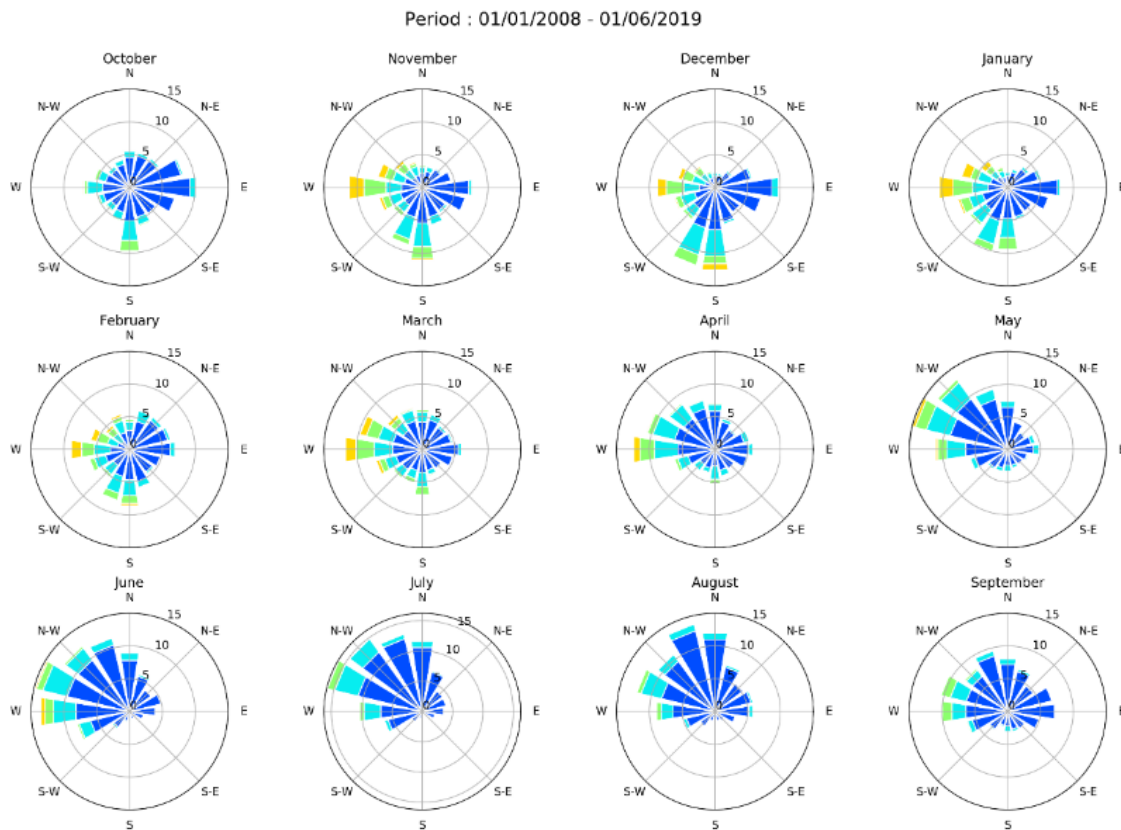


Illustration 10 - Distributions mensuelles des vents sur le site de Bidart (données CFSR, période de janvier 2008 à mai 2019) ; échelle d'intensité des vents disponible à l'illustration 9 (Nicolae Lerma et al., 2019)

e) Conditions météorologiques

Le Seignanx et le Pays basque bénéficient d'un climat océanique, doux et aux pluies abondantes, influencé par la proximité du massif pyrénéen, accentuant les précipitations comparativement au reste de la façade océanique métropolitaine.

Une description du régime de précipitations et des températures au droit du secteur d'étude est proposée à l'aide de la station Météo-France de Biarritz⁸, dont les enregistrements ont débuté en 1921. Les normales mensuelles de précipitations sont représentées sur l'illustration 11. Elles illustrent le climat océanique qui règne sur le site d'étude, avec des précipitations conséquentes tout au long de l'année, supérieures à 100 mm/mois de septembre à mai, distinguant une saison estivale de juin à août, aux précipitations légèrement moins marquées, comprises entre 75 mm et 100 mm/mois. Il pleut tout au long de l'année avec une moyenne mensuelle comprise entre 8 et 14 jours par mois. Les normales annuelles calculées pendant la période 1991-2020 témoignent d'une pluviométrie annuelle à hauteur de 1 473,6 mm/an, répartis sur 141,1 jours de pluie. Ces valeurs figurent parmi les plus importantes de France métropolitaine. On notera toutefois un gradient positif nord-sud, en terme de précipitations annuelles, s'exprimant au droit du secteur d'étude : les littoraux du Seignanx et du nord du Pays basque ont une pluviométrie annuelle moindre que le sud du Pays basque.

Normales mensuelles

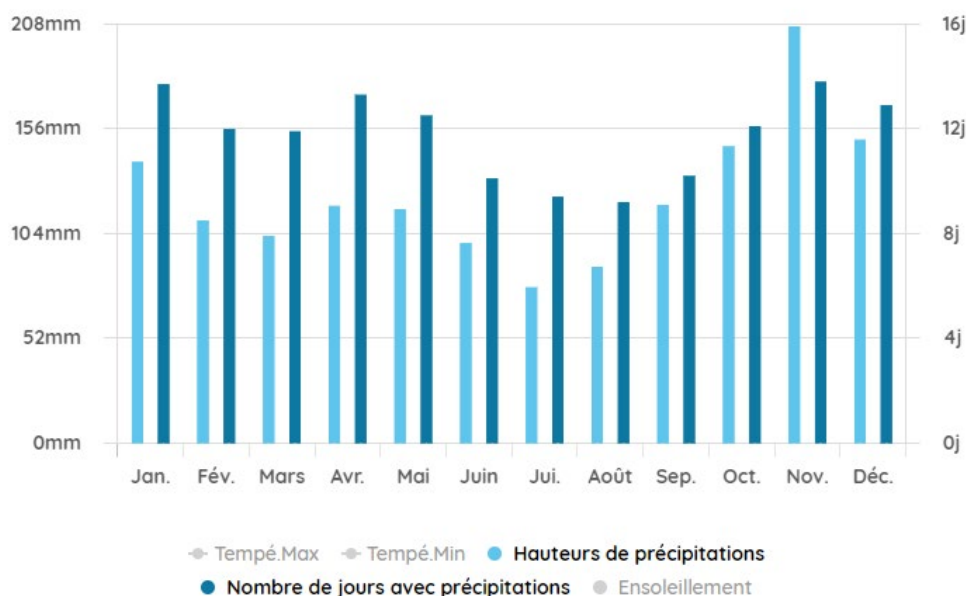


Illustration 11 - Régime de précipitations à la station Météo-France de Biarritz-Pays basque, au cours de la période 1991-2020

Les normales mensuelles de températures à la station Météo-France Biarritz-Pays basque traduisent également le climat océanique doux qui règne sur le secteur, avec des températures moyennes mensuelles comprises entre 14,5°C et 25,1°C de juin à septembre, et entre 4,9°C et 12,9°C de décembre à février. L'ensoleillement dépasse les 110 heures de soleil par mois, les ¾ de l'année, les minimums pour cette variable se produisant entre les mois de novembre et janvier.

⁸ <https://meteofrance.com/climat/normales/france/nouvelle-aquitaine/biarritz-pays-basque>

Normales mensuelles

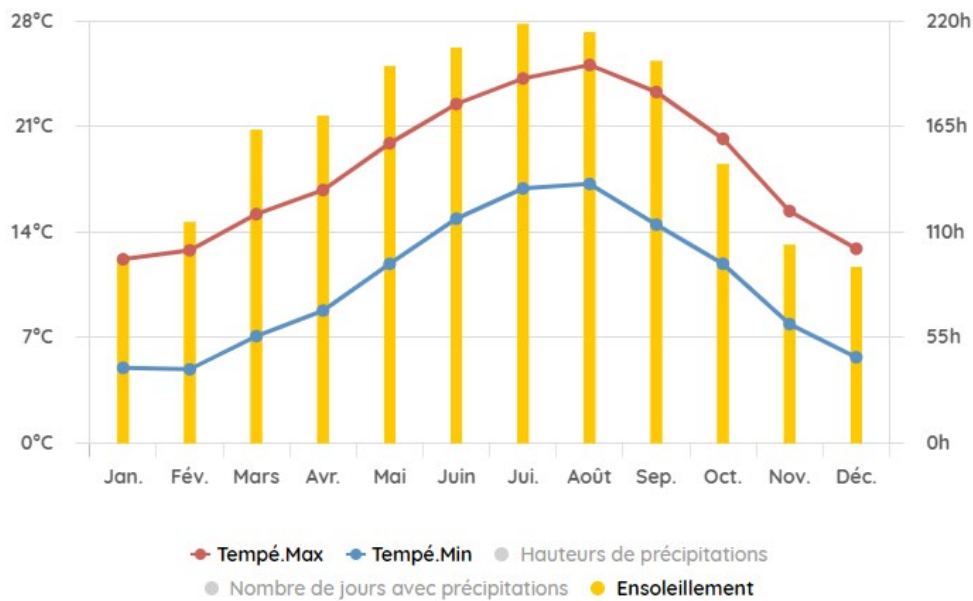


Illustration 12 - Normales mensuelles de températures (min - max) et durées mensuelles d'ensoleillement pendant la période 1991-2020

2.2. DECOUPAGE DU SECTEUR D'ETUDE EN CELLULES HYDROSEDIMENTAIRES ET SECTEURS D'EVOLUTION HOMOGENES

Considérant les contextes géologiques et géomorphologiques des littoraux du Seignanx et du Pays basque d'une part, et les agents dynamiques météo-marins qui s'y expriment d'autre part, les évolutions de la frange littorale se comportent de manière distinctes et variées. Il est toutefois possible de considérer des portions de la frange littorale du secteur d'étude pour lesquelles les évolutions du littoral sont homogènes, dans le temps et dans l'espace. Ils sont décrits dans différents documents existants et repris ci-après. La description du contexte géologique au droit du secteur d'étude a fait l'objet d'un travail spécifique et est abordé en détail dans le chapitre 3.

2.2.1. La cellule hydrosédimentaire du sud des Landes

Les littoraux d'Ondres et Tarnos sont situés dans la cellule hydrosédimentaire 6 « Nord Adour » (BRGM et ONF, 2018), dont les limites nord et sud correspondent respectivement au gouf de Capbreton et à l'embouchure de l'Adour (Illustration 13). L'orientation du trait de côte nord - nord-est / sud - sud-ouest est globalement perpendiculaire aux houles incidentes de cette région du Golfe de Gascogne (cf. chapitre 2.1.2). Il en résulte un transport sédimentaire parallèle au rivage réduit et des pentes de plage raides comparativement à celles du littoral landais plus au nord. Les estimations de flux de sédiments à Labenne sont de 150 000 à 160 000 m³/an, avec une résultante de quelques dizaines de milliers de m³/an orientée du sud vers le nord (Idier *et al.*, 2013).

Plus précisément, les littoraux d'Ondres et Tarnos se situent dans la sous-cellule hydrosédimentaire 6.2, dont les principales caractéristiques sont décrites dans les chapitres suivants (BRGM et ONF, 2018).

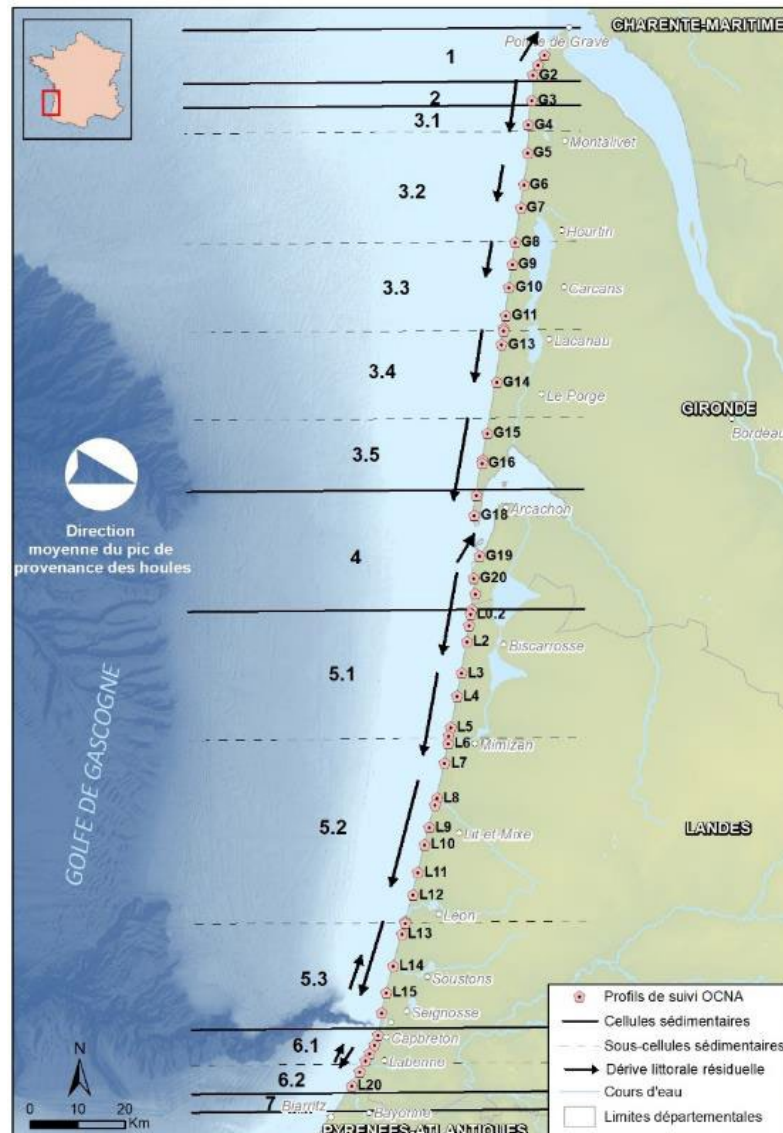


Illustration 13 - Cartographie des cellules hydrosédimentaires de la côte aquitaine (source : Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine)

a) Type de plage

Le type de plage qui caractérise ce petit secteur, au nord de l'embouchure de l'Adour, est remarquable par :

- un sable de plus en plus grossier, comparativement au littoral situé plus au nord ;
- une pente de la plage forte à très forte : les profils relevés au printemps par l'OCNA⁹, pendant la période 2008-2024, témoignent, entre les cotes de 7 m NGF et 2 m NGF, d'une pente classiquement de l'ordre de 7 à 8% à Ondres (profil L19) et de 7 à 9% à Tarnos (profil L20, Illustration 14) ;
- un profil estival en haut de plage, avec souvent une double berme sur laquelle se forment fréquemment des croissants de plage ;

⁹ <https://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/Fiches-transect-Cote-sableuse>

- une altitude du pied de dune plus élevée qu'au nord (généralement supérieure à la cote 7 m NGF/IGN69) ;
- une enveloppe de variabilité non négligeable de la plage entre les profils estivaux et hivernaux, croissante en direction du bas de plage (enveloppe, Illustration 14).

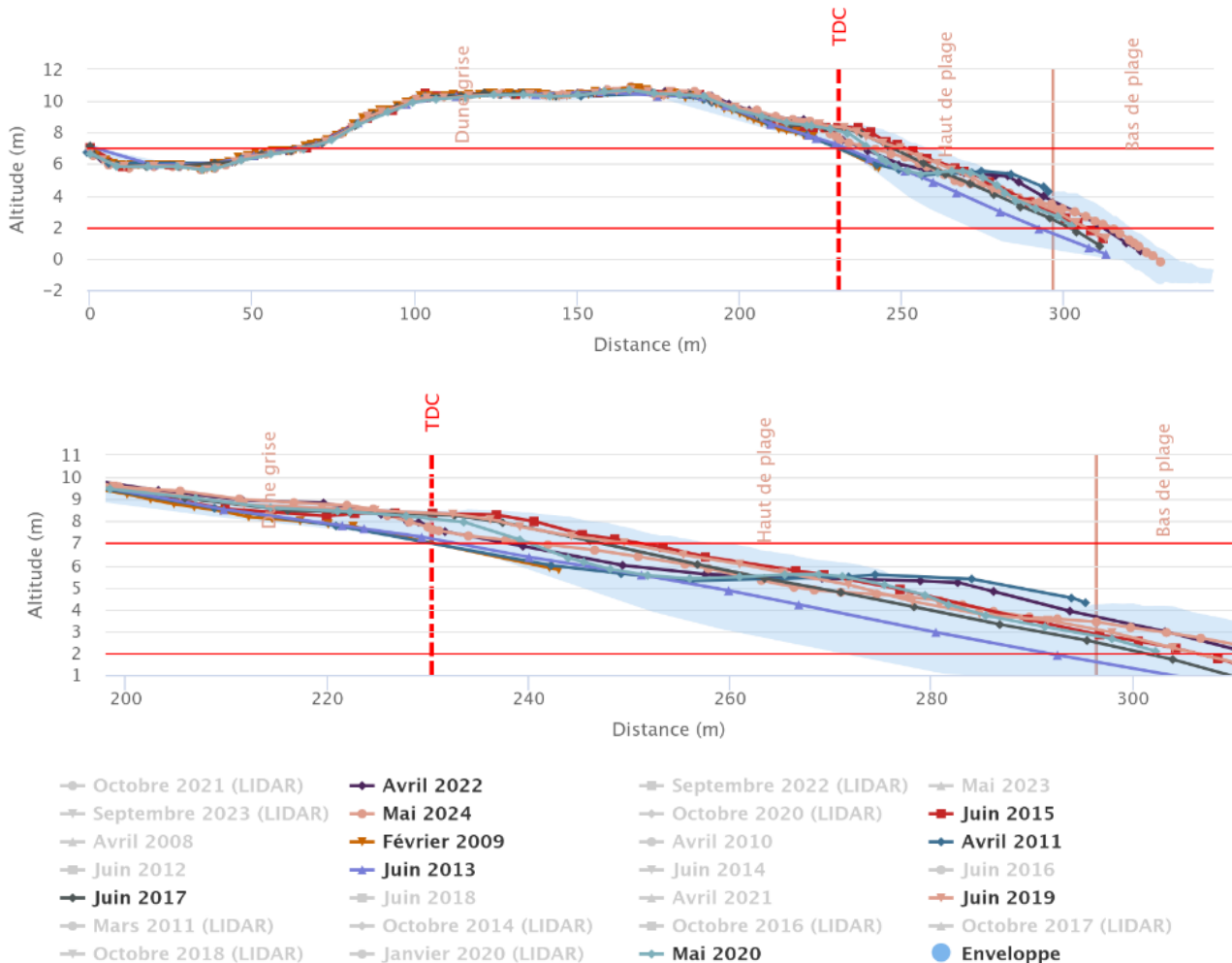


Illustration 14 - Morphologie et évolutions du profil plage-dune (en haut) et du haut de plage (zoom, en bas) relevés au printemps, à Tarnos, par l'OCNA, pendant la période 2009-2024, au droit du profil L20-La Butte de Tir (bien que relevés annuellement, et complétés par des profils topographiques LiDAR à l'automne, seuls quelques profils sont représentés ici par souci de lisibilité)

Cette sous-cellule se distingue par de petites barres intertidales, relativement parallèles à la côte, dont les chenaux de vidange, perpendiculaires au trait de côte, sont marqués. Il s'agit de barres quasi-symétriques rattachées à la plage en leur milieu. La double berme en croissants est fréquente (Illustration 15).



Illustration 15 - Morphologie des plages au niveau de la sous-cellule sédimentaire 6.2, en 2000 et 2016 (les tirets rouges soulignent la double berme en croissants)

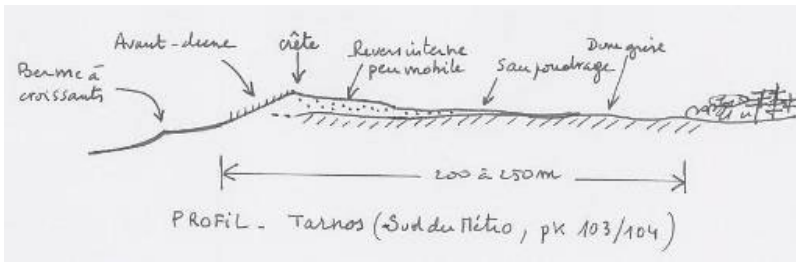
b) Type de dune

Le cordon dunaire, étalé et de faible altitude, est caractérisé par l'absence de traces d'érosion et la présence quasi-systématique d'une avant-dune généralement en continuité avec la plage. Pour autant, la dynamique éolienne y est faible. Ainsi, la dune blanche à Gourbet y est très peu développée voire absente : une transition rapide s'opère entre l'avant-dune à Agropyron et le revers interne semi-fixé. Les faciès externes du cordon dunaire (avant-dune généralisée et établie notamment) dans ce secteur sont les signes d'une longue période de répit de l'érosion marine. La morphologie observée en 2016 est comparable à celle décrite en 1998, attestant de l'équilibre du système dunaire au sein de cette sous-cellule (Illustration 16).

La digue nord de l'Adour, sur laquelle viennent s'accoler les sables transportés par la dérive littorale, accroît probablement la durabilité de cet équilibre.

Le cordon dunaire est ici très original par rapport au cordon de type « aquitain ». En effet, le bombement frontal, de type "avant-dune bien établie", n'est pas adossé à un cordon plus volumineux remanié par l'homme, mais à une dune grise accolée à une lisière forestière.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans



1. berme à croissants
2. avant-dune en continuité avec le haut de plage
3. revers interne du cordon littoral
4. saupoudrage de l'arrière-dune sur une faible épaisseur
5. dune grise
6. lisière forestière à chêne-liège

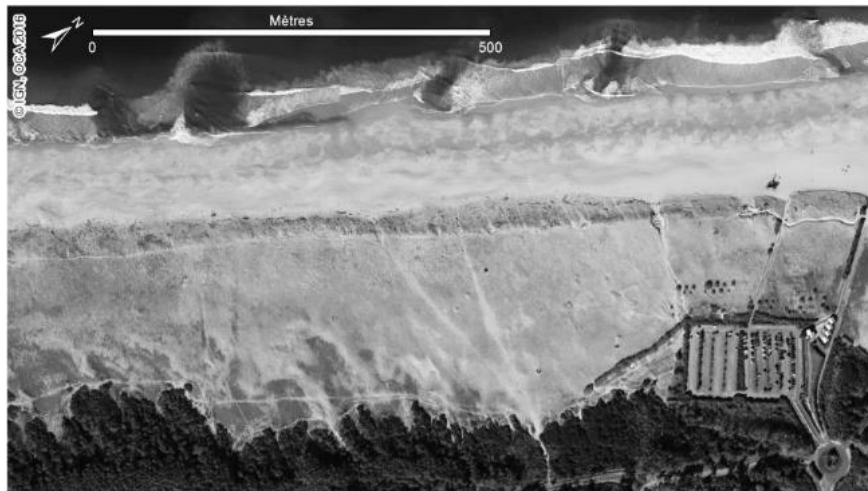
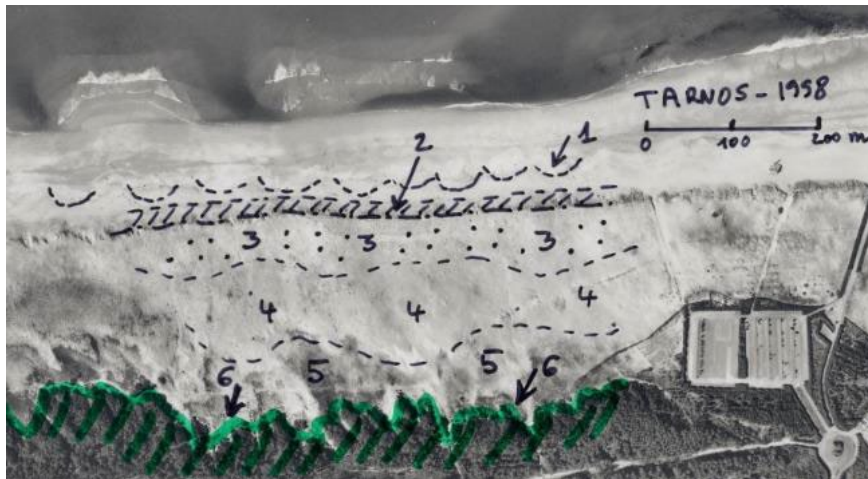


Illustration 16 - Morphologie de la dune au droit de la sous-cellule 6.2, de Capbreton à l'Adour en 1998 (en haut) et 2016 (en bas) (source : BRGM et ONF, 2018)

c) Type de contact entre plage et dune

Le contact dune/plage est doux et progressif, en raison de la présence quasi-uniforme d'avant-dunes bien développées (Illustration 17).

La berme est bien marquée dans la topographie de la plage, l'avant-dune la prolonge plus à l'ouest en pente douce jusqu'au sommet de la dune. Il n'y a pas de falaise dunaire dans ce secteur.



Illustration 17 - Type de contact dune/plage au droit de la sous-cellule 6.2 (au droit du profil L20 - La Butte de Tir, relevé par l'OCNA, le 22/05/2024). Le haut de plage est très riche en sable, et le contact avec la dune grise se fait sans rupture par accolement de la berme à une avant-dune bien végétalisée.

2.2.2. Le littoral d'Anglet

A l'extrémité sud du système des dunes littorales d'Aquitaine, cette dernière cellule trouve sa place entre l'embouchure de l'Adour et la Pointe Saint-Martin, laquelle marque le début de la côte rocheuse du Pays basque. Elle concerne intégralement le linéaire côtier sableux de la commune d'Anglet. La plage de 4,5 km de long et d'orientation 31°N est bordée par un système dunaire peu important et fortement masqué par l'urbanisation de la ville d'Anglet. Le transit de sédiments sous l'action de la dérive littorale (flux *longshore*) est, d'après le Cerema (2020), estimé avec une résultante orientée vers le nord à hauteur de 100 000 m³/an (LCHF, 1981). On notera le caractère alternatif marqué du courant sur cette côte qui, de par l'orientation du trait de côte, orthogonale aux houles incidentes classiques, est largement influencé par les barres de l'avant-côte.

a) Type de plage

Les plages d'Anglet sont plutôt étroites avec un estran de l'ordre de 100 à 150 m. Des analyses granulométriques récentes (Foulquier, 2020) témoignent d'une prédominance de la fraction des sables grossiers et des graviers (> 400 µm), devant des sables moyens (200-400 µm). Ces derniers se situent sur le bas de plage, les éléments grossiers étant plus représentés dans la partie supérieure du profil de plage. En lien avec la nature des sédiments qui la composent, la zone intertidale présente une morphologie à deux pentes : une pente plus marquée sur le haut de plage (3%) et une pente plus faible en bas-estran (1%). La berme en haut de plage est souvent caractérisée par des croissants de plage, formés dans les matériaux les plus grossiers.

La morphologie générale de la plage est fortement impactée par la présence de la digue de l'Adour et des sept épis qui se succèdent de l'embouchure (plage de la barre) à Biarritz (plage de la Chambre d'Amour). Sur l'estran, des barres internes, associées à des chenaux de vidange perpendiculaires au trait de côte, se développent fréquemment, bien que leur continuité latérale soit perturbée (Illustration 18).

La partie subtidale est caractérisée par des barres sous-marines pérennes, mais dont la géométrie est plus rectiligne que celles présentes le long de la côte aquitaine (Rihouey, 2004).



Illustration 18 - Morphologie des plages dans la cellule hydrosédimentaire 7 des plages d'Anglet

b) Type de dune

Le littoral d'Anglet a été très fortement artificialisé sur l'ensemble du linéaire (Illustration 19). Au nord et au sud, où des ouvrages lourds, murs et épis, ont été installés pour lutter contre l'érosion marine, le cordon dunaire a en partie disparu. Dans la partie centrale, la dune est basse et étroite et, dans son tronçon le plus développé - entre la plage des Cavaliers et la plage de la Madrague - elle se réduit à un simple bourrelet calibré, d'une vingtaine de mètres au maximum de largeur, supportant un sentier piétonnier.



Illustration 19 - Toponymie des plages et principaux aménagements du littoral d'Anglet

c) *Type de contact entre plage et dune*

Dans ce secteur littoral très fortement anthropisé, la plupart des faciès n'ont plus rien de naturel. La plage est systématiquement nettoyée par des moyens mécaniques. Au début de la saison touristique, le sable, que le vent a accumulé en hiver dans des ganivelles, est redistribué sur la plage. Dans la partie sud, le sable qui tend à envahir la promenade aménagée est stocké, cette fois-ci en simple tas, pour être restitué à la plage aux beaux jours.

2.2.3. La côte basque

La géomorphologie et la géologie de la côte basque ont fait l'objet de plusieurs travaux remarquables au cours des 20 dernières années, menés dans le cadre de programmes de recherche ou d'études scientifiques et techniques (Genna, 2004 ; Nédellec, 2005 ; Peter Borie, 2009 ; Garnier et Millescamps, 2014 ; Prémaillon, 2018 ; programmes MAREA et Ezponda). Ce chapitre propose d'en exposer les principales informations qui sont particulièrement pertinentes pour la présente étude. Elle se concentre donc sur l'identification de tronçons aux comportements homogènes vis-à-vis du recul du trait de côte.

A l'échelle du littoral rocheux basque, les études les plus récentes, qui ont porté sur la description du linéaire côtier basque et ses dynamiques d'évolution, sont les diagnostics établis dans le cadre de la Stratégie locale de gestion des risques littoraux de la CAPB (Garnier et Millescamps, a et b, 2014). Ils sont repris en partie et complétés ci-après.

La côte rocheuse basque, longue d'environ 41 km, se situe au sud-est du Golfe de Gascogne, s'étend de la Pointe Saint-Martin au nord (Biarritz) jusqu'à l'embouchure de la Bidassoa (Hendaye). Orientée ENE-OSO, elle contraste avec le littoral sableux quasi-rectiligne du Seignanx et d'Anglet, orienté sensiblement NNE-SSO.

Le littoral se caractérise par des falaises ou versants rocheux dont les hauteurs varient entre 10 m et 70 m et les pentes entre 10° et 90°. L'estran comporte des matériaux issus du démantèlement des falaises, voire de l'estran, fréquemment remaniés et mélangés à des cordons sableux le recouvrant. Dans ces secteurs, la dynamique d'évolution du trait de côte est liée à la dynamique d'évolution des falaises, affectée de mouvements de terrain. Le linéaire de falaise est entrecoupé par des plages de poche (ou de fond de baie), situées entre deux caps rocheux et caractérisées par une topographie basse, siège des exutoires de fleuves côtiers encore présents aujourd'hui (de l'Uhabia, de l'Antereneko Erreka (ou Grand Isaka), de la Nivelle et de l'Untxin, de la Bidassoa ; Illustration 28), ou d'anciennes vallées aujourd'hui sèches de la côte des Basques ou de Milady-Ilbarriz. Ces portions du littoral basque évoluent dans un contexte de plage de poche, remaniant des matériaux fins meubles.

a) Cadre géologique

Le long de ses 41 km de linéaire, la côte basque présente une géologie diversifiée en matière de lithologie et notamment de faciès de flyschs, de déformations structurales et d'altération. Ces caractéristiques s'inscrivent dans un contexte géologique et structural particulier, hérité de l'orogénèse pyrénéenne (Guillen, 2024).

La succession des formations géologiques présentes sur la côte rocheuse, des plus récentes aux plus anciennes, est la suivante (Illustration 20) :

- formations détritiques du Plio-Quaternaire : parmi lesquelles on distingue les colluvions (dépôts de pente issus de l'altération des formations en place), les alluvions (constituées sur le littoral basque de graves à matrice sablo-limoneuse), et les formations dunaires composées de sables moyens à grossiers propres ;
- calcaires et marnes gréseuses de l'Oligocène : il s'agit de séquences de grès calcaires, de calcaires gréseux et de marnes, affleurant au niveau de Biarritz ;
- marnes et marno-calcaires de l'Eocène : alternance de marnes grises et de marno-calcaires gris-blancs, en bancs puissants, que l'on rencontre sur la côte des Basques (Biarritz) et au nord de Bidart ;

- marno-calcaires et flyschs du Crétacé : ils sont constitués d'une alternance souvent décimétrique de marnes et de calcaires ; on retrouve ces formations notamment entre Bidart et Urrugne ;
- argiles gypsifères du Trias : argiles rougeâtres contenant des niveaux de gypse, affleurant au niveau de Bidart.

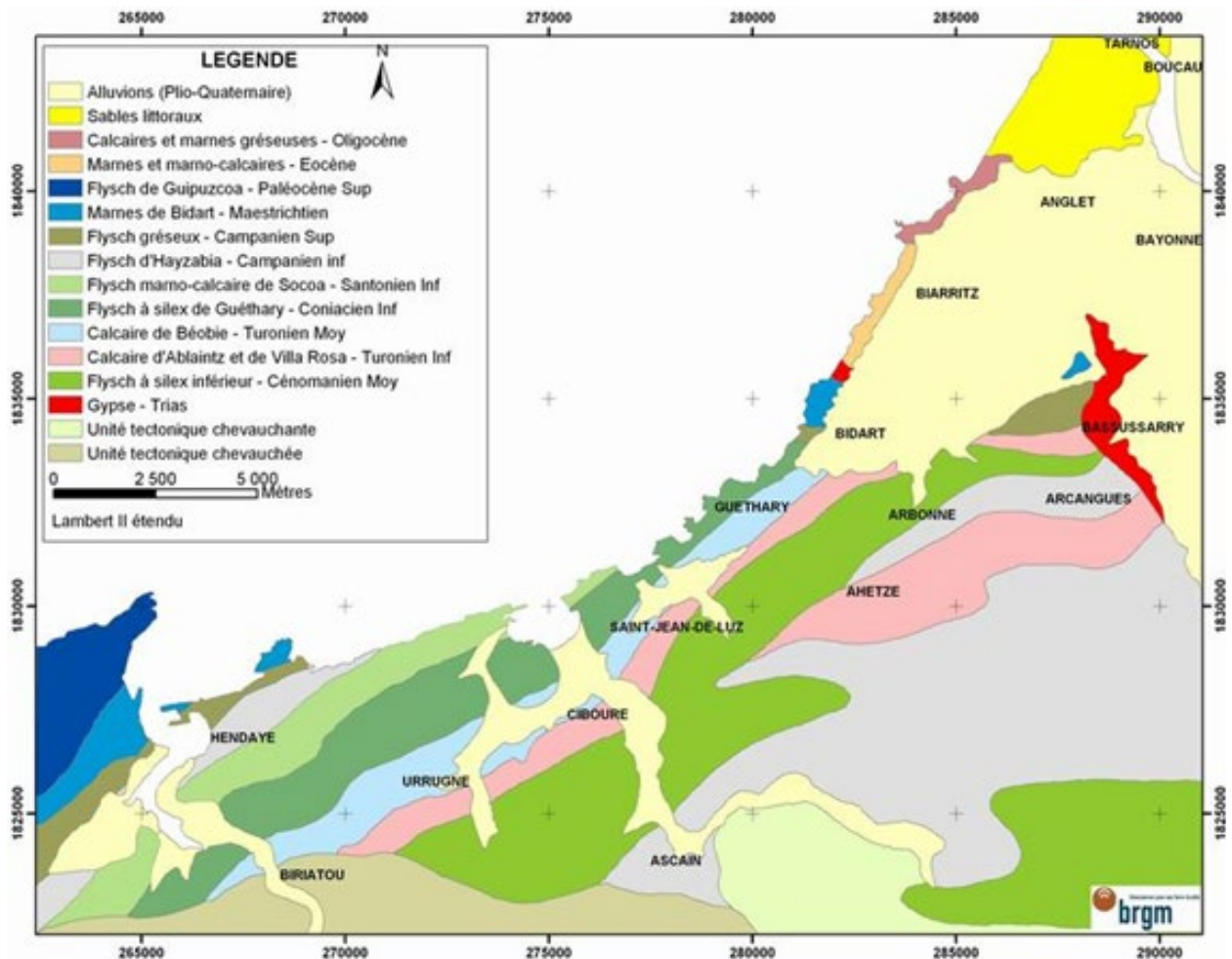


Illustration 20 - Carte lithologique simplifiée et log stratigraphique de la partie occidentale du Pays basque

b) Altération des formations géologiques

Les formations géologiques anté-tectoniques et syn-tectoniques sont altérées mécaniquement et chimiquement par la dissolution des calcaires, l'oxydation et l'hydrolyse des roches, contribuant à leur argilisation (Peter-Borie *et al.*, 2006 dans Guillen, 2024). La dégradation physico-chimique des terrains en place a conduit à la formation quasi généralisée d'altérites sur la côte basque. Ces formations superficielles se développent sur différents types de substratum (marnes, flyschs), et possèdent donc des caractéristiques différentes (Illustration 21). Ces formations se prolongent à l'intérieur du Pays basque jusqu'au pied des premiers reliefs pyrénéens. Les altérites présentent un intérêt fondamental dans l'étude des instabilités. Elles induisent des mouvements de terrain dans toute la zone où elles se développent. Leurs épaisseurs, très hétérogènes, peuvent atteindre 50 m (Peter-Borie *et al.*, 2009-a, 2009-b, 2010).

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

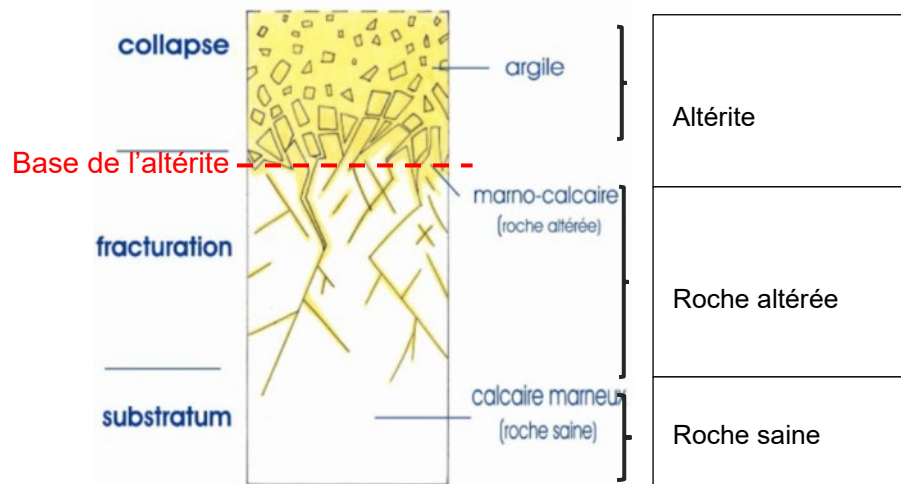


Illustration 21 - Coupe schématique d'un profil d'altération-type dans des calcaires marneux (Genna et al., 2004)

L'altération se développe sur la roche mère (substratum), mais elle s'exprime différemment en fonction de sa nature lithologique. Ainsi, sur le littoral de la côte basque, on observe des altérations très différentes (lithologie et degré d'altération). Les altérites, les mieux représentées en termes d'extension géographique et d'épaisseur, sont celles qui se sont développées sur les flyschs à silex de Guéthary (Illustration 22). Ces faciès d'altération, du fait de leur forte concentration en minéraux argileux et de leur compacité souvent médiocre, sont très défavorables pour la tenue des versants.



Illustration 22 - Glissement de terrain dans les altérites surplombant les flyschs à silex de Guéthary-La Muserie (Aubié et Mathon, 2006)

On notera enfin que certaines falaises, comme au niveau de la Pointe Saint-Martin, du rocher de la Vierge à Biarritz, de la Corniche d'Urrugne, présentent de nombreuses cavités naturelles, issues de la karstification de la roche. Ces cavités procurent une nette fragilité au massif (Illustration 23).



*Illustration 23 - Cavité karstique dans la falaise au droit de la plage Miramar à Biarritz
(© Observatoire de la Côte Aquitaine, janvier 2013)*

c) Discontinuités structurales

Quatre grands types de discontinuités intervenant dans les processus d'érosion et de recul du trait de côte ont été rencontrés sur le littoral basque :

- les plans de stratification qui délimitent chaque banc dans les horizons géologiques. La stratification est subhorizontale, de Biarritz jusqu'à la plage d'Ilbarritz à Bidart, puis, en progressant vers le sud, elle présente des pentes très variables jusqu'à Ciboure (Illustration 24) ;



*Illustration 24 - Stratification régulière des flyschs marno-calcaires de Socoa
(© Observatoire de la Côte Aquitaine, 25/01/2016)*

- les diaclases, qui correspondent à des fractures des compartiments, sans mouvement apparent. Elles sont le plus souvent sub-verticales et favorisent le délitement progressif des couches géologiques ;
- les fractures d'appel au vide sont des grandes fractures de traction, sub-parallèles aux parois rocheuses qui se développent dans les versants très redressés. Elles se produisent par décompression naturelle des versants et provoquent l'apparition de grandes écailles sub-verticales dans les massifs, potentiellement génératrices d'instabilités ;
- les failles, qui sont le produit de la tectonique cassante, sont marquées par un décalage plus ou moins net entre les compartiments. Sur la côte basque, les plus grandes failles présentent une direction N 110° - N 120°, conforme à la structuration des chaînons sub-pyrénéens (Illustration 25).



Illustration 25 - Faille localisée à l'extrémité de la Pointe Sainte-Anne, favorisant la formation d'un sous-cavage (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 08/10/2013)

L'orientation, la densité et la persistance (distance de pénétration dans le massif) de ces discontinuités influent directement sur la stabilité des versants. Les discontinuités contribuent aux phénomènes de chutes de blocs et aux éboulements. Elles constituent par ailleurs des plans de faiblesse vis-à-vis de glissements plans de type "bancs sur bancs", et conditionnent le développement de l'altération.

d) Morphologie côtière

Face à la diversité géologique et géomorphologique des falaises basques, une classification géomorphologique fondée sur la géologie a été proposée par Genna *et al.* (2004), et récemment mise à jour par les travaux de thèse de Guillen (2024). La côte basque présente 7 morphotypes littoraux, dont 5 sont des types de falaises côtières (Illustration 26). Ces morphotypes sont définis selon des combinaisons de critères tenant compte de variations géologiques verticales et latérales (Guillen, 2024), soit :

- le type de déformation tectonique de la stratification (stratification horizontale, inclinée, plissée) ;
- la présence d'altérites ;
- la présence d'alluvions sommitales ;
- la présence de reliefs bas, constitués de dunes ou de formations altérées.



Illustration 26 - Morphotypes côtiers de falaises, définis par Genna et al. (2004a) : A - morphotype 1 au nord de la Pointe Saint-Martin à Biarritz ; B - morphotype 1 à la Pointe Sainte-Anne à Hendaye ; C - morphotype 2 à la Corniche de Bidart ; D - morphotype 3, illustré par le complexe chaotique d'Ilbarritz au nord de Bidart ; E - morphotype 4 à Saint-Jean-de-Luz dans les rochers de la Pointe-Sainte-Barbe ; F - morphotype 5 entre Ciboure et Urrugne (illustration tirée des travaux de thèse de Guillen (2024) ; en blanc, les plans de stratification de la roche (R.) ; en orange, le mur des altérites (Alt.) ; en jaune, le mur des alluvions (Allu.))

Dans le cadre des travaux de thèse de Guillen (2024 ; projet Ezponda), une nouvelle classification a été proposée avec un travail plus affiné des facteurs structuraux, de l'épaisseur des altérites et de la présence d'alluvions. Cette classification a pour objectif d'être plus adaptée à l'étude de l'érosion des falaises (Tableau 1 et Illustration 27).


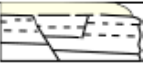






Morphotypes de Genna et al. (2004a)	Nouveaux morphotypes	Schémas	Structures	Couverture altéritique et alluvionnaire	Localisation
1 : roches à stratifications horizontales avec altérites et couverture alluvionnaire	1.1 : roches à stratifications horizontales à oblique avec altérites peu épaisses et alluvions		Sub-horizontale ou pendage oblique	Altérites peu épaisses et alluvions	Anglet et Biarritz
	1.2 : roches à stratifications horizontales avec altérites fortement épaisses		Sub-horizontale ou déstructurée	Altérites fortement épaisses	Hendaye
2 : roches meubles à stratifications déformées avec altérites et couverture alluvionnaire récente	2 : roches meubles conformes obliques avec altérites moyennement à fortement épaisses et alluvions		Pendage conforme oblique à oblique	Altérites moyennement à fortement épaisses avec alluvions	Alternances des deux types à Bidart
3 : roches dures plissées avec altérites et couverture alluvionnaire récente	3 : roches déformées avec altérites moyennement à fortement épaisses et alluvions		Déstructurée		
4 : roches dures plissées avec altérites	4 : Roches déstructurées avec altérites moyennement à fortement épaisses		Déstructurée	Altérites moyennement à fortement épaisses	Guéthary, Saint-Jean-de-Luz et Hendaye
5 : roches dures basculées	5.1 : Roches dures basculées conformes		Conforme	Altérites éparses et peu épaisses	Ciboure à Urrugne
	5.2 : Roches dures basculées non conformes		Non conforme ou déstructurée	Altérites moyennement épaisses	Urrugne
	5.3 : Roches dures basculées conformes altérées		Conforme	Altérites moyennement à fortement épaisses	Hendaye

Tableau 1 - Nouveaux morphotypes des falaises basques, améliorés à partir de la classification de Genna et al. (2004) et des structures et épaisseurs de couverture altéritique et alluvionnaire (Guillen, 2024)

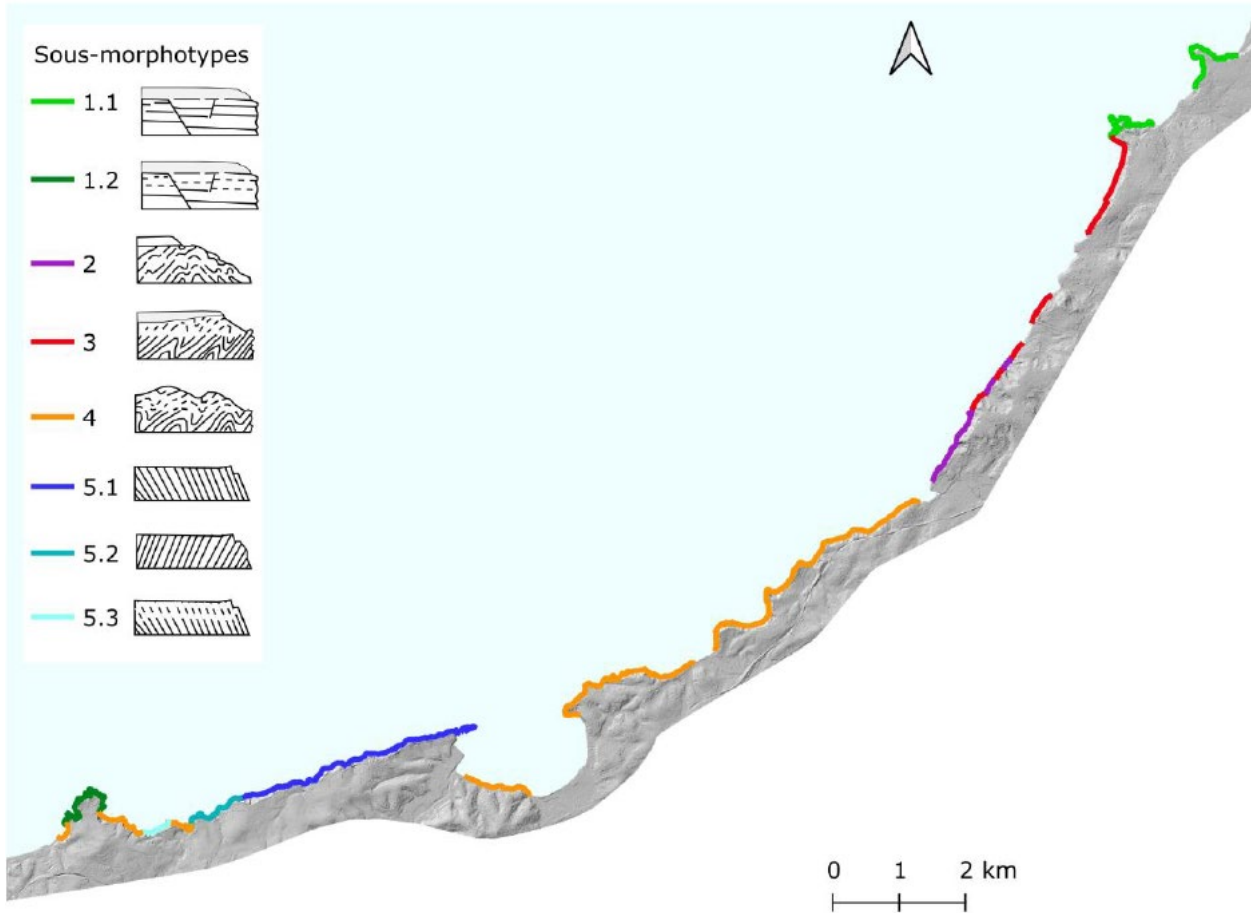


Illustration 27 - Répartition spatiale des morphotypes, améliorés à partir de la classification de Genna et al (2004) et des cartographies détaillées de la couverture d'altérites et d'alluvions, et des structures (Guillen, 2024) (les numéros de morphotypes correspondent aux descriptions du Tableau 1)

e) Contexte hydrologique et hydrogéologique

Le réseau hydrographique du littoral basque est relativement dense avec 173 km de rivières et fleuves (Illustration 28). L'importance et la relative régularité des précipitations (cf. chapitre 2.1.2) font que les cours d'eau sont généralement pérennes.

La présence d'eau est un facteur aggravant des mouvements de terrain (Aubié *et al.*, 2008 ; Peter-Borie *et al.*, 2009a, 2009b). En effet, outre les dégradations mécaniques liées à l'altération qu'elle occasionne, l'eau génère des pressions interstitielles ainsi qu'une diminution de la résistance au cisaillement du matériau ou de ses discontinuités, susceptibles de déstabiliser les terrains. La détermination du rôle de l'eau dans le déclenchement et l'évolution des mouvements de terrain est fondamentale.

Les principaux fleuves côtiers de la côte rocheuse terminent leurs courses par des estuaires argilo-sableux peu profonds. Ils sont, du nord au sud :

- l'Uhabia à Bidart, qui termine sa course par un estuaire d'environ 700 m de largeur ;
- la Nivelle et l'Untxin, qui rejoignent le littoral dans la baie de Saint-Jean-de-Luz ;
- la Bidassoa à Hendaye, aboutissant dans la baie de Chingoudy et marquant la frontière avec l'Espagne.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans



Illustration 28 - Réseau hydrographique de la côte basque

Outre les fleuves côtiers et les talwegs, de nombreuses émergences sont visibles en falaise. Plusieurs types de venues d'eau sont observables (Illustration 29) :

- les venues d'eau naturelles, correspondant aux suintements et autres sources ;
- les venues d'eau anthropiques, correspondant aux émissaires des stations d'épuration, aux rejets des eaux usées, aux canalisations et aux fuites de réseaux.



Illustration 29 - (a) Venue d'eau naturelle sur la plage du Pavillon Royal à Bidart (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 04/12/2013) ; (b) Ruisseau Antereneko Erreka (ou Grand Isaka ou Basarun Erreka), dont le lit est entièrement aménagé au niveau de la plage d'Erromardie à Saint-Jean-de-Luz (© Observatoire de la Côte Aquitaine, Michel Le Collen, 2013)

Les études ont confirmé la présence de deux types d'aquifères distincts et indépendants sur la côte basque, en accord avec les formations géologiques :

- les aquifères libres alluviaux. Le premier système aquifère est formé par les alluvions de l'Adour et de ses affluents, ainsi que les formations mio-plio-quaternaires qui s'étendent entre Anglet et Bidart. Le second système aquifère est formé par les alluvions de la Bidassoa ; il correspond à la nappe alluviale de ce fleuve. En zone aval, et jusqu'à Biriadou, l'influence des marées (intrusion d'eau salée) est notable sur la qualité des eaux de cette nappe. Ces deux aquifères correspondent à un découpage, à petite échelle, qui ne prend pas en compte les aquifères locaux de faibles extensions qui peuvent être le siège de circulations d'eau.
- l'aquifère des flyschs carbonatés. Il correspond au massif rocheux du flysch dont la perméabilité est essentiellement liée à la porosité de fractures et de fissures. Les directions d'écoulement sont fonction de la stratification et de la fracturation. Les circulations d'eau au sein de cet aquifère constituent un facteur de déclenchement prépondérant des instabilités dans ces formations.

Dans la mesure où une bonne connaissance des circulations d'eaux souterraines est nécessaire à la compréhension des mécanismes de déclenchement des instabilités, l'ensemble de ces connaissances hydrologiques et hydrogéologiques est notamment pris en compte pour la caractérisation de l'aléa "mouvement de terrain".

f) Dynamique marine

Les falaises résultent des processus d'érosion littorale qui comprennent les mouvements de terrain et l'érosion marine. Au contact des formations géologiques, l'océan façonne une côte qui forme une falaise et une plate-forme d'abrasion. Cette action marine s'exprime de différentes manières, selon qu'il s'agit de formations dures ou de formations meubles :

- dans les formations meubles, elle entraîne principalement des coulées boueuses et la purge des matériaux glissés en falaise ;
- dans les formations compétentes (dures), elle provoque des phénomènes de dissolution et d'abrasion produisant des cavités et des sous-cavages en pied de falaise (Illustration 30).

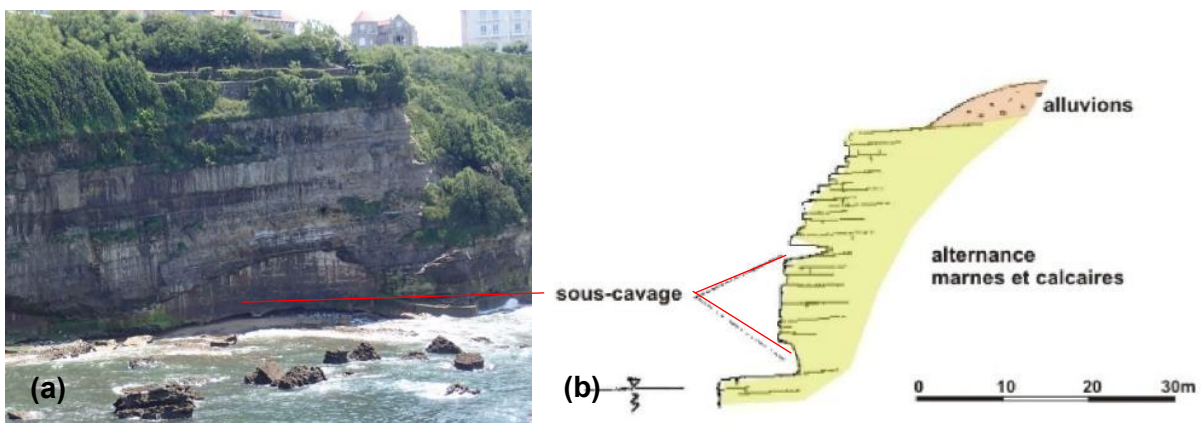


Illustration 30 - (a) Sous-cavage des bancs calcaires à la base de la Pointe Saint-Martin, dans la commune de Biarritz (© Observatoire de la Côte Aquitaine, 24/07/2015) ; (b) Coupe schématique-type de ce tronçon littoral (Nédellec et al., 2005)

La dynamique marine locale a également une action de déblaiement du pied de falaise, contrariant ainsi la formation d'un profil d'équilibre (Pedreros et al., 2009).

L'incidence des houles à la côte est variable suivant les secteurs littoraux considérés de la zone d'étude, en fonction notamment des caractéristiques morphologiques des falaises, versants et des plages de poche, de la nature de l'estran, et des particularités locales de la bathymétrie.

2.3. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE PHENOMENE DE REcul DU TRAIT DE COTE

2.3.1. Cellule hydrosédimentaire 6.2 : le littoral du Seignanx

Les études identifiées traitant de la dynamique du littoral du Seignanx sont des productions de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, dont les principaux enseignements sont exposés ci-après.

L'Atlas morphodynamique de la côte sableuse (BRGM et ONF, 2018) retrace l'historique de l'évolution du trait de côte dans le secteur. Un réexamen des données disponibles par Manaud *et al.* (2001) indique que le trait de côte est généralement stable ou en progression entre 1825 et 1966. De 1966 à 1998, l'avancée a été de l'ordre de 0,5 à 1 m/an.

Cependant, cette tendance à la stabilité voire à l'accrétion n'est pas constante, et des phases de reculs ont été constatées lors de cette période : des témoignages font état de reculs à des vitesses¹⁰ de 1,5 m/an entre 1955 et 1965, à 1,6 km au nord de l'embouchure, et 6,5 m/an, pendant la même période, à 150 m au nord de l'embouchure. Plus globalement, la présence des blockhaus sur la plage au droit du parking « du Métro » traduit un recul certain du trait de côte depuis la Seconde Guerre mondiale.

Ces alternances de phases d'avancée et de recul invitent donc à la prudence en matière de pronostic déterminé à partir des tendances historiques.

Au cours de la période plus récente, entre 1998 et 2009 (Illustration 32), on observe un recul quasi-généralisé du trait de côte de la sous-cellule, avec un maximum de 60 m au droit de Tarnos et de l'ordre de 40 à 50 m à l'embouchure de l'Adour.

Pour la période de 2009 à 2014, un recul du trait de côte de 10 m maximum sur l'ensemble de la sous-cellule est observé, bien que très localement, au nord de la sous-cellule, une entaille d'érosion importante ait incisé le cordon dunaire sur une largeur de l'ordre de 25 m. Ces reculs correspondent en majeure partie aux conséquences des tempêtes de l'hiver 2013/2014 (Illustration 32).

Par ailleurs, l'abaissement des fonds de l'avant-côte a été constaté, en particulier depuis les tempêtes de l'hiver 2013/2014 et aux environs de Tarnos (plage du Métro). Dans ce secteur où la granulométrie des sables est relativement grossière, induisant une pente forte de la plage, ce phénomène d'abaissement renforce l'effet de pente général de la plage, avec un sillon pré-littoral très marqué. L'expression de l'érosion sous la forme d'un abaissement du profil de plage est ici clairement mise en évidence.

L'exploitation des données de suivi des profils de plage au D-GPS et des campagnes LiDAR offre une vision de la dynamique côtière aux échelles interannuelle et saisonnière, pour la période 2008 - 2019 (Illustration 31). Ces analyses témoignent d'une dynamique côtière singulière de la

¹⁰ La vitesse de recul, ou le taux de recul, est une variable fréquemment employée pour caractériser les dynamiques côtières.

cellule sédimentaire 6, comparativement à la majorité du littoral landais. L'analyse de l'évolution de la cote altimétrique de 6 m NGF, au droit des profils L19 et L20 de l'OCNA, respectivement situés à Ondres et Tarnos, traduit un déplacement vers l'ouest de 20 à 25 mètres, entre 2008 et 2019, et une tendance à la stabilité et à l'accrétion au regard des évolutions minimum et maximum de cette cote altimétrique pour l'ensemble de la période. Pour être plus adaptée à ce secteur, une analyse d'une cote altimétrique de 7 à 8 m NGF serait plus représentative de l'évolution du trait de côte.

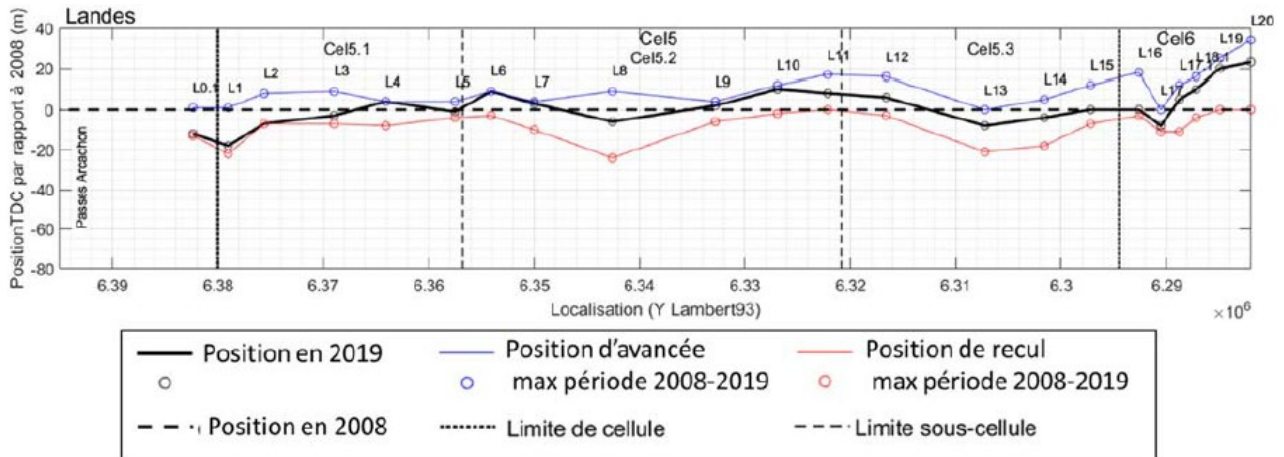


Illustration 31 - Evolution des positions du trait de côte au cours de la période 2008-2019, par profil, le long de la côte aquitaine (Nicolae Lerma et al., 2020)

Entre 2014 et 2023, les entailles d'érosion dans le cordon dunaire ont été comblées à la faveur d'hivers relativement peu énergétiques, comparativement à 2013-2014, sous la forme d'avant-dunes les premières années, jusqu'à une reconstruction complète dans la majorité des secteurs ayant subi les plus forts reculs. Ailleurs, la position du pied de dune a peu évolué dans la moitié nord de la cellule. Il a avancé d'une quinzaine de mètres dans la moitié sud.

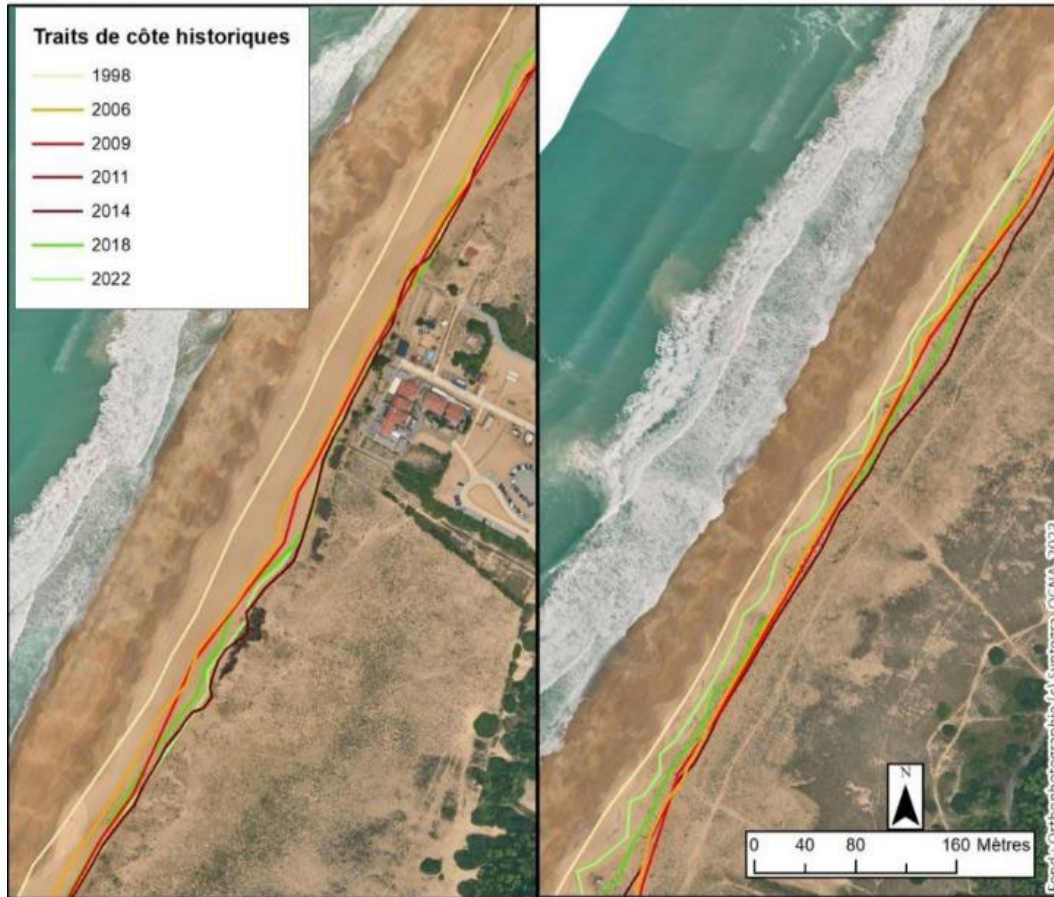


Illustration 32 - Positions historiques du trait de côte au sein de la sous-cellule sédimentaire 6.2

2.3.2. Cellule hydrosédimentaire 7 : le littoral d'Anglet

L'Atlas morphodynamique de la côte sableuse (BRGM et ONF, 2018) retrace l'historique de l'évolution du trait de côte dans le secteur. Cette côte, qui englobe les plages de la commune d'Anglet, a été particulièrement étudiée en raison de la lutte incessante menée dans ce secteur pour à la fois maintenir navigable l'embouchure de l'Adour, et favoriser des enjeux touristiques très importants. L'étude de la dynamique morphosédimentaire des plages d'Anglet, sous l'action cumulée des agents naturels et anthropiques, liés aux clapages côtiers et aux reprofilages (Rihouey, 2022), apporte des informations récentes, notamment sur le fonctionnement hydrosédimentaire du secteur.

a) Aménagements du littoral

Depuis le percement de l'embouchure de l'Adour en 1578, à Boucau-Neuf, et la construction d'ouvrages de fixation du chenal qui ont suivi, jusqu'à la grande digue édifiée en 1966, cette partie extrême de la province sédimentaire aquitaine a été progressivement coupée de l'apport en sables de la dérive littorale nord-sud, en provenance du littoral landais. De même, la Pointe Saint-Martin isole cette zone des apports du sud, car l'approfondissement des fonds côtiers ne permet plus les échanges sédimentaires latéraux entre zones via les plages sous-marines et les petits fonds.

Le démaigrissement progressif des fonds côtiers et l'érosion des plages d'Anglet ont débuté dans les années 1970. Les extractions de sédiments au large ont été stoppées, un protocole a été mis en place pour le rechargement systématique des petits fonds actifs situés devant les plages avec les matériaux (sables grossiers) issus des dragages d'entretien du chenal de navigation.

Entre 1974 et 1979, afin de limiter le recul du trait de côte dans la partie sud des plages d'Anglet, des ouvrages voient le jour : digue sud, arrêtant le courant d'expansion de la houle, et six épis. De cette même période et jusqu'en 1996, les sédiments dragués étaient rejetés au large des plages (celle du VVF à celle des Corsaires). Plus tard, en 1999, les services maritimes de la DDE creusent une fosse de garde, au sud de l'embouchure, afin de servir d'espace tampon et de limiter ainsi l'ensablement du chenal.

Ces différents modes de gestion du littoral ont permis, entre 1973 et 1981, « un retour à un état moins préoccupant avec une sédimentation générale au niveau des fonds de -3 m CM environ (par rapport au zéro hydrographique) et une tendance au retour à l'état initial » (LCHF, 1987). Au sud de l'Adour, les ouvrages de défense et le rechargement constant des plages d'Anglet ont conduit à une quasi-maîtrise des processus érosifs qui n'ont plus de rapport avec une évolution naturelle (Sogreah, 1992).

Ainsi, les plages d'Anglet ont été protégées temporairement de l'érosion par les masses sédimentaires présentes sur la plage sous-marine dans les petits fonds. Ce stock joue un rôle important de dissipation de l'énergie, en favorisant le déferlement des vagues de tempêtes, au large, au niveau des barres subtidales, et protège ainsi le haut de plage de leur impact direct.



Illustration 33 - Plage sableuse d'Anglet (©OCA, 2008) et aménagement piétonnier du cordon dunaire. La gestion hivernale de la plage s'effectue par l'installation de ganivelles pour stocker le sable au niveau de l'interface dune/plage sur le cordon dunaire résiduel.

L'arrêt du clapage dans les petits-fonds en 1990 a entraîné la diminution immédiate et rapide du stock sédimentaire dans toutes les zones. Un bilan permet de montrer que le taux d'érosion est important (de l'ordre de 500 000 m³ par an) et constante depuis 1990 (Rihouey, 2004).

Cela se traduit directement sur la géométrie des plages par une forte augmentation de la pente de l'avant-plage, ce qui limite d'autant plus la dissipation des vagues de tempêtes qui sont alors plus efficaces pour éroder l'estran, et des dégradations sur les ouvrages.

Pour lutter contre ces phénomènes, les clapages côtiers ont repris en 2010 et la CCI Bayonne Pays basque s'est dotée d'une drague pour gérer l'accès au port et les opérations de clapages au droit du littoral d'Anglet. De 2010 à fin 2021, environ 3,2 millions de m³ de sable ont été déposés au droit des plages d'Anglet et un suivi topo-bathymétrique régulier a été mis en œuvre pour évaluer l'efficacité des rechargements d'avant-côte (Rihouey, 2022). Ces opérations de gestion des sédiments sont associées à un reprofilage des plages visant à adoucir leur profil, assurant une meilleure sécurité pour la baignade.

L'analyse des MNT couvrant les petits fonds, par le bureau d'étude Casagec Ingénierie (Rihouey, 2022), établit un historique de l'évolution de la zone subtidale. Il distingue alors deux zones (nord, sud) et trois périodes :

- 1979 - 1990 : L'importante proportion de sables clapés à la côte a engendré une augmentation du volume (taux moyen d'évolution de l'ordre de +160 000 m³/an) dans la partie sud. La partie nord est quant à elle en érosion (taux moyen d'évolution de l'ordre de -105 000 m³/an) ;
- 1990 - 2010 : La diminution brutale puis l'arrêt des clapages côtiers en 2004 a engendré une forte baisse des volumes dans les deux zones (taux moyen d'évolution de l'ordre de -155 000 m³/an pour la partie sud et de -165 000 m³/an pour la partie nord) ;
- 2010 - 2021 : La reprise des clapages côtiers a permis d'inverser cette tendance érosive avec un gain d'environ 3 000 000 m³ (taux moyen d'évolution de l'ordre de +130 000 m³/an pour la partie sud, et de +85 000 m³/an pour la partie nord).

Les relevés topographiques témoignent des évolutions durant la période 2010 - 2021 de la largeur des plages. Concernant le haut de plage, les tendances sont à la stabilité voire à l'élargissement (0 à 20 m) pour les plages situées au nord d'Anglet (de Marinella à la Barre). Les plages sud (des Sables d'Or à la Chambre d'Amour) ont en revanche une tendance au rétrécissement du haut de plage, marqué pour la plage des Sables d'Or).

b) Vitesses d'évolution du trait de côte

Suite à la construction de la digue nord de l'Adour en 1963, la côte a reculé d'une quarantaine de mètres en 10 ans, au sud de l'embouchure, soit une vitesse moyenne de recul de 4 m/an. Par ailleurs, le littoral reste extrêmement sensible aux fortes tempêtes qui l'affectent. Ainsi en 1975, une série de violentes tempêtes a conduit à la disparition complète de la plage.

La mise en place des rechargements et des ouvrages a par la suite stabilisé l'érosion des plages et le recul du trait de côte jusqu'en 1990, date à laquelle les rechargements ont été diminués puis interrompus. Ceux-ci ont été rétablis dans les années 2010.

Entre 1998 et 2009, les relevés du trait de côte disponibles pour la partie nord (plages de la Barre et des Cavaliers) montrent que le recul est de l'ordre de 0,5 à 1 m/an.

La position du trait de côte de 2014 n'indique pas de recul fort pour le littoral de la cellule hydrosédimentaire 7 depuis cette date (Illustration 34).

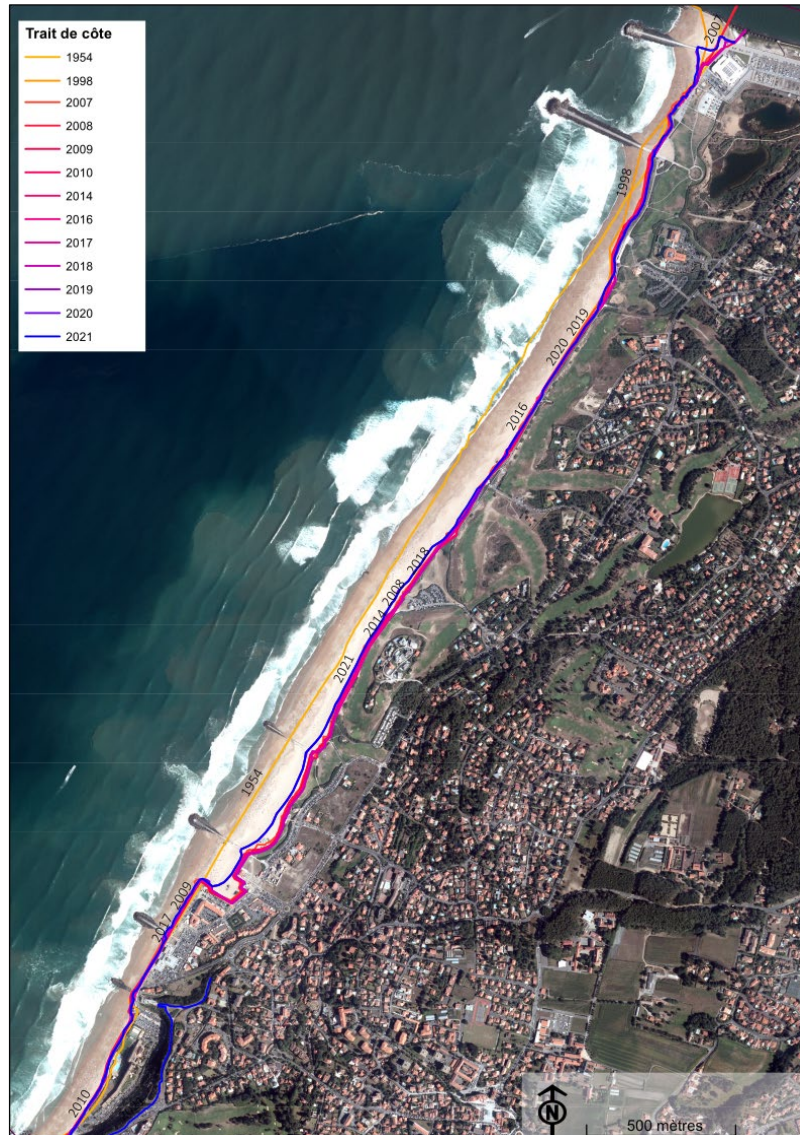


Illustration 34 - Positions historiques du trait de côte sur le littoral d'Anglet : de 1954 à 2021

c) Scénario évolutif

L'évolution de ce secteur est étroitement liée aux actions anthropiques, tant concernant l'aménagement du trait de côte, que la gestion du stock sédimentaire.

d) Évolution prévisible / aléa

Ce secteur fait l'objet d'une gestion active de la dynamique sédimentaire. L'arrêt des opérations de dragage et de rechargement s'est déjà produit par le passé et a entraîné un retour de l'érosion des plages, structurellement en déficit sédimentaire depuis la construction de la grande jetée nord de l'Adour. Aussi, sans une telle gestion à l'échelle de la cellule, la poursuite de l'érosion à des vitesses de l'ordre de 0,5 à 1 m/an est probable pour la totalité du linéaire sableux de cette cellule.

Dans le cadre de la Stratégie locale de gestion de la bande côtière de l'Agglomération Côte Basque Adour (Garnier et Millescamps, 2014a) et de la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" aux horizons 2025 et 2050, les vitesses moyennes de recul retenues sont de 0,9 m/an à 1,2 m/an en moyenne.

e) Impact d'un évènement majeur

Les tempêtes de l'hiver 2013/2014 ont eu des impacts sur l'ensemble du littoral aquitain (Bulteau *et al.*, 2014). Malgré un abaissement des plages et des débordements par paquets de mer ayant endommagé les infrastructures au droit des plages d'Anglet, le cordon dunaire n'a pas été érodé.

Toutefois, au regard des évolutions passées, des reculs majeurs pourraient se produire dans ce secteur. A titre d'exemple, sur l'illustration 35, une brèche dans la digue de protection en haut de plage s'était produite à la suite d'une tempête. Actuellement, le trait de côte est situé bien plus en arrière, le bâtiment situé le plus proche du rivage et au droit de la brèche a disparu.



Illustration 35 - Plage de Marinella en mars 1971, brèche dans la digue de protection (photographies : à droite, M. Le Collen ; à gauche, ULM Sud Bassin, ©OCA 2017). En rouge est entouré un groupe d'habitations commun aux deux photographies.

2.3.3. Le littoral du Pays basque

a) Erosion et mouvement de terrain

L'érosion des falaises basques est essentiellement provoquée par une dynamique de mouvement de terrain. Sous cette expression sont regroupés plusieurs types de phénomènes d'instabilité des terrains, variables en fonction du mécanisme mis en jeu (évolution de l'instabilité, vitesse du mouvement durant la phase d'instabilité majeure, surface de rupture, désorganisation des terrains, etc.).

Les instabilités gravitaires sont contrôlées par des facteurs de prédisposition et des facteurs déclenchants. Les facteurs de prédisposition sont des facteurs statiques, d'ordre géologique et géomorphologique : ils contrôlent la répartition spatiale des instabilités gravitaires (Varnes, 1978 ; Corominas *et al.*, 2014 dans Guillen, 2024) et ont été exposés dans le chapitre 2.2.3. Différents facteurs déclenchants sont identifiés sur la côte basque : l'impact de la houle et les précipitations en font notamment partie, et ont été brièvement exposés au chapitre 2.1.2.

Les principaux types de mouvements de terrain rencontrés sont :

- les glissements de terrain et les coulées de boue affectant les formations meubles (Illustration 36) ;



*Illustration 36 - Glissement de terrain affectant le sentier du littoral à Erromardie
(© Observatoire de la Côte Aquitaine, 17/02/2014)*

- les glissements "banc sur banc", dans les formations de type "flysch ou calcaire" (Corniche Basque, Illustration 37) ;



*Illustration 37 - Glissement "banc sur banc" sur la Corniche Basque à Urrugne
(© Observatoire de la Côte Aquitaine, 18/01/2016)*

- les éboulements et les chutes de blocs affectant les formations rocheuses (calcaires, marnes, Illustration 38).

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

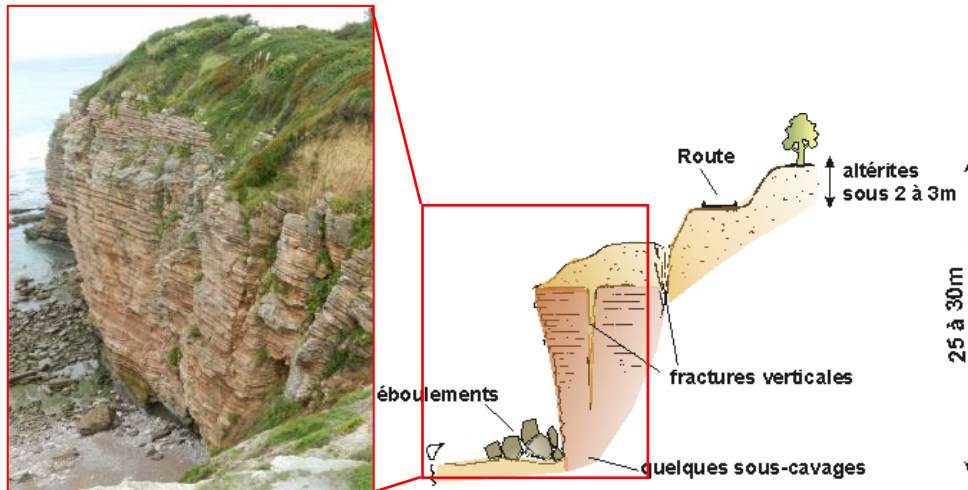


Illustration 38 - Eboulements au niveau de la Pointe Sainte-Anne à Saint-Jean-de-Luz (© Observatoire de la Côte Aquitaine, octobre 2013 ; à gauche) ; coupe schématique-type (Nédellec et al., 2005 ; à droite)

D'autres phénomènes moins nombreux (ravinelements, effondrement de terrain) ont été recensés sur le littoral basque.

La BD-MVT (base de données des mouvements de terrain, www.georisques.fr) recense les principales instabilités se produisant sur le territoire national (Illustration 39). Elle compile la localisation, la date et le type de phénomène, en indiquant la précision temporelle et spatiale des objets localisés. En 2018, la BD-MVT recensait 131 instabilités gravitaires sur le littoral basque, parmi lesquelles trois types étaient distingués : les éboulements, les glissements et les coulées (Guillen, 2024). Dans le cadre d'une thèse et d'un travail de master, réalisé pour le projet Ezponda (Guillen, 2024 ; Martins, 2020), cet inventaire a été mis à jour afin de délimiter les instabilités gravitaires, affiner leur typologie suivant un standard international et caractériser leur activité. Ce travail d'inventaire est réalisé par photo-interprétation et observations de terrain. La méthode est classique et repose sur l'analyse de l'orthophotographie et du MNT ombré de 2018 de l'IGN, de résolutions planimétriques respectives de 0,1 et 1 m.

Cette analyse complète utilise la BD-MVT et recense 290 instabilités gravitaires, soit 159 nouveaux événements inconnus de la BD-MVT de 2018 (Illustration 40 et Illustration 41). Cinq types d'instabilités gravitaires ont été identifiés : des chutes de blocs, des glissements rocheux "banc sur banc", des glissements de matériaux mixtes, des glissements de matériaux fins et des glissements-coulées.

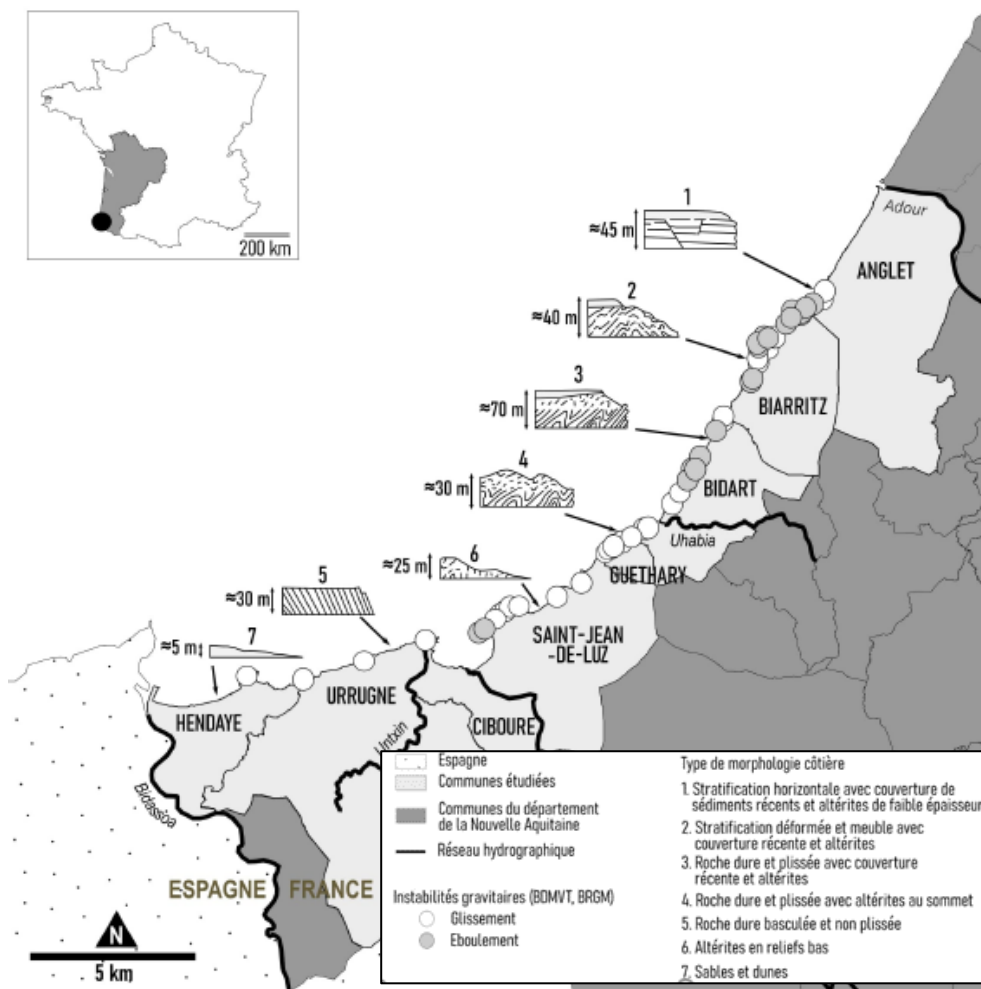


Illustration 39 - Instabilités gravitaires d'après la BD-MVT (Martins et al., 2021) ; les morphotypes numérotés de 1 à 7 ont été établis par Genna (2004)

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

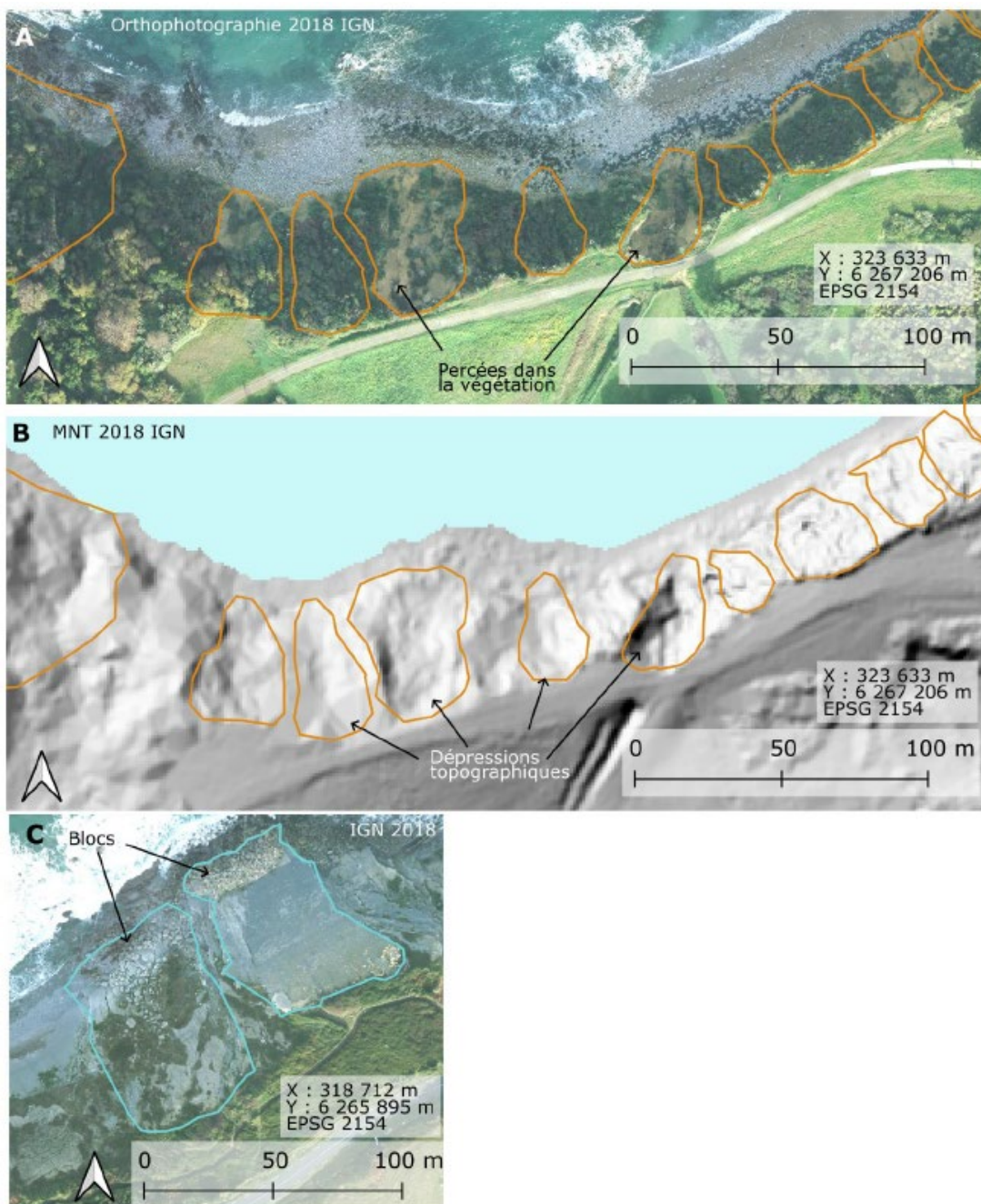


Illustration 40 - A : Signes d'activité érosive par l'absence de végétation sur certains versants (baie d'Erromardie, Saint-Jean-de-Luz) ; B : Dépressions topographiques mises en évidence par l'ombrage du MNT 1 m de l'IGN ; C : Présence de blocs en pied de versant indiquant la nature rocheuse des matériaux érodés (Urrugne) (source : Guillen, 2024)

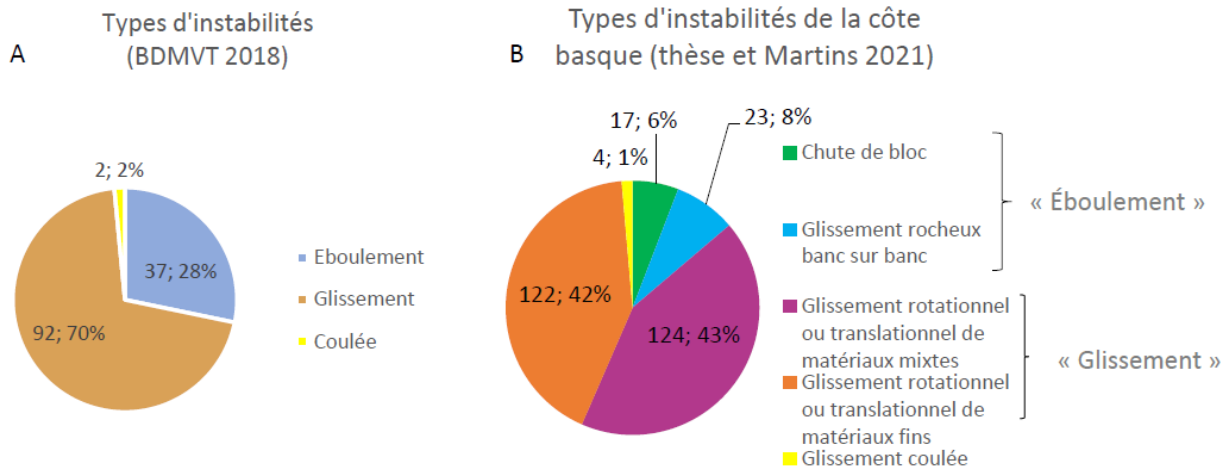


Illustration 41 - A : Types et proportions d'instabilités gravitaires recensées sur la côte basque par la BDMVT en 2018 ; B : Mise à jour de l'inventaire, réalisée dans le cadre des travaux de thèse de Guillen (2024) et de stage de Martins (2020)

Selon Guillen (2024), en 2018, plus de la moitié des instabilités gravitaires inventoriées sont actives (53%, soit 153 évènements) et participent au démantèlement des falaises et versants rocheux.

b) *Quantification et répartition de la dynamique érosive des falaises et versants rocheux basques*

Selon le travail de thèse de Guillen (2024), durant ces dernières années, plusieurs études ont caractérisé le recul du sommet de falaise sur la côte basque, pour différentes périodes (Aubié *et al.*, 2011 ; Bernon *et al.*, 2016 ; Martins *et al.*, 2021). Parmi ces études, la période la plus longue analysée par photo-interprétation entre 1938 et 2018, indique que 15% du linéaire des falaises, soit 3,6 km, a subi une érosion du sommet de falaise (Martins *et al.*, 2021). Notons cependant que les zones érodées se répartissent sur l'ensemble du linéaire de la côte basque (Illustration 42).

Sur la base de la méthode dite « des aires perdues », l'analyse conclut à une érosion moyenne du littoral basque à une vitesse de 11,5 cm/an +/- 6,6 cm/an, toutefois variable dans le temps et dans l'espace, en lien avec l'hétérogénéité géologique et géomorphologique qui la caractérise. Le littoral est scindé en 5 sections, elles-mêmes regroupées en 2 portions. La portion A, de la Pointe Saint-Martin à la frontière des communes de Guéthary et Bidart (sections 4 et 5), comprend les vitesses d'évolution les plus élevées, supérieures à la moyenne (14 à 19 cm/an +/- 6,6 cm/an). A l'inverse, au droit de la portion B (sections 1, 2 et 3) s'étendant de la frontière des communes de Bidart et Guéthary jusqu'à la Pointe Sainte-Anne, les reculs sont comparativement plus faibles, de l'ordre de 4 à 8 cm/an (+/- 6,6 cm/an) (Illustration 42).

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

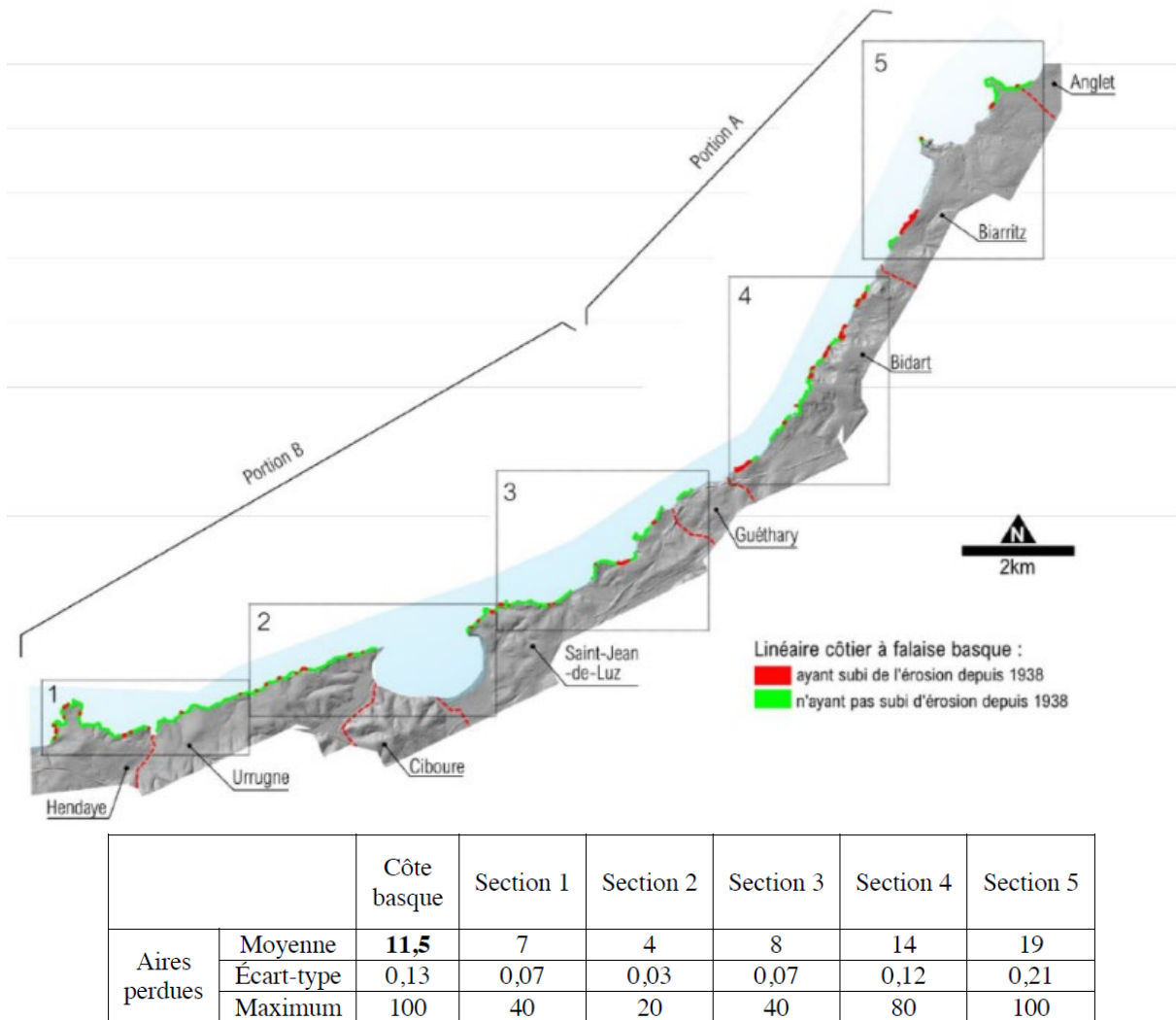


Illustration 42 - Erosion du sommet des falaises basques entre 1938 et 2018

Les données disponibles à ce jour à propos de ces instabilités montrent que l'eau continentale joue un rôle prépondérant dans les processus de mouvements gravitaires. La dynamique marine joue principalement une action de déblaiement du pied de falaise, empêchant la formation d'un profil d'équilibre, par effacement de ces protections naturelles. Ces éboulis ont en effet un rôle temporaire de protection en pied de falaise, et alimentent *in fine* les stocks sédimentaires des plages.

Pour caractériser l'évolution des falaises et versants rocheux, la consultation des travaux de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine et de la BD-MVT apporte des informations quantitatives sur les mouvements de terrain. Le Tableau 2 fournit quelques événements remarquables ainsi identifiés, quelques mouvements récents sont illustrés par la suite.

Les analyses diachroniques de l'évolution des sommets de falaise digitalisés sur des orthophotographies aériennes témoignent de reculs décimétriques pendant des périodes de quelques décennies, en de nombreuses localités de la côte basque (Alexandre *et al.*, 2002 ; Aubié *et al.*, 2008 ; Nédellec *et al.*, 2005 ; Martins *et al.* 2021). Sans permettre de préciser la temporalité et l'intensité de chaque événement de mouvement de terrain, ces informations sont cohérentes avec les reculs des sommets de falaise observés pour les événements où cette variable a été mesurée ou estimée.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignaux et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Localisation - Date	Formation géologique	Type de mouvement de terrain	Contexte géomorphologique	Linéaire de falaise concerné	Volume mobilisé	Recul en tête de falaise/versant	Source
Guéthary, Harrotzen Costa - 11/12/2021	Flyschs à silex de Guéthary + altérites	Glissement de terrain	Versant formé dans des altérites, pente faible à moyenne	150 m	20000 à 30000 m ³	3 à 5 m	Rapport OCNA-BRGM/RP-72047-FR
Urrugne, Viviers basques - 29/10/2020 et semaines suivantes	Flyschs marno-calcaires de Socoa et flyschs marno-calcaire de Loya	Glissement banc sur banc	Falaise de flyschs marno-calcaires, à pente forte et pendage aval, sous faible épaisseur d'altérite	58 m (le 29/10/2020)	900 m ³ (le 29/10/2020) 2000 à 2500 m ³ au total	2 à 3 m	Note OCNA NT_BDX-2020-020
Bidart, Corniche de la falaise – Entre 1954 et 1968	Marnes de Bidart – alternance de marnes, calcaires et marno-calcaires, formations superficielles	Glissement de terrain, éboulement	Versant marneux à pente forte, altéré, surmonté par 5 à 10 mètres de formations alluviales	60 m	-	-	BDMVT
Biarritz, Miramar - 06/12/1965	Marnes et marno-calcaires de l'éocène, Calcaires gréseux de l'Oligocène	Eboulement	Versant calcaire et marno-calcaire surmonté par des dépôt alluviaux	30m	5000 m ³	≈5 m	BD MVT
Bidart, Parlementia – entre le 18/04/2010 et le 10/05/2012	Flyschs à silex de Guéthary	Glissement de terrain	Versant de flyschs calcaires, pente moyenne à forte, présence d'altérite en sommet	80m	-	≈2 m	BDMVT
Biarritz, Côte des Basques - 31/07/1999	Marnes de l'Eocène, en alternance avec calcaires, des calcaires argileux ou gréseux	Glissement de terrain, éboulement	Versant et falaise marneux et marno-calcaires, pente moyenne à forte, épaisseurs d'alluvions pluri-métriques en sommet	50m	12 000 m ³	Jusqu'à 8 m	BD MVT
Anglet, plage VVF (Villa Nuit de Mai) – 24/03/1999	Calcaires gréseux et marno-gréseux de l'Oligocène	Eboulement	Falaise vive de calcaires, grès calcaire, marnes, à pente forte surmontée par des altérites et des alluvions	30 m	12000 m ³	-	BD MVT

Tableau 2 - Evénements remarquables identifiés sur la côte rocheuse basque

Les Illustration 43 à 47 exposent des mouvements de terrain caractéristiques, survenus ces dernières années, sur la côte basque. Les reculs en tête d'escarpement sont de plusieurs mètres.

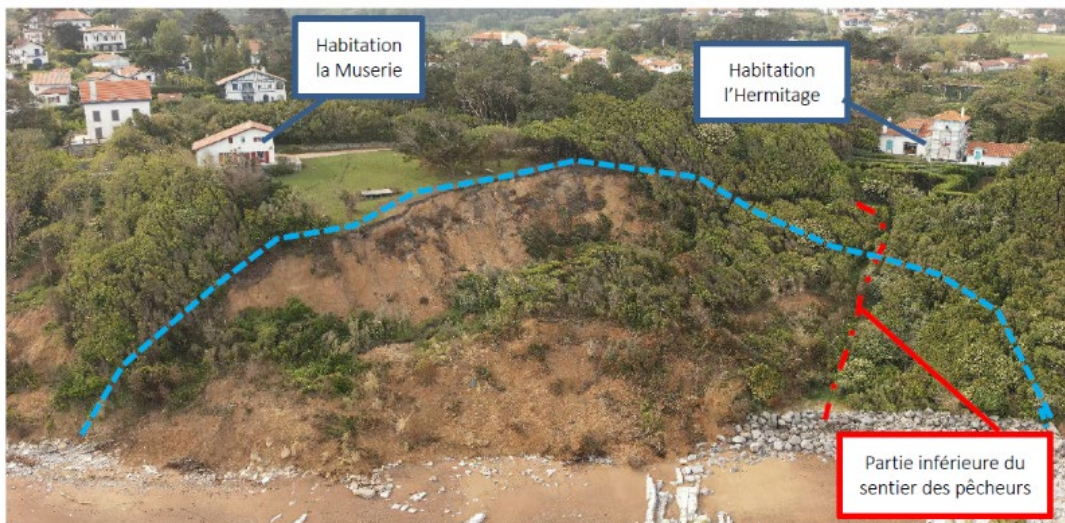


Illustration 43 - Emprise approximative du glissement de décembre 2021, affectant le versant de la plage d'Harrotzen Costa, à Guéthary (Garnier, 2022)

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

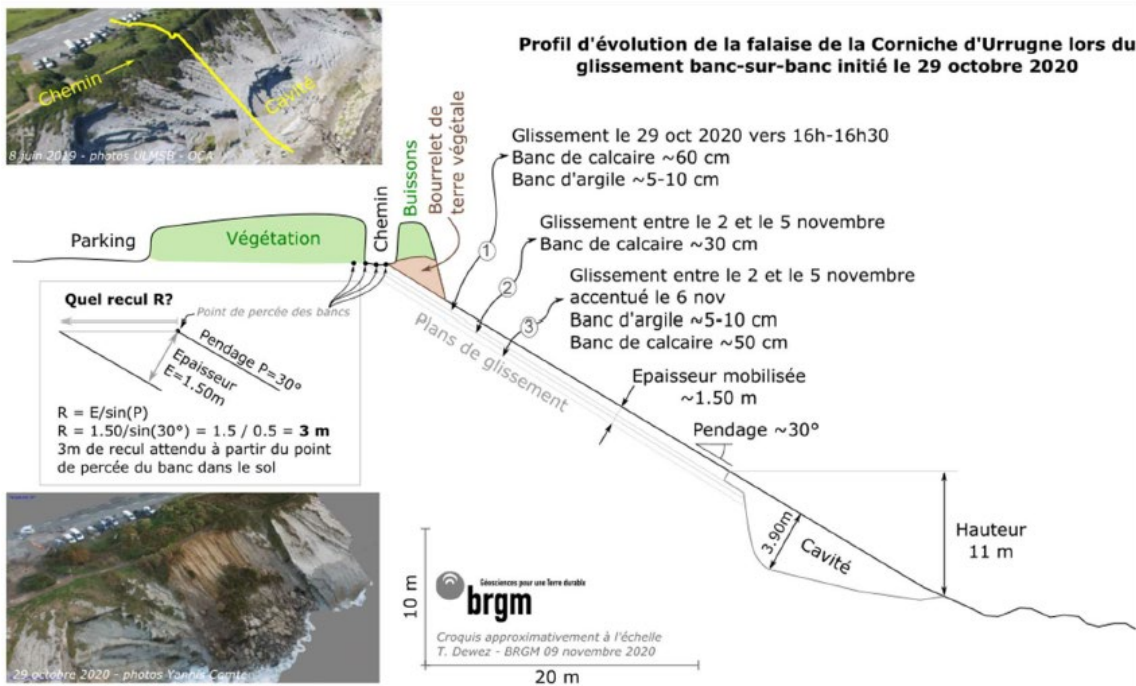


Illustration 44 - Schéma conceptuel de l'instabilité initiée le 29 octobre 2020 sur la Corniche d'Urrugne (Garnier et al., 2020)



Illustration 45 - Vue aérienne de la couronne du glissement de Lafitena en décembre 2021 (Garnier, 2022)



Illustration 46 - Glissement d'Erromardie ouest, en décembre 2021 (Garnier, 2022)



Illustration 47 - Evolution de la niche d'arrachement sommitale du glissement d'Archilua, entre décembre 2020 (à gauche) et décembre 2021 (à droite), au niveau de l'ancien sentier du littoral (Garnier, 2022)

3. Elaboration d'un modèle géologique côtier du Seignanx - Pays basque

3.1. APPROCHE METHODOLOGIQUE

3.1.1. Mobilisation de la connaissance existante

Le projet a pour objectif d'établir des projections de la position du trait de côte de la zone d'étude, aux échéances +30 ans et +100 ans. Ces projections sont calculées à partir de la caractérisation de la dynamique d'évolution déterminée à partir de différents tronçons du littoral, définis comme homogènes selon des caractéristiques identifiées : la géomorphologie, la géologie, l'exposition aux agents d'érosion, la présence d'ouvrages de protection, etc. Une réflexion approfondie a ainsi été menée sur la variabilité spatiale de ces caractéristiques pouvant impliquer une évolution dans les vitesses d'érosion, notamment à mesure que le trait de côte évolue.

Dans cette optique, un examen, détaillé des faciès géologiques aux comportements géomécaniques pouvant être différents et ainsi entraîner des réponses variées à l'érosion, a été fait. Ainsi, la réalisation d'un modèle géologique 3D s'est avérée à la fois opportune et nécessaire, afin d'appréhender les dispositions géométriques des différentes interfaces géologiques identifiées dans le sous-sol.

Dans le cadre des actions de recherche et d'appui aux politiques publiques menées par le BRGM, des travaux de modélisation géologique ont déjà été réalisés concernant le Pays basque (Illustration 48). On distingue les deux modèles suivants :

- le modèle des formations géologiques superficielles du Pays-basque : modèle FormSup (Peter-Borie, 2010), réalisé en 2010, à la maille de 50 mètres, à l'aide du logiciel ISATIS®, sur la base de l'analyse de 1 157 forages. L'illustration 49 présente le résultat de cette modélisation sur l'interface du toit des altérites (ALTE) ;
- le modèle des formations géologiques du Pays basque : modèle régional¹¹ Ezponda (Bourbon et Caritg, non publié), réalisé en 2021, à la maille de 100 mètres, à l'aide du logiciel GeoModeller®. Il a été établi sur la base d'un ensemble de données cartographiques (Karnay et Razin, non publié), de coupes géologiques interprétées (Razin, 1989 ; Razin, non publié), de mesures structurales (Borie, 2008 ; Guillen 2024) et d'une série de 50 forages sélectionnés.

¹¹ Modèle géologique construit dans le cadre du programme de recherche européen EZPONDA, en appui des travaux réalisés dans le cadre d'une thèse de doctorat relative à l'identification des mécanismes de mouvements de terrain sur la côte basque (Guillen, 2024). Le terme « régional » est employé par opposition aux modèles « locaux », réalisés pour les secteurs de Socoa (non finalisé) et Bidart.

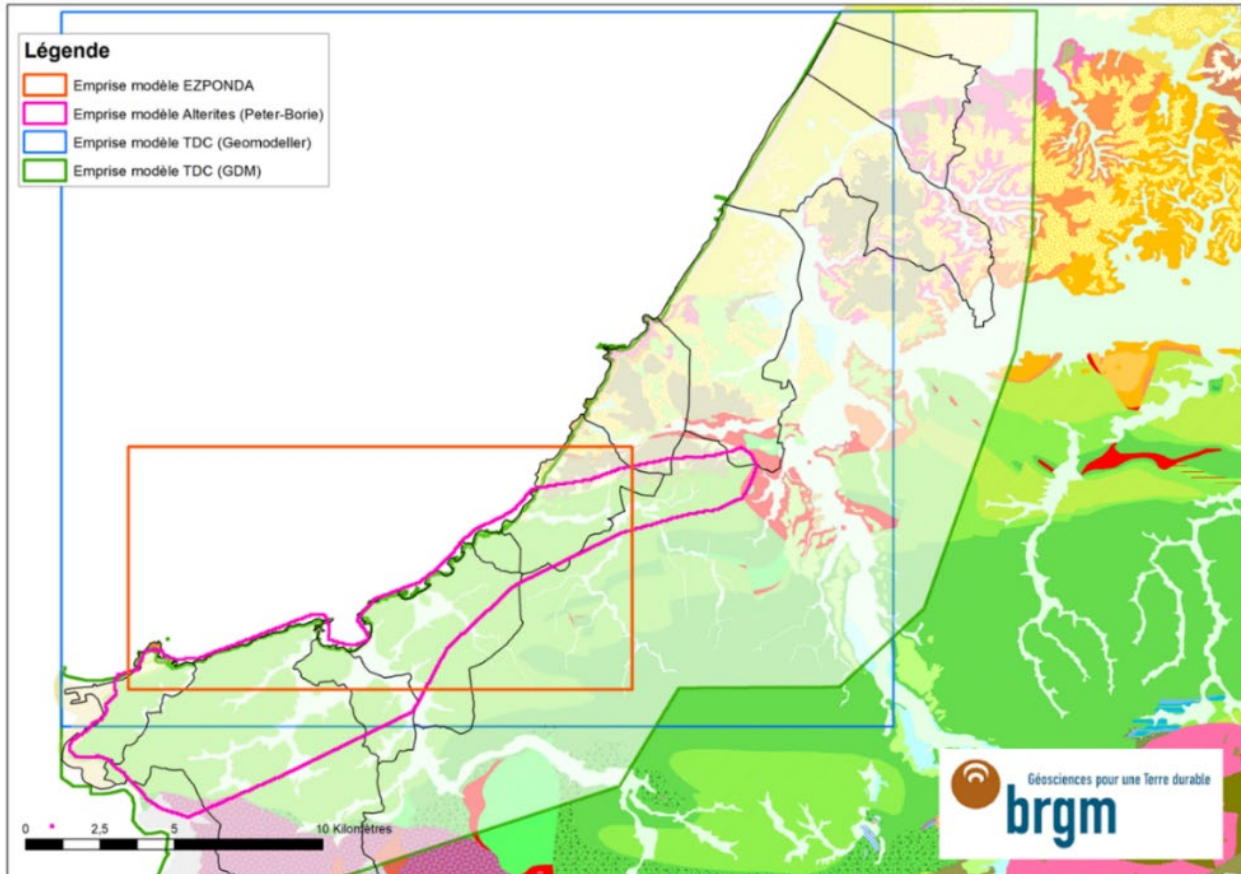


Illustration 48 - Localisation des emprises des modèles géologiques et des communes concernées par l'étude (fond de carte : géologie de l'Aquitaine à 1/250 000, source : BRGM) : modèles préexistants : « régional Ezponda » en orange et « FormSup » en rose ; nouveaux modèles : « Substratum » en bleu et « Formations superficielles » en vert

Les deux modèles préexistants régional Ezponda et FormSup ont donc été construits de deux manières distinctes, avec des logiciels et des jeux de données en entrée très différents.

Le modèle FormSup est réalisé à partir du logiciel GDM/Multilayer® spécialement adapté pour modéliser des domaines assez peu structurés et ne pouvant accepter que des failles verticales. Il présente une importante capacité de calcul avec des mailles réduites, en domaine étendu. Ce logiciel semble ainsi particulièrement adapté en vue de la modélisation des formations superficielles, dans le domaine de la présente étude. Il ne semble en revanche pas du tout adapté pour la modélisation des formations géologiques du substratum crétacé et paléogène, ces dernières étant particulièrement structurées : pendage souvent élevé, voire parfois même inversé, failles majeures obliques, etc. (voir Illustration 50).

En revanche, le logiciel GeoModeller® paraît être un outil plus adapté pour la modélisation des formations géologiques du substratum. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle le modèle géologique régional Ezponda avait été réalisé avec ce logiciel.

Pour toutes ces raisons, il a été décidé, pour les travaux de modélisation réalisés dans le cadre du présent projet, de maintenir une distinction entre le modèle des formations superficielles et le modèle du substratum.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

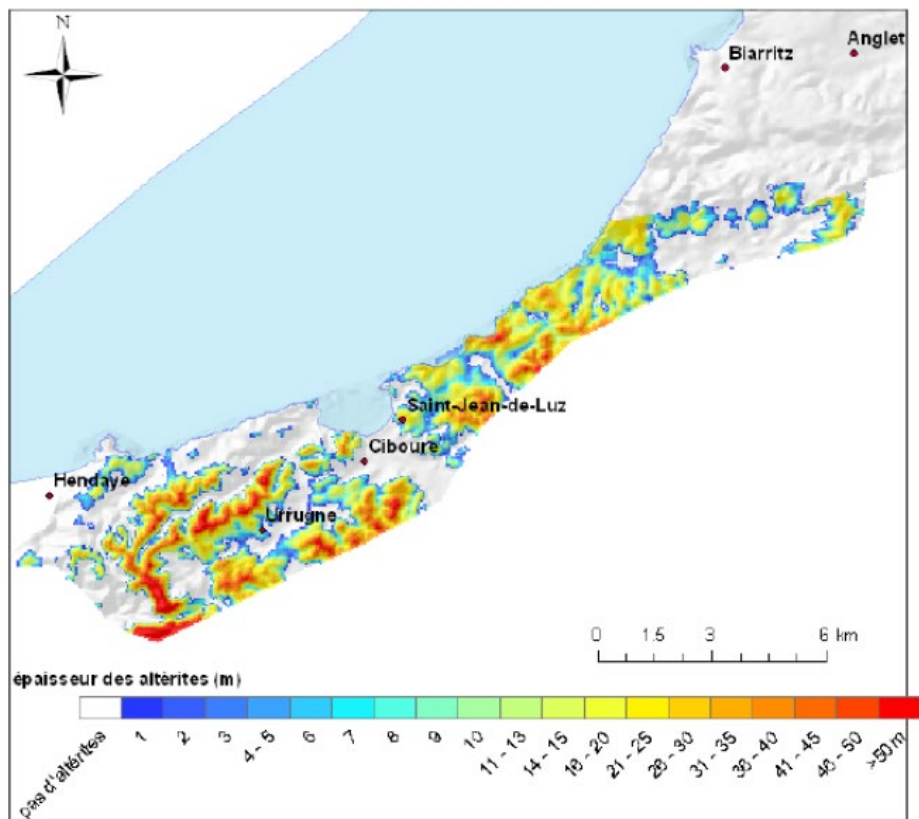


Illustration 49 - Extrait de la carte de l'épaisseur des alterites « faciès flysch du Crétacé » issu du modèle FormSup (Peter-Borie, 2010)

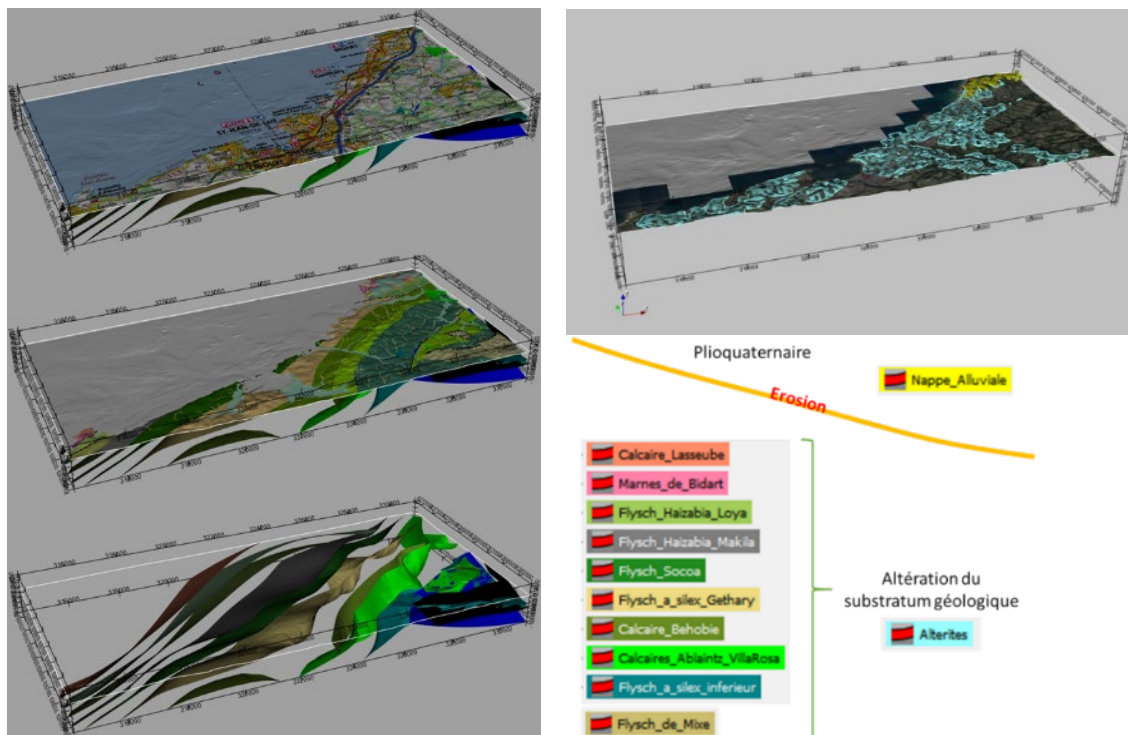


Illustration 50 - Présentation synthétique du modèle géologique 3D régional Ezpada

Après avoir validé l'utilisation de ces deux outils/logiciels pour modéliser les formations géologiques, il reste encore les trois paramètres majeurs suivants à considérer, étudier et valider avant d'entrer dans la phase de modélisation. Il s'agit de :

- l'emprise des modèles ;
- les piles stratigraphiques à modéliser (choix des interfaces) ;
- les mailles de restitution.

3.1.2. Emprises des modèles

En première approche, on peut considérer que le travail de modélisation soit focalisé sur un linéaire ciblé le long du littoral, au droit des communes concernées par l'étude. Mais, compte tenu de l'objectif de cartographie de projections de futurs traits de côte, et notamment celui à l'échéance de 100 ans, le choix de l'emprise géographique, et notamment de la largeur à considérer en arrière-côte, peut s'avérer délicate.

Pour une telle échéance de 100 ans, la bande de retrait sera vraisemblablement projetée sur les premières dizaines voire les premières centaines de mètres à partir de la position actuelle du trait de côte. Une première option serait donc de se limiter à une emprise correspondant à cette largeur pour la modélisation. Toutefois, les travaux de modélisation nécessitent d'imposer un certain nombre de contraintes (données géologiques), à la fois au cœur de la zone à modéliser, mais aussi jusqu'en limite géographique de celle-ci. De plus, ces contraintes ne sont pas toujours suffisamment nombreuses pour obtenir un modèle robuste, ce qui favorise les incertitudes. La prise en compte de contraintes, au-delà des limites géographiques de la stricte zone qui nécessite d'être modélisée, est donc de nature à permettre d'améliorer la fiabilité du modèle, notamment en limites de celui-ci.

Pour toutes ces raisons, il a été décidé de considérer une bande de 2 kilomètres de large à partir de la position du trait de côte actuel. C'est donc au droit de cette frange littorale que vont se concentrer les efforts concernant l'apport de données géologiques à implémenter dans les nouveaux modèles (voir chapitre 3.2).

Toutefois, dans le cas de la modélisation sous GeoModeller® (cela concerne donc le modèle géologique du substratum), les contraintes techniques intrinsèques à l'usage du logiciel nécessitent d'élargir cette emprise, celle-ci devant être obligatoirement de forme rectangulaire et avec des côtés parallèles aux axes des coordonnées du système géographique employé (voir aussi chapitre 3.3).

NB : *La fiabilité du modèle géologique du substratum restera cependant limitée à l'emprise de la bande des 2 km. En effet, la densité des données géologiques reste assez limitée en dehors de ce domaine et la plupart des données de forages ne permet pas de bien différencier les lithologies du substratum.*

3.1.3. Pile stratigraphique ou réflexion sur le choix des formations géologiques à modéliser

Les deux modèles préexistants n'avaient pas les mêmes objectifs et ne présentent pas les mêmes caractéristiques, notamment concernant les formations géologiques modélisées (ou pile stratigraphique).

Le détail des formations géologiques, qui ont été modélisées pour chacun de ces deux modèles existants, est présenté ci-après. Les choix opérés pour la modélisation géologique de ce projet

sont également présentés, avec les raisons de ce choix et le détail des compléments nécessaires à apporter.

a) Modélisation des formations superficielles

Ce modèle préexistant FormSup avait pour objectif d'identifier les géométries des formations superficielles, restituées à la maille de 50 mètres. Il est ainsi composé de quatre formations, qui sont, de la plus récente à la plus ancienne :

- les alluvions récentes (FZ), qui forment des plaines inondables où divaguent les principaux fleuves côtiers : l'Adour, l'Uhabia, le Baldareta, l'Antereneko, la Nivelle, l'Unxin, la Mentaberry et la Bidassoa ;
- les formations détritiques plio-quaternaires (PLIO), qui se subdivisent en différentes formations dont : les alluvions des nappes pliocènes, les terrasses quaternaires anciennes liées aux grands épisodes glaciaires, les remplissages flamands des chenaux würmiens, les sables éoliens, les sables marins ;
- les altérites (ALTE). Le flysch crétacé est surmonté d'une couche d'argile gréseuse stratifiée à silex, pouvant atteindre plus de 30 m à l'affleurement sur le littoral. Cette formation est issue de l'altération *in situ* des flyschs, *per descensum*, au cours du Néogène et/ou du Quaternaire. Elle est caractérisée par la persistance de la stratification du flysch au sein de ces argiles ainsi qu'une perte de volume de 50% en moyenne, mais variant selon la nature lithologique du banc de flysch concerné. En effet, l'altération ayant principalement consisté en une décalcification du flysch, les bancs de flysch les plus carbonatés ont subi une perte de volume plus importante que les interbancs marneux. Cette variabilité dans l'altérabilité du flysch, associée à la géométrie de la roche (présence ou absence de discontinuités tectoniques, plis et pendages des couches), a contribué à l'existence d'un front d'altération non plan, avec des dénivelés importants et des blocs erratiques au sein de l'altérite ;
- le substratum géologique (SUBS). Le long du littoral basque, le substratum est composé de formations géologiques carbonatées, datées du Crétacé supérieur à l'Oligocène ; argillites, gypse et ophites triasiques affleurent localement à la faveur d'injections dans les accidents majeurs (Razin, 1989 ; Viennot, 1930).

Pour le nouveau modèle, le choix a été fait de conserver les trois dernières couches, mais de subdiviser, au sein de la première couche, le système dunaire. Ce choix a été pris en raison de la spécificité de ce système, notamment vis-à-vis des mécanismes géologiques pour permettre sa mise en place et à sa position située à des altitudes plus élevées.

Ainsi, le modèle des formations superficielles a été réalisé sous GDM/Multilayer®, à partir d'une base de forages existante (Peter-Borie, 2010), devant être complétée afin d'affiner la maille de restitution et d'étendre l'emprise du modèle. Les interfaces modélisées sont les suivantes (de la plus récente à la plus ancienne) :

- dunes holocènes (DUNE) ;
- alluvions actuelles et sables littoraux actuels (ACTU) ;
- alluvions anciennes et formations plio-quaternaires (ALLU) ;
- altération (ALTE) ;
- substratum (SUB).

NB : La notation des formations, pour le code GDM/Multilayer®, a légèrement changé : SUBS est devenu SUB ; PLIO est devenu ALLU.

b) Modélisation du substratum

Le modèle géologique régional Ezponda (modèle géologique du Pays basque et du Seignanx (Bourbon et Caritg, non publié)) a été réalisé à l'aide du logiciel GeoModeller®. Il est à la fois un modèle moins précis (maille de 100 mètres) que le modèle FormSup, mais également plus détaillé, notamment concernant les formations géologiques du substratum crétacé et paléogène. On y retrouve les formations suivantes, de la plus récente à la plus ancienne :

- nappe alluviale plio-quadernaire ;
- altérites du substratum ;
- calcaire de Lasseube (Danien) ;
- marnes de Bidart (Maastrichtien) ;
- flysch d'Hayzabia (Santonien à Campanien) ;
- flysch de Socoa (Coniacien à Santonien) ;
- flysch à silex de Guéthary (Coniacien) ;
- calcaire de Béhobie (Turonien) ;
- calcaires d'Ablaintz et de Villarosa (Cénomaniien à Turonien) ;
- flysch à silex inférieur (Cénomaniien) ;
- flysch de Mixe (Albien à Cénomaniien).

Le nouveau modèle du substratum vise à compléter ce modèle régional Ezponda préexistant. Il doit en effet être prolongé au-delà de la limite nord, qui correspond peu ou prou à la faille d'Ilbarritz (système chevauchant qui affleure au niveau de la plage), ainsi qu'au-delà de la Pointe Sainte-Anne, côté sud-ouest de l'emprise du modèle.

Ainsi, le choix a été fait de strictement conserver les formations du substratum présentes dans le modèle préexistant et de simplement inclure les formations géologiques du substratum situées au nord de la faille d'Ilbarritz : les formations du Trias, de l'Eocène et de l'Oligocène.

Pour cela, de nouvelles données géologiques, stratigraphiques et structurales doivent venir compléter les données, notamment vers le nord (en prolongeant l'emprise jusqu'à Tarnos) et vers le sud (en prolongeant jusqu'à la Bidassoa).

Ainsi, depuis le flysch de Mixe jusqu'au calcaire de Lasseube, les formations géologiques modélisées n'ont pas changé. Les formations ajoutées sont les suivantes, de la plus récente à la plus ancienne :

- calcaires, marnes gréseuses et marnes à nummulites (Oligocène) ;
- grès et calcaire gréseux à nummulites (Oligocène basal) ;
- marno-calcaire (Eocène supérieur) ;
- marnes (Eocène moyen à supérieur) ;
- marno-calcaire (Eocène inférieur à moyen) ;
- argiles gypsifères (Trias).

NB : Bien qu'initialement présentes dans le modèle régional Ezponda, les altérites ainsi que les formations sédimentaires plio-quadernaires n'ont pas été intégrées dans le nouveau modèle géologique dédié aux seules formations du substratum crétacé et paléogène.

3.1.4. Maille de restitution

La modélisation géologique consiste à interpoler des données géologiques « réelles » (i.e. de données d'entrées issues d'une carte géologique, de forages, etc.), afin de proposer une géométrie « calculée » ou fictive dans un espace préalablement défini. Les données « réelles » en entrée doivent correspondre à une (ou plusieurs) interface(s) choisie(s) que l'on souhaite identifier spatialement. Dans les travaux de modélisation, les résultats des calculs d'interpolation sont le plus souvent présentés sous la forme d'une grille, où chaque point d'intersection, de coordonnées X et Y, est affecté d'une valeur Z correspondant à l'altitude de la variable calculée.

Cette grille est disposée le plus souvent sous la forme d'un maillage carré qui constitue la maille de restitution du modèle.

Quatre critères vont être examinés conjointement afin de définir ou d'ajuster la maille de restitution d'un modèle, notamment afin que celui-ci soit en adéquation avec les données dont on dispose et les objectifs du projet. Il s'agit de : 1/ la taille et l'emprise géographique du modèle ; 2/ la densité des données de contraintes physiques du modèle (les données géologiques « réelles », ex : les données de forages) ; 3/ l'usage de l'utilisateur final ; 4/ les capacités de calcul du logiciel utilisé.

Dans le cas du Pays basque, l'emprise à modéliser est d'environ 40 km de linéaire côtier, sur une bande littorale d'environ 2 km, soit un total d'environ 80 km².

a) Maillage proposé pour le modèle des formations superficielles

La base de données déjà codée dont on dispose¹² est constituée par 1 157 forages, auxquels ont été ajoutées 51 données ponctuelles issues de relevés effectués sur le terrain, à partir d'affleurements géologiques.

L'objectif final étant de définir une dynamique d'évolution pour des tronçons (ou secteurs) côtiers homogènes, qui peuvent être de taille décamétrique voire hectométrique, l'idéal serait d'obtenir un modèle à la maille d'un mètre, voire éventuellement de 5 m. Toutefois, compte tenu des difficultés au moment du calcul des surfaces par interpolation, avec une telle superficie et pour une maille aussi réduite, dans le logiciel GDM/Multilayer®, il a été décidé de s'accorder sur la réalisation d'un modèle géologique des formations superficielles à la maille de 10 mètres, restant acceptable pour l'exploitation qui en est faite dans la présente étude.

b) Maillage proposé pour le modèle géologique du substratum

Le programme de travail identifié dans le cadre de la réalisation de ce modèle géologique 3D du substratum consiste en la récupération et à la prolongation vers le nord-est et vers l'ouest du modèle géologique régional Ezponda (Bourbon et Caritg, non publié).

Le maillage d'origine employé pour ce modèle est de 25 mètres ; il a donc naturellement été proposé de réaliser le nouveau modèle étendu sur l'ensemble de la zone d'étude avec une maille résultante équivalente.

Le nouveau modèle géologique du substratum a donc été réalisé à la maille de 25 mètres.

¹² Base ayant servi pour la réalisation du modèle géologique des formations superficielles du Pays basque (Peter-Borie, 2010).

3.2. EXTENSION ET CONSOLIDATION DES MODELES GEOLOGIQUES

La production d'un modèle géologique 3D nécessite de disposer de données factuelles (ou « réelles ») sur le sous-sol, qui vont permettre de contraindre les outils géostatistiques utilisés au moment des calculs. A cet effet, les données de la carte géologique, les données structurales ainsi que les bases de données de forages sont assez largement utilisées, car elles permettent de disposer d'informations très précieuses et utiles pour restituer convenablement la géométrie du sous-sol.

Dans le cadre du projet, les travaux de modélisation vont très largement s'appuyer sur des modèles existants. Toutefois, afin de consolider et/ou de procéder à l'extension de ces modèles, des acquisitions complémentaires ont été collectées et intégrées.

3.2.1. Collecte des données issues de logs de forages existants non bancarisés

Le modèle géologique des formations superficielles doit donc être alimenté par une nouvelle base de données de forages à créer. Cette dernière est construite à partir de celle utilisée dans le cadre de la réalisation du modèle des formations superficielles du Pays basque (Peter-Borie, 2010). Une première étape a consisté à la compléter par les données bancarisées au sein de la BSS (Banque du sous-sol) depuis 2010.

Ensuite, partant du principe qu'un certain nombre de forages ne sont pas nécessairement bancarisés en BSS (les forages géotechniques notamment), dès le stade d'initiation du projet, la réalisation d'une phase de collecte auprès de diverses communes et autres collectivités du Pays basque et du Seignanx a été proposée. Cette seconde étape a pour objectif d'optimiser au maximum l'intégration de nouvelles coupes géologiques du sous-sol, pour améliorer la fiabilité résultante finale du modèle à créer.

Cette phase de collecte a été mise en œuvre au cours de l'année 2022. Toutes les communes littorales concernées par l'étude ont ainsi été contactées : Anglet, Bayonne, Biarritz, Bidart, Ciboure, Guéthary, Ondres, Tarnos, Saint-Jean-de-Luz, Urrugne, Hendaye, ainsi que la Communauté d'Agglomération du Pays basque (CAPB) et le Conseil Départemental des Landes (CD40).

Après divers échanges entre le BRGM et les services compétents ciblés auprès des différentes collectivités citées ci-dessus, des réponses ont été obtenues de la part des communes d'Anglet, Biarritz et Ciboure, ainsi que de la part de la CAPB (108 dossiers) et du CD40 (1 dossier). Une série de dossiers d'études géologiques et géotechniques a ainsi pu être inventoriée, récupérée et cartographiée (Tableau 3 et Illustration 51).

Collectivités	Nbre de dossiers récupérés
ANGLET	12
BIARRITZ	1
CIBOURE	1
CD40	1
Commune(s) concernée(s) TARNOS	1
CAPB	108
Commune(s) concernée(s) ANGLET	37
BIARRITZ	9
BIDART	16
CIBOURE	7
HENDAYE	7
St JEAN DE LUZ	6
URRUGNE	7
SAINT-JEAN-DE-LUZ	13

Tableau 3 - Récapitulatifs des dossiers d'études récupérés dans le cadre de la collecte des données

L'examen de ces dossiers et leurs analyses ont permis d'identifier de nombreuses coupes géologiques, issues de forages réalisés dans le secteur d'étude, dont un certain nombre n'avait pas été historiquement inventorié et bancarisé dans la BSS (bien qu'ayant été examinés, la plupart des forages issus des dossiers situés en dehors de la bande côtière des 2 kilomètres n'ont pas été intégrés).

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

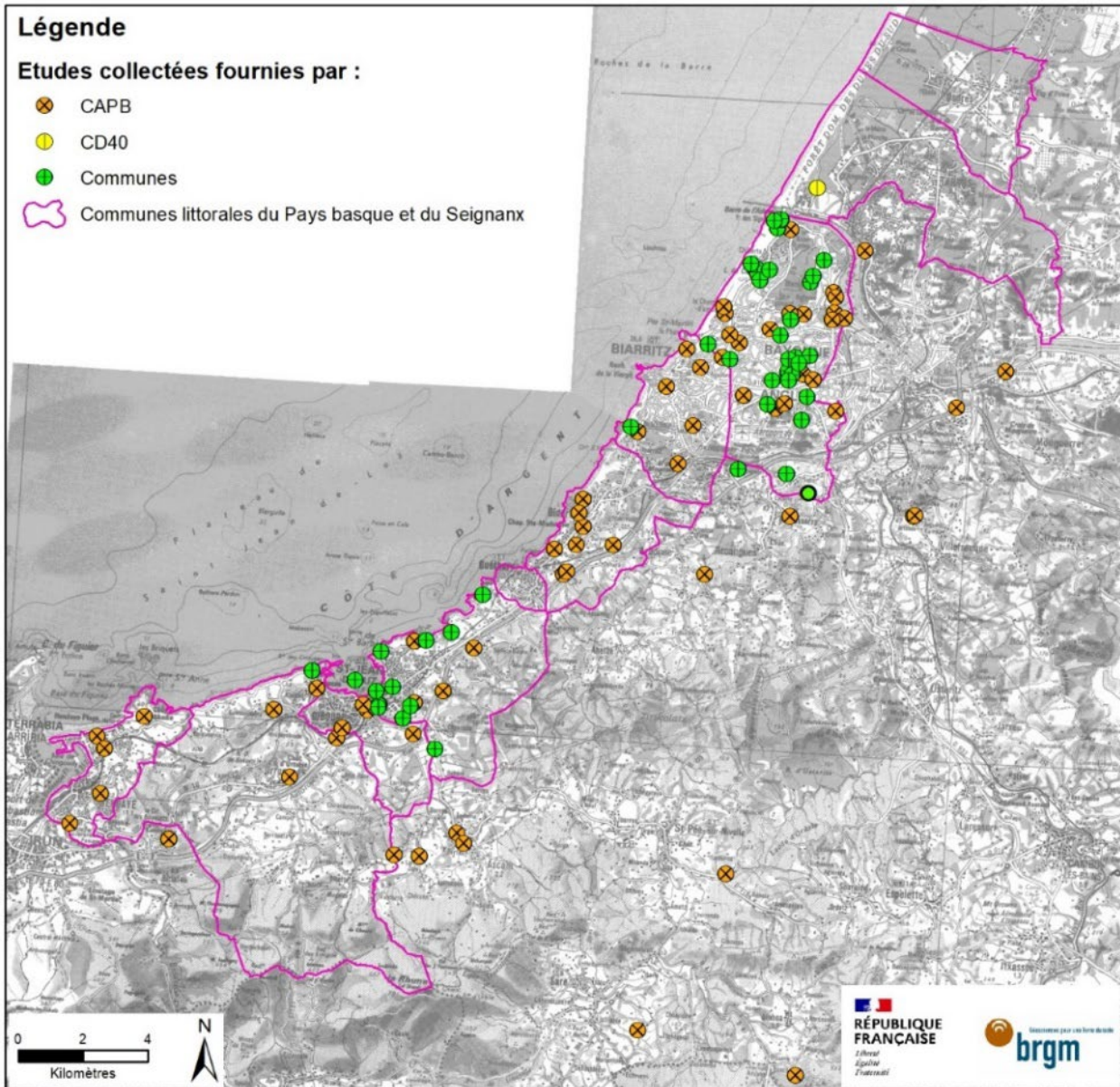


Illustration 51 - Localisation des projets ayant fait l'objet d'études techniques incluant un ou plusieurs sondages et dont les dossiers ont été récupérés dans le cadre de la collecte des données (sur cette carte, il ne s'agit pas de la localisation des forages, mais de celle des projets)

Les données issues des sondages récupérés dans le cadre de cette collecte ont été ajoutées à la base de données de forages pour le modèle (regroupant à la fois ceux qui avaient été utilisés dans le cadre de la réalisation du modèle des formations superficielles en 2010 et les données bancarisées en BSS depuis 2010).

On y distingue 1 475 données de forages, dont les sources sont réparties de la manière suivante :

- 1 157 forages provenant du modèle géologique de 2010,
- 161 forages provenant de la BSS,
- 110 forages provenant de la collecte de données réalisée en 2022,
- 47 forages provenant d'études récentes (BRGM, Cerema, Géolithe).

L'illustration 52 présente la localisation de l'ensemble de la base de forages résultante après le travail de collecte de nouvelles données.

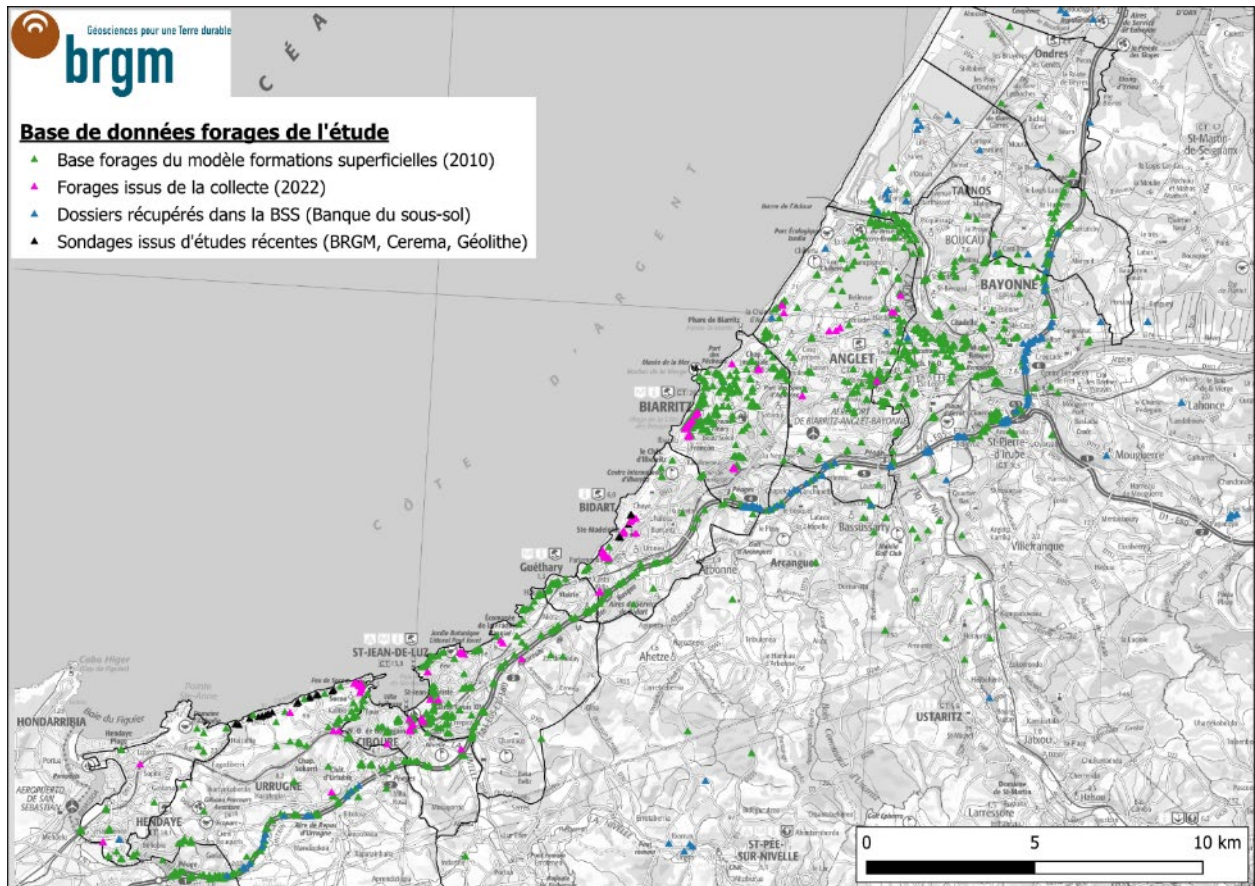


Illustration 52 - Localisation de l'ensemble des forages utilisés pour la modélisation 3D des formations superficielles, dans le cadre de la présente étude

3.2.2. Cartes géologiques des formations superficielles et du substratum

Les données présentes sur une carte géologique fournissent à la fois des informations sur les couches géologiques du substratum et sur les formations superficielles. Le plus souvent de faible épaisseur, ces dernières n'ont toutefois pas toujours systématiquement été cartographiées.

Dans les travaux de modélisation, l'usage des cartes géologiques nécessite une phase de traitement des données qui sont ainsi représentées (regroupement de certaines formations, sélection des formations que l'on souhaite modéliser, etc.).

Dans cette optique, deux cartes géologiques distinctes pour les deux modèles à créer ont été réalisées. Leur emprise a été adaptée aux contraintes liées aux logiciels de modélisation (GDM/Multilayer® est un logiciel qui permet une certaine liberté quant aux limites géographiques des modèles, alors que GeoModeller® contraint l'utilisateur à ce que les limites soient parallèles aux axes du système de coordonnées géographiques).

Dans le cas du modèle géologique des formations superficielles, la carte géologique a ainsi été adaptée afin de représenter les couches géologiques de la pile stratigraphique à modéliser (voir chapitre 3.1.3).

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

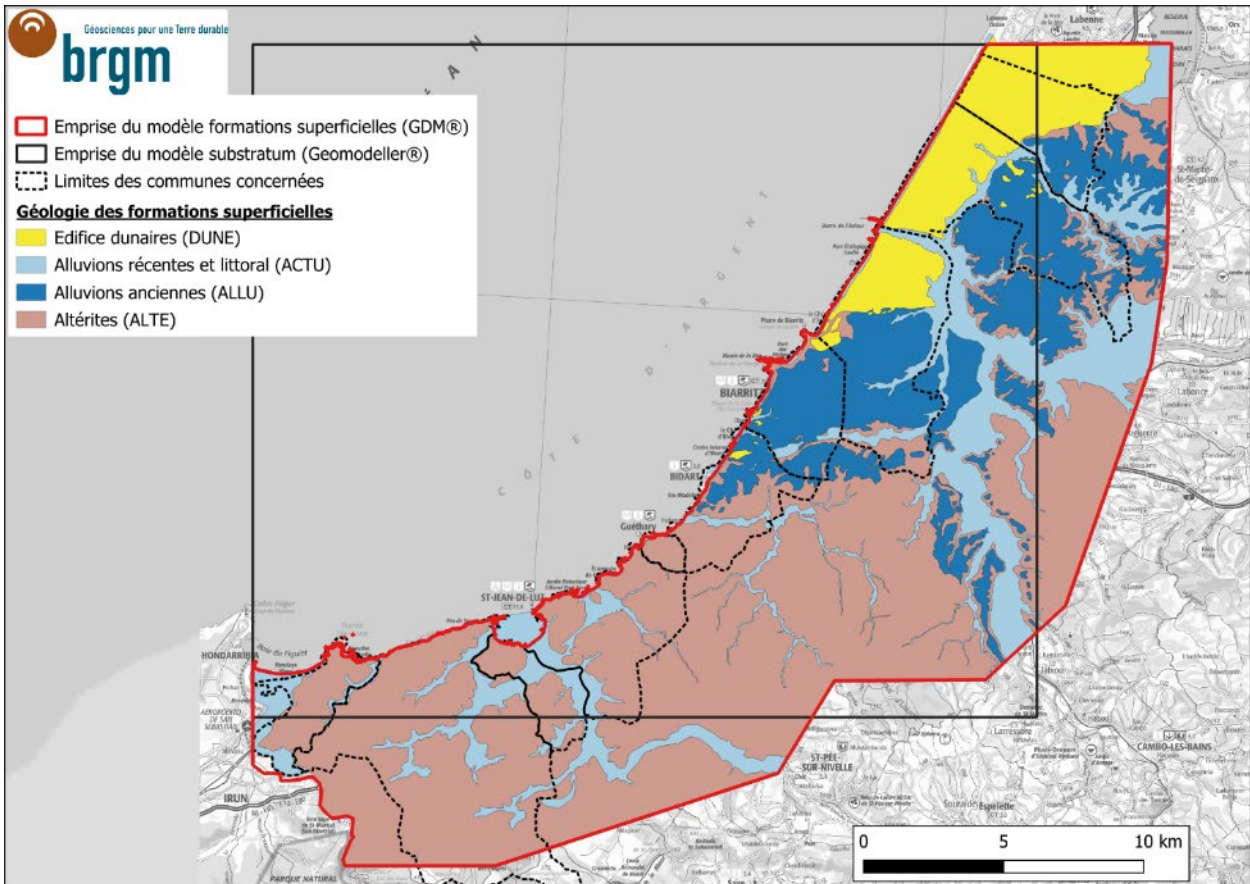


Illustration 53 - Carte géologique des formations superficielles

La carte géologique du modèle des formations superficielles dévoile une extension des altérites qui a volontairement été définie sur l'ensemble des zones d'affleurement du substratum. Bien qu'il existe des secteurs où le substratum sain affleure, ce dernier est en effet, la plupart du temps, présent sous une forme plus ou moins altérée en surface. Il est à noter que cette représentation cartographique n'a pas eu d'impact sur la modélisation, car le contour des altérites n'a pas été intégré dans les calculs d'interpolation pour le mur de cette surface.

La carte géologique du modèle du substratum est présentée en Illustration 54.

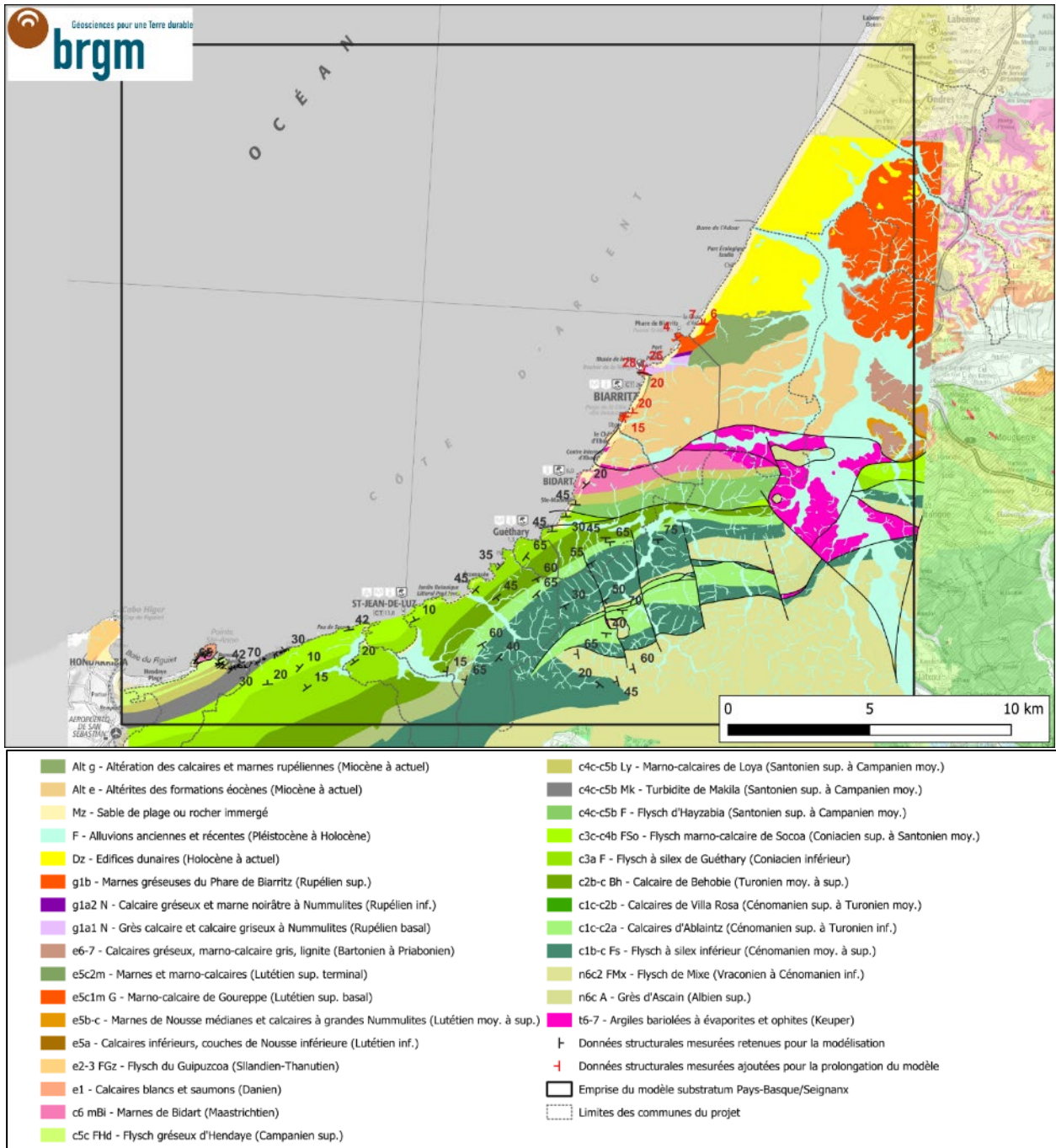


Illustration 54 - Carte géologique du substratum de la zone d'étude, emprise du modèle géologique 3D du substratum et localisation des données structurales implémentées dans GeoModeller® pour le modèle

3.2.3. Nouvelles mesures et levés de terrain

Contrairement aux formations superficielles, les formations du substratum sont assez peu identifiables et distinguables dans les descriptions de forages proposées. Ainsi, la modélisation en 3D des formations géologiques du substratum créacé et paléogène s'est largement construite à partir de données de la carte géologique (interfaces des formations affleurantes) et des données structurales de terrain (mesures de pendages, discontinuités, failles, etc.).

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

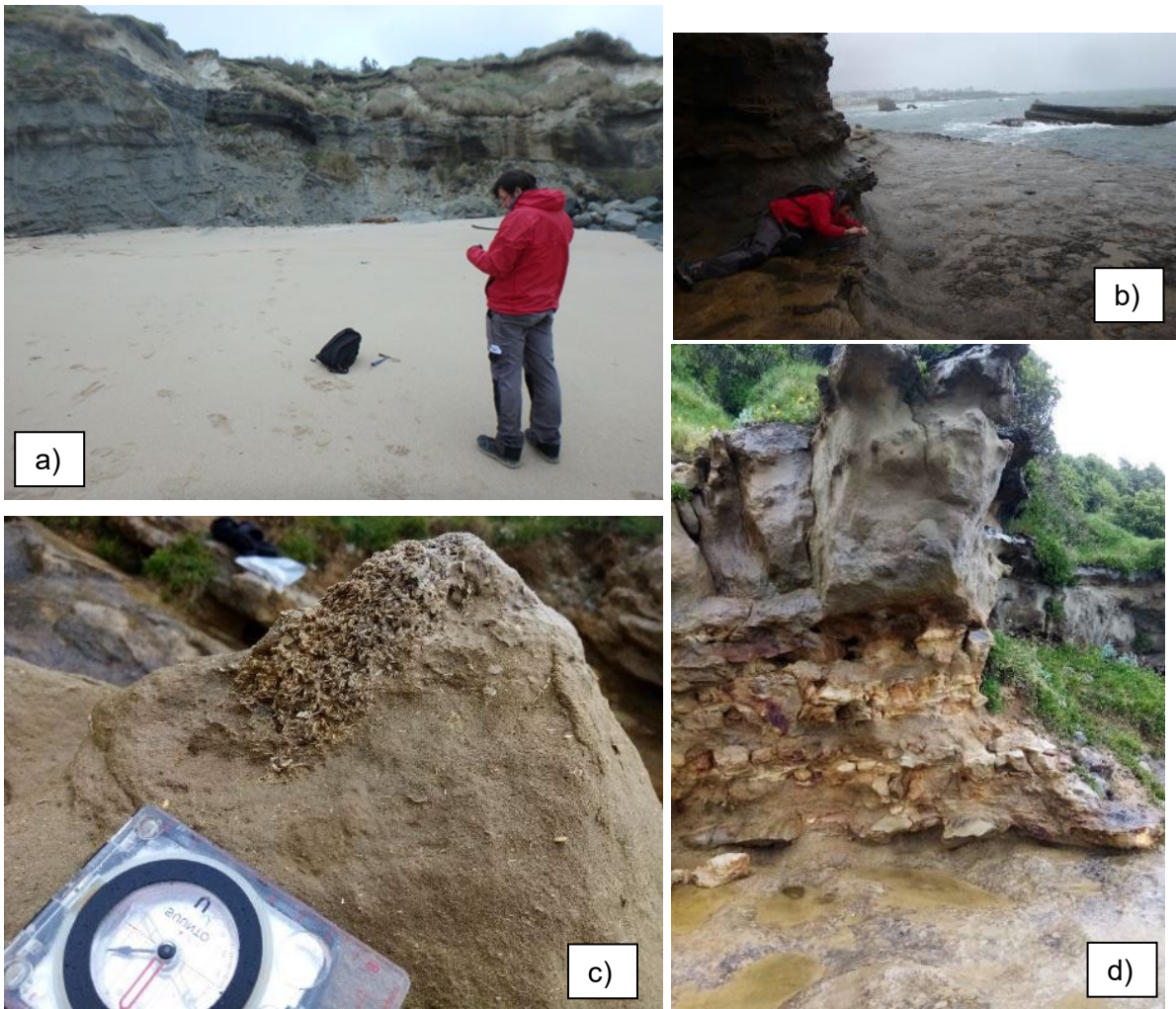


Illustration 55 - Planche de photos illustrant la campagne de terrain réalisée en avril 2022, afin de compléter les mesures lithologiques et structurales pour alimenter les modèles (a : discordance Eocène/Pliocène (plage de Marbella) ; b : mesure du pendage (Pointe Saint-Martin) ; c : calcaire gréseux à nummulites (Rocher de la Vierge) ; d : marnes gréseuses du phare de Biarritz)

Dans le cadre de la réalisation du modèle géologique du substratum, les données de modélisation provenant de travaux précédents (Bourbon et Caritg, non publié - programme Ezponda) ont ainsi été reprises. Le modèle avait principalement été construit à partir d'un ensemble de données cartographiques (Karnay et Razin, non publié), de données structurales (Borie, 2008 ; Guillen, 2024) et d'interprétation de coupes géologiques (Razin, 1989 ; Razin, non publié).

Afin de compléter ces données, et dans l'objectif de prolonger ce modèle dans la zone concernée par la présente étude, de nouvelles mesures de terrain ont été relevées, notamment dans les secteurs d'Hendaye et de Biarritz (voir Illustration 55).

Les données structurales utilisées ainsi que les données de la carte géologiques sont présentées en Illustration 54.

3.2.4. Identification de bases complémentaires existantes exploitables

Des études menées au début des années 2000 ont conduit à mieux définir et mieux caractériser les différents contextes géomorphologiques sur tout le littoral rocheux de la côte basque (Genna *et al.*, 2004 ; Aubié *et al.*, 2005). Différents tronçons ont ainsi pu être définis en proposant de leur attribuer des caractéristiques géologiques, géomorphologiques et structurales, qui leurs soient propres (Nédellec *et al.* 2005).

Dans le cadre de cette étude menée par Nédellec *et al.* (2005), des observations, levés de coupes et mesures de terrain au droit des falaises et depuis l'estran, ont alors été menés de manière exhaustive sur l'ensemble de la côte. Lorsqu'elles ont été reportées, ces données ont été considérées comme utilisables au même titre qu'une information cartographique ou un log de forage. Il s'agit notamment de l'épaisseur des altérites, puisque cela a été défini de manière assez précise pour chacun de ces tronçons.

L'illustration 56 présente, de manière générale, la localisation des 100 tronçons homogènes qui ont été définis selon des critères physiques, avec notamment ceux décrits ci-dessus. L'illustration 57 expose un extrait de fiche synthétique des relevés de terrain effectués en 2005 (Nédellec *et al.*, 2005).

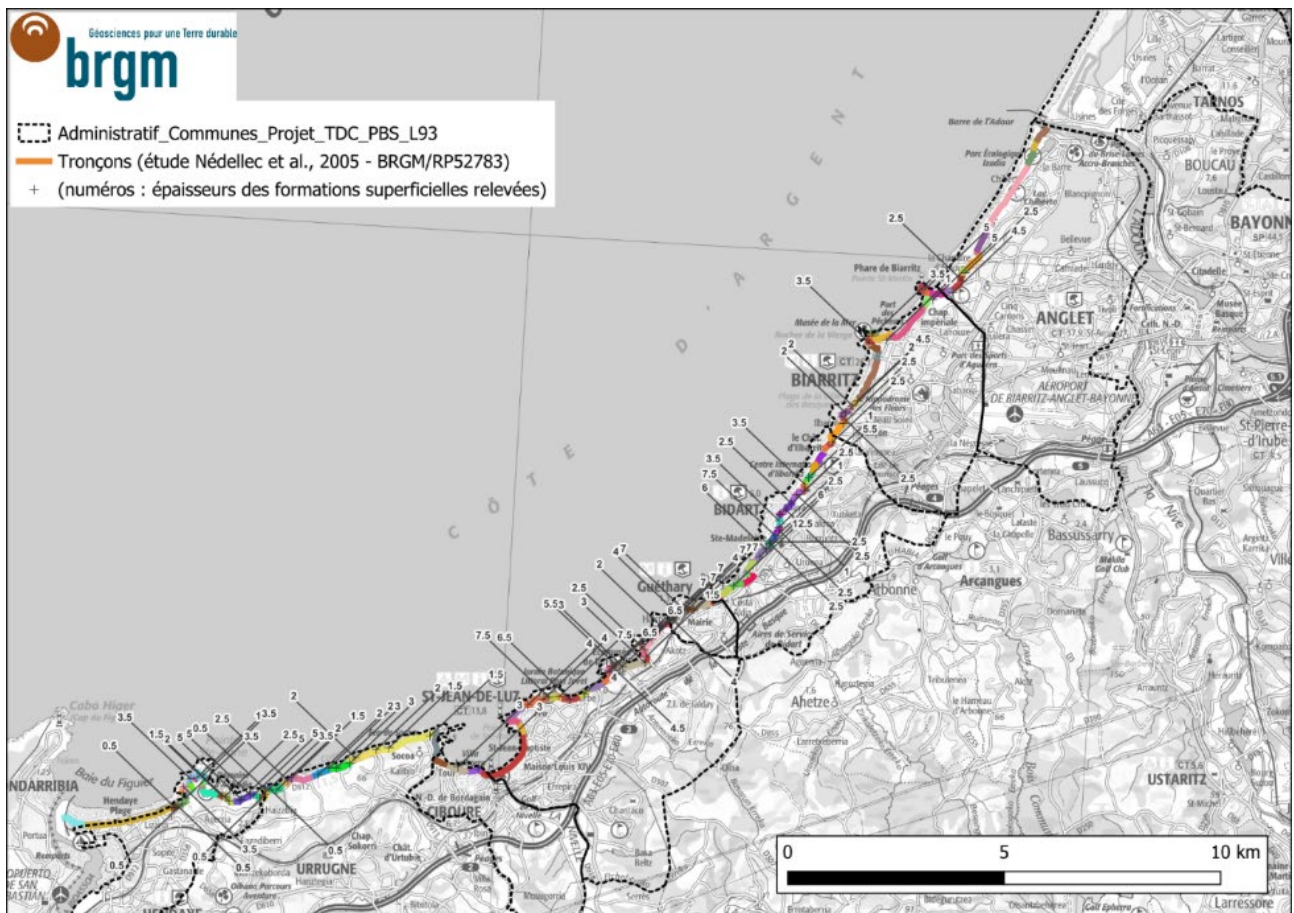


Illustration 56 - Tronçons de l'étude de Nédellec *et al.* (2005 - BRGM/RP-52783-FR), avec identification des valeurs d'épaisseurs affectées

Observatoire de la côte basque - Fiche d'évaluation de l'aléa par tronçons côtiers

Identification

N° fiche / tronçon : **063**
 Linéaire du tronçon : 280 m
 Commune : Saint-Jean-de-Luz
 Nom du site / lieu dit : Pointe de Xibau Berria

Généralités

Description géomorphologique générale :
 Zone à pendage amont localement fracturée. Couche d'altérites moyennement épaisse.

Coupe schématique type

Photos

Géosciences pour une Terre durable
brgm

SGR Aquitaine / ARN - RGC

Observatoire de la côte basque - Fiche d'évaluation de l'aléa par tronçons côtiers

Identification

N° fiche / tronçon : **063**
 Linéaire du tronçon : 280 m
 Commune : Saint-Jean-de-Luz
 Nom du site / lieu dit : Pointe de Xibau Berria

Travaux

Nature :
 Efficacité Apparente :

Diagnostic

Catégorie géomorphologique : 4
 Type d'instabilité pouvant affecter la zone :
 Glissement / éboulement du flysch déstructuré.
 Glissement de la couche d'altérites.
 Niveau d'aléa (en l'état actuel des connaissances) :
 Moyen
 Evolution du pied de falaise entre 1938 et 2000 (photo-interprétation) :
 10 à 20 m (précision +/- 10 m)

Description

Géologie : Flysch à silex de Guéthary
 Altération : Moyenne
 Formations superf. : Couche d'altérites d'épaisseur 4 à 5 m
 Discontinuités : Pendage amont des bancs 30 à 40°. Localement pendage aval.
 - densité : Bancs d'épaisseur décimétrique
 - orientation : N 150°
 Hydrogéologie : Néant
 Hydraulique cont. : Néant
 Versant :
 - hauteur approx : 8 à 10 m
 - pente : 60° pour le rocher
 30° pour les altérites
 - végétation : Quelques buissons
 - Constructions : Néant
 - Indices d'instabilité : 2 glissements / éboulements du flysch très fracturé et de la couche d'altérites sus-jacente.

Géosciences pour une Terre durable
brgm

SGR Aquitaine / ARN - RGC
 Rapport final BRGM/RP-52783-FR

Illustration 57 - Présentation des fiches d'identification géomorphologique (exemple de la fiche 63 ; Nédellec et al., 2005)

3.3. MODELISATION GEOLOGIQUE, RESULTATS ET EXPLOITATION

3.3.1. Modélisation géologique et approche géostatistique

Dans le cadre de la présente étude, la modélisation est réalisée à partir d'une approche géostatistique de la cote d'altitude des différentes surfaces à modéliser, qui limitent les formations géologiques retenues pour le(s) modèle(s).

Cette modélisation est effectuée par krigeage à l'aide du logiciel GDM/Multilayer® pour le modèle des formations géologiques superficielles, et du logiciel GeoModeller® pour celui des formations géologiques du substratum.

Le krigeage est, en géostatistique, la méthode d'estimation linéaire garantissant le minimum de variance et donc de dispersion des valeurs d'une variable aléatoire que l'on calcule. C'est un processus qui comprend l'analyse statistique exploratoire des données connues d'une variable, la modélisation des variogrammes¹³, la création de la surface et éventuellement l'exploration de la surface de variance. Il réalise ainsi l'interpolation spatiale d'une variable régionalisée, par un calcul utilisant l'interprétation et la modélisation du variogramme expérimental.

Plus précisément, la méthode d'interpolation employée pour la modélisation dans les deux modèles réalisés ici est le krigeage avec variogramme linéaire sans dérive, qui constitue un bon compromis et qui présente les propriétés de passer par les points de données et de tenir compte de la densité des données.

La superposition des différentes surfaces ainsi modélisées permettra de créer les deux modèles géologiques. Toutefois, chacune des surfaces pourra être exploitée indépendamment les unes des autres si nécessaire.

3.3.2. Modèle géologique des formations superficielles

a) Résultats et exploitation

Pour le modèle des formations superficielles, la modélisation géostatistique est réalisée à partir de l'interprétation de 1 599 données géologiques, géoréférencées dans le système géodésique WGS84 associé au système de projection Lambert 93, et dont l'altitude des têtes est exprimée relativement au zéro NGF (Nivellement général de la France), correspondant à :

- 1 462 forages qui proviennent en grande partie de la BSS (BRGM) et des données collectées dans le cadre de ce projet (voir chapitre 3.2) ;
- 137 observations de terrain qui proviennent des données du modèle préexistant (Peter-Borie, 2010), des nouvelles données d'observations effectuées dans le cadre de la présente étude, ainsi que des données récupérées dans les bases existantes et exploitables.

Chacune de ces données a été codée, afin d'être implémentée dans le logiciel GDM/Multilayer®.

¹³ Le variogramme est défini comme étant la variance de la différence entre deux variables à deux localisations. La variogramme augmente généralement avec la distance et est décrit par les paramètres de pépité, de palier et de portée (source : dictionnaire SIG - ESRI support).

Après la phase d'interpolation des surfaces par krigeage, à partir des données codées, les surfaces correspondantes peuvent être exploitées. La représentation cartographique du modèle peut être affichée sous différentes formes, avec :

- soit les surfaces interpolées dans le logiciel : on obtient alors des cartes en isohypses du toit ou du mur de chacune de ces surfaces (voir Illustration 59) ;
- ou les épaisseurs des formations modélisées par « remplissage » de l'espace entre le toit et le mur des formations à considérer (choisie par le modélisateur, *via* le logiciel) : on obtient alors des cartes en isopaches (voir Illustration 58, Illustration 60, Illustration 61, Illustration 62).

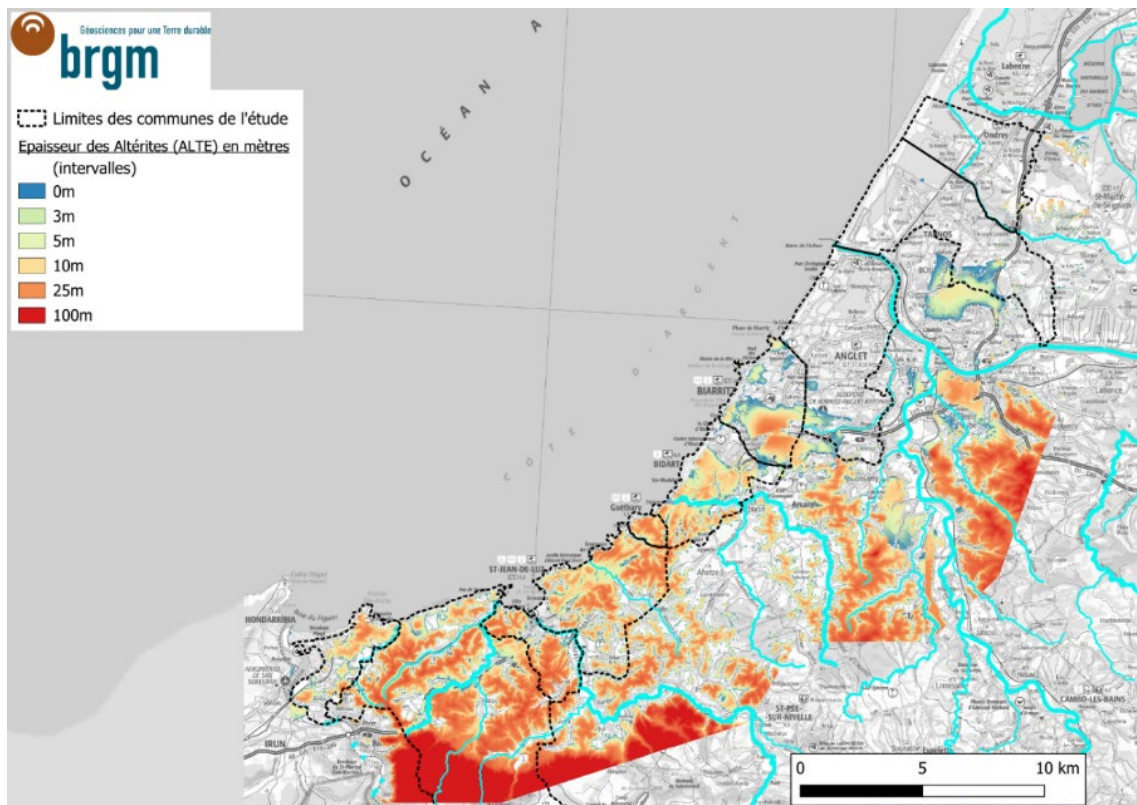


Illustration 58 - Carte en isopaches des altérites (ALTE)

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

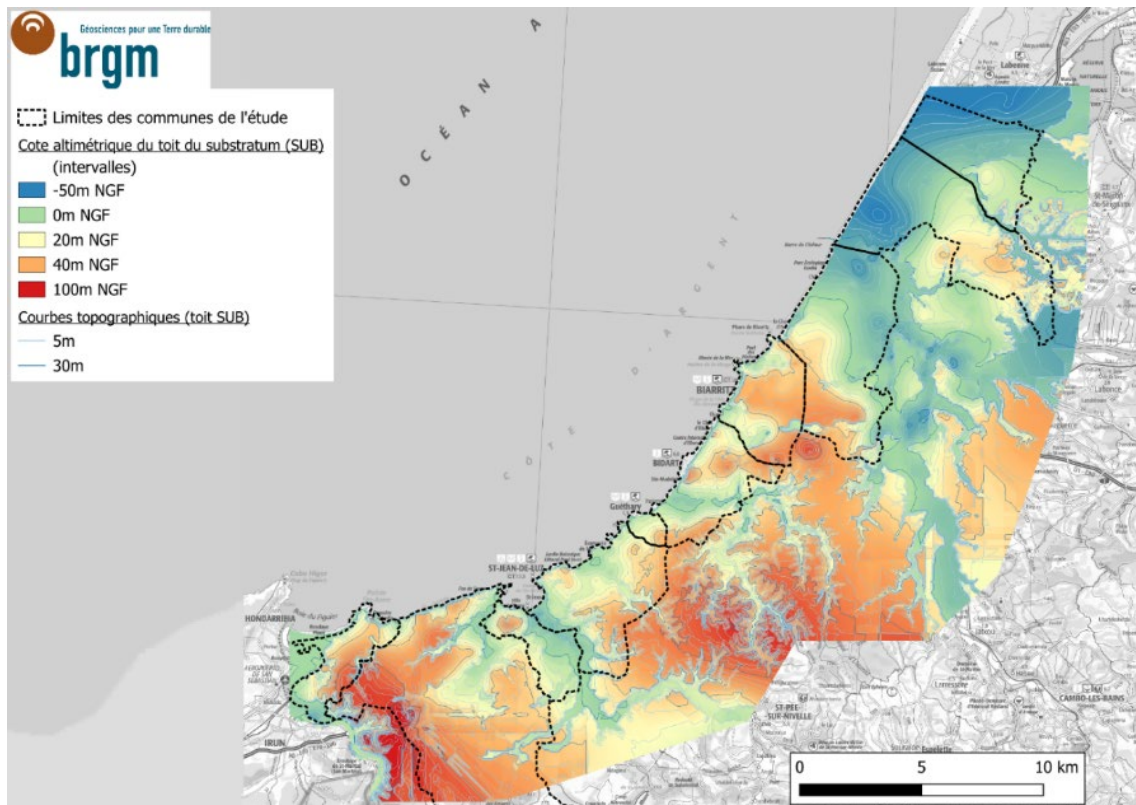


Illustration 59 - Carte en isohypse du toit du substratum (SUB)

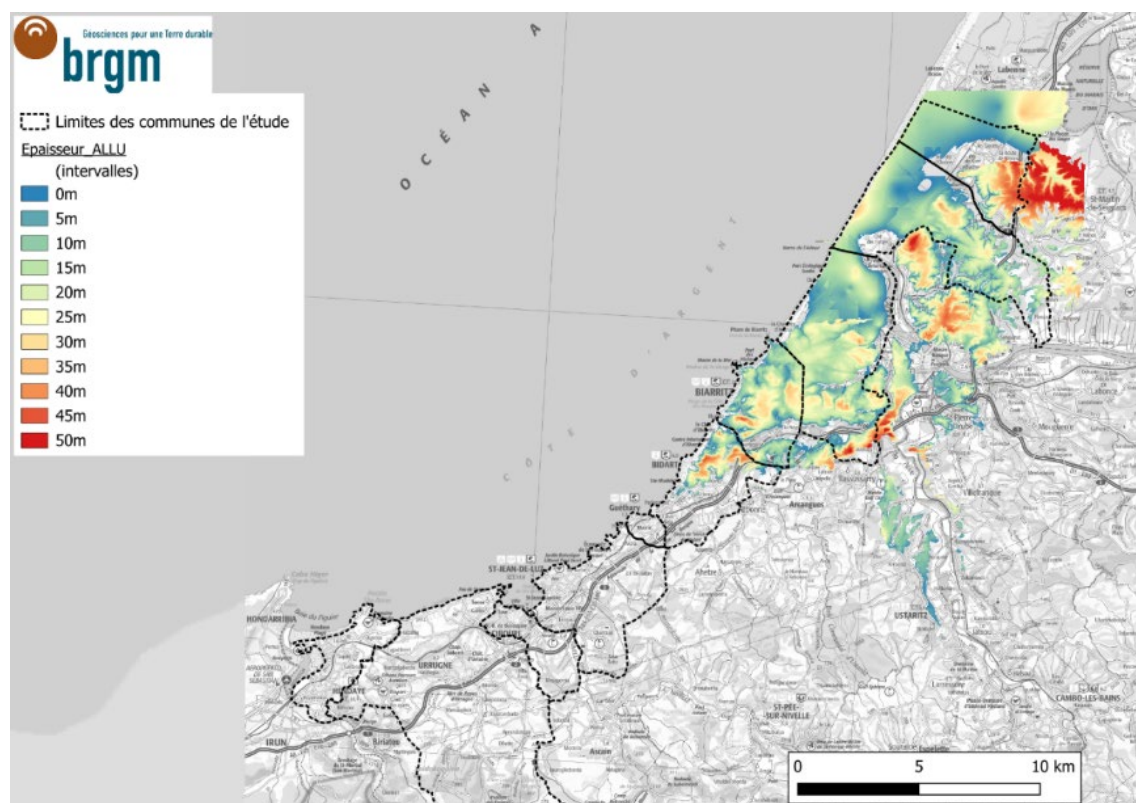


Illustration 60 - Carte en isopaches des formations alluvionnaires anciennes et plio-quaternaires (ALLU)

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

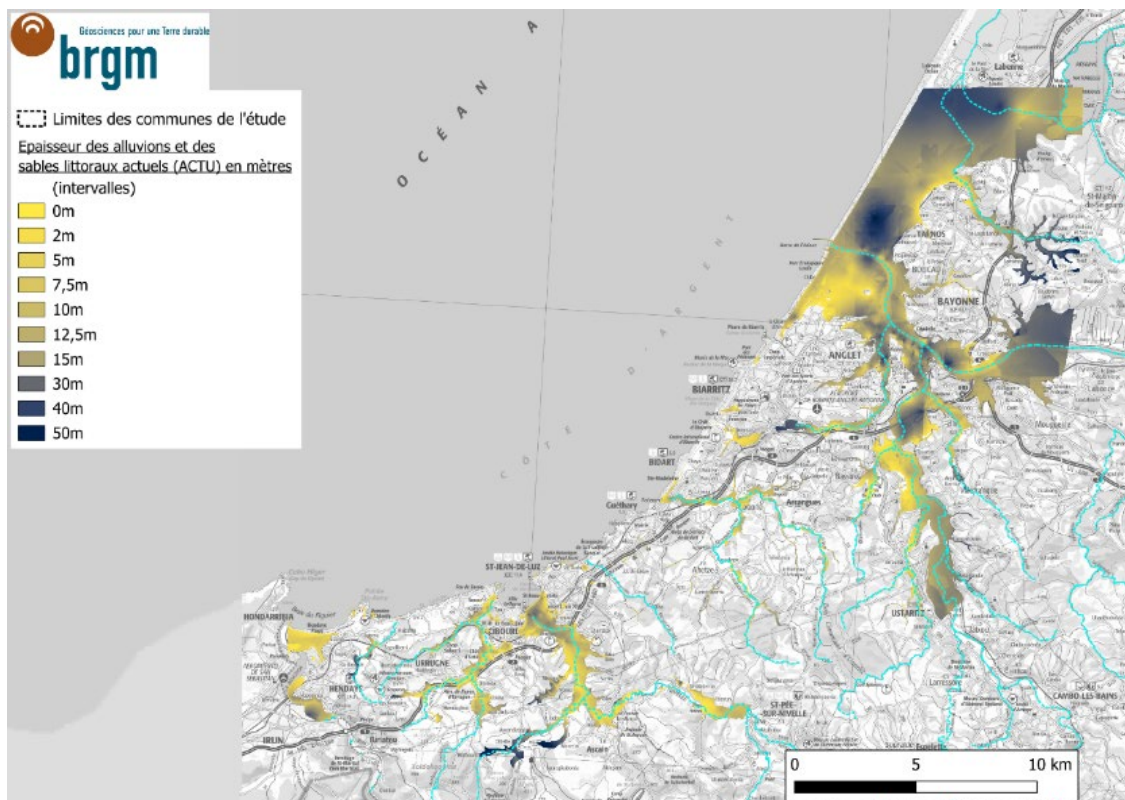


Illustration 61 - Carte en isopaches des alluvions récentes et des sables littoraux actuels (ACTU)

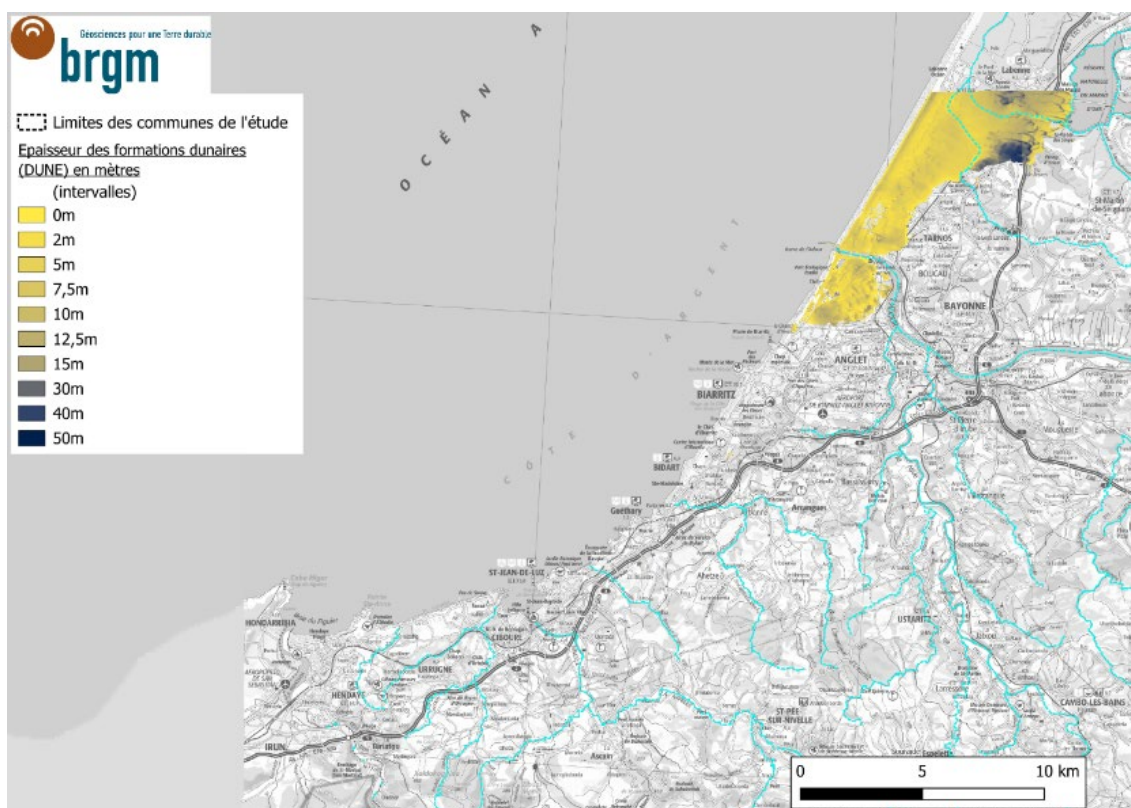


Illustration 62 - Carte en isopaches des formations dunaires (DUNE)

Diverses autres représentations peuvent également être extraites du modèle, afin d'être exploitées : coupes verticales dans le modèle, droites ou brisées (voir Illustration 63), ou des blocs diagrammes pour une visualisation en perspective 3D (voir Illustration 65).

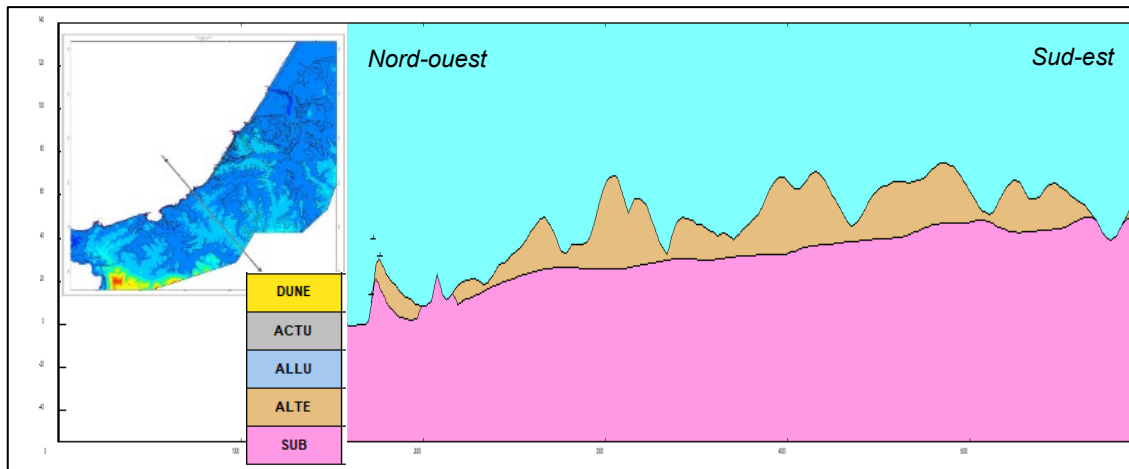


Illustration 63 - Exemple d'une coupe verticale dans le modèle, située dans le secteur de Guéthary, illustrant le front d'altération du flysch

Une série de 93 coupes a été extraite du modèle afin de pouvoir disposer des géométries résultantes à grande échelle : 92 coupes séréées, ainsi qu'une coupe le long du trait de côte (voir Illustration 64).

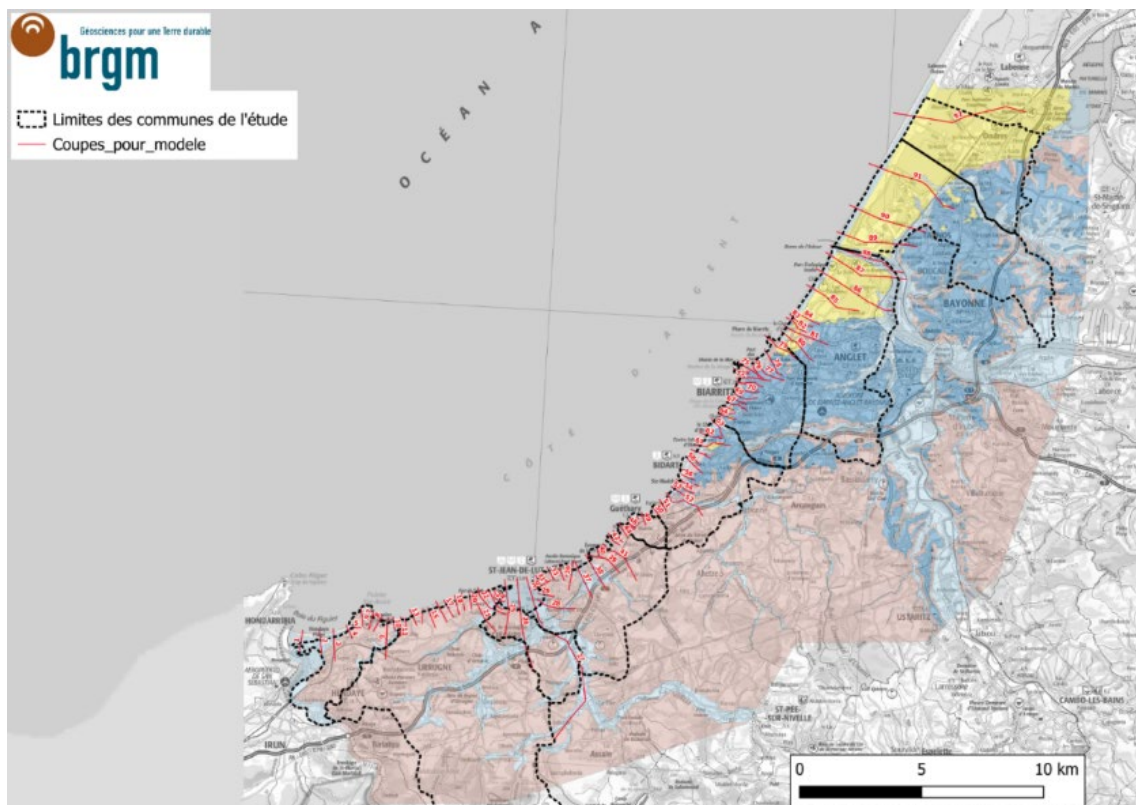


Illustration 64 - Carte de localisation de 92 coupes géologique, extraites du modèle géologique des formations superficielles

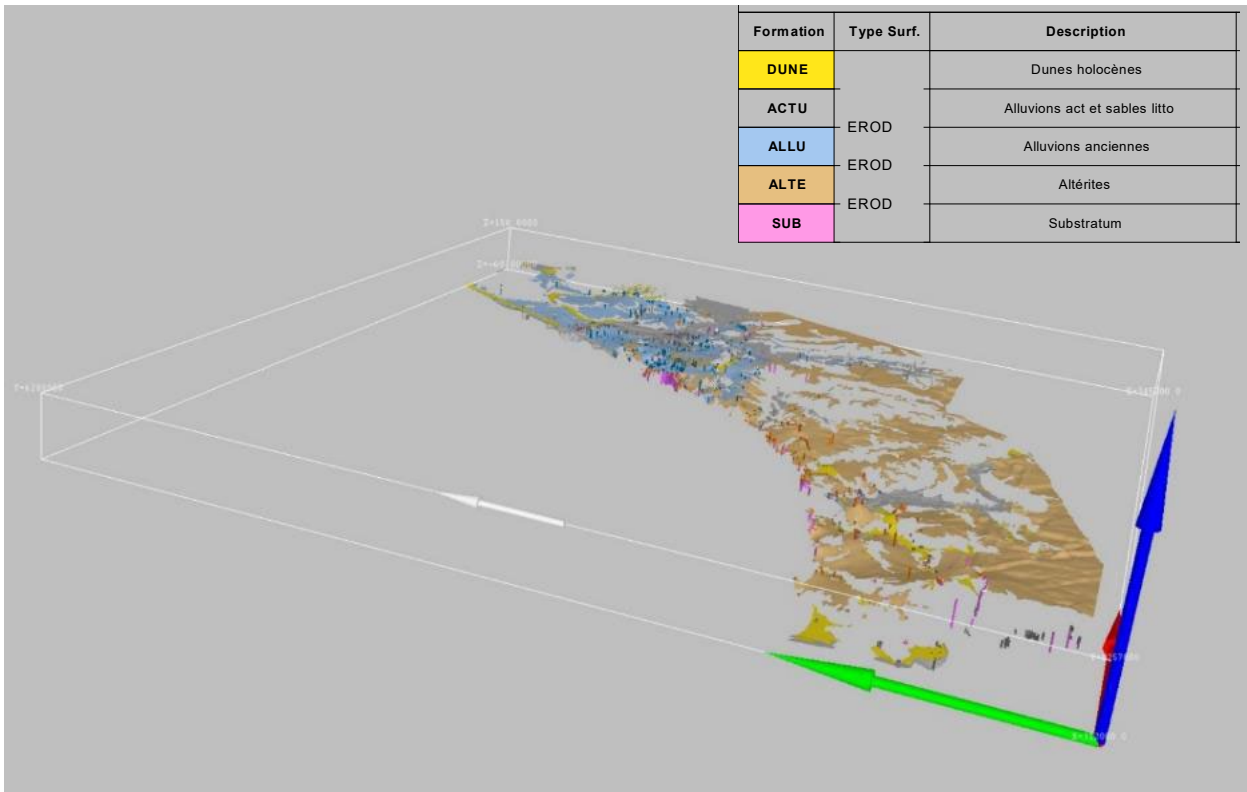


Illustration 65 - Aperçu du modèle géologique 3D des formations superficielles (nord : flèche blanche)

b) Erreurs et cartes de précision des variables du modèle des formations superficielles

Il est important de rappeler que les cartes, coupes ou toutes autres représentations des variables d'un modèle, obtenues à partir de données interpolées par méthodes géostatistiques, correspondent à une estimation de la réalité. En dehors des points de contrainte -ou valeurs exactes- issus des données physiques réelles, implémentées dans l'outil de modélisation, les valeurs calculées pour l'interpolation des surfaces du modèle géologique des formations superficielles du Pays basque et du Seignanx correspondent à des estimations. L'incertitude (ou plutôt la précision) issue de l'interpolation géostatistique de données dans un modèle géologique peut être estimée. Toutefois, à cette incertitude peut s'ajouter celle des données d'entrée (points de contraintes) qui sont également susceptibles de contenir des erreurs (ex : au moment du levé géologique du forage, lors de l'interprétation ou du codage des données, etc.). Seul un examen de la précision des résultats obtenus, dans le cadre de l'interpolation géostatistique, est présenté ci-après.

Plusieurs outils sont disponibles pour pouvoir étudier la précision d'un modèle et ainsi en examiner les incertitudes. La validation croisée en est un qui consiste à effectuer une estimation de la valeur d'une variable en chaque point (x, y) de donnée où la variable est connue, à partir des autres points de données où cette variable est connue. Pour cela, chaque point (x, y) est enlevé des données de façon temporaire, au moment de son estimation, à partir des autres points. Le résultat de cette validation croisée peut ainsi être examiné afin de vérifier les écarts entre la valeur calculée (ou estimée) et la valeur réelle. Le résultat est de bonne qualité lorsque l'estimation est au plus proche de la valeur vraie et que les erreurs ainsi estimées sont proches de 0.

L'histogramme suivant présente les différentes valeurs de l'erreur brute, calculée par validation croisée de la variable correspondant à la base de la formation superficielle des altérites (Illustration 66).

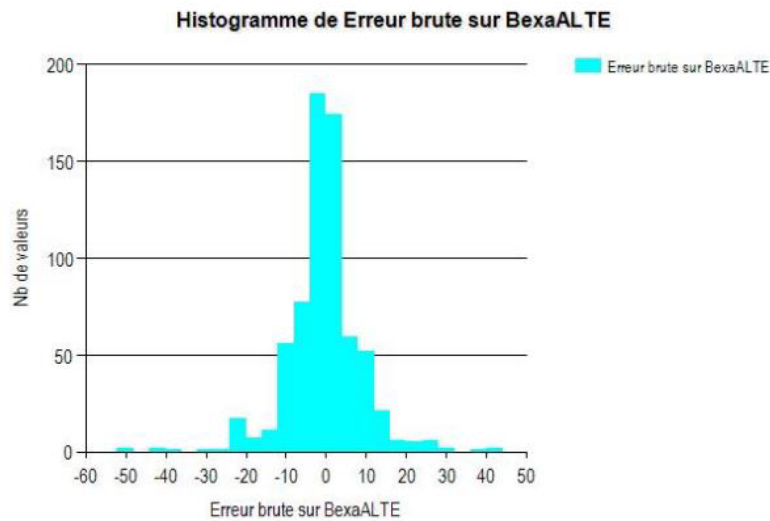


Illustration 66 - Histogramme de l'erreur brute de l'interface correspondant à la base des altérites (base exacte de la formation codée ALTE)

Les résultats de la validation croisée sont à considérer avec prudence, car cette méthode ne porte en effet que sur les points qui ont servi à construire le modèle. Selon la configuration de l'échantillonnage, elle ne permet pas nécessairement d'apprécier l'adéquation du modèle géostatistique dans toute la gamme des distances considérées.

Cette méthode permet toutefois d'identifier la présence d'erreurs brutes pouvant être supérieures à 10 m. Ces erreurs sont notamment dues au choix d'un domaine de modélisation allant au-delà des zones à enjeux où les efforts de modélisation se sont focalisés. Cette particularité introduit un biais en dehors des zones à enjeux, notamment en raison de :

- une densité plus importante de données de forages à proximité du trait de côte ;
- une densité plus faible de données, à mesure que l'on s'éloigne de celui-ci.

Sans pouvoir être considérée comme une carte d'incertitude du modèle, mais plutôt comme une carte de précision, la représentation de la variance de l'erreur de krigeage (ou variance de krigeage) pour chaque maille apparaît également comme un outil de contrôle pour les surfaces estimées. Sur ces cartes, plus les valeurs apparaissent élevées et moins l'interpolation est à considérer comme précise.

NB : Si la carte de variance de krigeage (ou de sa racine carrée, l'écart-type de krigeage) nous renseigne sur la précision de l'estimation, elle ne peut être assimilée à une carte d'incertitude. Aussi faut-il veiller à ne pas en faire une interprétation trop hâtive (d'après INERIS, 2003).

Des cartes représentant ces valeurs sont proposées en Illustration 67 et en Illustration 68.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

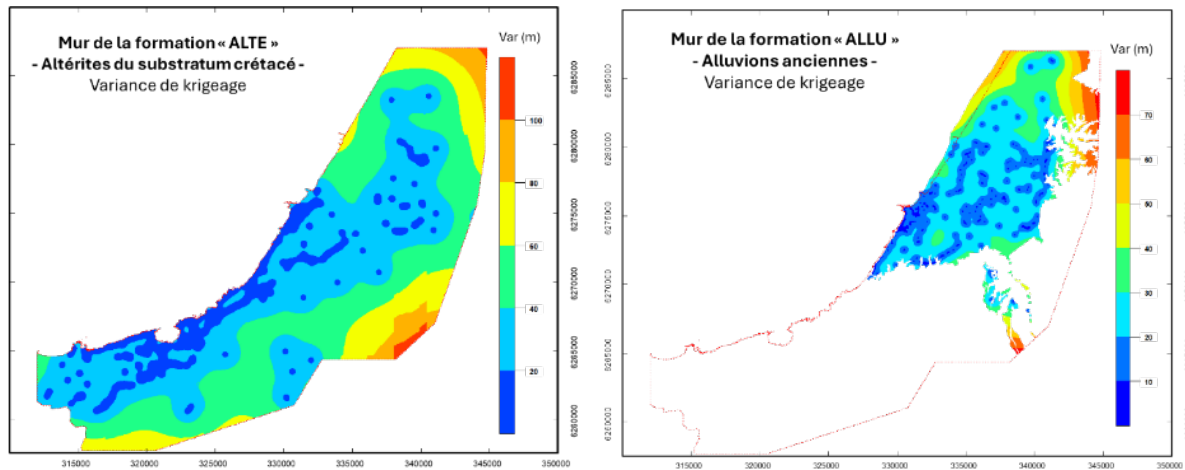


Illustration 67 - Carte de représentation de la variance de krigeage pour les variables interpolées « Mur ALTE » et « Mur ALLU »

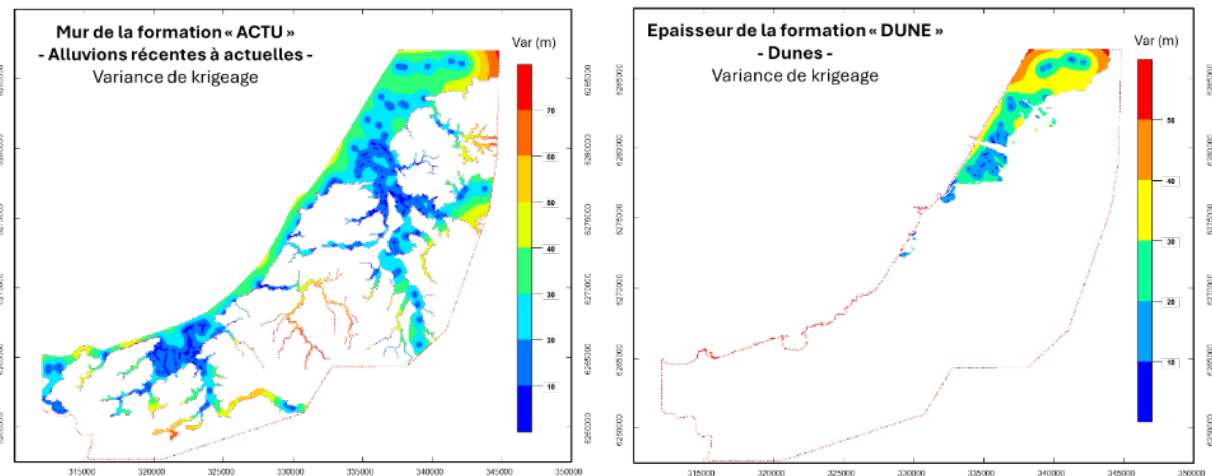


Illustration 68 - Carte de représentation de la variance de krigeage pour la variable interpolée « Mur ACTU » et la variable calculée « Epaisseur DUNE »

Les cartes obtenues permettent de distinguer des zones où les estimations calculées pour les variables modélisées apparaissent plus dispersées, avec notamment un effet de bordure qui est assez bien marqué en limite du modèle, et en dehors de la zone littorale.

De plus, il est à noter que toutes les variables ne sont pas identifiées au droit de chaque forage (si l'interface géologique n'a pas été rencontrée), et que les zones d'imprécision marquent la plus faible densité de points de données pour lesquels la variable considérée est connue. Une amélioration de la précision de ce modèle des formations superficielles du Pays basque semble possible, soit par l'utilisation d'une méthode d'interpolation plus ajustée (afin d'améliorer l'erreur de krigeage des variables estimées) et/ou par l'intégration de plus de données (de forages notamment, etc.).

3.3.3. Modèle géologique du substratum

Les travaux concernant la modélisation géologique du substratum s'inspirent du modèle géologique régional, qui a été réalisé dans le cadre du programme Ezponda (Guillen, 2024 ; Bourbon et Caritg, non publié). Lors de sa construction, ce modèle régional s'est très largement

appuyé sur des travaux réalisés dans les années 2000, pour la révision de la carte géologique de Bayonne (Karnay et Razin, non publié ; Peter-Borie, 2008).

Afin d'enrichir les informations issues de la carte géologique, certaines données structurales avaient également été implémentées dans le logiciel GeoModeller® pour le modèle régional Ezponda. Celles-ci sont issues à la fois des mesures réalisées sur le terrain, identifiées dans la thèse de Razin (1989), mais elles proviennent également de géométries interprétées par Razin (non publié) au droit de grandes coupes régionales (Illustration 69).

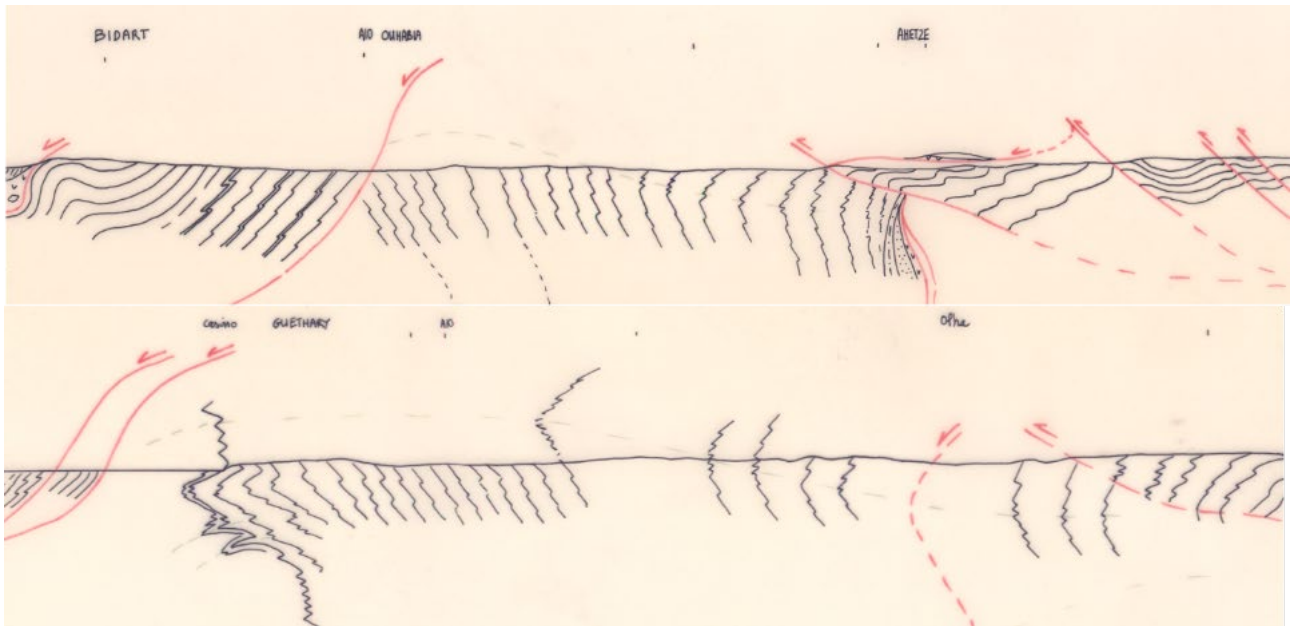


Illustration 69 - Exemple de coupes interprétées par Razin (non publié), et utilisées dans la modélisation pour le modèle géologique régional Ezponda (Bourbon et Caritg, non publié)

Pour réaliser le nouveau modèle géologique du substratum élargi, la carte géologique initialement créée pour le modèle régional Ezponda a dû être complétée, notamment vers le nord-est au-delà de la commune de Bidart (Illustration 54). Ces données provenant de la carte géologique, ainsi que les nouvelles données structurales (contacts, pendages, failles, etc.) mesurées lors de la campagne d'avril 2022 (voir § 3.2) ont également été ajoutées dans le logiciel GeoModeller®.

La pile stratigraphique a ainsi dû être complétée, afin d'intégrer les dépôts du Tertiaire qui affleurent à partir d'Erretegia, au-delà de la limite du modèle régional Ezponda. Un aperçu de l'ensemble de ces données est présenté en Illustration 70.

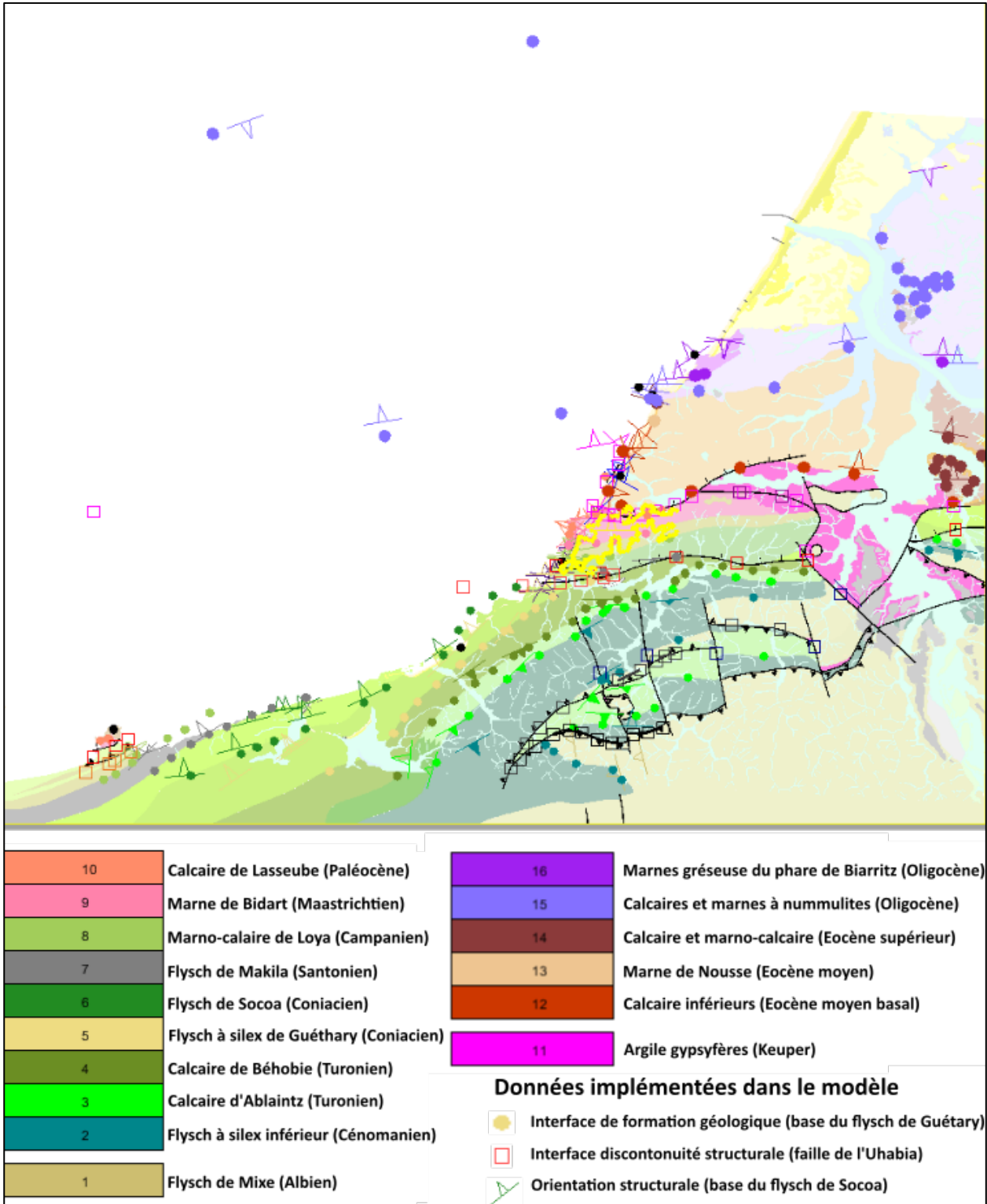


Illustration 70 - Carte de présentation des données géologiques et structurales superficielles ayant servi à construire le nouveau modèle du substratum du Pays basque (Des données géologiques et d'orientations structurales en sections verticales issues de coupes interprétées sont également existantes, mais elles ne sont pas visibles ici).

Des aperçus des résultats fournis par le modèle sont présentés en Illustration 71, par l'intermédiaire de coupes géologiques pouvant être extraites puis exploitées.

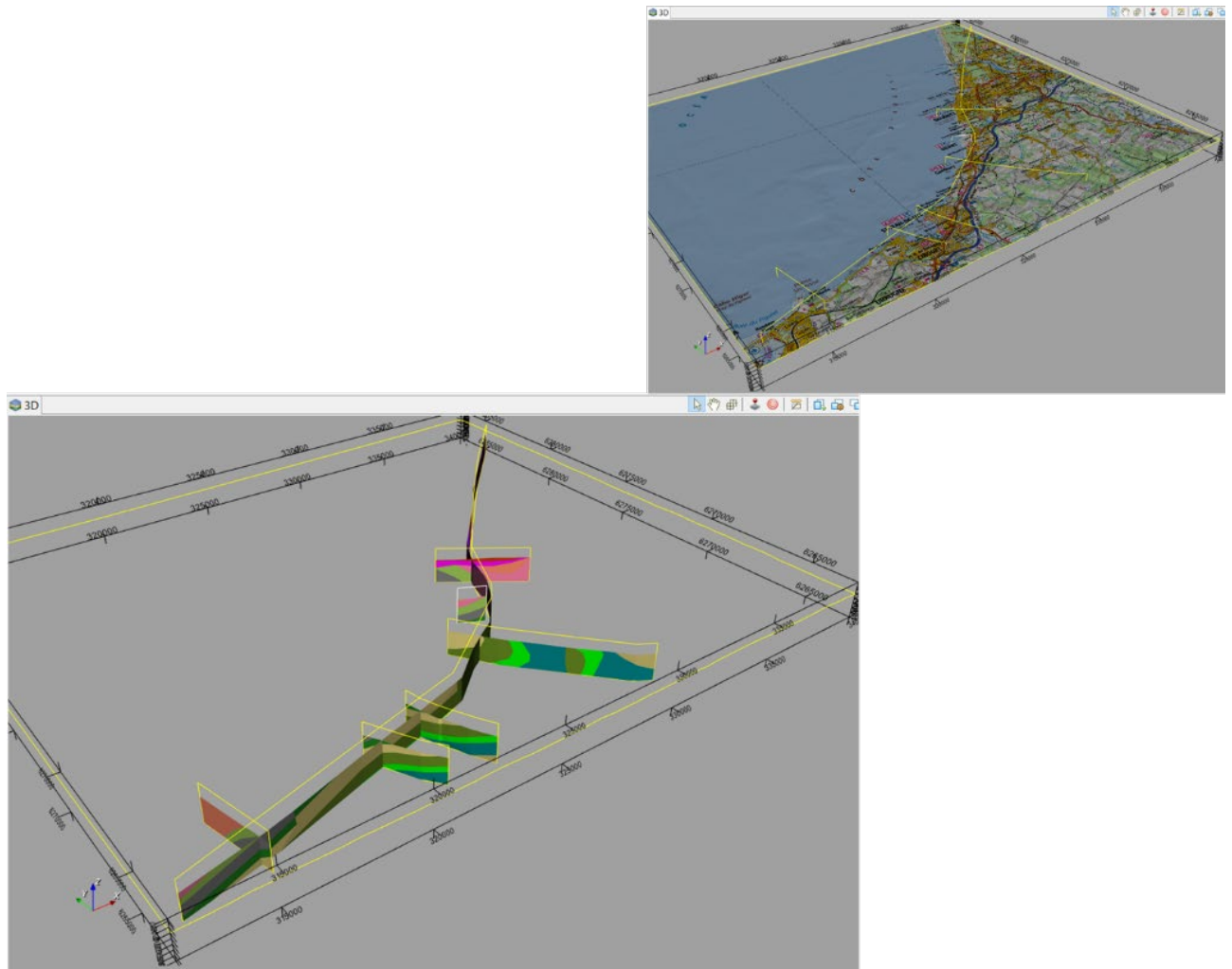


Illustration 71 - Exemple de coupes géologiques dans le modèle 3D du substratum du Pays basque

Un autre exemple de document graphique pouvant également être exploité à partir du modèle est présenté en Illustration 72 : c'est un export sous forme de carte en isohypse, avec l'exemple du toit de la formation des marnes de Bidart. Sur cette carte, on observe une bonne concordance du pendage modélisé pour cette interface, qui est bien marqué au niveau du secteur situé au nord de la plage du centre à Bidart. Le pendage a tendance à être plus faible en direction d'Erretegia, ce qui est bien représenté dans le modèle.

La possibilité de spécifier et de différencier les pendages dans l'ensemble de la zone modélisée est une opportunité pour l'étude quantitative de phénomène d'érosion, car ce paramètre est un marqueur géomorphologique très important pour caractériser les différentes typologies du littoral basque (Genna *et al.*, 2003 ; Aubié *et al.*, 2005). Il est à noter que les pendages peuvent varier de manière assez importante aussi bien latéralement que perpendiculairement à la côte.

Il faut toutefois garder à l'esprit que le modèle du substratum propose une géométrie à la maille de 25 mètres et ne permet donc pas de différencier et cibler les variations de pendages localisées.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

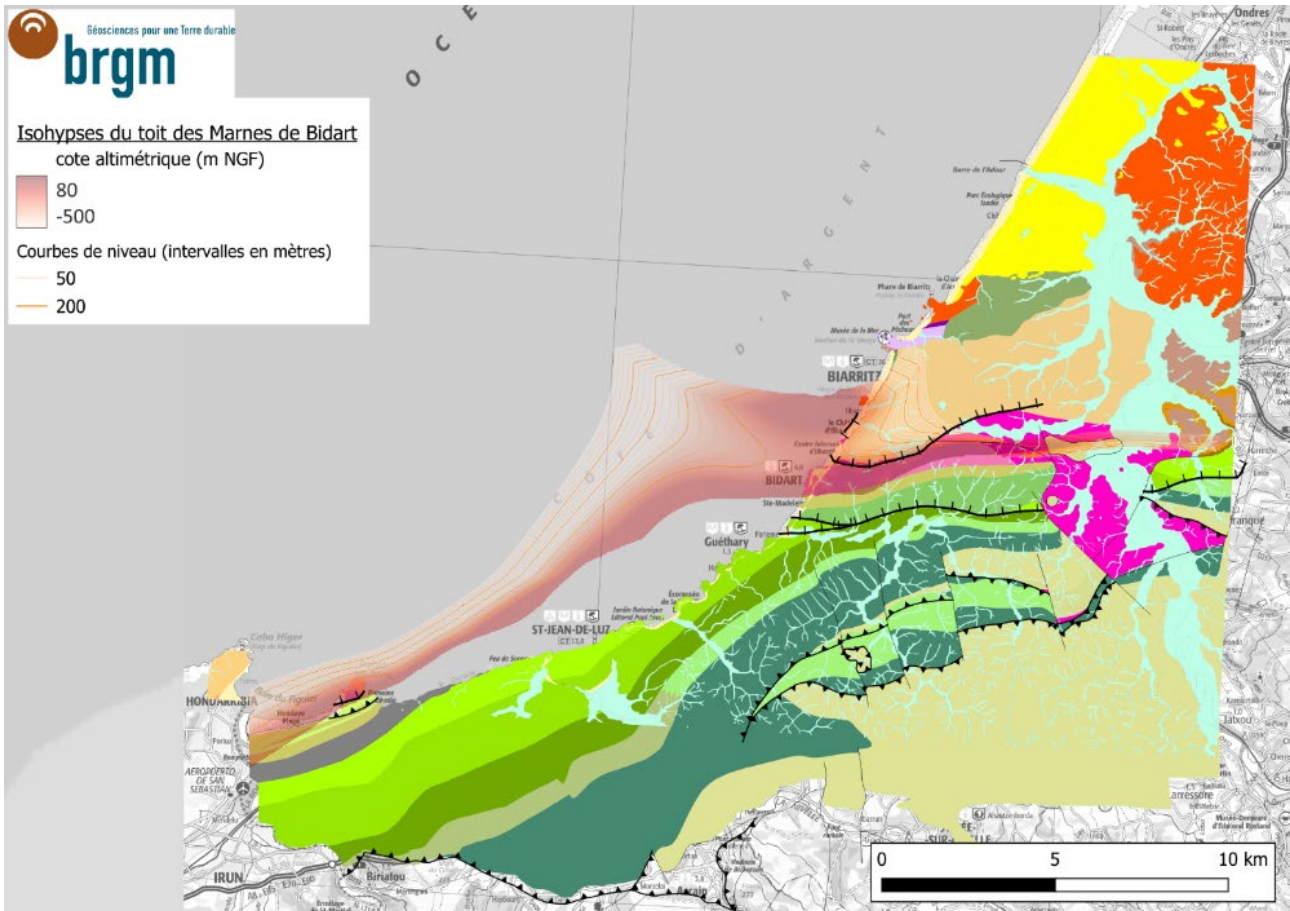


Illustration 72 - Aperçu cartographique de résultats obtenus avec le modèle géologique du substratum : carte en isohypse du toit de la formation des marnes de Bidart

Par ailleurs, toujours sur la carte en isohypse du toit de la formation des marnes de Bidart, on remarque que le chevauchement d'Illbarritz, marqué sur le littoral par la présence des affleurements d'argiles gypsifères du Trias, perturbe assez notablement la surface modélisée. On note ainsi une interpolation qui semble plus perturbée et hasardeuse dans ce secteur, notamment à partir du platier et vers le large, où on observe une remontée « artificielle » et notable du toit de cette formation.

L'absence ou la faible quantité de contraintes géologiques pour la construction du modèle ne permet pas d'obtenir des résultats satisfaisants au-delà de la frange littorale, ce qui est malheureusement le cas pour une grande partie du domaine modélisé (qui est caractérisé par une zone rectangulaire tel que cela est techniquement imposé par le logiciel, voir chapitre 3.1.2 et Illustration 48). Le bloc diagramme présenté en Illustration 73 présente approximativement la zone modélisée, qui doit être considérée comme fiable : elle se limite à la zone du modèle préexistant régional Ezponda et à son prolongement situé au nord-est, et se concentre autour de la zone la plus dense en informations et située autour du trait de côte.

La finalité de ce modèle étant de produire une géométrie sur le linéaire côtier, ce constat n'est pas de nature à en limiter l'exploitation potentielle pour la définition des projections du trait de côte.

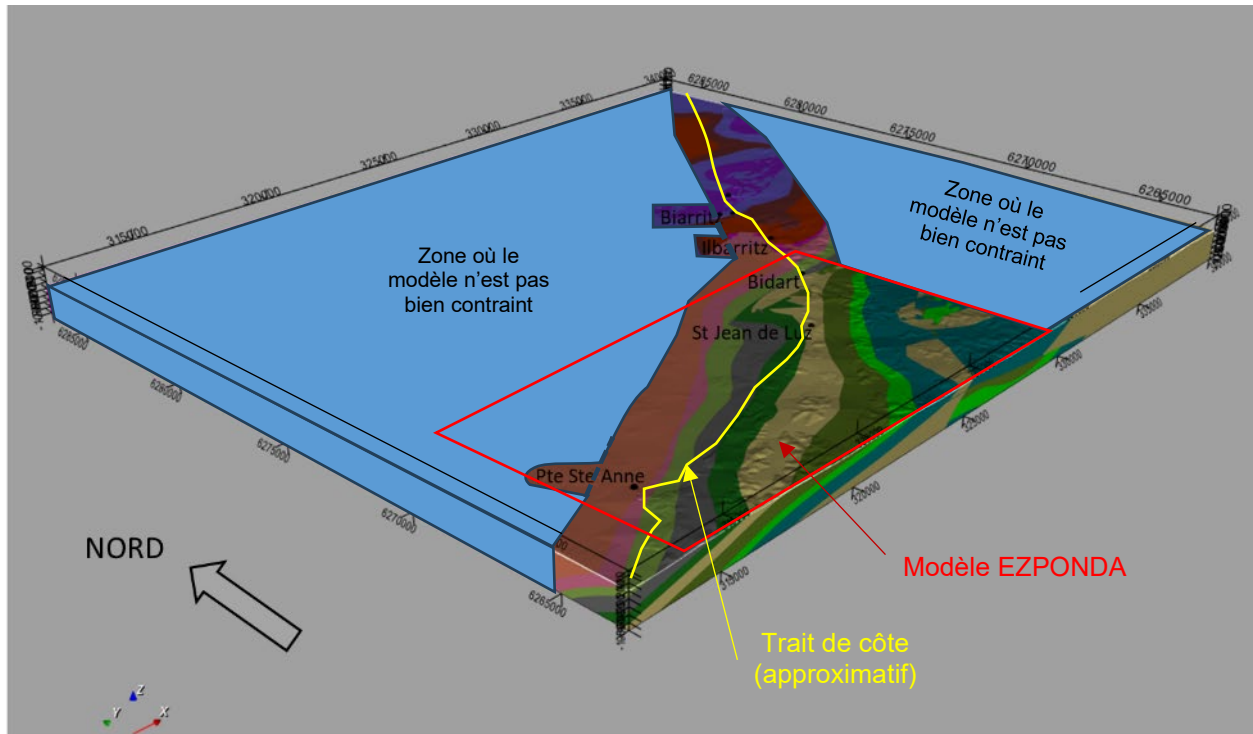


Illustration 73 - Bloc diagramme représentant en 3D les couches modélisées dans le modèle du substratum du Pays basque et identification des zones peu contraintes

4. Etablissement de scénarios de projection du trait de côte

4.1. RECOMMANDATIONS NATIONALES

Les dispositions relatives au trait de côte de la loi n°2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite loi « Climat et résilience », incitent les collectivités territoriales à adapter leur politique d'aménagement et mettent à leur disposition de nouveaux outils. Les collectivités territoriales sont incitées à élaborer des cartes d'exposition au recul du trait de côte. Cette cartographie locale doit permettre d'identifier les zones exposées au recul du trait de côte et de projeter ce recul aux horizons de 30 et 100 ans. Pour ce faire, le BRGM et le Cerema ont produit un document national de recommandations relatives à l'élaboration de cette cartographie des zones exposées au recul du trait de côte, à moyen et long termes (Collectif BRGM/Cerema, 2022). Ce document propose des repères méthodologiques pour chaque étape menant à la réalisation de ces cartographies : la connaissance du fonctionnement et de la dynamique d'évolution du littoral, la considération des ouvrages côtiers, la prise en compte du changement climatique et des incertitudes. Pour chacune de ces étapes, des méthodes sont proposées pour bâtir *in fine* deux scénarios de cartographies des zones exposées au recul du trait de côte, dits « médian » et « sécuritaire » (Illustration 74).

Projection : principaux éléments	Méthodes	Principaux paramètres	Scénario médian	Scénario sécuritaire
1) Évolution chronique	2 approches (§ 2.4)	Taux de recul Tx (m/an)	Tx médian	Tx (marge haute)
2) Reculs majeurs évènementiels	2 approches (§ 2.5)	Recul Lmax (m)	Recul Lmax (m)	Recul Lmax (m)
3) Ouvrages	1 approche (§ 2.6)	Pérennité	Au cas par cas	Non pérenne
4) Élévation du niveau de la mer	2 approches (§ 3.3)	Niveau de la mer	Valeurs minimales : 30 ans : + 20 cm 100 ans : + 60 cm ou projections locales basées sur GIEC SSP2-4.5	Valeurs minimales : 30 ans : + 20 cm 100 ans : + 100 cm ou projections locales basées sur GIEC SSP5-8.5
5) Incertitudes sur les résultats	2 approches (§2.7)	Marges d'erreur	Valeurs médianes	Marges hautes

Illustration 74 - Principaux éléments à prendre en compte pour bâtir des scénarios de projection du trait de côte (Collectif BRGM/Cerema, 2022)

Ce cadre générique ne présente pas de valeur prescriptive, et il peut être adapté aux contextes locaux. Dans le cadre de la présente étude, certains choix méthodologiques ont été opérés, notamment concernant la côte basque, en concertation avec le Comité de pilotage de l'étude. En effet, les travaux de recherche et opérationnels, menés sur la côte basque depuis plus de vingt ans, offrent aujourd'hui un niveau de connaissances ayant permis de proposer une méthode spécifique pour les secteurs à falaises et versants rocheux.

Les méthodes mises en œuvre pour les territoires du Seignanx et du Pays basque diffèrent selon les environnements littoraux en présence. Elles sont donc exposées dans des parties distinctes au cours des prochains chapitres.

4.2. APPLICATION AUX CONTEXTES GEOMORPHOLOGIQUES DU SEIGNANX ET DU PAYS BASQUE

Devant la diversité des environnements côtiers présents le long du linéaire d'étude, des processus et des phénomènes conduisant au recul du trait de côte qui s'y exercent, et des méthodes envisageables pour les retranscrire, ce chapitre propose une description synthétique des méthodes mises en œuvre dans cette étude. Elles seront plus largement détaillées et explicitées dans le chapitre 5.

4.2.1. Application aux cordons dunaires du Seignanx et d'Anglet

Les recommandations nationales (Illustration 74) peuvent directement s'appliquer pour les cordons dunaires d'Ondres, de Tarnos et d'Anglet.

En concertation avec le Comité de pilotage de l'étude, le trait de côte de référence utilisé est celui de l'année 2020, le plus récent levé disponible au démarrage de l'étude. Il s'agit du trait de côte à partir duquel les projections des traits de côte futurs sont réalisées. Les échéances de projection de la position du trait de côte à +30 ans et +100 ans sont donc 2050 et 2120.

Une analyse diachronique sur un échantillon de traits de côte historiques a été produite pour définir des tronçons homogènes du point de vue de la dynamique d'évolution, et des vitesses moyennes de reculs par an (T_x) associées, qui diffèrent entre le scénario médian et le scénario sécuritaire. L'échantillon de traits de côte disponibles, correspondant au pied de dune ou à des pieds d'ouvrage (à Anglet), couvre la période 1950 - 2021, bien que les couvertures spatiale et temporelle varient selon les secteurs.

Des données d'observation ont permis de déterminer une valeur de recul maximal pour un événement majeur (L_{max}), sans distinction entre le scénario médian et le scénario sécuritaire. Les modélisations climatiques actuelles à propos des régimes des états de mer futurs indiquent une tendance légère à la baisse des hauteurs significatives des vagues et du nombre d'événements extrêmes dans l'Atlantique Nord (Charles *et al.*, 2012 ; Morim *et al.*, 2019 ; Meucci *et al.*, 2020 ; Morim *et al.*, 2021). Il n'a donc pas été proposé de valeurs distinctes de recul lié à un événement majeur L_{max} pour les différentes échéances.

Les hypothèses de pérennité de chaque ouvrage de protection et des actions de gestion de sédiments littoraux, influençant l'évolution du littoral, sont étudiées au cas par cas pour le scénario médian. Les ouvrages sont considérés non pérennes dans le scénario sécuritaire. Seules les digues de l'Adour ont été considérées pérennes, quels que soient les scénarios, parce que ces dernières sont structurantes pour l'accès au port de Bayonne.

La prise en compte du changement climatique est réalisée en considérant l'élévation du niveau marin comme conséquence la plus impactée et impactante vis-à-vis de l'aléa "recul du trait de côte" (Le Cozannet *et al.*, 2017). Les scénarios de référence d'élévation du niveau marin nationaux (Le Cozannet *et al.*, 2024), pour le site de Socoa, ont été utilisés, selon deux trajectoires de réchauffement : le premier considérant une augmentation moyenne de la température mondiale de +3°C (soit +4°C en France métropolitaine), et le second, une augmentation moyenne de +5°C, entraînant un effondrement des calottes glaciaires. Ces valeurs et scénarios sont en effet les plus actuels et disponibles, calculés à partir des modélisations climatiques classiquement utilisées à l'échelle mondiale et déclinées régionalement, notamment dans les travaux les plus récents du GIEC. Aux élévations du niveau marin ont été ajoutés les mouvements verticaux du sol, mesurés sur le même site de Socoa (Illustration 5). En définitive, les valeurs correspondantes à ces scénarios d'élévation du niveau marin et de subsidence ont

été traduites en reculs du trait de côte à l'aide de la règle de Bruun (1962), pour chacun des scénarios de projection médian et sécuritaire, et pour chaque secteur d'évolution homogène.

Ces paramètres et méthodes étant définis, les distances depuis le trait de côte de référence de 2020 jusqu'aux échéances 2050 et 2120 ont été calculées sur la base de la formule :

$$Lr = n.Tx + Lmax + Lcc$$

où :

Lr est la distance du trait de côte en mètres par rapport au trait de côte de référence de 2020 ;

n est le nombre d'années entre le trait de côte de référence de 2020 et l'échéance de projection (2050 ou 2120) ;

Tx est la vitesse moyenne annuelle d'évolution en mètres par an ;

$Lmax$ est la distance de recul lié à un évènement majeur en mètres ;

Lcc est la distance de recul imputable à l'élévation du niveau marin, déduite à l'aide de la règle de Bruun, pour chacune des échéances de projection, en mètres.

La cartographie des traits de côte prospectifs est réalisée sous logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) en reportant la distance totale Lr par rapport au trait de côte de référence.

Enfin, les incertitudes ont été identifiées à chacune des étapes de construction des scénarios de projection, permettant une bonne appropriation de l'exercice et de ses limites. Ces incertitudes reposent essentiellement sur les hypothèses prises dans les scénarios médian et sécuritaire, en concertation avec le maître d'ouvrage, et ne remettent pas en cause le travail réalisé. La propagation ensuite des incertitudes jusqu'au résultat final n'a pas pu s'appuyer sur une approche probabiliste, du fait de l'absence d'informations suffisantes pour établir les lois de probabilité. Il est proposé de considérer les incertitudes comme l'espace compris entre le scénario médian et le scénario sécuritaire, pour chaque échéance.

Le Tableau 4 synthétise ces différentes étapes conduisant à la cartographie des projections du trait de côte aux échéances + 30 ans et +100 ans.

Projections : principaux éléments	Méthode	Paramètres	Scénario médian	Scénario sécuritaire
Evolution chronique	Analyse diachronique et segmentation en tronçons homogènes	Vitesse d'évolution moyenne annuelle Tx	Tx moyen	Tx marge haute
Reculs majeurs évènementiels	Observations de terrain	Recul $Lmax$	$Lmax$	
Ouvrages de protection et actions de gestion des sédiments	Inventaire et identification de critères pour définir une hypothèse de pérennité	BDD de l'OCNA, actualisation par échanges avec les autorités compétentes	Au cas par cas	Non pérennes, sauf les digues de l'Adour
Changement climatique + Mouvements verticaux du sol	Règle de Bruun	Projections d'élévation du niveau de la mer, et taux de subsidence historique mesuré à Socoa	Lcc calculé à partir de la Trajectoire +3°C à 2100 / 83 ^{ème} percentile	Lcc calculé à partir de la Trajectoire + 5°C-MICI à 2100 / 83 ^{ème} percentile
Projection cartographique	Cartographie sous SIG	Report de la valeur Lr à partir du TDC de référence	/	

Identification des incertitudes

Tableau 4 - Principales étapes de construction des scénarios de projections du trait de côte appliquées aux littoraux du Seignanx et d'Anglet

4.2.2. Application au littoral rocheux du Pays basque

Les réflexions en cours au niveau national, et dans lesquelles le BRGM est impliqué, apportent des éléments de méthode pour caractériser l'aléa "recul du trait de côte" appliqué au contexte d'escarpement rocheux (Levy *et al.*, à paraître). Il a donc été proposé de s'en rapprocher pour proposer une méthode adaptée au littoral rocheux de la côte basque. L'objectif de cette méthode est de mieux restituer la cinétique d'évolution, sous la forme de cycles d'érosion, des falaises et versants rocheux. Concrètement, il s'agit de bâtir des scénarios de référence, pour lesquels un aléa de recul de référence (probabilité d'occurrence, intensité) de la tête d'escarpement est défini, pour une période de référence donnée.

Ces éléments de méthode conduisent donc à ne pas tenir compte d'une vitesse d'évolution moyenne annuelle, mais à se focaliser sur la notion de cycle d'érosion et du recul de la tête d'escarpement associé. Dans la suite du rapport, ce recul événementiel appliqué aux escarpements rocheux sera appelé « recul unitaire » et « Ru ». Sur la base des connaissances disponibles (Nédellec, 2005 ; Garnier et Millescamps, 2014a et 2014b), des reculs unitaires ont été attribués pour chaque tronçon d'évolution homogène. Ces reculs intègrent ensuite les connaissances établies par le modèle géologique côtier, réalisé dans la présente étude (chapitre 3). Ces étapes conduisent à définir des valeurs de reculs cumulés de période de retour de l'ordre de 30 ans. Des hypothèses de propagation de reculs cumulés, pour les périodes prospectives de 2050 et 2120, ont alors été émises.

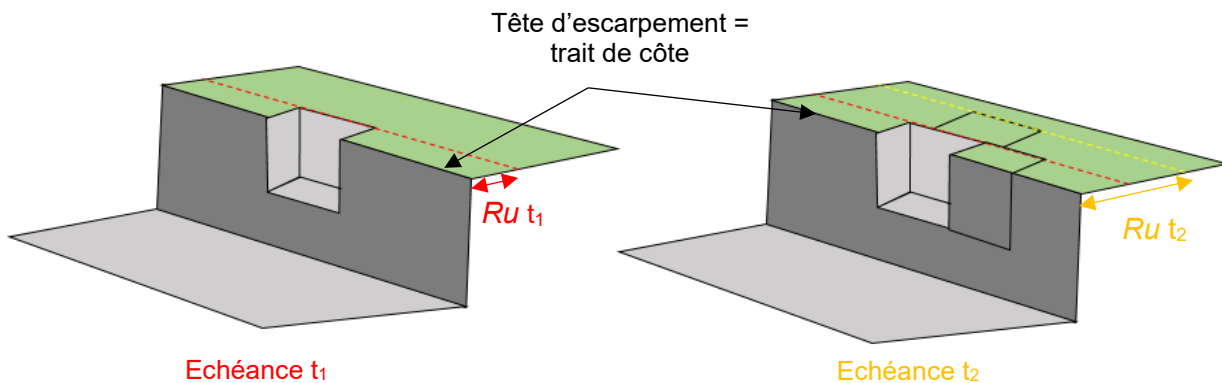


Illustration 75 - Schéma conceptuel d'une falaise affectée par un événement de recul unitaire et hypothèse de propagation à différentes échéances (La probabilité et l'intensité de recul sont considérées identiques le long d'un secteur d'évolution homogène) (adapté de Lévy *et al.*, à paraître)

Plus précisément, dans la SLGRL de la CAPB, les reculs unitaires Ru susceptibles d'affecter chaque tronçon homogène sont de 5 ou de 10 mètres, avec une période de référence estimée de l'ordre de 10 ans. L'hypothèse que ces reculs unitaires se produisent sur une période de 30 ans apparaît, en l'état des connaissances, plus réaliste, moyennant l'intégration plus détaillée du contexte géologique et géomorphologique en présence. L'hypothèse est faite qu'à la suite d'un recul unitaire, un recul supplémentaire de la tête de versant s'effectue de manière à retrouver une pente d'équilibre, notamment en présence de formations superficielles meubles. Ainsi, l'intensité de ce recul cumulé Rc_{30} correspond à celle d'un recul unitaire Ru_{30} , auquel s'ajoute un potentiel recul proportionnel au Ru_{30} , selon l'épaisseur des formations superficielles, et du scénario médian ou sécuritaire considéré.

A l'instar du travail mené sur les cordons dunaires, l'hypothèse de pérennité de chaque ouvrage de protection et des actions de gestion de sédiments littoraux, influençant l'évolution du littoral,

est étudiée au cas par cas pour le scénario médian. Les ouvrages sont considérés non pérennes dans le scénario sécuritaire. Seules les digues de Saint-Jean-de-Luz (digues de Socoa, de l'Artha et de Sainte-Barbe) et de Sokoburu ont été considérées pérennes, quels que soient les scénarios, les digues étant structurantes pour les infrastructures qu'elles abritent. Toutes les hypothèses de pérennité, aux deux échéances et pour les deux scénarios, s'appuient sur un socle d'informations afin de les objectiver autant que possible, en concertation avec le maître d'ouvrage de l'étude.

La revue bibliographique a démontré que plusieurs agents dynamiques impliqués dans les processus de démantèlement des falaises (par définition, littorales) vont être modifiés comparativement à ceux historiques par le changement climatique. Pour l'essentiel, il s'agit des précipitations, des températures, des niveaux piézométriques des nappes dans les formations aquifères, et de l'élévation du niveau marin et les mouvements verticaux du sol. Par ailleurs, ces évolutions des conditions environnementales auront un impact variable en fonction des formations géologiques constitutives des falaises. Caractériser l'impact du changement climatique sur les falaises est par conséquent complexe ; la revue bibliographique (Annexe 2) n'ayant pas révélé de méthode opérationnelle pour quantifier ses effets sur la cinétique de recul de la tête d'escarpement. En définitive, la prise en compte du changement climatique est proposée au travers de l'application de reculs unitaires supplémentaires, suivant le scénario médian ou sécuritaire, et l'échéance de projection.

Enfin, les incertitudes ont été identifiées à chacune des étapes de construction des scénarios de projection, permettant une bonne appropriation du travail mené et de ses limites. Ces incertitudes reposent essentiellement sur les hypothèses prises dans les scénarios médian et sécuritaire, en concertation avec le maître d'ouvrage, et ne remettent pas en cause les projections obtenues. A l'instar de la méthode appliquée aux cordons dunaires, les traits de côte prospectifs, associés aux scénarios, peuvent être considérés comme les contours d'un espace des positions possibles des traits de côte futurs, aux deux échéances.

Projections : principaux éléments	Méthode	Paramètres	Scénario médian	Scénario sécuritaire
Evolution chronique				
Recul unitaire <i>Ru</i> (ou reculs événementiels) et Recul cumulé <i>Rc</i>	Observations de terrain, modèle géologique et bibliographie. Détermination de tronçons d'évolution homogènes	Reculs <i>Ru</i> et <i>Rc</i> <i>Ru</i> ₃₀ : intensité de 5 ou 10 m pour une période de retour de l'ordre de 30 ans <i>Rc</i> ₃₀ : intensité du recul pour une période de retour de l'ordre de 30 ans, intégrant une intensité de recul supplémentaire selon les variations d'épaisseur des formations superficielles	Recul <i>Rc</i> ₃₀ = <i>Ru</i> ₃₀ + n. <i>Ru</i> ₃₀ n : coefficients appliqués selon les classes d'épaisseur des formations superficielles	Recul <i>Rc</i> ₃₀ = <i>Ru</i> ₃₀ + m. <i>Ru</i> ₃₀ m : coefficients appliqués selon les classes d'épaisseur des formations superficielles
Ouvrages de protection et actions de gestion des sédiments	Inventaire et identification de critères pour définir une hypothèse de pérennité	BDD de l'OCNA, actualisation par échanges avec les autorités compétentes	Au cas par cas	Non pérennes, sauf les digues de Saint-Jean-de-Luz et de Sokoburu
Changement climatique	Forfaitaire	Application variable de reculs unitaires supplémentaires selon les scénarios et échéances	2050 : 0 x <i>Ru</i> ₃₀ 2120 : 1 x <i>Ru</i> ₃₀	2050 : 1 x <i>Ru</i> ₃₀ 2120 : 2 x <i>Ru</i> ₃₀
Projection cartographique	Cartographie sous SIG	Report de la distance de recul à partir du TDC de référence		

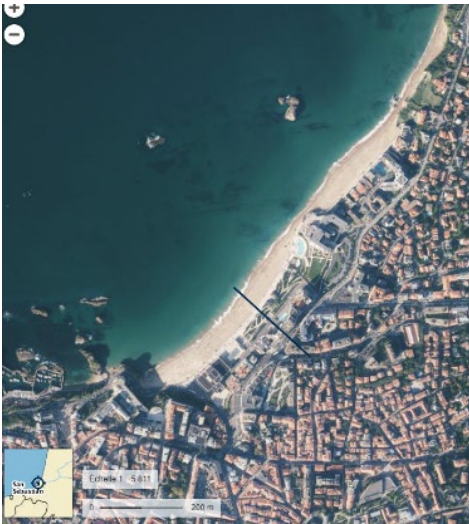
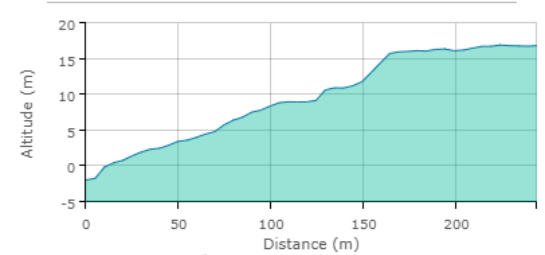
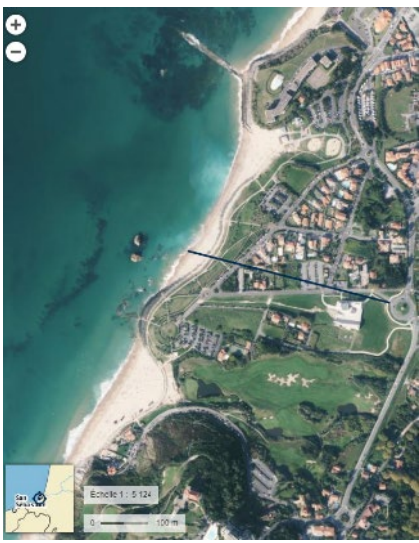
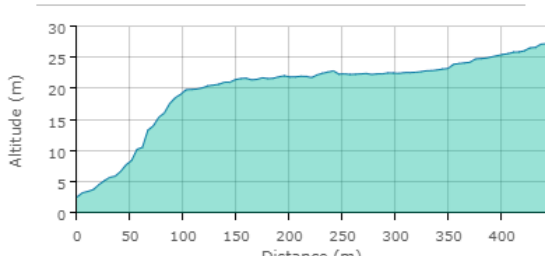
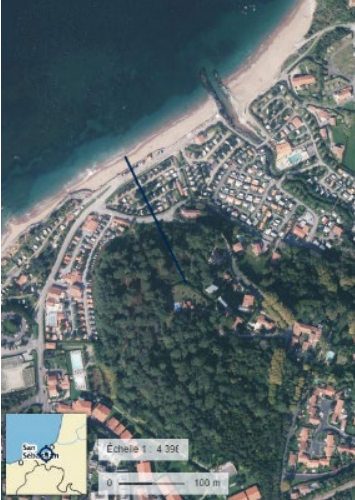
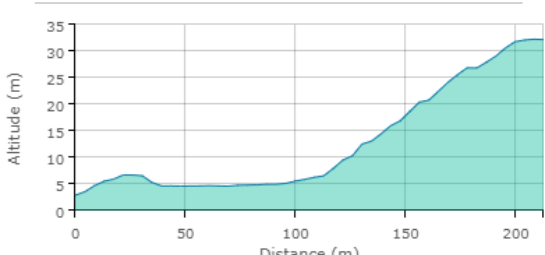
Identification des incertitudes

Tableau 5 - Principales étapes de construction des scénarios de projections du trait de côte appliquées au littoral rocheux du Pays basque

4.2.3. Application aux plages de poche du littoral basque

Les plages de poche (ou de fond de baie) du littoral basque sont : la Grande Plage de Biarritz, Milady-Illbarritz et Erromardie (dont la dynamique d'évolution naturelle est contrainte par un arrière-pays essentiellement rocheux), l'Uhabia, la baie de Saint-Jean-de-Luz, et la Grande Plage d'Hendaye (dont la dynamique d'évolution naturelle s'apparente à celle d'une côte basse).

Chacune de ces plages de poche présente des contextes très contraints, en termes de géomorphologie, d'ouvrages et d'actions de gestion de sédiments, d'urbanisation et d'exposition à la submersion marine et aux inondations fluviales. Le Tableau 6 offre un visuel de ces entités, et un profil altimétrique perpendiculaire au trait de côte. Ces contraintes naturelles et anthropiques gouvernent les évolutions de ces plages, et rendent très difficile la quantification du recul du trait de côte. Une approche spécifique a donc été mise en œuvre ; possibilité mentionnée dans le document de recommandations (Collectif BRGM/Cerema, 2022). Les ouvrages et les actions de gestion de sédiments, et/ou l'urbanisation, gouvernent la dynamique d'évolution des plages de poche du Pays basque depuis plusieurs décennies, à l'exception des secteurs peu ou pas protégés (Erromardie est et Uhabia).

Plage de poche	Visuel sur fond photographique (©IGN)	Profil altimétrique (trait bleu sur l'orthophotographie)
Grande Plage de Biarritz		<p style="text-align: center;">PROFIL ALTIMÉTRIQUE</p>  <p>Distance totale : 242 m Dénivelé positif : 17,29 m Dénivelé négatif : -0,51 m Pente moyenne : 7 % Plus forte pente : 30 %</p>
Milady - Ibarritz (Biarritz-Bidart)		<p style="text-align: center;">PROFIL ALTIMÉTRIQUE</p>  <p>Distance totale : 440 m Dénivelé positif : 26,36 m Dénivelé négatif : -1,66 m Pente moyenne : 6 % Plus forte pente : 54 %</p>
Erromardie ouest (Saint-Jean-de-Luz)		<p style="text-align: center;">PROFIL ALTIMÉTRIQUE</p>  <p>Distance totale : 212 m Dénivelé positif : 31,59 m Dénivelé négatif : -2,29 m Pente moyenne : 16 % Plus forte pente : 51 %</p>


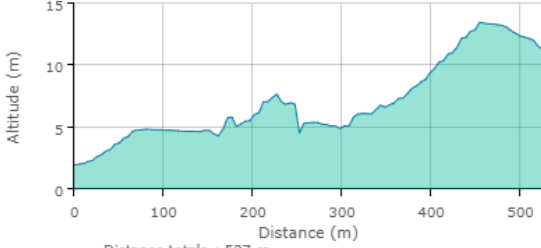

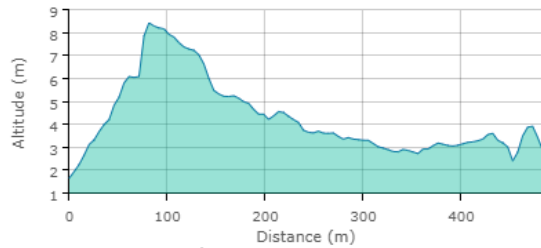

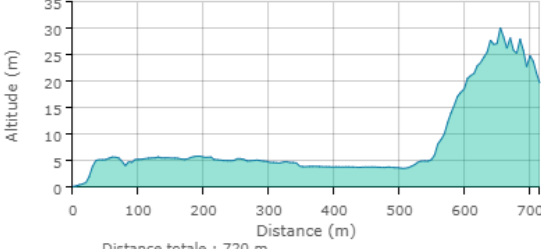
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Uhabia (Bidart)</p>		<p style="text-align: center;">PROFIL ALTIMÉTRIQUE</p>  <p>Distance totale : 527 m Dénivelé positif : 16,97 m Dénivelé négatif : -7,61 m Pente moyenne : 5 % Plus forte pente : 46 %</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Saint-Jean-de-Luz</p>		<p style="text-align: center;">PROFIL ALTIMÉTRIQUE</p>  <p>Distance totale : 480 m Dénivelé positif : 9,97 m Dénivelé négatif : -8,74 m Pente moyenne : 4 % Plus forte pente : 35 %</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Plage d' Hendaye</p>		<p style="text-align: center;">PROFIL ALTIMÉTRIQUE</p>  <p>Distance totale : 720 m Dénivelé positif : 43,22 m Dénivelé négatif : -23,66 m Pente moyenne : 9 % Plus forte pente : 60 %</p>

Tableau 6 - Plages de poche du Pays basque : vue orthophotographique et profil altimétrique caractéristique (www.géoportail.fr)

La méthode proposée (Tableau 7) s'appuie par conséquent sur la connaissance historique, extraite de la SLGRL portée par la CAPB, et des hypothèses fortes de travail sur les évolutions, notamment d'un contrôle total des dynamiques futures par les ouvrages et actions de gestion des sédiments, dans le scénario médian. Le scénario sécuritaire envisage le recul du trait de côte en s'appuyant sur la méthode mise en œuvre dans la SLGRL. Cette dernière n'envisageait pas de recul évènementiel et d'impact lié au changement climatique.

Projections : principaux éléments	Méthode	Paramètres	Scénario médian	Scénario sécuritaire
Evolution chronique	Analyse diachronique ou dire d'expert	T_x	Stabilité dans les zones protégées, recul ailleurs	Recul (T_x de la SLGRL, dire d'expert) partout
Reculs évènementiels				
Ouvrages de protection et actions de gestion des sédiments	Inventaire et identification de critères pour définir une hypothèse de pérennité	BDD de l'OCNA, actualisation par échanges avec les autorités compétentes	Au cas par cas	Non pérennes, sauf les digues de Saint-Jean-de-Luz et de Sokoburu
Changement climatique				
Projection cartographique	Cartographie sous SIG	Report de la distance de recul à partir du TDC de référence	Projection ou dire d'expert	Projection ou dire d'expert

Identification des incertitudes

Tableau 7 - Principales étapes de construction des scénarios de projections du trait de côte appliquées aux plages de poche du Pays basque

5. Caractérisation de l'exposition du littoral du Seignanx et du Pays basque au recul du trait de côte

5.1. SCENARIOS DE PROJECTION DU TRAIT DE COTE AU DROIT DES CORDONS DUNAIRES DU SEIGNANX ET D'ANGLET

5.1.1. Traits de côte de référence et historiques

L'utilisation du terme « trait de côte » est très commune et généralisée dans les études relatives au littoral. La notion de trait de côte est en effet utile dans plusieurs catégories d'étude : prescriptives (Plan de Prévention des Risques Littoraux, par exemple), prospectives et opérationnelles (aménagement du territoire), comme scientifiques, cherchant à caractériser les évolutions spatio-temporelles du littoral. Bien que la position du trait de côte et l'analyse de ses évolutions au cours du temps ne permettent pas de caractériser la dynamique côtière dans toute sa diversité et sa complexité, il n'en est pas moins un marqueur indispensable pour identifier les tendances d'évolution du littoral. Le trait de côte permet simplement et efficacement de délimiter les secteurs en érosion (où le trait de côte recule), stables, ou en accrétion (où le trait de côte avance).

En concertation avec le Comité de pilotage de l'étude, le trait de côte de référence utilisé est celui de l'année 2020, le plus récent disponible au démarrage de l'étude. Il s'agit du trait de côte à partir duquel les projections des traits de côte futurs sont réalisées.

A notre connaissance, il n'existe pas de données acquises localement, traduisant l'évolution du littoral des cordons dunaires du secteur d'étude, exploitables pour quantifier son évolution, autres que celles créées par l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA).

Au droit d'un cordon dunaire naturel, tel que celui d'Ondres et de Tarnos, ou historiquement à Anglet (avant les années 1970), le descripteur du trait de côte le plus pertinent pour étudier son évolution est le pied de dune (Bernon *et al.*, 2022). La construction d'ouvrages sur le littoral d'Anglet, dans les années 1970, ne permet plus de situer correctement le pied du cordon dunaire, ces ouvrages venant progressivement se substituer à cette morphologie naturelle. Ainsi, le descripteur du trait de côte, relevé après les années 1970, correspond au pied des ouvrages longitudinaux.

Ces traits de côte ont été digitalisés dans le cadre de l'OCNA et constituent un jeu de données de 14 traits de côte, couvrant la période 1998-2021. Les métadonnées de ces objets géographiques renseignent sur les méthodes de cartographie et la précision de chacun des traits de côte. De manière à agrandir le spectre temporel de l'échantillon de traits de côte pour cette étude, celui de 1950 a été digitalisé sur la base de l'orthophotographie historique, mise à disposition du public par l'IGN. En définitive, les traits de côte disponibles sont recensés dans le Tableau 8. La précision avec laquelle le trait de côte a été cartographié pour chaque date dépend du (ou des) support(s) de digitalisation à partir duquel (desquels) il a été identifié, ainsi que de leur qualité. Il est alors possible d'estimer leur précision pour chaque millésime.

Année	Support de digitalisation	Estimation de la précision du trait de côte (m)	Seignanx		Anglet	
			Couverture spatiale	Descripteur du trait de côte	Couverture spatiale	Descripteur du trait de côte
1950	Orthophotographie (pixel 50 cm)	12	Totale	Pied de dune	Nulle	Pied de dune
1954	Orthophotographie (pixel 50 cm)	12	Nulle	Pied de dune	Totale	Pied de dune
1998	Orthophotographie (pixel 50 cm)	10	Totale	Pied de dune	Partielle	Pied d'ouvrage
2000	Orthophotographie (pixel 50 cm)	10	Totale	Pied de dune	Nulle	Pied d'ouvrage
2006	Orthophotographie (pixel 50 cm)	10	Totale	Pied de dune	Nulle	Pied d'ouvrage
2007	Orthophotographie (pixel 50 cm)	10	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2008	Orthophotographie (pixel 50 cm)	10	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2009	Orthophotographie (pixel 40 cm)	10	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2010	Orthophotographie (pixel 50 cm)	10	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2014	Orthophotographie (pixel 50 cm) + LiDAR (précision planimétrique ≈ 20 cm; altimétrique ≈ 10cm)	5	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2016	Orthophotographie (pixel 50 cm) + LiDAR (précision planimétrique ≈ 20 cm; altimétrique ≈ 10cm)	5	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2017	Orthophotographie (pixel 50 cm) + LiDAR (précision planimétrique ≈ 20 cm; altimétrique ≈ 10cm)	5	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2018	Orthophotographie (pixel 50 cm) + LiDAR (précision planimétrique ≈ 20 cm; altimétrique ≈ 10cm)	5	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2019	Orthophotographie (pixel 50 cm) + LiDAR (précision planimétrique ≈ 20 cm; altimétrique ≈ 10cm)	5	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2020	Orthophotographie (pixel 50 cm) + LiDAR (précision planimétrique ≈ 20 cm; altimétrique ≈ 10cm)	5	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage
2021	Orthophotographie (pixel 50 cm) + LiDAR (précision planimétrique ≈ 20 cm; altimétrique ≈ 10cm)	5	Totale	Pied de dune	Totale	Pied d'ouvrage

Tableau 8 - Dates, supports et précision des traits de côte, disponibles pour les littoraux du Seignanx et d'Anglet

Les incertitudes sur la position du trait de côte diminuent avec la qualité du ou des supports de digitalisation. S'appuyant sur plus d'informations, le pied de dune et le pied d'ouvrage peuvent être digitalisés de manière plus précise depuis 2014, résultant de la croisée d'un faisceau d'indices visuels (couleur de pixel, texture notamment) et numériques (topographiques, pentes, courbure). En complément, des données de terrain ponctuelles, notamment les profils D-GPS, acquis par l'OCNA chaque année au printemps, et les photographies associées, ont été mobilisées lorsque nécessaire. Enfin l'inter-comparaison des données photographiques et topographiques, utilisées lors de la digitalisation, avec celles des années antérieures est également réalisée de manière à identifier les évolutions. Ce processus décisionnel appliqué à la digitalisation du trait de côte par l'équipe de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, est décrit dans un rapport dédié (Bernon et al., 2022). Reposant sur des données moins résolues et moins nombreuses, les incertitudes sur les traits de côte plus anciens (avant 2014) sont plus importantes. Les incertitudes évoluent donc entre 5 et 12 m, à considérer comme un maximum d'erreur potentiel autour de la position digitalisée.

5.1.2. Hypothèses de pérennité des ouvrages de protection et des actions de gestion de sédiments

L'inventaire des ouvrages et actions de gestion des sédiments a été réalisé à partir de la base de données de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine.

Au droit du littoral du Seignanx sont identifiés deux ensembles de protection du littoral de type "ganivelle", des actions de gestion des sédiments (rechargement) et de gestion dunaire (végétalisation) et deux ensembles d'ouvrages transversaux.

Les ouvrages et actions de gestion de sédiments présents sur le littoral d'Anglet sont plus nombreux. On note ainsi la réalisation de clapages réguliers de sédiments dans les petits fonds, depuis les années 1970, ayant été abandonnés dans les années 1990, puis recommencées régulièrement depuis 2010 (cf. chapitre 2.3.2). Le pied de dune est masqué en totalité par des ouvrages longitudinaux ; 7 épis sont comptabilisés sur la plage, et, tout au nord de la commune, la digue sud de l'Adour a été construite en 1977.

De manière à identifier les hypothèses de pérennité à attribuer à chaque ouvrage et action de gestion de sédiments, pour chacun des horizons temporels (+30 et +100 ans), des échanges avec les collectivités ont été menés durant toute la période de réalisation de l'étude (2021 à 2024). Ces échanges ont visé à vérifier le contenu de la base de données de l'OCNA, à la fois en termes d'existence et de géométrie, mais aussi à recueillir les informations et engager les discussions permettant, *in fine*, de statuer sur les hypothèses de pérennité. Les critères définis comme majeurs dans ces discussions ont été l'identification d'un propriétaire et d'un gestionnaire, leurs natures (public/privé), l'existence d'un cadre de gestion de l'ouvrage, le rôle et le niveau de protection de l'ouvrage vis-à-vis de l'érosion côtière. Non déterminantes, mais susceptibles d'influencer le choix de l'hypothèse de pérennité, des informations complémentaires ont parfois pu être collectées ; elles portent sur la date de construction, les matériaux et le dimensionnement des ouvrages. L'exhaustivité de ces informations pour l'ensemble du secteur d'étude a été recherchée, il reste néanmoins quelques lacunes ou imprécisions. Elles figurent en Annexe 1.

Les discussions autour de ces critères et informations ont permis de ne conserver dans la réflexion que les ouvrages et actions de gestion jouant un rôle dans la dynamique du trait de côte. Dans un second temps, elles ont permis aux collectivités de se positionner sur les hypothèses de pérennité de chacun des ouvrages présents et actions de gestion opérées, sur le littoral du secteur d'étude. Les hypothèses retenues sont exposées dans l'Atlas cartographique (Annexe 3). Une analyse plus complète est réalisée par commodité dans la partie de côte rocheuse présentant le plus grand nombre d'ouvrages et d'actions de gestion de sédiments du linéaire d'étude.

Les communes d'Ondres et Tarnos comptent respectivement 2 et 6 ouvrages. Parmi eux, 5 sont jugés pérennes sur la commune de Tarnos, pour chaque échéance, correspondant aux ouvrages de l'embouchure de l'Adour. La commune d'Anglet comporte 18 ouvrages, parmi lesquels 14 ont été identifiés comme exerçant un rôle de lutte contre l'érosion côtière. 12 de ces ouvrages ont été estimés pérennes pour les deux échéances.

En 2023 et 2024, la CAPB et le Cerema ont mené un diagnostic de l'état patrimonial des ouvrages. Les calendriers de réalisation de ce diagnostic et de la présente étude n'ont pas rendu possible l'intégration de ces informations dans la réflexion. Elles pourront néanmoins être considérées, ultérieurement, pour l'attribution des hypothèses de pérennité des ouvrages. Les ouvrages comportent néanmoins les mêmes géométries et les mêmes identifiants, ce qui permet une mise en relation aisée de ces différentes informations.

Conscients de l'importance des hypothèses de pérennité à attribuer dans les scénarios prospectifs, mais aussi de la complexité de statuer objectivement sur ces hypothèses, étant donné le nombre de critères et d'informations à considérer, l'étude prévoit de réaliser deux scénarios de projection :

- Le premier, « avec ouvrages et actions de gestion de sédiments », tient compte d'une hypothèse de pérennité attribuée après examen des différents critères au cas par cas.
- Le second scénario, « sans ouvrage et action de gestion des sédiments », envisage, d'une manière générale, l'inefficacité des ouvrages et l'arrêt des opérations de gestion de sédiments dès le début de la période prospective. Toutefois, au droit des cordons dunaires

d'Anglet et en concertation avec la CAPB, ce second scénario considère plutôt une période mixte d'évolution naturelle et d'évolution sous l'influence des ouvrages et opérations de gestion de sédiments, au travers d'une vitesse moyenne d'évolution annuelle couvrant ces deux périodes. Cet aspect est développé dans le chapitre suivant.

Les incertitudes relatives aux hypothèses de pérennité des ouvrages et des actions de gestion de sédiments attribuées sont inhérentes aux choix réalisés par le maître d'ouvrage de l'étude. Ces choix ont été réalisés à la lumière de la connaissance disponible pour chacun des ouvrages et des actions de gestion de sédiments. Cette connaissance a été travaillée dans le cadre de la présente étude, selon un certain nombre de critères destinés à objectiver et standardiser autant que possible la prise de décision. Des hypothèses distinctes ont pu être posées dans les scénarios médian et sécuritaire et couvrent ainsi un large spectre des possibles, considérés réalistes pour le maître d'ouvrage.

5.1.3. Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte"

La méthode proposée pour caractériser l'évolution des littoraux du Seignanx et d'Anglet est conforme à celle recommandée dans le document national de recommandations (Collectif BRGM/Cerema, 2022) et le guide d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux (MTE, 2014). Elle consiste à déterminer deux composantes de l'aléa "recul du trait de côte" : la tendance historique d'évolution T_x , dans le cas où l'évolution du littoral est linéaire, et le recul évènementiel L_{max} . Notons que la prise en compte des effets du changement climatique est également recommandée, ce paramètre est décrit au chapitre suivant 5.1.4.

a) Vitesse moyenne de recul annuel

Les tendances d'évolution historiques du trait de côte ont été déterminées à partir d'une analyse diachronique sur les positions historiques du trait de côte. Elle est couramment utilisée et à plusieurs reprises sur le littoral néo-aquitain, comme lors de la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échelle de l'ex-Aquitaine en 2011 (Aubié *et al.*, 2011) et 2016, dont le principe est repris ci-après (Bernon *et al.*, 2016).

L'analyse statistique déterministe sur les positions historiques du trait de côte présente l'avantage de se révéler robuste dans la majorité des cas d'utilisation (bonne reproduction de l'évolution passée du littoral). Elle permet une bonne traçabilité des différentes étapes de construction des traits de côte futurs. L'outil utilisé pour réaliser cette analyse est DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), exploitable sous ArcGIS®. Cet outil calcule des vitesses moyennes d'évolution (T_x) du trait de côte à intervalles réguliers le long du linéaire côtier à partir de la date de chaque trait de côte et des distances qui les séparent d'une ligne de base (Illustration 76).

Dans cette étude, plusieurs méthodes statistiques de calcul des vitesses d'évolution ont été appliquées sur l'échantillon des traits de côte. Ces méthodes sont disponibles dans DSAS et comprennent notamment la LRR (*Linear Regression Rate-of-change*) et l'EPR (*End Point Rate*) (Thieler *et al.*, 2009), ainsi que des intervalles de confiance pour certaines de ces méthodes. L'analyse a été réalisée au niveau de transects espacés de 10 mètres, globalement perpendiculaires à la côte. Les résultats issus de cette analyse correspondent à des valeurs de vitesses d'évolution au droit de chaque transect. Ils peuvent être attribués aux intersections entre les transects et le trait de côte de référence, et par extension, 5 mètres de part et d'autre des transects (schéma de principe sur l'illustration 76).

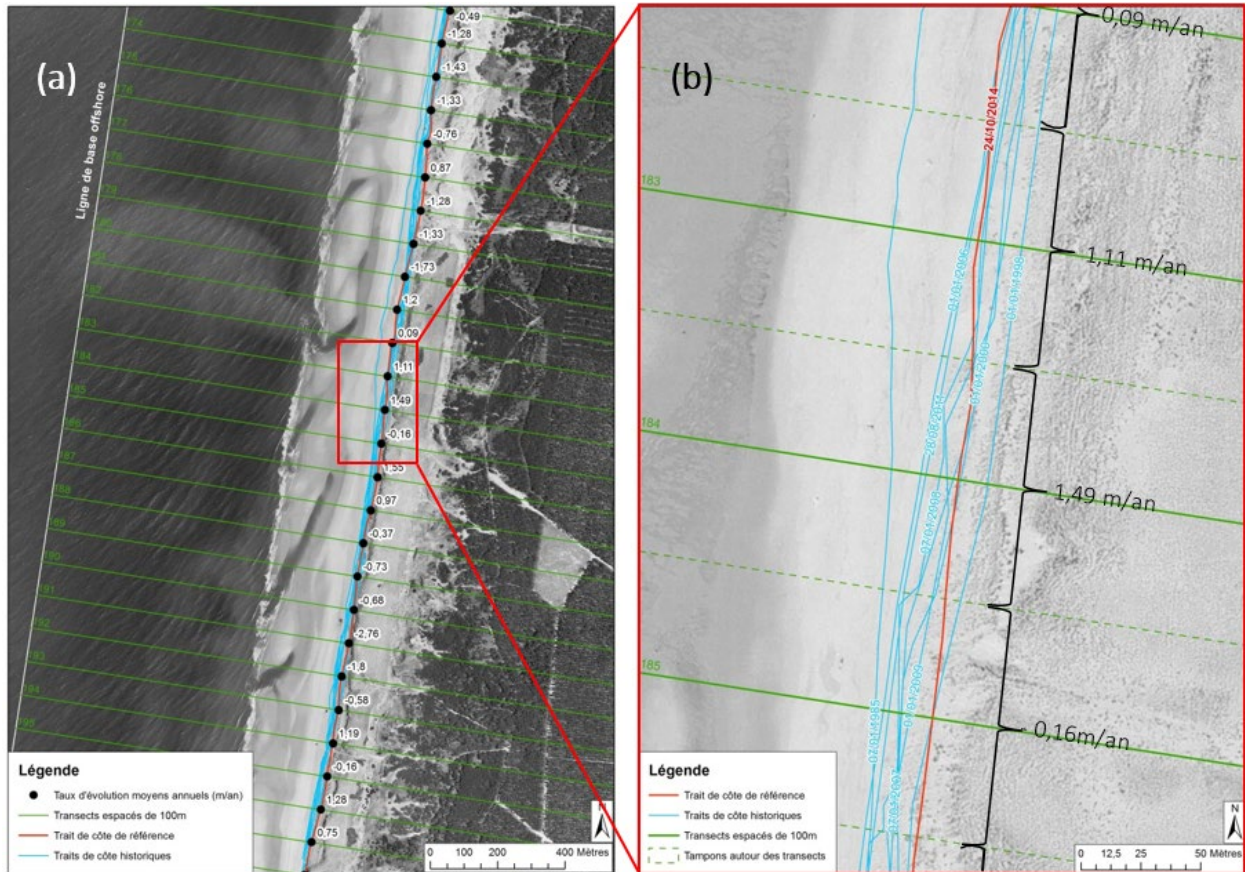


Illustration 76 - Exemple du calcul de DSAS (ArcGIS, ® ESRI) à Lacanau, espacement inter-transects de 100 m ; (a) La ligne de base offshore parallèle à la côte fournit une origine pour l'analyse statistique sur les différentes positions historiques du trait de côte (en bleu) ; (b) Les résultats sont attribués à chaque transect et ensuite reportés sur l'ensemble du linéaire du TDC (fond photographique : © IGN, GIP ATGeRi 2009, secteur nord de Lacanau)

L'utilisation de l'outil DSAS possède des avantages et des inconvénients qu'il est important de préciser. Cet outil permet de prendre en compte l'ensemble des traits de côte disponibles et d'avoir une précision correcte des vitesses d'évolution. Il est également rapide à mettre en œuvre et s'applique bien en milieu océanique ouvert. Cependant, l'analyse statistique diachronique peut être délicate dans les zones où alternent des phases d'érosion et d'accrétion. Elle requiert alors une analyse de la sensibilité au jeu de traits de côte utilisé et une bonne connaissance du fonctionnement du littoral, pour être exploitée correctement. En outre, les dynamiques sédimentaires fortes, induites par exemple au niveau des embouchures et provoquant des évolutions importantes du trait de côte, ne peuvent être retranscrites par les méthodes statistiques disponibles dans DSAS (régressions linéaires). En conséquence, la reprise des résultats bruts de DSAS à dire d'expert est fondamentale pour utiliser les calculs statistiques.

Pour identifier les secteurs nécessitant une approche experte, les résultats des différentes méthodes statistiques ont été comparés. L'influence du jeu de données sur les résultats, constitué de plusieurs traits de côte, a également été étudiée.

Plus précisément, l'analyse statistique sur l'échantillon de traits de côte a été calculée tous les 10 mètres, soit une résolution adaptée à l'échelle des données d'entrée et de restitution (1/5 000). L'analyse effectuée sur les résultats statistiques a consisté à étudier la variabilité des vitesses d'évolution, calculées selon les méthodes LRR (et intervalles de confiance associés) et EPR. Elle a abouti à délimiter quatre zones homogènes du littoral, en termes d'évolution chronique du trait

de côte, pour Ondres et Tarnos, et une portion du littoral d'Anglet, pour lesquelles les vitesses moyennes annuelles calculées sont cohérentes. Dans un second temps, la frontière précise entre les secteurs a été déterminée en visant à limiter, par calculs itératifs, la dispersion statistique autour de la moyenne du T_x selon la méthode LRR, et des intervalles de confiance à 95% associés. En définitive, pour chacun des secteurs, les vitesses retenues correspondent à la moyenne des valeurs de T_x déterminées au droit de chaque transect par la méthode LRR (Tableau 9, Illustration 78).

Les actions anthropiques perturbent les dynamiques d'évolution du littoral. L'évolution du littoral d'Anglet s'effectue sous l'influence d'actions de gestion de sédiments et d'ouvrages de protection côtiers depuis les années 1970. Par ailleurs, les évolutions constatées s'inscrivent dans un contexte de changement climatique, notamment d'élévation du niveau marin, mais aussi de subsidence. Dès lors, l'analyse des positions du trait de côte de la période historique (1950 - 2021) ne traduit pas une évolution intégralement naturelle.

Ainsi, les vitesses moyennes d'évolution annuelles calculées sur l'échantillon de traits de côte historiques, pour chaque tronçon, intègrent implicitement ces éléments. Dans l'objectif de mettre en œuvre une chaîne de modélisation cohérente pour toute la période 1950 - 2120, les vitesses calculées ont été corrigées d'une vitesse moyenne par an, qui serait liée à l'élévation du niveau marin et la subsidence pendant la période d'analyse (1950 - 2021), définie à partir de la règle de Bruun.

Cette correction repose donc sur les hypothèses suivantes :

- l'élévation du niveau marin et la subsidence ont été mesurées durant les périodes historiques 1950 - 2021 (Seignanx) ou 1954 - 2021 (Anglet), par le marégraphe de Socoa (le marégraphe s'enfonce en même temps que le niveau marin s'élève). Les données mensuelles du marégraphe indiquent une valeur de 0,16 m pour cette variable pendant ces périodes.
- la loi de Bruun est calculée à partir d'un « profil d'activité » allant du sommet de la dune jusqu'à la profondeur de fermeture. Elle est exposée en détail dans le chapitre dédié à la prise en compte du changement climatique (chapitre 5.1.5).

Le résultat de cette approche conduit à un recul historique imputable à l'élévation du niveau marin et à la subsidence, pour chacun des tronçons homogènes. Ce recul est ensuite divisé par le nombre d'années d'observation, pour en déduire une vitesse moyenne annuelle. La vitesse corrigée correspond à la vitesse moyenne annuelle calculée pendant la période historique, à laquelle est retranchée la vitesse moyenne annuelle causée par l'élévation du niveau marin et la subsidence. Le Tableau 9 fournit les principales étapes et valeurs calculées pour ces paramètres.

Devant la nécessité de mettre en œuvre des scénarios médian et sécuritaire, les vitesses calculées ont été modulées différemment pour les littoraux naturels et artificialisés du secteur d'étude. Ainsi, pour le littoral du Seignanx, les vitesses moyennes annuelles de recul calculées ont été retenues pour le scénario médian. Ces mêmes vitesses ont été augmentées de l'intervalle de confiance 95% sur la régression linéaire fourni par l'outil DSAS, pour le scénario sécuritaire. Pour le littoral d'Anglet, la vitesse moyenne annuelle de recul calculée (intégrant une évolution naturelle, puis sous l'influence des ouvrages et actions de gestion de sédiments) a été retenue pour le scénario sécuritaire. Une vitesse nulle, soit une relative stabilité, définie sur la base d'une analyse diachronique de la période 2010 - 2021 (intégralement sous l'influence des ouvrages et actions de gestion de sédiments) a été prise en compte pour le scénario médian, qui considère la poursuite du mode de gestion actuel de l'érosion des plages d'Anglet.

Le Tableau 9 présente ces différentes étapes de détermination des vitesses moyennes de recul par an et les distances de reculs associées, pour chaque échéance.

Secteurs	Tx (érosion) période historique (1950-2021 pour Seignanx, 1954-2021 pour Anglet) (m/an)	Recul période historique (1950-2021 pour Seignanx et 1954-2021 pour Anglet) lié à ENM + MVS (m)	Tx historique (1950-2021 pour Seignanx et 1954-2021 pour Anglet) lié à ENM + MVS SJDL (m/an)	Tx historique corrigé ENM + MVS (SJDL) (m/an)	Projection Tx à +30 sans ENM et MVS (m)	Projection Tx à +100 sans ENM et MVS (m)	
Scénario médian	1	0,90	6,13	0,09	0,82	24,53	81,77
	2	0,46	5,89	0,08	0,38	11,33	37,75
	3	0,23	5,35	0,08	0,16	4,68	15,61
	4	0,73	5,67	0,08	0,65	19,57	65,24
	5	0,00	7,08	0,11	0,00	0,00	0,00
Scénario sécuritaire	1	1,30	6,13	0,09	1,21	36,40	121,35
	2	0,80	5,89	0,08	0,72	21,66	72,19
	3	0,55	5,35	0,08	0,47	14,11	47,03
	4	1,18	5,67	0,08	1,10	33,11	110,35
	5	1,50	7,08	0,11	1,40	41,92	139,73

ENM : Elévation du niveau marin ; MVS : Mouvements verticaux du sol ; SJDL : Saint-Jean-de-Luz

Tableau 9 - Vitesses de reculs (Tx) retenues par secteur, pour les scénarios médian et sécuritaire, et distances de recul associées aux échéances +30 ans et +100 ans

Les incertitudes identifiées lors de l'analyse diachronique et du calcul des vitesses d'évolution moyennes annuelles reposent sur la précision de l'échantillon de traits de côte (cf. chapitre 5.1.1), sur l'espacement inter-transects, sur l'analyse des résultats statistiques obtenus, sur la détermination des secteurs d'évolution homogène qui en découle et sur le choix des valeurs de Tx finalement retenues. La méthode mise en œuvre, bien que reposant sur une part d'interprétation, intègre l'ensemble de ces paramètres pour amener aux résultats statistiquement les plus robustes, et à une échelle de travail adaptée aux données d'entrées et de restitution.

Par ailleurs, de manière à assurer une cohérence globale de la méthode de calcul du recul du trait de côte aux deux échéances, un travail spécifique a été mené pour intégrer l'élévation du niveau marin et les mouvements verticaux du sol pendant la période historique (1950 - 2020 pour le Seignanx et 1954 - 2020 pour Anglet), mesurés à proximité du secteur d'étude. A l'aide de la règle de Bruun, le recul imputable à ces paramètres a été déterminé dans l'objectif de corriger les Tx retenus (uniquement dans le scénario sécuritaire pour Anglet). Ce travail permet de disposer de vitesses moyennes d'évolution annuelles uniquement liées à l'impact des agents météo-marins, en dehors de l'élévation du niveau marin et de la subsidence, qui seront réintroduits pour la période prospective, exposée dans le chapitre suivant.

b) Recul lié à un évènement majeur

Le recul lié à un évènement majeur (L_{max}) correspond, sur le littoral du Seignanx et d'Anglet, au recul imputable à des conditions météo-marines favorisant l'abaissement du profil de plage et l'attaque du pied de dune par l'océan. Dans le Golfe de Gascogne, de telles conditions se manifestent essentiellement en saison hivernale où des tempêtes génèrent de fortes houles et un niveau d'eau marin moyen plus élevé qu'attendu sous le simple effet de la marée astronomique, selon l'intensité de la dépression atmosphérique, des vents, du déferlement des vagues et du jet de rive.

L'approche retenue pour caractériser le recul lié à un évènement majeur (L_{max}) est proposée dans les différents documents cadres en la matière (MTE, 2014 ; Desmazes *et al.*, 2015 ; Collectif BRGM/Cerema, 2022). Elle consiste à le déterminer à l'aide d'observations de terrain effectuées à la suite d'un évènement majeur ou d'une séquence d'évènements majeurs. A l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, la succession des tempêtes survenues lors de l'hiver 2013-2014 constitue

encore aujourd'hui une séquence exceptionnelle au regard des conditions météo-marines, en termes de hauteur de vagues mesurées et d'énergie estimées provenant des houles, au niveau du Cap Ferret (Bulteau *et al.*, 2014). L'analyse des conditions météo-marines des saisons hivernales de 2008 à 2024 témoigne de vents mesurés et de flux d'énergie des vagues cumulé, lors de l'hiver 2013-2014, comme les plus intenses survenus au cours des 15 dernières années (Robinet *et al.*, 2024, Illustration 77). Les hivers 2019-2020 et 2023-2024 sont également remarquables pour ces paramètres.

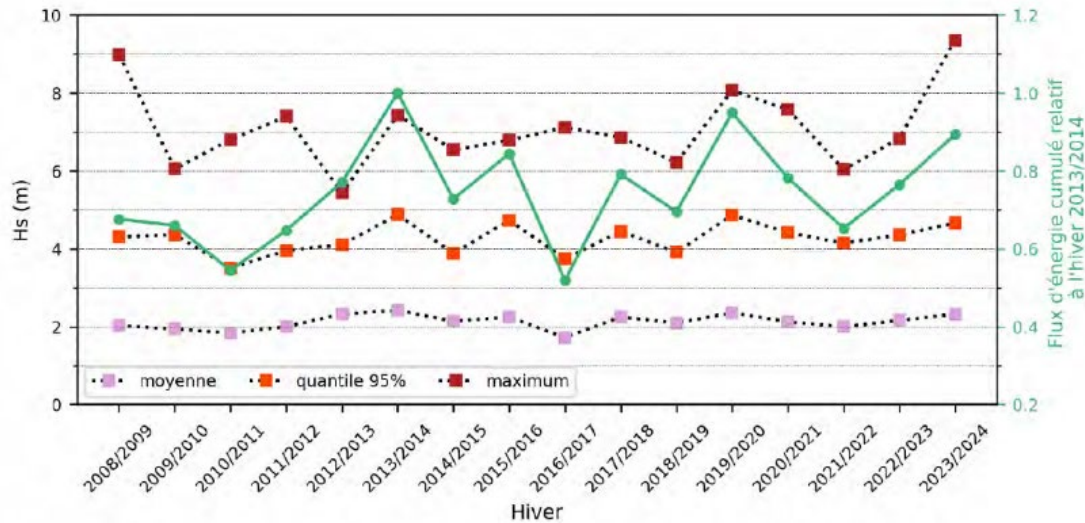


Illustration 77 - Moyenne, quantile 95% et maximum des valeurs de Hs et flux d'énergie des vagues cumulé, calculés pour chaque hiver (du 1^{er} octobre de l'année N au 30 avril de l'année N+1), depuis l'hiver 2008-2009 au niveau de la bouée Cap Ferret

Les observations événementielles et saisonnières relevées dans le cadre de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine sont utilisées pour proposer une valeur du recul lié à un événement majeur à l'échelle du littoral du Seignanx. Ce territoire constituant une sous-cellule hydrosédimentaire à part entière, une unique valeur est retenue pour l'ensemble du linéaire. Les sources des données utilisées sont : les relevés D-GPS¹⁴ des profils L19 (Ondres - aérodrome) et L20 (Tarnos - La Butte de Tir), les relevés des entailles dunaires réalisés annuellement en sortie d'hiver, les synthèses événementielles et saisonnières émises tous les hivers depuis 2019. En l'absence de données d'observation sur le littoral d'Anglet, ces mêmes informations ont été utilisées pour définir le *Lmax* dans ce secteur.

Le rapport de synthèse des observations de l'impact des tempêtes de l'hiver 2013-2014 (Bulteau *et al.*, 2014) note un recul observé au droit du littoral du Seignanx (cellule 6.2) de l'ordre de 5 m en moyenne. Les relevés au D-GPS des profils de plage d'Ondres et de Tarnos révèlent des valeurs de recul du pied de dune maximum de 6,5 m, entre le printemps 2015 et le printemps 2016, et de 13 m, entre le printemps 2020 et le printemps 2021. Enfin, les relevés d'entailles d'érosion marine effectués sur le terrain témoignent de profondeurs d'entailles assimilables au recul du pied de dune, de 1 m à 9 m, cette dernière valeur ayant été relevée à Ondres en 2007.

Sur la base de ces informations, il est proposé de retenir une valeur de recul lié à un événement majeur de 10 mètres pour le linéaire de cordon dunaire des communes d'Ondres, de Tarnos et d'Anglet.

¹⁴ <https://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/Fiches-transect-Cote-sableuse>

Le recul lié à un évènement majeur a été déterminé sur la base d'observations historiques. La précision de ces mesures, issues d'observations, est d'ordre métrique. La valeur retenue se situe dans la fourchette haute de la gamme de valeurs identifiées. Etant donné les tendances stationnaires, voire en légère baisse d'intensité, dans un contexte de changement climatique, des principaux processus générateurs des reculs événementiels (cf. ci-après et en Annexe 1), la considération d'une seule valeur de Lmax, quelle que soit l'échéance apparaît, dans l'état actuel des connaissances, acceptable.

En définitive, la cartographie des secteurs d'évolution homogène et les composantes de l'aléa "recul du trait de côte", selon les scénarios médian et sécuritaire, sont présentées sur l'illustration 78.

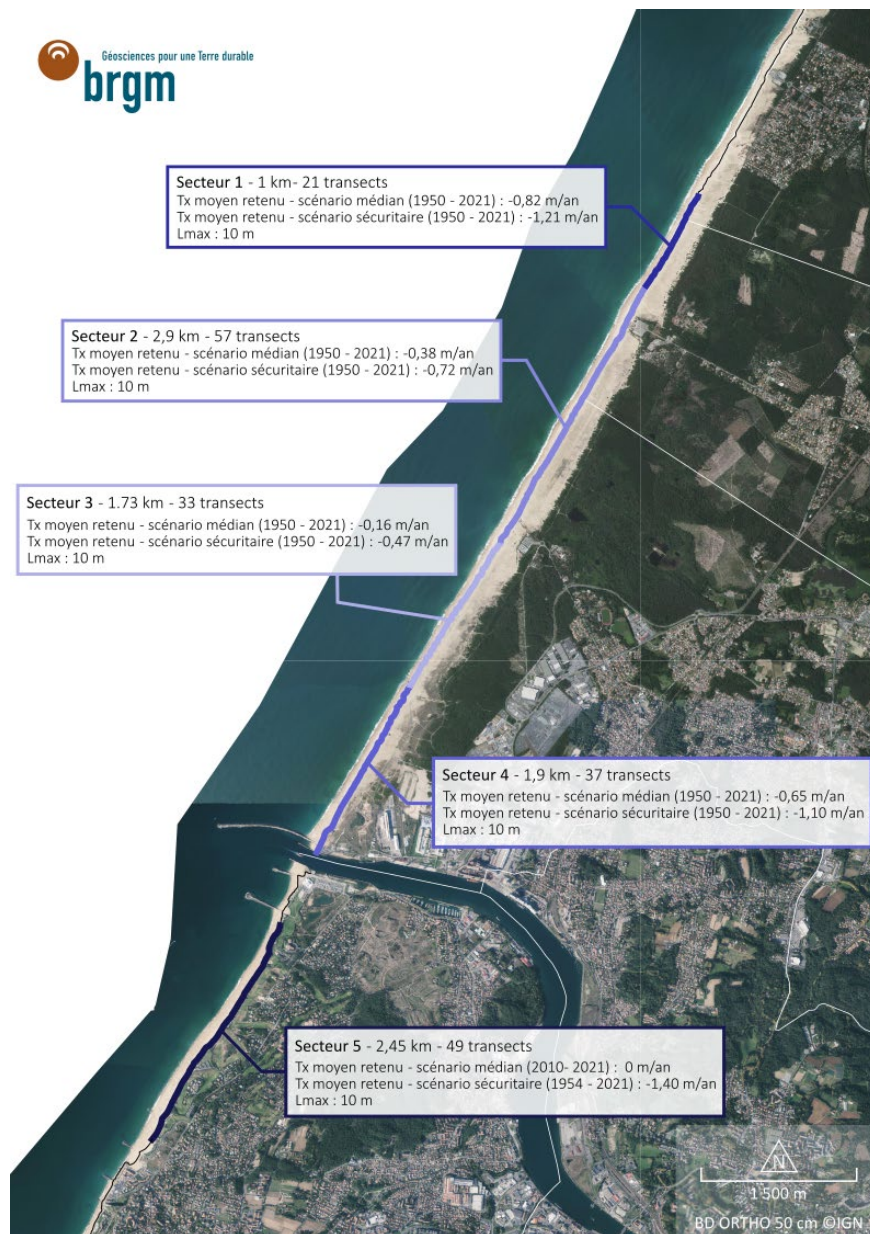


Illustration 78 - Carte des cordons dunaires étudiés et des valeurs de Tx et Lmax, retenues dans la présente étude

5.1.4. Conséquences et prise en compte du changement climatique

a) Synthèse de la revue bibliographique

Une revue bibliographique récente de l'impact du changement climatique, pour chacune des variables environnementales liées à la dynamique d'évolution des espaces littoraux, est fournie en annexe du présent rapport (Annexe 2). Une synthèse de cette connaissance et les enseignements opérationnels qui en ressortent pour la présente étude sont exposés dans ce chapitre.

En ce qui concerne l'étude des risques côtiers, Le Cozannet *et al.* (2016) considèrent que le principal changement à considérer, induit par le réchauffement climatique, est l'élévation du niveau de la mer. Une aggravation des risques de submersion marine est une conséquence inéluctable de l'élévation du niveau de la mer : au minimum, il sera nécessaire de s'adapter à une élévation des niveaux marins extrêmes lors de tempêtes, principalement induite par l'élévation du niveau de la mer. En l'absence d'adaptation, cela se traduira par des submersions plus fréquentes et plus intenses dès le milieu du 21^{ème} siècle. Si la submersion marine n'est pas traitée dans cette étude, il faut néanmoins prendre en compte que ce phénomène entraîne une érosion des terrains, notamment par ressuyage et mise à nu du sol (destruction de la végétation). L'élévation du niveau de la mer conduira également à des inondations plus régulières des vallées côtières et des marais maritimes, comparativement à l'actuel. Ainsi, l'envahissement chronique, puis permanent, de zones basses par la mer, sous l'effet de la montée progressive du niveau moyen des mers, se traduira par un déplacement du trait de côte vers l'intérieur des terres, sans nécessairement se manifester par une érosion (au sens « perte de sédiments »), et/ou une évolution de la topographie.

Deux périodes de temps distinctes peuvent être considérées :

- une première période pendant laquelle la variabilité climatique peut provoquer des changements dans les régimes de vents, vagues et tempêtes actuels, qui continueront à provoquer des effets notables sur le littoral ;
- une seconde période pendant laquelle l'élévation du niveau de la mer, de par son ampleur, s'ajoutera significativement aux autres paramètres hydrométéorologiques.

Quoi qu'il en soit, en ce qui concerne le trait de côte, l'élévation du niveau de la mer favorisera l'érosion côtière et le recul du trait de côte, et en particulier des côtes basses meubles et des zones basses. Concomitamment à la dynamique d'évolution du niveau de la mer, une accélération du phénomène est attendue entre le milieu et la fin du 21^{ème} siècle, en cas d'échec des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (ou de limitation du réchauffement global).

Néanmoins, les éléments de connaissance exposés en Annexe 2 ont montré que de nombreuses interrogations subsistent avec les changements des forçages océanographiques, météorologiques et continentaux, au-delà de la seule élévation du niveau marin. Les évolutions futures de ces variables sont susceptibles d'impacter les dynamiques des différents environnements côtiers : côtes à falaises, plages de poches et marais maritimes notamment. Il convient donc de rappeler que l'évolution future du linéaire côtier sera soumise à de nouvelles conditions environnementales dans les prochaines décennies, qui dépassent la seule élévation du niveau marin, et qui amplifieront les aléas littoraux. Ainsi, la poursuite des tendances passées dans le futur peut être questionnée, impliquant une nécessaire poursuite des travaux d'observation de ces territoires.

Concernant les estuaires et les secteurs limono-vaseux, les sources d'incertitudes importantes sont la disponibilité sédimentaire à l'intérieur du bassin versant, les apports depuis l'amont (et éventuellement depuis la mer pour certains secteurs) et la gestion de ces milieux souvent très artificialisés. Là encore, les émissions futures de gaz à effet de serre dans l'atmosphère joueront un rôle prépondérant. Il est possible que l'élévation du niveau marin, si elle reste modérée, soit compensée par les taux de sédimentation positifs dans les secteurs limono-vaseux. Dans le cas contraire, une maritimisation du milieu est attendue, avec un recul du trait de côte significatif au droit des zones de faible altitude.

Les côtes à falaise, formées de roches et souvent élevées de plusieurs mètres par rapport au niveau de la mer, n'apparaissent pas les plus menacées par les impacts du changement climatique, telle que l'élévation du niveau marin. Cependant, de fortes incertitudes pèsent sur les conséquences des évolutions des paramètres météorologiques et continentaux. En première approche, les évolutions anticipées de ces paramètres dans le futur apparaissent défavorables pour la stabilité des falaises et des versants, notamment au travers d'une augmentation des circulations d'eau (facteur majeur expliquant les mouvements de terrain d'une manière générale).

b) Application aux cordons dunaires du Seignanx et d'Anglet

La revue bibliographique a mis en évidence l'élévation du niveau de la mer comme le paramètre qui impactera durablement les cordons dunaires dans leur dynamique d'évolution, à moyen et long terme. Pour ce paramètre, plusieurs projections sont disponibles : celles du GIEC (Kopp *et al.*, 2023 ; Garner *et al.*, 2021 ; Fox Kemper *et al.*, 2021, projections du 6^{ème} rapport d'évaluation du GIEC) et celles destinées à alimenter les politiques publiques en France (Le Cozannet *et al.*, 2024). Ces dernières ont été préférées, traduites dans des scénarios de réchauffement global (mondial). Le scénario correspondant à la Trajectoire de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) est, à l'échéance 2100, celui d'un réchauffement global à +3°C (soit 4°C en France métropolitaine). Il existe également pour la France des scénarios complémentaires, selon des trajectoires de réchauffement à échéance de 2100, étendues de +1,5°C à +5°C avec effondrement des calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland (*Marine Ice Cliff Instability - MICI*). Les projections d'élévation du niveau marin du GIEC et celles faisant référence en France sont régionalisées, et disponibles pour le marégraphe de Socoa.

On notera que les valeurs d'élévation du niveau de la mer aux échéances 2050 et 2120 sont comparables pour les scénarios nationaux (Le Cozannet *et al.*, 2024) et GIEC¹⁵ (Illustration 79). Les courbes peuvent néanmoins présenter des trajectoires différentes, en particulier les courbes correspondant au scénario SSP5-8.5¹⁶ (dit *low end*) du GIEC et celle de niveau de réchauffement +5°C MICI. Pour cette dernière, une accélération très forte du phénomène s'opère à partir de 2080, s'expliquant par des processus physiques pris en compte partiellement différents de ceux du scénario SSP5-8.5 (*low end*) du GIEC.

Pour estimer le recul induit par l'élévation du niveau marin sur le pied de dune, la règle de Bruun (1965) est utilisée. Il est proposé d'utiliser, respectivement pour les scénarios médian et sécuritaire, les valeurs du 83^{ème} percentile pour les niveaux de réchauffement globaux de +3°C, et +5°C avec effondrement des calottes glaciaires.

¹⁵ Extraites depuis https://sealevel.nasa.gov/data_tools/17

¹⁶ SSP5 8.5 : Avec un forçage radiatif supplémentaire de 8,5 W/m² d'ici 2100, ce scénario représente la limite supérieure de la gamme des scénarios décrits dans la littérature. Source : www.drias-climat.fr.

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

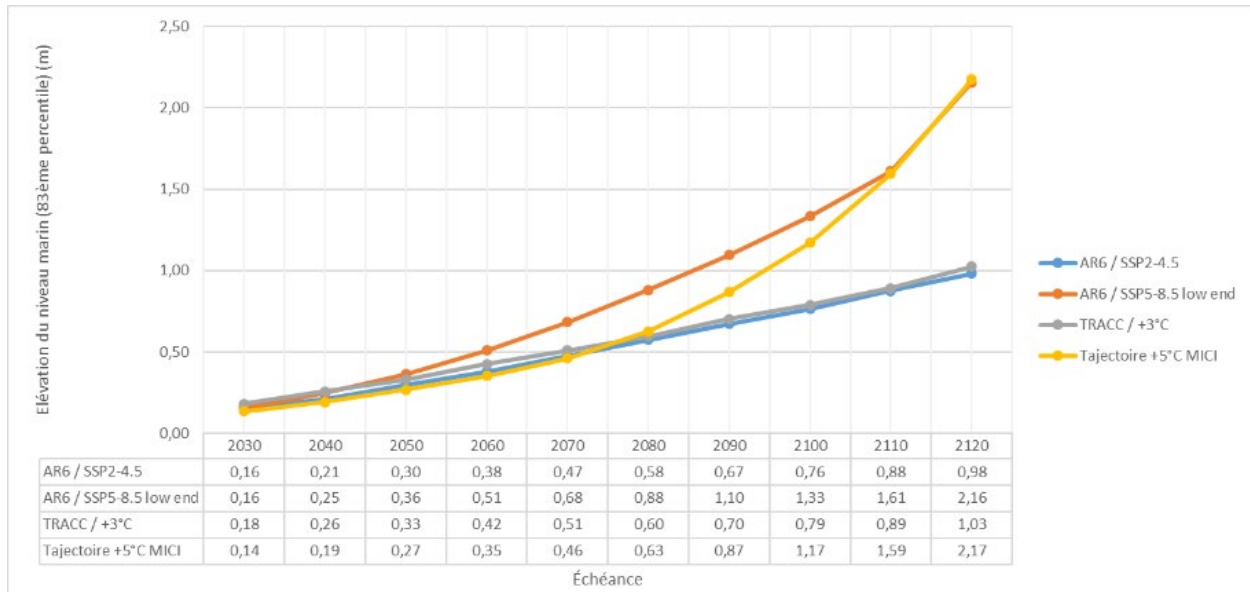


Illustration 79 - Courbes et valeurs (83^{ème} percentile) d'élévation du niveau marin selon les scénarios GIEC et nationaux, pour le marégraphe de Socoa et par rapport à la période de référence 1995-2014

Afin de ramener les échéances temporelles à partir de l'année 2020 (date de début des projections du trait de côte dans cette étude), les valeurs proposées dans les scénarios nationaux d'élévation du niveau de la mer ont été corrigées des enregistrements d'élévation mesurés au marégraphe de Socoa pendant la période 2005 - 2020, l'année 2005 correspondant au milieu de la période de référence des scénarios nationaux.

A ces valeurs d'élévation du niveau marin futures, définies dans les trajectoires de réchauffement pour la France, une subsidence de 1 mm/an est considérée (cf. chapitre 2.1.2, Thieblemont *et al.*, 2024). Elle sera ajoutée à chacun des scénarios d'élévation du niveau marin nationaux qui, issus de modélisations numériques, n'intègrent pas ce phénomène.

La règle de Bruun, souvent débattue dans la communauté scientifique, mais dont l'utilisation croît depuis plus de six décennies (D'Anna *et al.*, 2021) repose sur l'hypothèse que la plage maintient son profil d'équilibre, ce dernier migrant vers l'intérieur des terres sous l'effet de l'élévation du niveau marin. Elle s'exprime ainsi :

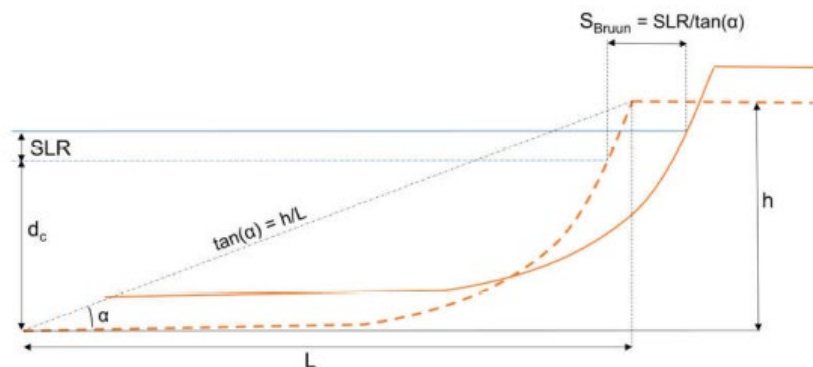


Illustration 80 - Schéma de principe de la règle de Bruun, avec SLR : élévation du niveau marin, S_{Bruun} : recul du trait de côte, h et L : respectivement hauteur et longueur du profil actif de la plage (depuis la profondeur de fermeture d_c jusqu'au sommet de la dune), α : pente moyenne du profil actif

Pour appliquer la règle de Bruun, les valeurs suivantes ont été utilisées :

- hauteur de la dune : 11,5 m NGF, d'après les fiches transects de l'OCNA, profils L19 et L20 ;
- profondeur de fermeture : 15 m NGF (13 à 15 m cote marine au large d'Anglet d'après CASAGEC Ingénierie (2014)) ;
- longueur du profil actif : distances moyennes entre ces deux cotes altimétriques, extraites du Litto3D, pour chacun des 5 tronçons homogènes du linéaire sableux traité ;
- valeurs d'élévation du niveau marin en 2050 et 2120, respectivement pour les scénarios médian et sécuritaire : 0,33 m, 0,27 m et 1,03 m, 2,17 m (Illustration 79), valeurs auxquelles une subsidence de 1 mm/an a été ajoutée en tenant compte d'une référence à l'année 2005, soit 0,04 m pour 2050 et 0,11 m pour 2120.

La règle de Bruun a ensuite été appliquée à chaque tronçon du Seignaux et d'Anglet pour définir, aux échéances 2050 et 2120, des valeurs de reculs imputées à l'élévation du niveau de la mer et aux mouvements verticaux du sol.

Secteurs		Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2050 (trajectoire +3°C / 83ème percentile (m)	Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2120 (trajectoire +3°C / 83ème percentile (m)	Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2050 (trajectoire +5°C-MICI / 83ème percentile (m)	Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2120 (trajectoire +5°C-MICI / 83ème percentile (m)
		Scénario médian	1	9,12	38,04
2	8,77		36,57		
3	7,96		33,20		
4	8,43		35,16		
5	10,53		43,94		
Scénario sécuritaire	1			6,76	81,39
	2			6,50	78,24
	3			5,90	71,04
	4			6,25	75,22
	5			7,81	94,01

ENM : Elévation du niveau marin ; MVS : Mouvements verticaux du sol ; SJDL : Saint-Jean-de-Luz

Illustration 81 - Distances de reculs imputables à l'élévation du niveau marin (ENM) et aux mouvements verticaux du sol (MVS), selon les trajectoires de réchauffement +3°C et +5°C avec effondrement des calottes glaciaires (Marine Ice cliff instability - MICI), calculées pour chacun des secteurs d'évolution homogène des cordons dunaires étudiés

Les incertitudes inhérentes à l'intégration du changement climatique sont nombreuses, tant est qu'un travail plus large pourrait être entrepris pour les préciser. Seules les incertitudes relatives à la méthode mise en œuvre seront développées ici. Tout d'abord, l'élévation du niveau marin a été considérée comme unique paramètre impactant la dynamique de recul du trait de côte des cordons dunaires, aux deux échéances. Ce choix a été pris à la suite d'une revue des publications scientifiques traitant des impacts du changement climatique sur les principales variables météoro-océanographiques qui interviennent dans la dynamique côtière, démontrant que l'élévation du niveau marin est le paramètre qui impactera le plus fortement et durablement l'évolution de la frange littorale. Les valeurs retenues pour l'élévation du niveau marin sont issues des travaux les plus récents en la matière et déterminées localement. Elles sont cohérentes avec les valeurs du dernier rapport GIEC pour les échéances de 2050 et 2120, ce qui aurait conduit à des résultats

comparables dans l'application de la règle de Bruun. Les scénarios retenus, dans l'esprit des orientations nationales (Collectif BRGM/Cerema, 2022) avec deux valeurs « médiane » et « sécuritaire », permettent de proposer un ensemble élargi des futurs possibles, dépendants des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre mondiales. L'intégration des mouvements verticaux du sol permet de ne pas occulter ce phénomène local dont la contribution est faible, mais non négligeable. Enfin, la transcription de l'élévation du plan d'eau (comparativement à la frange littorale) (ENM + MVS), en termes de recul du trait de côte, en appliquant la règle de Bruun, est largement utilisée, en dépit des hypothèses simplificatrices sur lesquelles elle repose. Si d'autres méthodes avaient pu être mises en œuvre, l'effort a été porté sur une application rigoureuse de la règle de Bruun, et pour toute la période étudiée, historique et future.

A titre d'illustration, la règle de Bruun appliquée au secteur 1 conduit, en suivant la même méthode que celle réalisée dans ce chapitre et pour les différentes trajectoires de réchauffement global disponibles, à des valeurs globalement identiques pour l'échéance 2050, et plus contrastées pour l'échéance 2120 (Illustration 82). Ce constat conforte la distance de recul estimée pour l'échéance 2050, où les modèles climatiques indiquent des valeurs d'élévation du niveau des mers comparables. Les incertitudes sont plus fortes pour les échéances longues, dans la mesure où les trajectoires divergent au cours de la seconde moitié du 21^{ème} siècle.

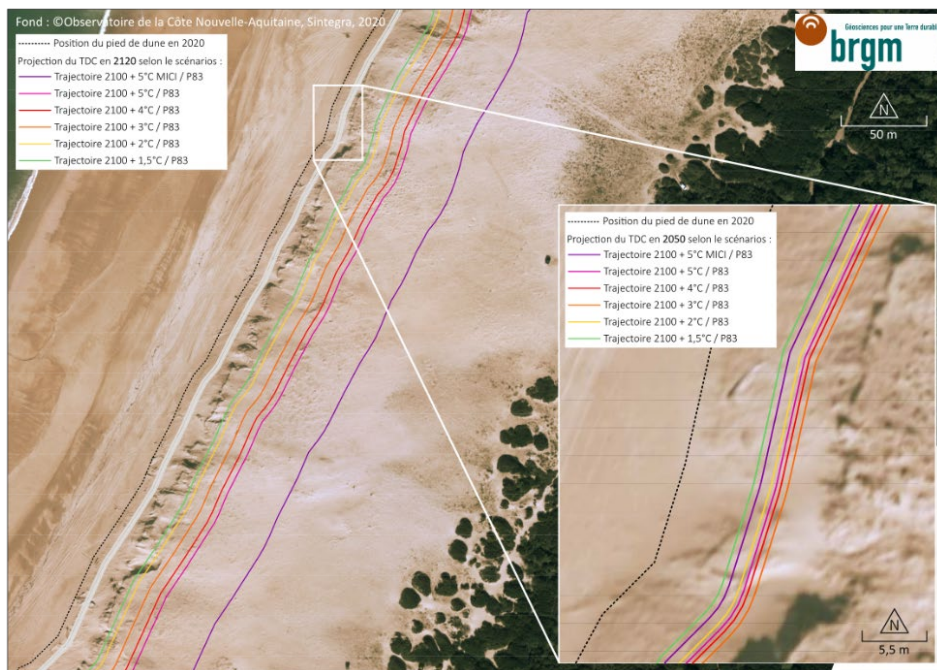
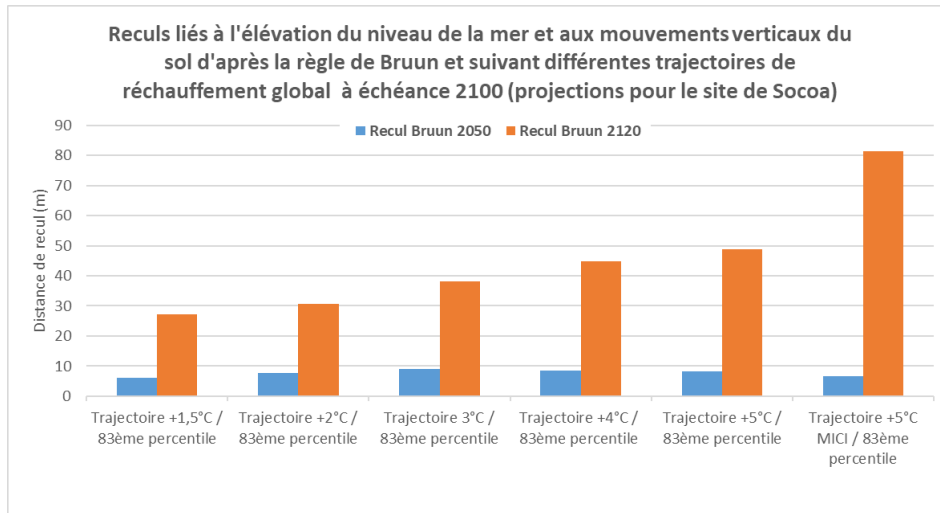


Illustration 82 - Reculs liés à l'élévation du niveau de la mer et aux mouvements verticaux du sol, au droit du secteur 1, d'après la règle de Bruun et suivant différents scénarios de réchauffement global (projections pour le site de Socoa ; valeurs de distances (histogramme, en haut) et illustration cartographique (en bas))

5.1.5. Projection et cartographie

Sur la base des différentes hypothèses précédemment décrites, la formule de calcul de la distance de recul aux deux échéances 2050 et 2120 (détaillée dans le 4.2.1), et pour chaque scénario médian et sécuritaire, est appliquée pour chacun des secteurs d'évolution homogène (Tableau 11).

$$Lr = n.Tx + Lmax + Lcc$$

Secteurs	Tx historique corrigé ENM + MVS (SJDL) (m/an)	Composantes du recul				Résultats : distances de recul à 2050 et 2120							
		Projection Tx à +30 sans ENM et MVS (m)	Projection Tx à +100 sans ENM et MVS (m)	Lmax (m)	Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2050 (trajectoire +3°C / 83ème percentile (m))	Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2120 (trajectoire +3°C / 83ème percentile (m))	Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2050 (+5°C-MICI / 83ème percentile (m))	Lcc - Bruun ENM + MVS d'ici 2120 (+5°C-MICI / 83ème percentile (m))	Lr - Recul total 2050 (trajectoire +3°C / 83ème percentile (m))	Lr - Recul total 2120 (trajectoire +3°C / 83ème percentile (m))	Lr - Recul total 2050 (+5°C-MICI / 83ème percentile (m))	Lr - Recul total 2120 (+5°C-MICI / 83ème percentile (m))	
Scénario médian	1	0,82	24,53	81,77	10	9,12	38,04			43,65	129,81		
	2	0,38	11,33	37,75	10	8,77	36,57			30,09	84,32		
	3	0,16	4,68	15,61	10	7,96	33,20			22,64	58,81		
	4	0,65	19,57	65,24	10	8,43	35,16			38,00	110,40		
	5	0,00	0,00	0,00	10	10,53	43,94			20,53	53,94		
Scénario sécuritaire	1	1,21	36,40	121,35	10			6,76	81,39			53,16	212,74
	2	0,72	21,66	72,19	10			6,50	78,24			38,15	160,44
	3	0,47	14,11	47,03	10			5,90	71,04			30,01	128,06
	4	1,10	33,11	110,35	10			6,25	75,22			49,35	195,58
	5	1,40	41,92	139,73	10			7,81	94,01			59,72	243,74

ENM : élévation du niveau marin ; MVS : Mouvements verticaux du sol ; SJDL : Saint-Jean-de-Luz

Tableau 10 - Calcul des valeurs de recul du trait de côte, aux échéances 2050 et 2120, pour chacun des scénarios médian et sécuritaire étudiés

Les traits de côte prospectifs sont cartographiés en reportant cette distance vers l'intérieur des terres depuis le trait de côte de référence de 2020. Un lissage cartographique a été appliqué à la frontière entre chaque secteur, de manière à limiter les effets de bords, qui n'auraient aucune réalité physique.

Les incertitudes inhérentes à cette ultime étape sont limitées à l'expérience de l'opérateur dans les différentes opérations géomatiques conduisant au report de la distance du trait de côte depuis le trait de côte de référence, et à son appréciation dans l'opération de lissage cartographique. Elles peuvent être considérées comme négligeables.

5.1.6. Identification et prise en compte des incertitudes

Pour décrire de manière cohérente les incertitudes affectant les différents processus à l'origine de la mobilité du trait de côte, il est recommandé de définir un cadre de gestion des incertitudes applicable aux travaux réalisés, c'est-à-dire aux données utilisées et aux méthodes mises en œuvre (Collectif BRGM/Cerema, 2022). Celles-ci peuvent alors être décrites et mieux cernées. Enfin, devant l'hétérogénéité des incertitudes présentes lors du travail effectué, il n'est pas possible de quantifier précisément les incertitudes concernant les résultats. Il est en revanche proposé d'analyser et de hiérarchiser ces incertitudes.

Les incertitudes ont été identifiées à chaque étape de travail, détaillées (en italique) à la fin de chaque paragraphe précédent. Elles sont synthétisées et caractérisées dans le tableau suivant (Illustration 83). Trois principales variables sont responsables des différences de recul global du trait de côte, déterminés pour les scénarios médian et sécuritaire : l'hypothèse de pérennité des ouvrages, le calcul des vitesses moyennes d'évolution annuelles et le recul induit par l'élévation du niveau marin et les mouvements verticaux du sol, selon la règle de Bruun. Toutefois, la mise en œuvre des scénarios médian et sécuritaire offre une représentation des possibles selon des hypothèses modérées pour le premier, et plus impactantes en termes de recul pour le second. Il peut ainsi être considéré que l'espace séparant les projections, selon ces deux scénarios, est une représentation des incertitudes liées aux choix opérés à propos des hypothèses de projection.

Etape de travail	Type d'incertitude	Caractérisation des incertitudes	Traitement des incertitudes proposé
Jeu de traits de côte et trait de côte de référence	Incertitudes de mesure et cartographique	Variable quantifiable	Quantifiée (5 à 12 m)
Hypothèse de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments	Incertitudes inhérentes aux scénarios	Variable non quantifiable - binaire (pérenne ou non pérenne)	Couverture des possibles réalistes sur la base d'un socle d'information commun à tous les ouvrages/actions de gestion de sédiments
Détermination des Tx	Incertitudes paramétriques et de méthode	Variables en partie quantifiables	Couverture des possibles sur la base des hypothèses de pérennité des ouvrages et des intervalles de confiance calculés
Détermination des Lmax	Incertitude liée à la mesure et paramétrique	Variable quantifiable	Quantifiée, d'ordre métrique
Détermination de l'impact de l'élévation du niveau marin (ENM) et des mouvements verticaux du sol (MVS), via la règle de Bruun	<u>ENM</u> : incertitudes liées au choix des modèles et inhérentes aux scénarios <u>MVS</u> : incertitudes liées à la mesure <u>Implémentation via la règle de Bruun</u> : incertitude paramétrique	<u>ENM</u> : variable en partie quantifiable, valeurs retenues issues de modèles régionaux extraits localement, à partir des données les plus récentes <u>MVS</u> : valeur retenue dans la gamme des valeurs mesurées selon 2 méthodes distinctes <u>Règle de Bruun</u> : incertitude approchée par une gamme de valeurs	<u>ENM</u> : couverture des possibles sur la base de différents scénarios de réchauffement global, dont le plus impactant. <u>MVS</u> : quantifiable, d'ordre infra-millimétrique par an, de quelques centimètres aux deux échéances <u>Règle de Bruun</u> : couverture des possibles sur la base de différents scénarios, la principale variable étant les scénarios conduisant aux valeurs d'ENM retenues
Projection cartographique	Incertitude paramétrique	Variable quantifiable	D'ordre métrique, localement

Illustration 83 - Identification, caractérisation et traitement des incertitudes au cours de chaque étape conduisant à la détermination des différentes composantes de recul et au recul final

5.2. SCENARIOS DE PROJECTION DU TRAIT DE COTE AU DROIT DU LITTORAL ROCHEUX DU PAYS BASQUE

5.2.1. Traits de côte de référence

Le descripteur du trait de côte utilisé sur le littoral rocheux du Pays basque est le sommet de falaise ou de versant, également appelé « tête d'escarpement ». Ces termes seront employés indifféremment dans la suite du rapport. Il s'agit de l'objet du paysage le plus représentatif de l'évolution des falaises et versants rocheux, en tant que sommet d'un objet enclin à des instabilités. Dans l'éventualité où un départ de matériaux intervient au sein du versant ou d'un escarpement, il est fait l'hypothèse qu'il est susceptible de se propager vers l'amont et de provoquer un recul en tête. Ce recul en tête peut se produire instantanément (*i.e.* l'instabilité concerne l'ensemble de la falaise ou du versant, ou sa partie supérieure), ou à la suite d'un retour à un état d'équilibre de l'escarpement en quelques jours à quelques années (*i.e.* l'instabilité concerne partiellement le versant en dehors de la partie sommitale, et régresse jusqu'à la tête d'escarpement).

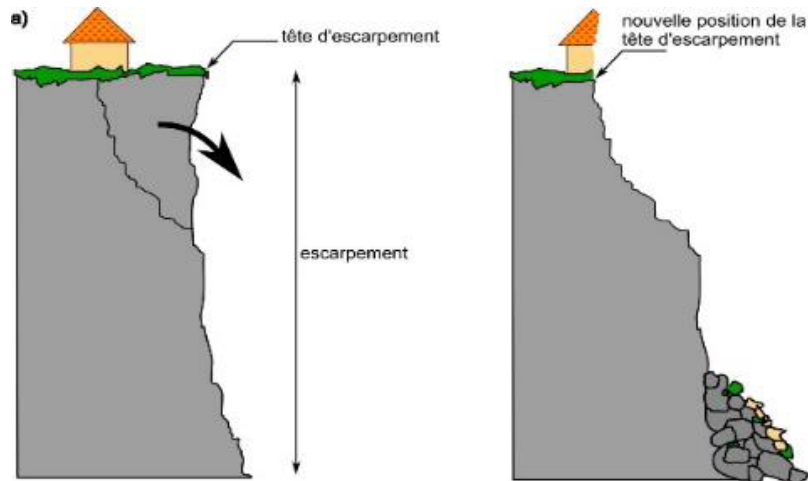


Illustration 84 - Schéma d'une instabilité affectant un escarpement rocheux ; dans le cas d'une falaise, le trait de côte correspond à la tête d'escarpement (adapté de Lévy et al., à paraître)

Le trait de côte de référence de 2020, correspondant au sommet de falaise/versant, est digitalisé par l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine. Il est identifié à l'aide d'une méthode précise, combinant plusieurs données, et notamment un levé LiDAR (et ses dérivées), une orthophotographie, des levés de terrain et des photographies terrestres et aériennes (Bernon et al., 2022). Sa précision est estimée à 5 mètres.

En concertation avec le Comité de pilotage de l'étude, le trait de côte de référence utilisé est celui de l'année 2020, le plus récent et disponible au démarrage de l'étude. Il s'agit du trait de côte à partir duquel les projections des traits de côte futurs sont réalisées.

Les incertitudes liées à la détermination du trait de côte de référence sont limitées à sa digitalisation, qui repose sur des données cartographiques et la subjectivité de l'opérateur. La précision des données socles, LiDAR et orthophotographie, dépend de la taille du pixel, du géoréférencement et de l'orthorectification. L'OCNA réalise un contrôle de la qualité de ses acquisitions, à partir d'un échantillon de points mesurés sur le terrain au D-GPS (Ayache, 2020), menant à estimer l'erreur quadratique moyenne en planimétrie de l'orthophotographie à moins de 11 cm, et en altitude du LiDAR à moins de 8 cm pour le millésime 2020. La subjectivité de l'opérateur est réduite, du fait d'une méthode de digitalisation combinant plusieurs sources d'informations pour guider l'identification du trait de côte. Ces données et méthodes conduisent à estimer la précision du trait de côte de 2020 digitalisé à 5 mètres près.

5.2.2. Hypothèses de pérennité des ouvrages de protection et des actions de gestion des sédiments

L'inventaire des ouvrages et actions de gestion des sédiments a été réalisé à partir de la base de données de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine. De manière à identifier les hypothèses de pérennité à attribuer à chaque ouvrage et action de gestion de sédiments, pour chacun des horizons temporels +30 et +100 ans, des échanges avec les collectivités ont été menés durant toute la période de réalisation de l'étude (2021 à 2024). Ces échanges ont visé à vérifier le contenu de la base de données de l'OCNA, à la fois en termes d'existence et de géométrie, mais aussi à recueillir les informations et engager les discussions permettant, *in fine*, de statuer sur les hypothèses de pérennité. Les critères définis comme majeurs dans ces discussions ont été l'identification d'un propriétaire et d'un gestionnaire, leurs statuts (public/privé), l'existence d'un cadre de gestion de l'ouvrage, le rôle et le niveau de protection de l'ouvrage vis-à-vis de l'érosion côtière. Non déterminantes, mais susceptibles d'influencer le choix

de l'hypothèse de pérennité, des informations complémentaires ont parfois pu être collectées ; elles portent sur la date de construction, les matériaux et le dimensionnement des ouvrages. L'exhaustivité de ces informations sur l'ensemble du secteur d'étude a été recherchée, il reste néanmoins quelques lacunes ou imprécisions. Elles sont rassemblées dans les tableaux reportés en Annexe 1.

Les discussions autour de ces critères et informations ont permis de ne conserver dans la réflexion que les ouvrages et actions de gestion jouant un rôle dans la dynamique du trait de côte. Dans un second temps, elles ont permis aux collectivités de se positionner sur les hypothèses de pérennité de chacun des ouvrages présents et des actions de gestion opérées, sur le littoral du secteur d'étude. Les hypothèses retenues sont exposées dans l'Atlas cartographique (Annexe 3).

La côte basque, d'Anglet à Hendaye, compte 234 ouvrages en 2024, parmi lesquels 176 ont été identifiés comme participant à la lutte contre l'érosion côtière. Les hypothèses de pérennité ont fait l'objet de réunions dédiées avec chaque commune littorale, en présence du BRGM et de la CAPB, en fin d'année 2022. Devant l'hétérogénéité des situations, de nouveaux échanges entre la CAPB et le BRGM ont été menés en 2024 pour mettre à jour la base de données « Ouvrages », consolider les hypothèses retenues et les justifications associées. Un critère a été étudié pour estimer le degré de protection conféré par les ouvrages, disposés au droit d'un versant rocheux ou d'une falaise. En effet, un certain nombre de ces ouvrages protégeant partiellement un versant ou une falaise ont été jugés pérennes, sans qu'ils n'assurent une stabilité pour toute la hauteur du massif rocheux (cas par exemple des ouvrages situés en pied de versant). Le recul de la tête d'escarpement a été défini dans ces configurations, suivant les mêmes hypothèses de recul qu'en l'absence d'ouvrage.

Cette étude détaillée des ouvrages et actions de gestion des sédiments participant à la lutte contre l'érosion côtière a abouti, outre leurs cartographies et la base d'informations associées, à attribuer des hypothèses de pérennité pour chaque échéance de projection. Les principales justifications retenues pour attribuer ces hypothèses sont exposés ci-après (Illustration 85).

Principales informations retenues pour statuer sur les hypothèses de pérennité à +30 ans	Nombre d'ouvrages
Non pérenne	41
Abandonné	4
Accompagnement des processus naturels / Mode de gestion souple (ganivelles...)	4
Destruction prévue	1
Ouvrage privé	21
Pas de cadre de gestion moyen/long terme identifié	11
Pérenne	135
Aménagement portuaire	4
Aménagement touristique	1
Cadre de gestion en cours de régularisation	7
Gestion assurée par un syndicat d'aménagement dédié	7
Gestion courante par la commune	3
Gestion et entretien assurés au besoin	5
Gestion et entretien assurés par la collectivité	44
Ouvrage ancien (plusieurs décennies), entretien assuré régulièrement	9
Ouvrage privé	6
Ouvrage projeté	1
Ouvrage structurant, entretien assuré régulièrement	48
Total général	176

Principales informations retenues pour statuer sur les hypothèses de pérennité à +100 ans	Nombre d'ouvrages
Non pérenne	47
Abandonné	4
Accompagnement des processus naturels / Mode de gestion souple (ganivelles...)	4
Destruction prévue	1
Ouvrage privé	24
Pas de cadre de gestion moyen/long terme identifié	14
Pérenne	129
Aménagement portuaire	4
Aménagement touristique	1
Cadre de gestion en cours de régularisation	6
Gestion assurée par un syndicat d'aménagement dédié	7
Gestion courante par la commune	2
Gestion et entretien assurés au besoin	5
Gestion et entretien assurés par la collectivité	32
Ouvrage ancien (plusieurs décennies), entretien assuré régulièrement	9
Ouvrage privé	3
Ouvrage projeté	1
Ouvrage structurant, entretien assuré régulièrement	48
Gestion et entretien assurés par la collectivité	11
Total général	176

Illustration 85 - Principales informations retenues pour statuer sur les hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments, pour les échéances +30 ans (en haut) et +100 ans (en bas)

Ce travail autour des ouvrages est constitué par une couche d'informations géographiques et un classeur comprenant les informations complémentaires. Un champ commun permet de relier ces deux données. Elles sont mises à la disposition du maître d'ouvrage de l'étude. Le tableau d'informations complémentaires est exposé en Annexe 1.

En 2023 et 2024, la CAPB et le Cerema ont mené un diagnostic de l'état patrimonial des ouvrages. Les calendriers de réalisation de ce diagnostic et de la présente étude n'ont pas rendu possible l'intégration de ces informations dans la réflexion. Elles pourront néanmoins être considérées, ultérieurement, pour l'attribution des hypothèses de pérennité des ouvrages. Les ouvrages comportent néanmoins les mêmes géométries et les mêmes identifiants, ce qui permet une mise en relation aisée de ces différentes informations.

Conscients de l'importance de ces hypothèses de pérennité à attribuer dans les scénarios prospectifs, mais aussi de la complexité de statuer objectivement sur ces hypothèses, étant donné le nombre de critères et d'informations à considérer, l'étude prévoit de considérer deux scénarios de projection :

- le premier, « avec ouvrages et actions de gestion de sédiments » tient compte d'une hypothèse de pérennité attribuée après examen des différents critères au cas par cas : il s'agit du scénario médian ;
- le second scénario, « sans ouvrage et action de gestion des sédiments », envisage, d'une manière générale, l'inefficacité des ouvrages et l'arrêt des opérations de gestion de sédiments dès le début de la période prospective, à l'exception des digues de la baie de Saint-Jean-de-Luz (Socoa, Artha et Sainte-Barbe). Ce second scénario est le scénario sécuritaire. A noter que les digues de l'Adour et de Sokoburu ont également été considérées pérennes quels que soient les scénarios, mais concernent d'autres environnements littoraux (respectivement cordon dunaire et plage de poche) que celui (rocheux) traité dans ce chapitre.

Les incertitudes relatives aux hypothèses de pérennité des ouvrages et des actions de gestion de sédiments attribuées sont inhérentes aux choix réalisés par le maître d'ouvrage de l'étude. Ces choix ont été pris à la lumière de la connaissance disponible pour chacun des ouvrages et des actions de gestion de sédiments. Cette connaissance a été affinée selon un certain nombre de critères, destinés à objectiver et standardiser autant que possible la prise de décision. Des hypothèses distinctes ont pu être posées dans les scénarios médian et sécuritaire et couvrent ainsi un large spectre des possibles.

5.2.3. Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte"

a) Concepts et éléments de méthode

Les évolutions de la méthode appliquée au littoral basque, essentiellement rocheux, proposées dans cette étude, comparativement à la méthode recommandée au niveau national (Collectif BRGM/Cerema, 2022), concernent la répétition de reculs unitaires pour les périodes prospectives et non la considération d'une composante T_x .

En effet, des réflexions, auxquelles le BRGM contribue activement, sont en cours quant à la caractérisation de l'aléa "recul de la tête de falaise", au niveau national (Lévy *et al.*, à paraître). Malgré le caractère encore provisoire de ces réflexions, il a été jugé opportun de proposer une méthode de caractérisation de l'aléa la plus conforme possible aux approches envisagées. Ces dernières visent à mieux considérer la dynamique événementielle des reculs de falaises, telles que celles du Pays basque, dont la cinétique est gouvernée majoritairement par des cycles d'érosion comprenant deux phases : une phase préparatoire et une phase d'éboulement. Pendant la phase préparatoire, les sollicitations des agents météo-marins entraînent une diminution progressive de la résistance de la roche. Elle est suivie d'une phase d'éboulement (ou de détachement), atteinte lorsque les seuils critiques de stabilité sont dépassés et que la gravité, parfois combinée à d'autres forces déstabilisatrices, l'emporte sur la résistance mécanique de la roche (Giuliano, 2015 ; Prémaillon, 2018), (Illustration 86).

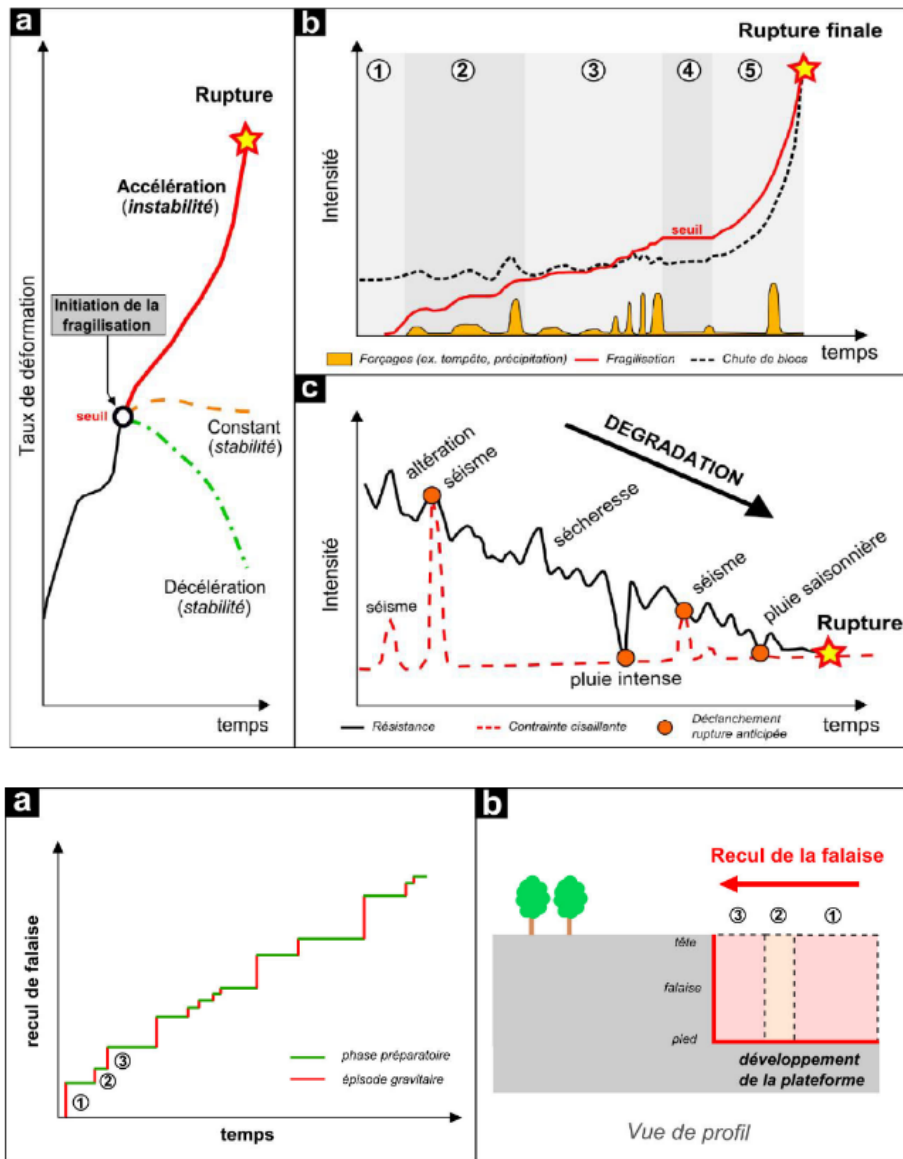


Illustration 86 - Modèles conceptuels de diminution de la résistance mécanique d'un massif rocheux, jusqu'à la rupture (en haut) ; modèles conceptuels du recul des falaises dans le temps (en bas) (Extraits de Giuliano, 2015)

L'approche proposée est donc de considérer un aléa diffus le long des falaises. Elle consiste à considérer qu'un événement caractéristique peut se produire à n'importe quel endroit, le long de la tête de falaise. Une étape cruciale est donc de préciser les dimensions et l'activité de cet événement caractéristique, en chaque point du linéaire de falaise.

b) Scénarios de référence de recul en tête d'escarpement

L'approche par scénarios de référence s'attache à définir un aléa de référence, soit le recul du sommet (ou tête) de falaise (ou d'escarpement) d'occurrence et d'intensité données, susceptible de se propager vers les enjeux, pour une période de référence donnée (Lévy *et al.*, à paraître). Au-delà de la définition d'un cycle d'érosion pour caractériser l'évolution des falaises, les autres hypothèses employées, et qui sont à associer à l'approche par scénario de référence, sont :

- la probabilité d'occurrence d'un phénomène de grande ampleur (gros volume) est plus faible que celle de petits volumes (Hantz, 2018). Le recul notable des têtes de falaise est lié à l'occurrence de phénomènes de grande ampleur ;
- la probabilité de recul est décroissante en s'éloignant de la tête de falaise ;
- la probabilité de recul au sein d'un secteur (ou tronçon) homogène d'un point de vue géomorphologique est considérée comme identique en tout point du tronçon. Cette approche revient à considérer un aléa diffus le long du tronçon, ce qui est adapté au niveau de connaissance limitée de l'état d'évolution vers la rupture de chaque portion du tronçon.

Une approche plus détaillée pour préciser l'aléa de recul nécessiterait l'acquisition de données supplémentaires à l'échelle locale, afin de mieux caractériser l'état d'évolution vers la rupture en chaque point du tronçon (connaissance fine des lithologies, morphologie locale, densité de fracturation, circulations d'eau...).

Dès le montage de la présente étude, devant le linéaire rocheux important à traiter (≈ 35 km), il a été convenu que la caractérisation des intensités de recul s'appuierait sur la connaissance existante. En particulier, les travaux de Nédellec en 2005, déjà mobilisés pour l'évolution du modèle géologique (cf. chapitre 3) et ayant conduit à la définition de tronçons homogènes du littoral, ainsi que le diagnostic « risque », établi dans le cadre de la Stratégie locale de gestion des risques littoraux de la CAPB (SLGRL, Garnier et Millescamps, 2014a et b), ont été réemployés dans cette étape de caractérisation des phénomènes de recul. Le diagnostic « risque » avait notamment abouti à attribuer à chaque tronçon homogène une valeur de recul unitaire Ru en tête de falaise ou versant. Ces valeurs, de 5 m ou 10 m, selon les tronçons, ont été confortées par une confrontation avec les événements de mouvements de terrain historiques connus et les études récentes (cf. chapitres 2.2.3 et 2.3.3). Déterminées sur la base d'observations de terrain, ces valeurs attribuées à chaque tronçon d'évolution homogène traduisent d'une manière générale les phénomènes affectant les falaises et versants rocheux.

Dans la SLGRL, la période de référence des reculs unitaires Ru est estimée de l'ordre de 10 ans. En se basant sur les modèles conceptuels d'évolution précités, l'hypothèse que ces reculs unitaires Ru se produisent sur une période de 30 ans apparaît, en l'état des connaissances, comme plus réaliste, moyennant l'intégration de la connaissance plus affinée du contexte géologique et géomorphologique en présence, désormais accessible grâce au modèle géologique. Ce recul sera dénommé ci-après Ru_{30} . Le modèle du substratum permet quant à lui de détecter les évolutions des formations géologiques dans l'espace, alors que le modèle des formations superficielles permet d'évaluer la nature et l'épaisseur de ces formations superficielles qui couvrent le substratum.

Sur la côte basque et dans le cadre de cette étude, où l'on s'intéresse aux dynamiques de recul de la tête d'escarpement, un des principaux critères gouvernant l'intensité du recul est le type de mouvements de terrain qui affecte les falaises et versants rocheux. Cette typologie des phénomènes est implicitement intégrée dans les valeurs de recul unitaire en tête Ru_{30} , attribuées dans le cadre de la SLGRL (Garnier et Millescamps, 2014 a et b). Ainsi, d'une manière générale, les hypothèses suivantes sont considérées :

- les formations rocheuses et compétentes sont principalement sujettes à des phénomènes de type "chute de blocs et éboulement", d'intensité de recul en tête de l'ordre de 5 m ;
- les formations meubles sont principalement sujettes à des phénomènes de glissements de terrain, d'intensité de recul en tête de l'ordre de 10 m ;
- les versants mixtes, composés de formations compétentes à la base et de matériaux meubles en partie haute (altérites, formations alluviales et dunaires) peuvent être affectés

indifféremment par les deux typologies de mouvements de terrain, dont l'intensité dépend de l'épaisseur des formations superficielles. A noter que la déstabilisation des formations compétentes à la base du versant, par éboulement, a pour effet cascade la déstabilisation des formations meubles en partie haute, sous forme de glissement (perte de la stabilité de pied).

Un schéma de principe représentant deux cycles d'érosion d'un versant mixte est proposé dans l'illustration 87.

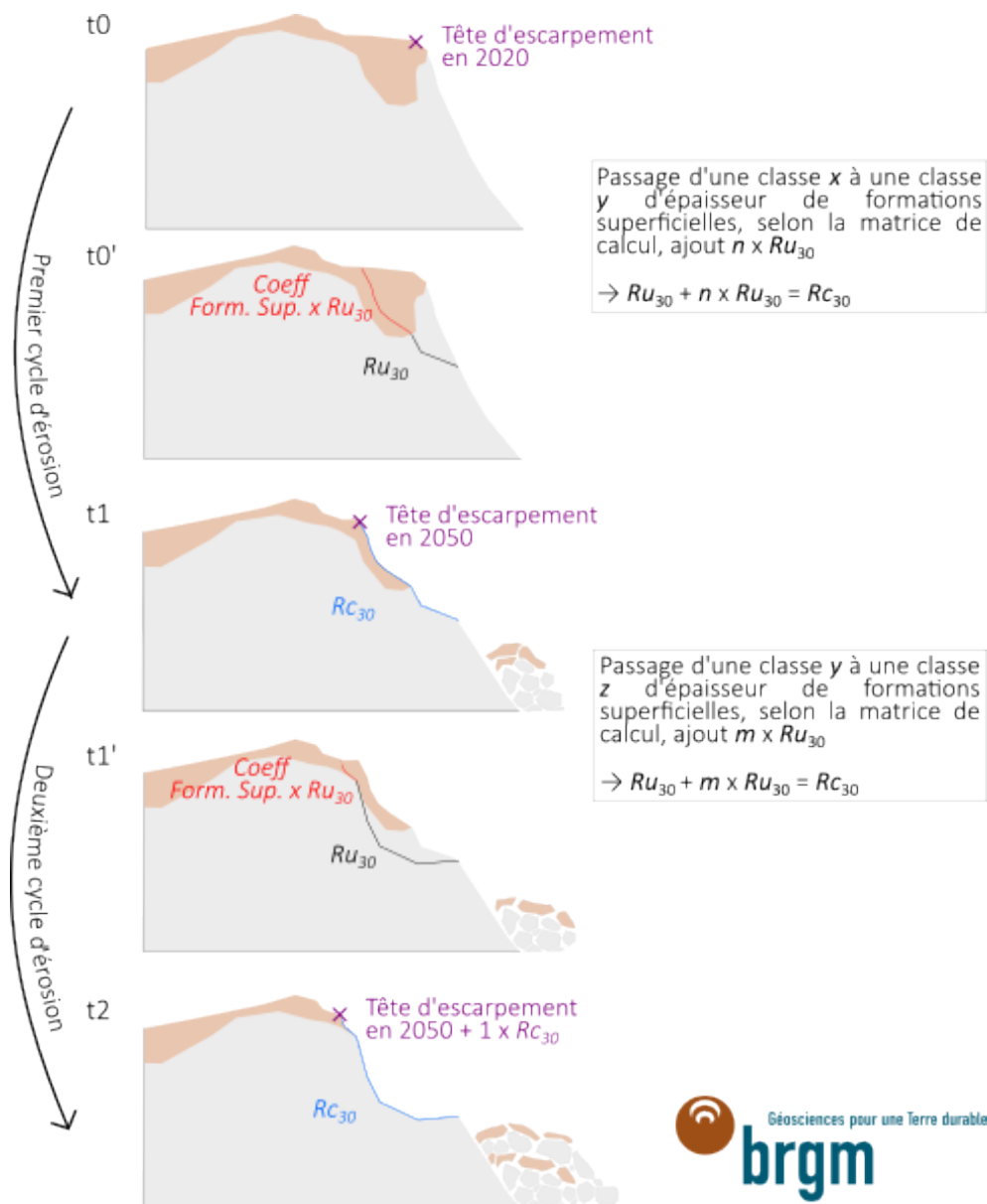


Illustration 87 - Représentation schématique des cycles d'évolution des falaises et versants rocheux mixtes

Dans la présente étude, un recul cumulé Rc_{30} , c'est-à-dire un recul total attendu pour un cycle d'érosion à 30 ans, est déterminé pour chaque tronçon homogène, en ajoutant au recul unitaire Ru_{30} , déterminé dans la SLGRL (d'intensité de 5 ou 10 m), un éventuel recul supplémentaire correspondant à la déstabilisation de matériaux meubles sous forme de glissement par l'éboulement des formations rocheuses sous-jacentes. La façon de prendre en compte ces événements en cascade a été de considérer un recul supplémentaire lié à ces glissements de matériaux meubles, dont la valeur dépend en partie de l'épaisseur de matériaux meubles mobilisables (Illustration 88). Pour des raisons pratiques, ces reculs ont été exprimés en multiples de Ru_{30} , avec un coefficient multiplicateur (*Coeff_form_sup*) dépendant de l'épaisseur de matériaux meubles mobilisables. Le recul cumulé $Ru_{30} + Ru_{30} * Coeff_form_sup$ correspond donc au recul total attendu pour un cycle d'érosion à 30 ans, dénommé par la suite Rc_{30} .

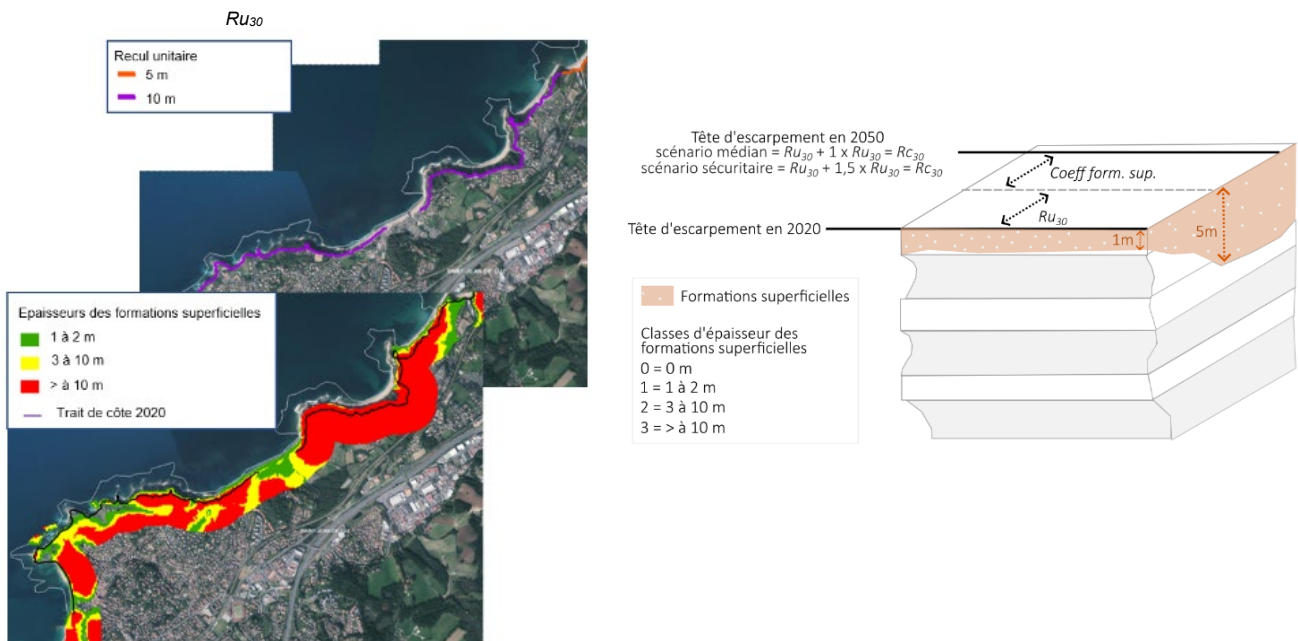


Illustration 88 - Connaissance mobilisée pour déterminer les intensités du recul cumulé Ru_{30} , soient le recul unitaire Ru_{30} , défini dans la SLGRL, et les épaisseurs des formations superficielles (à gauche) ; Schéma de principe de détermination d'un recul cumulé Rc_{30} correspondant à un cycle d'érosion pour les scénarios de recul médian et sécuritaire (à droite)

Les classes d'épaisseur de formations superficielles ont été définies de manière à représenter un potentiel d'intensité de recul supplémentaire associé. Elles sont de 0 m [classe 0], de 1 à 2 m [classe 1], de 3 à 10 m [classe 2] et supérieures à 10 m [classe 3]. A ces classes sont attribués des coefficients multiplicateurs au recul unitaire Ru_{30} , initialement défini dans la SLGRL. Ces coefficients multiplicateurs diffèrent entre le scénario médian et le scénario sécuritaire (Illustration 89). Dans l'exemple de l'illustration 88, le passage d'une classe d'épaisseur de formations superficielles d'une classe 1 à une classe 2, après la manifestation d'un recul Ru_{30} , implique d'après la matrice de l'illustration 89, l'application d'un recul supplémentaire Ru_{30} pour le scénario médian, et d'une fois et demi Ru_{30} pour le scénario sécuritaire.

Scénario médian	Classe à t ₀ (état initial)	Classe form. sup. à t ₀ +1Ru ₃₀	Coefficient multiplicateur	Recul total R _{c30} à t ₁ (après 1 cycle d'érosion)	Scénario sécuritaire	Classe à t ₀ (état initial)	Classe form. sup. à t ₀ +1Ru ₃₀	Coefficient multiplicateur	Recul total R _{c30} à t ₁ (après 1 cycle d'érosion)
	0	0	0,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0,5xRu ₃₀		0	0	1 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + Ru ₃₀
0	1	1 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + Ru ₃₀	0	1	1,5 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + 1,5xRu ₃₀		
0	2	1,5 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + 1,5xRu ₃₀	0	2	2 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + 2Ru ₃₀		
0	3	2 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + 2Ru ₃₀	0	3	2,5Lmax	Ru ₃₀ + 2,5Ru ₃₀		
1	0	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀	1	0	0,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0,5xRu ₃₀		
1	1	0,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0,5xRu ₃₀	1	1	1 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + Ru ₃₀		
1	2	1xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 1xRu ₃₀	1	2	1,5 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + 1,5xRu ₃₀		
1	3	1,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 1,5xRu ₃₀	1	3	2 x Ru ₃₀	Ru ₃₀ + 2Ru ₃₀		
2	0	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀	2	0	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀		
2	1	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀	2	1	0,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0,5xRu ₃₀		
2	2	0,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0,5xRu ₃₀	2	2	1xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 1xRu ₃₀		
2	3	1xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 1xRu ₃₀	2	3	1,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 1,5xRu ₃₀		
3	0	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀	3	0	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀		
3	1	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀	3	1	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀		
3	2	0xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0xRu ₃₀	3	2	0,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0,5xRu ₃₀		
3	3	0,5xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 0,5xRu ₃₀	3	3	1xRu ₃₀	Ru ₃₀ + 1xRu ₃₀		

Illustration 89 - Matrice de calcul des reculs cumulés R_{c30} sur la base des reculs unitaires attribués dans la SLGRL (Ru₃₀) et des épaisseurs de formations superficielles

Enfin, l'épaisseur des formations superficielles est déterminée après chaque cycle d'érosion, en interrogeant l'épaisseur de formations meubles donnée par le modèle géologique au niveau de la position de l'escarpement rocheux, projetée en fin de cycle d'érosion.

c) Hypothèses de propagation aux échéances +30 ans et +100 ans

La méthode, mise en œuvre pour aboutir aux reculs du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans, considère la répétition des événements de recul cumulé R_{c30} pour les périodes prospectives. A échéance de 30 ans, l'hypothèse est la réalisation d'un recul cumulé R_{c30} tel que défini dans le chapitre précédent. A échéance de 100 ans, le scénario de recul fait l'hypothèse d'une succession de 3 cycles d'érosion successifs (3 x R_{c30}) qui affectent la paroi. Ces hypothèses de propagation conduisent à déterminer les distances de recul aux deux échéances, qui sont projetées vers l'intérieur des terres depuis le trait de côte de référence de 2020.

Les valeurs d'intensité de recul en tête d'escarpement (Ru₃₀ et R_{c30}) et l'hypothèse de propagation pour la période prospective concentrent l'essentiel des incertitudes de la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte".

Les valeurs d'intensité de recul en tête d'escarpement reposent sur un socle de connaissances important, conforté par des observations de terrain, et augmenté d'une modélisation géologique renforcée sur le domaine littoral dans le cadre de cette étude, dont les limites sont exposées (cf. chapitre 3). L'intégration des variations des épaisseurs de formations superficielles, lorsque présentes, dans la dynamique d'évolution permet un ajustement des valeurs de reculs cumulés dans l'espace et à chaque cycle d'érosion. Cette prise en compte de l'hétérogénéité géologique et géomorphologique dans la bande de recul est de nature à réduire les incertitudes comparativement aux méthodes historiques à cette échelle, qui considère que la configuration de la falaise/du versant telle qu'observée depuis le pied de l'escarpement au temps initial est identique vers l'intérieur des terres. Les valeurs d'intensité de recul cumulé R_{c30} sont différentes entre les scénarios médian et sécuritaire. Cette différence permet de considérer indirectement les incertitudes du modèle géologique et de l'exploitation qui en est faite dans la méthode. Les deux scénarios offrent ainsi un cadre d'appréciation des variations possibles des distances de recul, susceptibles d'impacter les sommets de falaises et de versants.

L'hypothèse de propagation des reculs cumulés pour la période prospective est une hypothèse fortement dépendante des données d'observation disponibles. Par manque de données suffisantes, il n'est actuellement pas possible de construire une loi de probabilité (ou loi puissance) permettant d'attribuer précisément des intensités de recul à des périodes de retour, et ce pour la centaine de tronçons homogènes déterminés sur la côte basque. C'est pourquoi, un seul recul cumulé $R_{C_{30}}$ a été considéré, se produisant une fois à échéance +30 ans, et à trois reprises à échéance +100 ans.

Pour ces deux sources d'incertitudes, valeurs de recul en tête et hypothèse de propagation pour les périodes prospectives, l'amélioration de la connaissance, concernant les contextes géologiques en présence et les instabilités qui s'y produisent, constitue le principal axe permettant de préciser la méthode mise en œuvre.

5.2.4. Conséquence et prise en compte de l'impact du changement climatique

La revue bibliographique (Annexe 2) propose un état des conséquences prévisibles du changement climatique affectant les variables océanographiques et météorologiques, selon différentes trajectoires de changement climatique. Pour les falaises et versants rocheux situés à l'interface terre-mer, l'évolution est régie par les agents dynamiques marins (principalement niveau marin moyen, états de mer saisonniers et inter-annuels, événements de fortes houles) et les agents dynamiques continentaux (température, précipitations, circulations d'eaux de surface et souterraines). Des trajectoires d'évolution de chacun de ces paramètres existent, dans un contexte de changement climatique, et selon différentes trajectoires de réchauffement. Néanmoins, aucune ressource bibliographique n'a pu être identifiée quant à la combinaison des effets de ces évolutions avec la dynamique de recul des falaises. Les configurations des falaises et versants (nature des formations géologiques, nature et densité de fracturation, paramètres structuraux, niveaux d'altération, géométries) sont d'une telle diversité qu'il convient de tenir compte, pour étudier l'impact des évolutions, de chacune des variables météo-marines sur leur dynamique. La réponse d'une falaise ou d'un versant dépendra donc de sa sensibilité à chacun de ces forçages et de leurs évolutions, dans un contexte de changement climatique.

Une méthode conduisant à une quantification précise de l'impact du changement climatique sur l'évolution des falaises et versants rocheux ne peut en l'état des connaissances être établie. Cependant, le contexte environnemental dans lequel évoluent ces objets sera différent aux échéances futures comparativement à l'actuel, de façon plus ou moins prononcée selon les trajectoires de réchauffement global, et de manière de plus en plus contrastée selon la durée des échéances de projection.

En première approche, les circulations d'eau constituant l'un des principaux facteurs de déclenchement des mouvements de terrain en Nouvelle-Aquitaine, il peut être considéré que les évolutions du niveau marin moyen, des régimes de précipitations, de température et d'humidité de l'air, des niveaux piézométriques des nappes sont susceptibles d'affecter les dynamiques d'évolution des falaises et versants rocheux. Les scénarios de changement climatique prévoient des niveaux marins plus élevés, des épisodes de fortes pluies et de sécheresse plus fréquents, des étiages dans les cours d'eau et dans les nappes plus longs et fréquents, et des crues plus fréquentes. Ces changements de l'environnement des falaises et versants rocheux apparaissent défavorables à leur stabilité.

Ainsi, sans pouvoir quantifier précisément les répercussions du changement climatique sur la dynamique des falaises et versants rocheux, il est néanmoins proposé d'en tenir compte dans les projections futures. Etant donné que les évolutions les plus importantes se produiront dans la seconde moitié du siècle et au-delà, seul le scénario médian à échéance de 2050 n'intègre pas

cet aspect. Un ou plusieurs reculs en tête d'escarpement Ru_{30} est appliqué pour les autres scénarios et échéances (Illustration 90). Le choix d'utiliser la valeur Ru_{30} plutôt que Rc_{30} repose sur l'hypothèse que les reculs liés au changement climatique peuvent intervenir à n'importe quel moment au cours de la période prospective. En effet, bien que l'impact du changement climatique sur les variables environnementales soit de plus en plus fort au cours des prochaines décennies, il n'est cependant pas possible de connaître la configuration de la falaise ou du versant au moment précis où interviendra ce recul.

	Recul supplémentaire à échéance +30 ans	Recul supplémentaire à échéance +100 ans
Scénario médian	Pas de recul supplémentaire	1 x Ru_{30}
Scénario sécuritaire	1 x Ru_{30}	2 x Ru_{30}

Illustration 90 - Prise en compte du changement climatique pour les falaises du Pays basque

Les incertitudes relatives aux impacts du changement climatique sur les falaises et versants rocheux sont intrinsèquement liées à la multiplicité des agents dynamiques et des processus responsables de leur démantèlement. Elles sont également dépendantes des trajectoires de réchauffement global (ou de réduction de gaz à effet de serre) dans lesquelles la société s'inscrira au niveau mondial, qui auront un impact plus ou moins prononcé sur les variables météo-marines. Il peut être néanmoins considéré que le changement climatique aura un impact défavorable sur la stabilité des falaises, notamment par l'augmentation des circulations d'eau et une évolution des caractéristiques mécaniques des sols et des roches par rapport à l'actuel. La méthode proposée intègre ce caractère incertain en tenant compte d'un recul forfaitaire croissant, suivant les scénarios médian et sécuritaire et les échéances de projection.

5.2.5. Projection et cartographie

Pour chaque échéance et chaque secteur d'évolution homogène, les scénarios médian et sécuritaire conduisent à déterminer des distances de recul.

Les traits de côte prospectifs sont cartographiés en reportant ces distances vers les terres, depuis le trait de côte de référence de 2020. Un lissage cartographique a été appliqué à la frontière entre chaque secteur, de manière à limiter les effets de bord, qui n'auraient aucune réalité physique.

Les incertitudes inhérentes à cette ultime étape sont limitées à l'expérience de l'opérateur dans les différentes opérations géomatiques menant au report de la distance du trait de côte depuis le trait de côte de référence, et à son appréciation dans l'opération de lissage cartographique. Elles peuvent être considérées comme négligeables.

5.2.6. Identification et prise en compte des incertitudes

Pour décrire de manière cohérente les incertitudes affectant les différents processus à l'origine de la mobilité du trait de côte, il est recommandé de définir un cadre de gestion des incertitudes applicable aux travaux réalisés, c'est-à-dire aux données utilisées et aux méthodes mises en œuvre. Celles-ci peuvent alors être décrites et mieux cernées. Enfin, devant l'hétérogénéité des incertitudes présentes lors du travail effectué, il n'est pas possible de quantifier précisément les incertitudes concernant les résultats. Il est en revanche proposé de les analyser et de les hiérarchiser.

Les incertitudes ont été identifiées à chaque étape de travail, détaillées dans les paragraphes précédents (en italique). Elles sont synthétisées et caractérisées dans le tableau de l'illustration 91. Quatre principales variables sont responsables des différences de recul global du trait de côte, déterminés pour les scénarios médian et sécuritaire : l'hypothèse de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments, les reculs unitaires employés (intensité, période de retour), les hypothèses de propagation à +30 ans et +100 ans, et l'impact du changement climatique. La mise en œuvre des scénarios médian et sécuritaire offre une représentation des possibles selon des hypothèses modérées pour le premier, et plus impactantes en termes de recul pour le second. Il peut ainsi être considéré que l'espace séparant les projections, selon ces deux scénarios, est une représentation des incertitudes liées aux choix opérés sur les hypothèses émises.

Etape de travail	Type d'incertitude	Caractérisation des incertitudes	Traitement des incertitudes proposé
Trait de côte de référence	Incertitudes de cartographie (supports, digitalisation)	Variable quantifiable	Quantifiée (5 m)
Hypothèse de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments	Incertitudes inhérentes aux scénarios	Variable non quantifiable - binaire (pérenne ou non pérenne)	Couverture des possibles réalistes sur la base d'un socle d'informations commun à tous les ouvrages/actions de gestion de sédiments
Détermination des reculs unitaires	<i>Ru₃₀</i> : Incertitudes paramétriques <i>Rc₃₀</i> : Incertitudes liées au modèle géologique et à son exploitation	<i>Ru₃₀</i> : variables quantifiables considérées comme représentatives (bibliographie, observations de terrain) <i>Rc₃₀</i> : variable qualifiable (modèle géologique) et propagée dans son utilisation (classes d'épaisseur, coefficients multiplicateurs)	Couverture des possibles via des hypothèses distinctes entre le scénario médian et le scénario sécuritaire (traduit dans le coefficient multiplicateur sur le paramètre d'épaisseur des formations superficielles)
Hypothèses de propagation sur les périodes prospectives	Incertitude paramétrique	Variable non quantifiable en l'absence d'une loi puissance permettant d'attribuer précisément des intensités et des périodes de retour aux reculs unitaires	Hypothèses génériques en matière de reculs de tête d'escarpement respectées (chapitres 5.2.3.a) et 5.2.3b)).
Détermination de l'impact du changement climatique	Incertitudes paramétriques et de modèles	Variable non quantifiable : Incertitudes multi-sources (agents dynamiques, configuration des falaises/versants), multi-impacts, et dépendantes des niveaux de réchauffements futurs possibles.	Couverture des possibles par l'attribution de reculs supplémentaires éventuels dans les scénarios médian et sécuritaire
Projection cartographique	Incertitude paramétrique	Variable quantifiable	D'ordre métrique, localement

Illustration 91 - Identification, caractérisation et traitement des incertitudes au cours de chaque étape conduisant à la détermination du recul du trait de côte, dans la présente étude

5.3. SCENARIO DE PROJECTION DU TRAIT DE COTE AU DROIT DES PLAGES DE POCHE DU PAYS BASQUE

5.3.1. Trait de côte de référence

Les descripteurs du trait de côte utilisés pour les plages de poche sont : le pied de cordon sableux, dans les secteurs où il n'est pas directement contraint par des ouvrages (Erromardie ouest et Uhabia), ou le pied d'ouvrage, lorsque celui-ci se substitue à la morphologie du trait de côte (Grande Plage de Biarritz, Milady-Illbarritz, Erromardie est, baie de Saint-Jean-de-Luz et Hendaye).

En concertation avec le Comité de pilotage de l'étude, le trait de côte de référence utilisé est celui de l'année 2020. Il s'agit du trait de côte à partir duquel les projections des traits de côte futurs sont réalisées.

Les incertitudes concernant la détermination du trait de côte de référence sont limitées à sa digitalisation qui repose sur des données cartographiques et la subjectivité de l'opérateur. La précision des données-socle pour ce travail, soit le LiDAR et l'orthophotographie, dépend de la taille du pixel, du géoréférencement et de l'orthorectification. L'OCNA réalise un contrôle de la qualité de ses acquisitions à partir d'un échantillon de points mesurés sur le terrain au D-GPS (Ayache, 2020), menant à estimer l'erreur quadratique moyenne en planimétrie de l'orthophotographie à moins de 11 cm, et en altitude du LiDAR à moins de 8 cm pour le millésime 2020. La subjectivité de l'opérateur est réduite, du fait d'une méthode de digitalisation combinant plusieurs sources d'informations pour guider l'identification du trait de côte. Ces données et méthodes conduisent à estimer la précision du trait de côte de 2020 digitalisé à 5 mètres près.

5.3.2. Hypothèses de pérennité des ouvrages de protection et des actions de gestion de sédiments

Le lecteur est renvoyé au chapitre 5.2.2, qui décrit la méthode mise en place pour l'identification des ouvrages et actions de gestion de sédiments présents sur le littoral basque, l'attribution des hypothèses de pérennité et les incertitudes associées.

Il est néanmoins rappelé que le scénario médian considère un examen au cas par cas de chaque ouvrage et action de gestion de sédiments, afin d'attribuer une hypothèse de pérennité, alors que le scénario sécuritaire considère d'une manière générale l'inefficacité des ouvrages et l'arrêt des opérations de gestion de sédiments dès le début de la période prospective, à l'exception des digues de la baie de Saint-Jean-de-Luz (Socoa, Artha et Sainte-Barbe) et de Sokoburu.

Les hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments sont déterminantes pour les plages de poche. En effet, ces ouvrages et opérations gouvernent la dynamique d'évolution des plages, et conduisent, lorsqu'ils sont présents, à une stabilité du trait de côte, situé au pied de l'ouvrage, observée au cours de la période historique. Ce cas est majoritaire pour les plages de poche du Pays basque.

5.3.3. Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte"

La caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" dans ces secteurs est directement dépendante des hypothèses de pérennité des ouvrages de protection et des actions de gestion de sédiments. En effet, leur présence pendant la période historique rend très délicate les analyses diachroniques au droit des plages de poche, où ces objets existent d'une manière générale depuis plusieurs décennies.

Ainsi, il est proposé de reprendre la méthode mise en œuvre dans le diagnostic de la SLGRL (Garnier et Millescamps, 2014a et b). Elle considère, dans son scénario « sans ouvrage », une vitesse moyenne annuelle de recul de 0,15 m/an. Cette méthode n'attribue pas de recul évènementiel de type L_{max} dans ces secteurs.

Au regard de la configuration des sites, il a toutefois été défini une méthode propre au scénario sécuritaire pour les plages d'Uhabia et d'Hendaye. Dans le cas de l'Uhabia, la route départementale située directement en limite est de la plage est structurante pour l'évolution du secteur, qui ne comporte pas d'autres ouvrages ou actions de gestion de l'érosion côtière jugées pérennes aux deux échéances. À Hendaye, la Grande Plage est bordée par un enrochement et un perré, étendus sur toute la longueur du haut de plage, et se substituant donc totalement à la morphologie du trait de côte dans ce secteur d'évolution homogène. Dans ces deux cas, définir une évolution en l'absence de ces structures est fortement incertaine. Une cartographie à dire d'expert des évolutions de ces sites est néanmoins proposée, reposant pour l'essentiel sur la topographie des sites.

Le Tableau 11 synthétise les hypothèses de pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments, ainsi que la méthode de caractérisation de l'aléa proposée pour chaque plage de poche.

Plages de poche	Scénario médian 2050	Scénario sécuritaire 2050	Scénario médian 2120	Scénario sécuritaire 2120
Grande Plage de Biarritz Plage de Milady Plage d'Erromardie ouest (ouvrage pérenne)	Tx = 0 m/an (ouvrage pérenne) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0 m/an (ouvrage pérenne) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m
Plage d'Erromardie est (sans ouvrage pérenne)	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m
Plage de l'Uhabia Plage d'Hendaye	Recul jusqu'à partie urbaine	Recul à dire d'expert sans urbanisation	Recul jusqu'à partie urbaine	Recul à dire d'expert sans urbanisation
Plages de la baie de Saint-Jean-de-Luz	Tx = 0 m/an (ouvrage pérenne) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0 m/an (ouvrage pérenne) $L_{max} = 0$ m	Tx = 0,15 m/an (SLGRL) $L_{max} = 0$ m

Tableau 11 - Hypothèses de caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" au droit des plages de poche du Pays basque

5.3.4. Conséquence et prise en compte de l'impact du changement climatique

A l'instar de la méthode de caractérisation retenue de l'aléa "recul du trait de côte" des plages de poche, la méthode proposée pour la prise en compte de l'impact du changement climatique est celle mise en œuvre dans le diagnostic de la SLGRL de la CAPB (Garnier et Millescamps, 2014a et b). Elle ne traite pas du sujet et, par conséquent, ne détermine pas de recul supplémentaire lié au changement climatique.

La revue bibliographique (Annexe 2) relative aux conséquences possibles du changement climatique témoigne des évolutions attendues des variables météo-océaniques à l'origine de

l'érosion du secteur. Les plages de poches du Pays basque se distinguent par des topographies de la zone rétro-littorale peu marquées pour la plupart : Erromardie, Uhabia, Saint-Jean-de-Luz et Grande Plage d'Hendaye, en lien direct avec leur origine estuarienne. A l'inverse, la Grande Plage de Biarritz et la plage de Milady-Illbarritz présentent un profil plus accidenté directement en arrière du trait de côte (cf. chapitre 4.2.3).

Dans les deux cas néanmoins, les variables susceptibles d'être particulièrement impactantes en termes de recul du trait de côte sont l'élévation du niveau marin et les variables continentales, dont les évolutions apparaissent défavorables à la stationnarité des morphologies actuelles.

N'étant pas considéré, il n'existe pas d'incertitude liée à ce paramètre. Il s'agit cependant d'une hypothèse de travail importante.

5.3.5. Projection et cartographie

Pour chaque échéance et chaque plage de poche, les scénarios médian et sécuritaire conduisent à déterminer des distances de recul. Pour les secteurs et scénarios où des reculs ont été définis de façon quantitative, via l'application d'une vitesse moyenne de recul annuelle, les traits de côte prospectifs sont cartographiés en reportant ces distances vers l'intérieur des terres depuis le trait de côte de référence de 2020. Pour les secteurs et scénarios conduisant à une projection à dire d'expert, la topographie des sites (disponible via le produit Litto3D - <https://data.shom.fr/>), les configurations géomorphologiques et anthropiques ont guidé la cartographie.

Les incertitudes inhérentes à cette ultime étape sont limitées à l'expérience de l'opérateur dans les différentes opérations géomatiques menant au report de la distance du trait de côte depuis le trait de côte de référence : elles peuvent être considérées comme négligeables. Elles sont en revanche fortes dans les projections à dire d'expert, bien qu'appuyées sur la réalité de terrain.

5.3.6. Identification et prise en compte des incertitudes

Pour décrire de manière cohérente les incertitudes affectant les différents processus à l'origine de la mobilité du trait de côte, il est recommandé de définir un cadre de gestion des incertitudes applicable aux travaux réalisés, c'est-à-dire aux données utilisées et aux méthodes mises en œuvre. Celles-ci peuvent alors être décrites et mieux cernées. Enfin, devant l'hétérogénéité des incertitudes présentes lors du travail effectué, il n'est pas possible de quantifier précisément les incertitudes relatives aux résultats. Il est en revanche proposé d'analyser et de hiérarchiser ces incertitudes.

Les incertitudes ont été identifiées à chaque étape de travail, détaillées dans les paragraphes précédents (en italique). L'hypothèse déterminante dans l'évolution des plages de poche est celle concernant la pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments. Elle concentre la majorité des incertitudes de projection du trait de côte, avec celles inhérentes aux cartographies à dire d'expert considérant l'effacement et l'inefficacité de ces ouvrages et actions de gestion.

6. Résultats : cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" pour les littoraux du Pays basque et du Seignanx, aux échéances +30 ans et +100 ans

6.1. PRINCIPES ET REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

Les méthodes mises en œuvre pour caractériser l'exposition au recul du trait de côte des cordons dunaires du Seignanx et d'Anglet, d'une part, les falaises, versants rocheux et les plages de poche du Pays basque, d'autre part, aboutissent à déterminer des distances potentielles de recul aux échéances +30 ans et +100 ans.

Conformément aux recommandations pour ce travail (Collectif BRGM/Cerema, 2022), des scénarios médian et sécuritaire ont été établis. Ils reposent sur des hypothèses, travaillées pour chaque échéance et chaque environnement littoral. Ces hypothèses concernent les traits de côtes historiques et de référence, l'identification de secteurs d'évolution homogène, la pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments, la méthode appliquée pour caractériser les évolutions, la prise en compte du changement climatique et l'ultime étape de projection et de cartographie.

Ainsi, les distances de recul évaluées varient suivant chaque scénario médian et sécuritaire, et chaque échéance de projection. Ces distances ont été reportées depuis le trait de côte de référence de 2020, conduisant à deux zones d'exposition au recul du trait de côte aux échéances de 2050 et 2120. Ainsi, les traits de côte projetés ne sont pas des positions déterministes et effectives des traits de côte futurs. En effet, il convient de garder à l'esprit que des positions intermédiaires entre tous les traits représentés (référence 2020, 2050 médian et sécuritaire, et 2120 médian et sécuritaire) sont probables. En d'autres termes, les zones comprises entre ces différents traits sont à considérer comme des emprises possibles de mobilité du trait de côte à l'avenir.

6.2. ATLAS CARTOGRAPHIQUE A L'ECHELLE 1/5 000

L'atlas (hors texte) illustre les zones exposées au recul du trait de côte aux échéances de 2050 et 2120. La représentation cartographique permet de visualiser :

- le trait de côte de référence de 2020, et le descripteur du trait de côte associé ;
- les zones exposées au recul du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans, selon des hypothèses conduisant à un scénario médian et à un scénario sécuritaire ;
- les hypothèses de pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments retenues pour chaque échéance, pour le scénario médian.

L'échelle de validité de ces différentes informations est 1/5 000. Dans l'objectif de faciliter la lecture de l'atlas, les cartographies sont présentées par échéance temporelle. Un extrait est présenté à l'illustration 92 ; l'atlas est exposé dans son intégralité en Annexe 3.

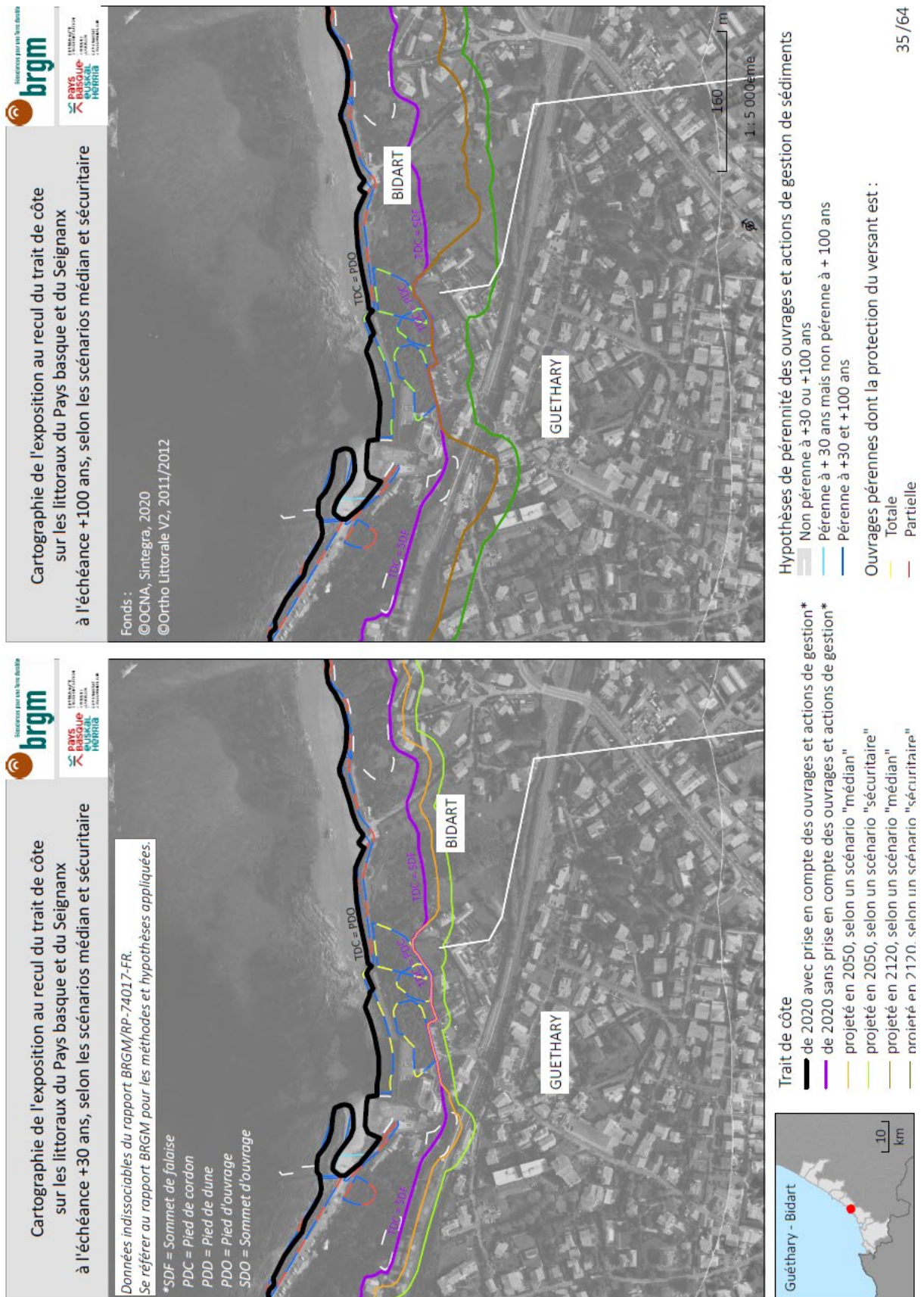


Illustration 92 - Extrait de l'atlas cartographique à l'échelle 1/5 000

7. Conclusion

Le 15 octobre 2021, la CAPB et le BRGM se sont engagés dans la réalisation d'une étude visant à projeter le trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans, pour les littoraux de la Communauté de communes du Seignanx (CCS) et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque (CAPB). Cette étude s'inscrit en continuité de la Stratégie locale de gestion des risques littoraux (SLGRL) de la CAPB ; et en cohérence avec la loi du 22 août 2021 dite loi « Climat et résilience ». Les résultats de ce programme pourront bénéficier à l'ensemble des politiques publiques et compétences des collectivités locales. En outre, ces projections de la position du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans sont susceptibles d'alimenter le Schéma de cohérence territoriale (SCoT) à l'échelle du Pays Basque et du Seignanx.

Le littoral étudié comprend trois environnements littoraux : les cordons dunaires (Ondres, Tarnos et Anglet), les falaises et versants rocheux, et les plages de poche (ou de fond de baie). Le fonctionnement et les évolutions connues de ces environnements littoraux, au droit du secteur d'étude, ont été décrits et le socle de connaissances disponibles mobilisé. Le linéaire de falaises et versants rocheux a fait l'objet d'un travail spécifique, s'appuyant sur deux décennies de travaux de recherche, ainsi que sur le modèle géologique côtier basque existant. Avec l'intégration de données concernant la nature du sous-sol sur l'ensemble du linéaire d'étude, le modèle géologique couvre désormais le Seignanx et le Pays basque, et a été précisé sur une bande de deux kilomètres depuis le trait de côte vers l'intérieur des terres.

Les cordons dunaires, les falaises et versants rocheux, et les plages de poche disposent chacun de dynamiques d'évolution distinctes. Ainsi, trois méthodes de caractérisation de l'exposition du littoral au recul du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans ont été mises en œuvre. Elles s'appuient sur les documents nationaux en la matière, et en particulier le document national de recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte (Collectif BRGM/Cerema, 2022), le document régional (Longueville *et al.*, 2024) et les éléments en cours de réflexion sur le recul des têtes d'escarpement (Lévy *et al.*, à paraître).

Cependant, ces méthodes sont cohérentes, et reposent sur des hypothèses de travail communes : la détermination d'un trait de côte de référence de 2020, d'hypothèses de pérennité des ouvrages et des actions de gestion de sédiments, la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte", la prise en compte du changement climatique, et la projection aboutissant à cartographier des zones d'exposition au recul du trait de côte. Toutes ces hypothèses de travail sont déclinées, à +30 ans et à +100 ans, dans deux scénarios d'évolution : un scénario médian, avec des hypothèses de travail modérées, et un scénario sécuritaire, considérant des hypothèses plus impactantes en termes de recul.

Ces méthodes conduisent à définir des distances de reculs potentiels aux échéances de 2050 et 2120, cartographiées dans un atlas à l'échelle 1/5 000.

8. Bibliographie

Alexandre A., Mallet C., Dubreuilh J. (2003) – Etude de l'érosion de la côte basque. Synthèse bibliographique. Rapport BRGM/RP-52370-FR, 125 p., 32 fig., 4 tab., 30 photos. 3 ann.

Aubié, S., Genna A., A. et Petitjean, J. (2005) - Evolution historique du littoral basque français. S.I. BRGM/RP-53454-FR

Aubie S., Peter-Borie M., en collaboration avec Sirieix C., Naudet V., Corbier P. (2008) - Suivi des conditions hydriques de la falaise d'Harotzen Costa - Commune de Guéthary (64). Rapport BRGM/RP-56876-FR, 20 fig., 43 p.

Aubie S., Mallet C. et Favennec J. avec la collaboration de Hoareau A. (2011) - Caractérisation de l'aléa érosion (2020-2040) de la Côte Aquitaine dans le cadre de l'étude stratégique de gestion du trait de côte. Observatoire de la Côte Aquitaine. Rapport BRGM/RP-59095-FR, 59 ill. 97 p., 2 Ann.

Ayache B. (2020) - Avis technique relatif à la qualité du LiDAR et OrthoExpress 2019. Note de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine NT_BDX-2020-013. 11 p., 1 ann.

Bernon N., Mallet C., Belon R., avec la collaboration de Hoareau A., Bulteau T. et Garnier C. (2016) - Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2025 et 2050. Rapport final. BRGM/RP-66277-FR, 99 p., 48 Ill., 16 tab., 2 ann., 1 CD.

Bernon N., avec la collaboration de Bulteau T., Mallet C., Ayache B. et Fauny C. (2021) – Diagnostic de la sensibilité régionale à l'érosion côtière en Nouvelle-Aquitaine - Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte en Charente Maritime à l'horizon 2050. Rapport provisoire. BRGM/RP-71334-FR, 85 p., 57 Ill., 7 tab., 4 ann.

Bernon N., Nicolae Lerma A., Ayache B., Bulteau T., Voix F. (2022) - Cartographie du trait de côte en Nouvelle-Aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-71582-FR, 43 p., 26 Ill., 5 tab.

Bourbon et Caritg (non publié). Modélisation géologique de la côte basque française, de la pointe Ste-Anne à Erretegia, Bidart. Projet EZPONDA (2021).

Bulteau T., Mugica J., Mallet C., Garnier C., Rosebery D., Maugard F., Nicolae Lerma A., Nahon A., avec la collaboration de Millescamps B. (2014) - Evaluation de l'impact des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur la morphologie de la côte aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-63797-FR, 68 p., 138 fig., 8 tab., 2 ann.

BRGM et ONF (2018) - Atlas morphodynamique de la côte sableuse aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-67152-FR, 275 p., 226 ill., 6 ann.

Bruun P. (1962) - Sea-level rise as a cause of shore erosion. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of the Waterways and Harbors Division 88, pp117–130

CASAGEC Ingénierie (2014) - Profondeur de fermeture / Reprise des matériaux clapés.

Cazenave A, Moreira L. (2022) - Contemporary sea-level changes from global to local scales: a review. Proc. R. Soc. A 478: 20220049. <https://doi.org/10.1098/rspa.2022.0049>

Castelle B., Bonneton P. (2006) - Modelling of a rip current induced by waves over a ridge and runnel system on the Aquitanian coast, France. *Compt. Rendu. Geosci.* 338, pp 711-717.

Cerema (2020) - Dynamiques et évolution du littoral Fascicule 7 : Synthèse des connaissances de la pointe de Suzac à la frontière espagnole. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-339-8

Cerema (2023) - Candhis : analyses 2022 des états de mer. Tome 1 – Mer du Nord, Manche et Atlantique.

Charles E. (2012) - Impact du changement climatique sur le climat de vagues en zone côtière par régionalisation dynamique : application à la côte aquitaine. *Océanographie*. Université Toulouse III - Paul Sabatier, Français. <tel-01280874>

Collectif (BRGM/Cerema) - Recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte. Co-édition BRGM et Cerema, août 2022, 95 p. ISBN : 978-2-7159-2791-9 et 978-2-37180-566-8

Collectif (BRGM/Cerema) - Trame de cahier des charges pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte. Mars 2023, 30 p.

Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.-P., Fotopoulou, S., Catani, F., Van Den Eeckhaut, M., Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M.G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J., Smith, J.T., (2014) - Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 73, 209–263.

D'Anna, M., Idier, D., Castelle, B., Vitousek, S., Le Cozannet, G. (2021) - Reinterpreting the Bruun Rule in the Context of Equilibrium Shoreline Models. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9, 974. <https://doi.org/10.3390/jmse9090974>

Desmazes F., Muller H. Nicolae Lerma A. et Bulteau T. avec la collaboration de Balouin Y. (2015) - Méthodologie de détermination et d'estimation du recul maximal des dunes lors d'évènements extrêmes. Phase 2 - Année 2. Rapport final. BRGM/RP-65439-FR, 94 p., 66 ill., 1 ann.

Foulquier C. (2020) - Etude de l'influence des conditions hydrodynamiques en zone estuarienne et péri-estuarienne sur la structure, la répartition et la dynamique des habitats macrobenthiques de substrat meuble au niveau de trois estuaires du pays basque. Thèse de doctorat.

Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi:10.1017/9781009157896.011.

Garner, G. G., T. Hermans, R. E. Kopp, A. B. A. Slangen, T. L. Edwards, A. Levermann, S. Nowicki, M. D. Palmer, C. Smith, B. Fox-Kemper, H. T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S. S. Drijfhout, T. L. Edwards, N. R. Golledge, M. Hemer, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I. S. Nurhati, L. Ruiz, J-B. Sallée, Y. Yu, L. Hua, T. Palmer, B. Pearson (2021) - IPCC AR6 Sea Level Projections. Version 20210809. Dataset accessed [YYYY-MM-DD] at <https://doi.org/10.5281/zenodo.5914709>.

Garnier C., Millescamps B. (2014a) - Agglomération Côte Basque Adour : Évaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière. Rapport final BRGM/RP-63780-FR, 78 p., 78 fig., 5 tab., 4 ann.

Garnier C., Millescamps B. (2014b) – Agglomération Sud Pays Basque : Evaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière. Rapport final BRGM/RP-63588-FR, 116 p., 63 fig., 2 tableaux, 3 ann.

Garnier C., Dewez T., Guillen L. (2020) - Avis technique relatif à l'instabilité survenue le 29 octobre 2020 sur la Corniche (commune d'Urrugne, 64). Note OCA NT_BDX-2020-020, 16 p.

Garnier C. (2022) - Etat des lieux des glissements de terrain survenus fin 2021 sur le littoral basque (64). Visite de mai 2022. Rapport final - version 1 du 01/09/2022. BRGM/RP-72047-FR, 44 p., 40 ill, 1 ann..

Garnier C., Millescamps B. (2014) - Agglomération Côte Basque Adour : Évaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière. Rapport final BRGM/RP-63780-FR, 78 p., 78 fig., 5 tab., 4 ann.

Genna A., Capdeville J.P., Mallet C. et Deshayes L. (2004) - Observatoire de la Côte Aquitaine. Etude géologique simplifiée de la Côte Basque. Rapport BRGM/RP-53258-FR, 42 p.

Giuliano J. (2015) - Érosion des falaises de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur: évolution et origine de la morphologie côtière en Méditerranée: télédétection, géochronologie, géomorphologie. Sciences de la Terre. Université Nice Sophia Antipolis, 2015. Français. NNT: 2015NICE4126. tel-(1316895)

Gravelle, M., Wöppelmann, G., Gobron, K., Altamimi, Z., Guichard, M., Herring, T., and Rebischung, P (2023) - The ULR-repro3 GPS data reanalysis and its estimates of vertical land motion at tide gauges for sea level science, Earth System Science Data, 15, 497–509, <https://doi.org/10.5194/essd-15-497-2023>.

Guillen. L. (2024) - Érosion des falaises de flysch du Pays Basque français : apports d'une approche typologique des instabilités gravitaires. Géophysique [physics.geo-ph]. Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2024. Français. (NNT : 2024PAUU3015). (tel-04816712)

Hantz D., Ventroux Q., Rosetti J.P., Berger F. (2018) – A new approach of diffuse rockfall hazard. Landslide and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice. DOI: 10.1201/9781315375007-117

Horwath M., Gutknecht B., Cazenave A., Palanisamy H. K., Marti F., et al. (2022) - Global sea-level budget and ocean-mass budget, with a focus on advanced data products and uncertainty characterisation. Earth System Science Data, 2022, 14, pp.411-447. (10.5194/essd-14-411-2022). (insu-03671382)

Idier, D., Castelle, B., Charles, E. and Mallet, C. (2013) - Longshore sediment hindcast: spatio-temporal variability along the SW Atlantic coast of France ! In: Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E. and O'Hare, T.J. (eds.), Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England), Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65, ISSN 0749-0208.

Idier D., Paris F., Le Cozannet G., Boulahya F., Dumas F. (2017) - Sea-level rise impacts on the tides of the European Shelf, Continental Shelf Research, Volume 137, 2017, ISSN 0278-4343, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.01.007>. - 2017.

IPCC (2013) - Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., Gregory J.M., Jevrejeva S., Levermann A., Merrifield M.A., Milne G.A., Nerem R.S., Nunn P.D., Payne A.J., Pfeffer W.T., Stammer D. and Unnikrishnan A.S.- Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2019) - Technical Summary [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.- O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

IPCC (2021) - Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

Karnay et Razin (non publié) - Révision de la carte géologique de la France au 1/50 000, feuille de Bayonne (n°1001) - D'après les données de Razin (1989) et nouveaux levés géologiques réalisés par le service géologique régional du BRGM Aquitaine (au cours des années 2000).

Kopp, R. E., Garner, G. G., Hermans, T. H. J., Jha, S., Kumar, P., Reedy, A., Slangen, A. B. A., Turilli, M., Edwards, T. L., Gregory, J. M., Koubbe, G., Levermann, A., Merzky, A., Nowicki, S., Palmer, M. D., & Smith, C. (2023) - The Framework for Assessing Changes To Sea-Level (FACTS) v1.0: A platform for characterizing parametric and structural uncertainty in future global, relative, and extreme sea-level change. Geoscientific Model Development, 16, 7461–7489. <https://doi.org/10.5194/gmd-16-7461-2023>

Laborie V., Sergent P., Levy F., Frau R., and Weiss J (2015) - The hydrodynamic sea-state and infrastructures platform developed by Saint-Venant Hydraulics Laboratory in Cerema : a special focus on the TELEMAC2D surge levels numerical models of the Atlantic Ocean, the Channel and North Sea ; 22nd Telemac and Mascaret User Club, 2015

LCHF (1981) Etude de l'évolution de la côte d'Anglet depuis 1973. S.I. D.D.E. des Pyrénées-Atlantiques, District de Bayonne-Anglet-Biarritz.

LCHF (1987) - Catalogue sédimentologique des côtes françaises, De la Baie du Mont-Saint-Michel à la frontière espagnole, partie B. Collection de la DER d'EdF n° 65, Paris : Eyrolles.

Le Cozannet G., Bulteau, T., Bails, A., Garcin M. (2016) - Conséquences du changement climatique sur les risques côtiers en régions Aquitaine et Nouvelle-Aquitaine : état des connaissances. Rapport final. BRGM/RP-66465-FR, 76 p., 27 ill., 3 tabl.

Le Cozannet G, Thiéblemont R. , Rohmer J. (2024) - Scénarios de référence pour l'élévation du niveau de la mer. Rapport final V1. BRGM/RP-73589-FR, 55 p., 9 fig., 11 tab., 3 ann.

Le Cozannet, G., Cazenave, A. (2024) - Adaptation to sea level rise in France. Rend. Fis. Acc. Lincei 35, 381–393 (2024). <https://doi.org/10.1007/s12210-024-01225-0>

Lévy C. et al., (à paraître) - Proposition de méthode pour le zonage de l'aléa regression d'escarpement rocheux (MEZAR) – note technique.

Longueville F., Deburghgraeve A., Bernon N. Rohmer J., Thieblemont R. avec la participation de Y. Nédélec (Cerema), F. Desmazes (2024). Document de recommandations pour l'élaboration des cartes d'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-74112-FR, 98 p

Lorin J., Viguier J., Migniot C. (1979) - Etude en nature de la Côte Atlantique entre la Pointe de Grave et l'embouchure de l'Adour. L.C.H.F., M.I.A.C.A., rapport général 269 p., 237 fig., 169 photos.

Manaud F., L'Yavanc J., Negre S., Tougeron C., Trut G. (2001) - Elaboration d'un outil de gestion prévisionnelle de la côte Aquitaine. Phase 3 : diagnostic d'évolution et recommandations. Contribution de l'IFREMER. Rapport IFREMER DEL-AR

Marcos M., Jordà G., Gomis D., Pérez B. (2011) - Changes in storm surges in southern Europe from a regional model under climate change scenarios. *Global and Planetary Change*, 77(3), 116-128.

Marcos M., Chust G., Jordà G., Caballero A. (2012) - Effect of sea level extremes on the western Basque coast during the 21st century. *Climate Research*, 51(3), 237.

Martins, L. (2020) - Caractérisation spatiale et temporelle du recul du sommet de falaise basque par instabilités gravitaires entre 1938 et 2018 : recherche méthodologique et analyse des facteurs de prédisposition (Mémoire de recherche). Université Panthéon Sorbonne.

Martins, L., Thiery, Y., Guillen, L., Dewez, T., Levy, C., Garnier, C., (2021) - Caractérisation spatiale et temporelle du recul du sommet de falaises basques : recherche méthodologique. Bull. Assoc. Géographes Fr., Les risques littoraux 2021-3–4.

Meucci A, Young I R, Hemer M, Kirezci E and Ranasinghe R. (2020) - Projected 21st century changes in extreme wind-wave

events Sci. Adv.

Ministère de la Transition Ecologique (2014) – Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux, 169 p.

Morim, J., Hemer, M., Wang, X., Cartwright, N., Trenham, C., Semedo, A., Young, I., Bricheno, L., Camus, P., Casas-Prat, M., Erikson, L., Mentaschi, L., Mori, N., Shimura, T., Timmerman, B., Aarnes, O., Breivik, O., Behrens, A., Dobrynin, M., Menendez, M., Staneva, J., Wehner, M., Wolf, J., Kamranzad, B., Webb, A., Stopa, J. and Andutta, F. (2019) - Robustness and uncertainties in global multivariate wind wave climate projections, NATURE CLIMATE CHANGE, ISSN 1758-678X, 9, 2019, p. 711-718, JRC115807.

Morim, J., Vitousek, S., Hemer, M., Reguero, B., Erikson, L., Casas-Prat, M., Wang, X., Semedo, A., Mori, N., Shimura, T., Mentaschi, L. and Timmermans, B. (2021) - Global-scale changes in extreme ocean wave events due to anthropogenic warming, ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS, ISSN 1748-9326, 16 (7), 2021, p. 07056, JRC120960.

Nédellec J.L., Zornette N., Mathon C., collaboration Aubie S. et Imbault MH. (2005) - Observatoire de la Côte Aquitaine - Evaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain sur la Côte Basque. BRGM/RP-52783-FR rapport final, 9 illustrations, 2 ann., 41 p

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.

Nicolae Lerma A., Bulteau T. avec la collaboration de Ayache B., Bernon N., Hoareau A. et Mallet C. (2020) - Evolutions interannuelles et saisonnières des plages d'Aquitaine, pour

la période 2008-2019 : analyse complémentaire des suivis D-GPS et LiDAR. Rapport final. BRGM/RP-69870-FR, 65 p., 29 ill., 6 tab.

Pedrerros R., en collaboration avec Lecacheux S. et Idier D. (2009) - Etude des conditions de vagues sur le littoral de la Côte Basque. Rapport final BRGM/RP-57173-FR. 51 p, 30 illus, 3 Tab.

Peter-Borie, M., (2008) - Les massifs rocheux du crétacé supérieur du Labourd occidental: processus d'altération et instabilités littorales. Université Bordeaux 1.

Peter-Borie M., Gentier S. en collaboration avec Aubie S. (2009b) - Modélisation des instabilités dans les flyschs et les altérites associées sur le littoral basque français (64), rapport BRGM/RP-57056-FR, 59 p, 25 illus., 1 ann.

Peter-Borie M., Riss J., Karnay G., Lucassou F., Mallet C., Aubié S. (2010) - Modèle géologique des formations superficielles du Pays Basque. Rapport final. BRGM/RP-56064-FR. 51 p, 23 fig., 2 tab, 1 ann.

Prémaillon M. (2018) - Hiérarchisation des facteurs d'érosion des falaises côtières du site au globe. Géomorphologie. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2018. Français. (NNT : 2018TOU30317). (tel-02414918)

Razin (non publié) - Recueil de levés structuraux, de cartographies et de coupes géologiques réalisés le long du littoral de la côte basque française et sur l'arrière-pays du Pays basque français.

Rihouey D. (2004) - Analyse statistique de l'évolution morphodynamique des plages sableuses : application aux sites d'étude du programme national d'environnement côtier et aux plages d'Anglet. PhD thesis, Université de Pau et des Pays de l'Adour.

Rihouey D, Bogun F., Olcomendy C. (2018) - Etude de la dynamique morphosédimentaire des plages d'anglet sous l'action cumulée des agents naturels et anthropiques liés aux clapages côtiers et aux reprofilages. 58p.

Robinet A., Bernon N. (2024) - Réseau tempêtes de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine - Bilan de l'hiver 2023-2024. Rapport final version 1 du 24/06/2024. BRGM/RP-73737-FR, 31 p., 11 fig., 3 tab., 8 ann.

Robinet A., Bernon N. (2024) - Réseau tempêtes de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine - Bilan de l'hiver 2023-2024. Rapport final version 1 du 24/06/2024. BRGM/RP-73737-FR, 31 p., 11 fig., 3 tab., 8 ann.

Shom (2022) - Références altimétriques maritimes. Edition 2022.

Sogreah (1992) - Anglet, Plage de la Barre – Défense de la promenade de front de mer. Rapport n°5-1353, 7p + cartes + photos.

Stoffel M., Trappmann D.G., Coullie M. I., Ballesteros Canovas J.A., Corona C. (2024) - Rockfall from an increasingly unstable mountain slope driven by climate warming. Nature Geoscience. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01390-9>

Thiéblemont, R., Le Cozannet, G., Nicholls, R. J., Rohmer, J., Wöppelmann, G., Raucoules, D., et al. (2024) - Assessing current coastal subsidence at continental scale: Insights from Europe using the European Ground Motion Service. Earth's Future, 12, e2024EF004523. <https://doi.org/10.1029/2024EF004523>

Thieler E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi J.L., and Ergul, Ayahn (2009) - Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0— An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278

Varnes, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. Transp. Res. Board Spec. Rep. 11–33.

Vergnes J.P., Mertz S., Aissat R. (2024) – Projections hydrologiques souterraines sur le territoire Nord-Aquitain. 61p., 38 fig.

Viennot P. (1930) - Sur les injections de Trias dans le bassin de l'Adour. C.R. Acad. Sc., t . 190, pp. 61-64 (1930).

Annexe 1 Recensement des ouvrages et informations complémentaires associées, par commune

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignaux et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numérotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Anglet	1	Ouvrage portuaire Port de Bayonne	Région		Ouvrages transversaux (digues), Digues sud en enrochements d'ophtite avec noyau caillouté (0-2 T)			Digue sud : reconstruction du musoir projeté en 2013
Anglet	2	La Barre	Ville d'Anglet		Aménagements d'accès (circulation piétons)	Protection contre l'érosion du promenoir	1982	
Anglet	3	La Barre	Ville d'Anglet		Ouvrages longitudinaux (paré en enrochements de blocs d'ophtite non liés)	Protection contre l'érosion de la dune côtière et promenoir	1982	Alignement et restaurations en 1988. Intervention partielle pour espacement de blocs
Anglet	4	Les Corsaires	Ville d'Anglet		Ouvrages longitudinaux (paré en enrochements de blocs d'ophtite non liés) - promenoir en épis. Blocs d'ophtite de 1,3 à 1,20 m d'épaisseur	Protection contre l'érosion de la dune côtière et promenoir	1982	
Anglet	5	Ganvelles	Ville d'Anglet		Mode de gestion - ganvelles longitudinales et brandes en bordure de promenade et en pied de dune. Ganvelles en haut de plage en position oblique (parreaux de 20 ml) entre les plages de l'Océan et des Sables d'Or. Mise en place d'octobre à mars	Protection contre l'érosion de la dune côtière et promenoir	1976	Dernier agrandissement des surfaces protégées en 2021.
Anglet	8	Epi des Corsaires	Ville d'Anglet (en cours de régularisation)		En n°1 en enrochements de blocs d'ophtite (noyau en "tout-venant" de 0-2 T). Musoir en blocs ophtiques de 5-8 T (sur au moins 60 m côté mer). Couronnement constitué d'une dalle béton de 5 m de large et 0,8 m d'épaisseur. Longueur 270 m environ.	Protection contre l'érosion	1976	Réalisation d'un couronnement en 1979-1980. Prolongement de l'ouvrage coté terre en 1987
Anglet	9	Epi Marinella	Ville d'Anglet (en cours de régularisation)		En n°3 en enrochements de blocs d'ophtite (noyau en "tout-venant" de 0-2 T). Musoir en blocs ophtiques de 5-8 T. Couronnement constitué d'une dalle béton de 5 m de large et 0,8 m d'épaisseur. Longueur 200 m environ. Etat actuel: dalle de couronnement fissurée mais sans déplacement notable. Mouvements de blocs constatés au niveau du musoir.	Protection contre l'érosion	1975	Réalisation d'un couronnement en 1979-1980. Remplacement de blocs d'ophtite par des blocs de tout-venant en mai 2008 suite à tempête hivernale début 2008. Nouvelle réparation à l'été 2011 suite à dégâts à l'automne 2009
Anglet	10	Plage des Sables d'Or	Ville d'Anglet		Mur béton (cheminement piétons)	Rôle de soutien du promenoir		
Anglet	11	Epi des Sables d'Or	Ville d'Anglet (en cours de régularisation)		En n°2 en enrochements de blocs d'ophtite (noyau en "tout-venant" de 0-2 T). Musoir en blocs ophtiques de 5-8 T. Couronnement constitué d'une dalle béton de 5 m de large et 0,8 m d'épaisseur. Longueur 125 m environ. Etat actuel: dalle de couronnement fissurée mais sans déplacement notable. Mouvements de blocs constatés au niveau du musoir.	Protection contre l'érosion côtière et promenade	1974-75	Réalisation d'un couronnement en béton en 1979-1980. Musoir repris en mai 2008 suite à dégâts janvier 2008 (déplacement de 1,40 m) de blocs 5-8 T.
Anglet	12	Epi du VVF	Ville d'Anglet (en cours de régularisation)		En n°1 en enrochements de blocs d'ophtite (noyau en "tout-venant" de 0-2 T). Courace en blocs de 1,37 m de largeur et de 0,25 T au niveau de la partie supérieure. Longueur 100 m environ. Mouvements de blocs visibles au niveau du musoir même si partie supérieure émergee en bon état. Appareil. Au niveau enracinement et tracé de l'ouvrage, carénage coté sud assez délabré.	Protection contre l'érosion	1977	Réalisation d'un couronnement en béton en 1979-1980. Puits et dégâts notables à phase de réparation recensée
Anglet	13	Les Sables d'Or	Ville d'Anglet (en cours de régularisation)		Mur de qui est en partie de blocs (parreaux délabrés) protégés par masque en enrochements de blocs ophtite 1-4 T.	Protection contre l'érosion côtière et promenade	1974-75	Réfection en 2014
Anglet	14	La Chambre d'Amour	Ville d'Anglet		Braie-lames en enrochements longitudinaux (blocs d'ophtite 3-5 T) avec talus à 2/1 (tout-venant 1 kg-2 T)	Confortement de falaise	1975	Restauration en 1979-79 puis en 2014
Anglet	15	Confortement Falaise Chambre d'Amour	Ville d'Anglet		Phase 1 : Pures préventives, grillages pare-pierres, reprises d'ouvrages de soutènement. Phase 2: Colère et évacuation d'eau de ruissellement superficielle, soutènements (gabions)	Confortement de falaise	2011 (phase 1), 2013 (phase 2)	Diagnostic tous les six ans, dernier 2021, gestion dans l'accompagnement des processus naturels
Anglet	16	Clapage	CCI		Clapage en zone côtière	Lutte contre le recul du trait de côte par apports sédimentaires	1974 à 2003, et depuis septembre 2010	Clapage réalisé par la CCI et financé par la ville d'Anglet et l'aggr.
Anglet	17	Promenade littorale Victor Mendiboure	Ville d'Anglet		Cheminement piétons en haut de plage et brandes en position longitudinale permettant de lutter contre le transport de sables	Aménagement touristique, fixation du haut de plage	inauguration en 2002	Travaux du dernier tronçon entre Cavaliers et Corsaires en 2000. Désassemblage et remplacement de dalles béton régulier
Anglet	18	Epi des Sables d'Or	Ville d'Anglet		Epi en enrochements	Protection contre l'érosion		
Anglet	19	Plage de la Barre	Ville d'Anglet		Epi en enrochements	Protection contre l'érosion		
Anglet	20	Plage de la Barre	Ville d'Anglet		Pavé constitué de microcailloux espacés de 1,20 m, profondeur 10 m environ, solidifiés par argine béton	Confortement de la partie supérieure de la falaise (alluvions)	2012	Finisition apparue sur l'aggr en 2011
Barritz	1	Pointe Saint-Martin	Ville de Barritz		Microcailloux solidifiés par argine en partie supérieure.	Confortement de la partie supérieure de la falaise (alluvions)	2011	Travaux réalisés suite à glissement de terrain
Barritz	2	Pointe Saint-Martin	Ville de Barritz		Mur "boulé" en béton (blocs de 0,50 m de côté) et zone de sous-évacue	Confortement du pied de falaise	1975	Attaquement en pied de l'ouvrage suite à CÔE Miramar
Barritz	3	Pointe Saint-Martin	Ville de Barritz		Mur "boulé" en béton (blocs de 0,50 m de côté) et zone de sous-évacue	Confortement du pied de falaise	Fin des années 1970	Ouvrage en grande partie décausé en pied et distillé. Assure néanmoins encore une fonction "contraint"
Barritz	4	Pointe Saint-Martin	Ville de Barritz		Mur "boulé" en macramés sur une crasse de mètres de large, construction en béton (bras-armés)	Confortement du pied de falaise		"bras-armés"
Barritz	5	Plage Miramar	Privé		Mur de soutènement béton et macramés laissés	Confortement de falaise		Bon état apparent
Barritz	6	Plage Barban	Propriétaires privés		Grillage pare-pierres-platé	Confortement de falaise		
Barritz	7	Plage Barban	Propriétaires privés		Grillage pare-pierres-platé	Confortement de falaise	vers 2005	
Barritz	8	Plage Miramar	Propriétaires privés		Mur de soutènement béton et macramés laissés	Confortement de falaise		Ouvrage repris en pied. Ferrailage apparent de la reprise de pied en béton
Barritz	9	Plage Miramar	Propriétaires privés		Mur de soutènement béton et macramés laissés	Fixation du trait de côte, aménagement urbain		Zone d'attaque privilégiée au droit de l'hotel du Palais
Barritz	10	Grande Plage	Ville de Barritz		Dalle de la Grande Plage	Fixation du trait de côte, aménagement urbain		
Barritz	11	Eplanade bid du Maréchal Leclerc	Ville de Barritz		Murs de soutènement (béton, macramé laissés, etc.), drainage	Confortement de falaise		Début des aménagements dans les années 1930
Barritz	12	Bellevue, Bid du Maréchal Leclerc	Ville de Barritz		Murs de soutènement (béton, macramé laissés), contreforts bétonnés ou maçonnés, combles béton de zones sous-cavées ou grillées	Confortement de falaise		
Barritz	13	Allée du Port des Pêcheurs	Ville de Barritz		Mur de qui (macramé laissés avec couronnement béton) - allée du trait de côte	Fixation du trait de côte, aménagement urbain		
Barritz	14	Rocher du Baïa	Ville de Barritz		Contreforts maçonnés en pied de falaise (réalisation des abords de la passerelle et du balnéaire)	Confortement de falaise, confortement de zones aménagées		

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numérotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Blarritz	15	Port des Pêcheurs	Ville de Blarritz		Quai, digue, cale de mise à l'eau, couvertures et confortement de ces infrastructures	Aménagements portuaires et confortement des ouvrages		
Blarritz	16	Port des Pêcheurs	Ville de Blarritz / Agglo		Bétonnage au niveau des zones affouées en pied d'ouvrage	Fixation du trait de côte, confortement du collecteur principal	2011	
Blarritz	17	Port des Pêcheurs	Ville de Blarritz / Agglo		Comblement de zones sous-solées et murs "boudier" à l'entrée de canalisations	Confortement de falaise		
Blarritz	18	Digue de Gamaritz	Ville de Blarritz		Digue de Gamaritz et couvertures de confortements (remblais d'événements par macramerie et béton encastré en voute)	Aménagement portuaire	18ème siècle. Confortement dans les années 1990	été comblés vers 2014-2015; reste une cavité à traiter
Blarritz	19	Plateau de l'Alayze	Ville de Blarritz		Grillage pare-pierres plaqué	Confortement de falaise (partie supérieure)	Années 2000	
Blarritz	20	Plateau de l'Alayze	Ville de Blarritz		Construction d'un mur boudier de 1 m d'épaisseur en béton armé à l'entrée de la cavité, et injection de béton pour le remplissage de la cavité. Clôture de béton. Cadre d'ouverture rase à la mer de 30 m de long pour 21 m de hauteur. Confortement + chemise de décompression.	Confortement de falaise	1979-1980. Nouvelle opération en 1990	
Blarritz	21	Eplanade musée de la mer	Ville de Blarritz		Mur de soutènement ancien conforté par béton encastré	Confortement de falaise, aménagement urbain		
Blarritz	22	Eplanade musée de la mer	Ville de Blarritz		Mur "boudier" en béton obturant l'entrée d'une cavité	Confortement de falaise, briselleslames		
Blarritz	23	Eplanade musée de la mer	Ville de Blarritz		Murs "boudier" en béton et macramerie obturant l'entrée de canalisations. Renforcement du pied par pierre béton. Partie supérieure de la falaise confortée par d'anciens murs macramés	Confortement de falaise, briselleslames		
Blarritz	24	Rocher de la Vierge	Ville de Blarritz		Passerelle du Rocher de la Vierge	Aménagement touristique	Passerelle remplacée il y a une vingtaine d'années	Travaux de réhabilitation en 2012
Blarritz	25	Rocher de la Vierge	Ville de Blarritz		Confortement (murs macramés, béton projeté) du balvédère du Rocher de la Vierge	Confortement de falaise, aménagement touristique		
Blarritz	26	Bld du Maréchal Leduc	Ville de Blarritz		Microcaux solidifiés par l'origine en béton en partie supérieure. Clouage, béton projeté	Confortement de falaise, sécurisation voirie	2010-2011	
Blarritz	27	Eplanade des Anciens Combattants	Ville de Blarritz		Confortement de la falaise par murs macramés	Confortement de falaise, sécurisation voirie		
Blarritz	28	Eplanade des Anciens Combattants	Ville de Blarritz		Mur béton obturant l'entrée d'une cavité et assurant une fonction de confortement	Confortement de falaise, sécurisation voirie		
Blarritz	29	Eplanade des Anciens Combattants	Ville de Blarritz		Murs de soutènement anciens en macramerie	Confortement de falaise		
Blarritz	30	Eplanade de la Vierge, Port Vieux	Ville de Blarritz		Murs béton de différentes époques de réalisation assurant fonction de confortement et/ou obturant zones de sous-savage	Confortement de falaise, sécurisation voirie		
Blarritz	31	Eplanade de la Vierge, Port Vieux	Ville de Blarritz		Mur "boudier" en béton au droit de la prise d'eau du musée de la Mer	Confortement de falaise		
Blarritz	32	Port Vieux	Ville de Blarritz		Murs macramés et voutes	Sécurisation aménagement		
Blarritz	33	Port Vieux	Ville de Blarritz		Comblement de zones de sous-savage en béton de falaise par béton ou murs de macramerie	Fixation du trait de côte, aménagements touristiques		Ouvrages affouillés
Blarritz	34	Plage du Canon	Ville de Blarritz		Murs "boudier" ou comblement de zones de sous-savage en pied de falaise par béton ou murs de macramerie	Confortement de pied de falaise, sécurisation aménagement urbain (parking)		
Blarritz	35	Port du Trou du Diable	Ville de Blarritz		Mur "boudier" en béton remanté, léçés à un bout de cirque	Sécurisation aménagement urbain (voies)		
Blarritz	36	Trou du Diable	Ville de Blarritz		Mur macramé ancien comblant une zone de sous-savage en pied de falaise	Confortement de pied de falaise		
Blarritz	37	Villa Berra	Propriétaire privé		Mur de soutènement (macramerie macramés)	Confortement de falaise, sécurisation bâti		
Blarritz	38	Falaise Euratel	Ville de Blarritz		Grillage pare-pierres, aménagements macramés et béton projeté dans la partie sud	Confortement de falaise	Grillage pare-pierres datant d'une quinzaine d'années	
Blarritz	39	Perspective de la Côte des Basques	Ville de Blarritz		Banrière pare-pierres, grille pare-pierres aléatoire, clouage. Confortement du pied de falaise par mur macramé et béton projeté	Confortement de falaise		
Blarritz	40	Perspective de la Côte des Basques	Ville de Blarritz		Acatures	Confortement de falaise	A partir 1927	
Blarritz	41	Perspective de la Côte des Basques	Ville de Blarritz		Drainage (réseau de fossés), Reprofilage, soutènement par murs macramés	Confortement de falaise	A partir 1927	
Blarritz	42	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Mur de quai protégé par enrochements naturels	Fixation du trait de côte, aménagements urbains		Enrochements posés sur niveaux sables. Nécessité de remonter régulièrement les enrochements
Blarritz	43	Côte des Basques	Propriétaire privé		Acatures "Linita" en macramerie. Confortés béton. Douge partie haute	Confortement de falaise	A partir 1927	Confortement en 2011-2012
Blarritz	44	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Drainage (paroi drainante, éperons, crans subhorizontaux), poutre clovée, reprofilage, soutènement (murs macramés, murs clovés)	Confortement de falaise		
Blarritz	45	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Drainage - réalisation de 7 puits dans un rayon de 3 m de diamètre, avec drains rayonnants.	Confortement de falaise	1984-1985	
Blarritz	46	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Soutènement (murs clovés, gabions, drainage (drains subhorizontaux))	Confortement de falaise	1984-1988	
Blarritz	47	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Zone A - Drainage (fossés, maques drainants, crans subhorizontaux), reprofilage, soutènement (murs macramés, murs clovés)	Confortement de falaise	1984-1988	
Blarritz	48	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Zone B - Drainage (fossés), reprofilage, soutènement (murs clovés, murs clovés traités, murs macramés)	Confortement de falaise	1991-1993	
Blarritz	49	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Zone C - Reprofilage, soutènement (murs clovés, murs clovés traités, murs macramés)	Confortement de falaise	Fin années 1990	
Blarritz	50	Côte des Basques	Ville de Blarritz		Béton projeté, grillage, clouage, végétalisation	Confortement de falaise	1997-2008	
Blarritz	51	Beaurivage	Ville de Blarritz		Digue de quai en enrochements naturels	Confortement de falaise	1989-1999	
Blarritz	52	Beaurivage	Ville de Blarritz		Digue de pied de falaise - pierre en enrochements naturels	Fixation du trait de côte, aménagements urbains	2010-2011	
Blarritz	53	Beaurivage	Ville de Blarritz		Soutènement (mur béton préfabriqué en enrochements)	Confortement de falaise		
Blarritz	54	Beaurivage	Ville de Blarritz		Masque drainant, soutènement (enrochements)	Confortement de falaise		
Blarritz	55	Beaurivage	Ville de Blarritz		Masque drainant	Confortement de falaise		
Blarritz	56	Beaurivage	Ville de Blarritz (réalisation par propriétaire privé)			Confortement de falaise		
Blarritz	57	Beaurivage	Ville de Blarritz (réalisation par propriétaire privé)			Confortement de falaise		
Blarritz	58	Beaurivage	Ville de Blarritz		Dalle béton sur rive	Confortement de falaise	2005	

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignaux et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numérotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Biarritz	59	Beaurivage	Ville de Biarritz (réalisation par propriétaire privé)		Digue de pied de falaise - perré en enrochements naturels (blocs d'opahite)	Bris-lames, confortement de falaise	Années 1990	
Biarritz	60	Marbella	Ville de Biarritz		Enrochements superficiels sous l'aplomb recouvrant la falaise	Confortement de falaise	Années 1970	
Biarritz	61	Marbella	Ville de Biarritz		Epi en enrochements naturels	Ouvrage destiné à marquer l'insertion d'accès à la plage au Nord		
Biarritz	62	Marbella	Privé		Soutènement (anciens murs maçonnés, ouvrages mixtes béton/EP)	Confortement de falaise		
Biarritz	63	Marbella	Propriétaire privé		Perré en enrochements naturels (calcaire, opahite)		1979	
Biarritz	CARP	Plage La Milady	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Epi béton protégé par enrochements naturels	Ancien secteur de la station d'épuration de Marbella	1980	
Biarritz	65	Plage La Milady	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Mode de gestion - gainelles mises en place en haut de plage entre octobre et mars	Lutte contre le transport éolien. Fixation du trait de côte	Mise en place depuis une vingtaine d'années	
Biarritz	66	Plage La Milady, Ibarritz	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Perré en enrochements naturels (blocs opahites)	Bris-lames, confortement de falaise	Années 1980	Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs et réparation des escaliers d'accès à la plage.
Biarritz	67	Ville de Biarritz	Ville de Biarritz		Confortement complet (cône en pied, paroi cloisée, drainage...)		Ouvrage récent	Aménagement touristique, pas de côte de fixation du trait de côte
Biarritz	68	Ville de Biarritz	Ville de Biarritz		Mur de soutènement avec gabions en amont de l'escalier		Récent	
Bidart	1	Plage d'Ibarritz - Enrochements de Mouriou	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Perré en enrochements de blocs calcaires, non liés, enrochements 1,50 m. Partie centrale constituée de béton.	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte	1984	Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Bidart	33	Plage d'Ibarritz - Emissaire Lamouly	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Dalles béton protégées par enrochements naturels	Emissaire en mer		
Bidart	2	Plage d'Ibarritz - Enrochements de Mouriou	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Perré en enrochements de blocs calcaires, non liés.	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Bidart	3	Plage d'Ibarritz - Espalade	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Perré en maçonnerie et béton	Aménagement (circulation pédonnière). Fixation du trait de côte	Années 1980	
Bidart	4	Plage d'Ibarritz - Enrochements de Mouriou	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Perré en enrochements de blocs non liés (opahite, calcaire) protégeant la partie sud de l'espalade et le restaurant	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Bidart	5	Plage d'Ibarritz - Epi parties sud de la plage	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Epi en enrochements naturels, aujourd'hui en grande partie détruit (linéaire en haut de plage encore en place)	Ouvrage uniquement destiné à marquer l'insertion d'accès à la plage au sud		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Bidart	6	Plage d'Ibarritz - Enrochements de Mouriou	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Mode de gestion - gainelles positionnées en bordure de l'espalade en bordure de promenade. Mise en place d'octobre à mars réalisés jusqu'en 2012 (les réservations prévues sur l'espalade ont été condamnées)	Protection contre l'ensablement de l'espalade et des terrains en arrière		
Bidart	7	Plage du Pavillon Royal - Enrochement (anciennement Epi partie nord de la plage)	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Enrochement (anciennement Epi en enrochements naturels, aujourd'hui en grande partie détruit (linéaire en haut de plage encore en place). Existence anciennement d'un fond épi aujourd'hui entièrement disparu)	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte et soutènement de l'accès (anciennement: Ouvrage uniquement destiné à marquer l'insertion d'accès à la plage au Nord)	2019 (Anciennement: 10 ans environ)	Eute CAPB - Mise à jour de l'ouvrage construit en 2019
Bidart	8	Plage du Pavillon Royal - Confortement de falaise au droit du golf	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Murs "Perré" en enrochements naturels (blocs opahite) dans l'axe de la plage. Mur de 2 mètres de haut en partie supérieure de versant, la seconde de quelques mètres de large disposée à une dizaine de mètres au-dessous de la plage.	Soutènement localisé de la falaise	10 ans environ	
Bidart	9	Plage du Pavillon Royal - Enrochements de camping du Pavillon Royal	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone de Mouriou		Aciers aménagés	Dissipation de l'énergie de la houle. Fixation du trait de côte	1982	
Bidart	10	Plage des Cont-Marchés - Dispositif de drainage	Commune de Bidart / C664		Canalisation EP en béton descendant depuis le sommet du versant et phénomènes de glissement et érosion récurrents, les eaux s'écoulant dans le vallon naturel.	Drainage des EP les bancs bétons en sommet de versant et drainage du versant		
Bidart	11	Plage des Cont-Marchés - Enrochements	Commune de Bidart		Enrochements naturels en arrière de plage, au débouché de la canalisation EP des 100 marches	Lutte contre les phénomènes érosifs par déversement des EP		
Bidart	14	Plage du centre - Enrochements	Commune de Bidart		Perré en enrochements de blocs naturels non liés (opahite 2,3 T), sur 200 m environ	Bris-lames, protection du mur de quai de la plage du centre	1975	Travaux déjà réalisés en 1965 et 1989. Campagne annuelle de remise en place de blocs
Bidart	15	Plage du centre - Mur de quai	Commune de Bidart		Perré en maçonnerie et béton avec couronnement	Bris-lames. Aménagement pour la circulation		Sur les échantillons des blocs, blocs opahites mis en place à la base du mur pour lutter contre affouillements
Bidart	16	Plage du centre - Enrochements	Commune de Bidart		Perré en enrochements de blocs naturels non liés (opahite 2,3 T), sur 200 m environ	Bris-lames, protection du mur de quai de la plage du centre. Partie sud: protection contre l'érosion du pied de falaise	années 1980	Campagne annuelle de remise en place de blocs
Bidart	17	Plage du centre - Epi	Commune de Bidart		Butée de pied par mur béton profondément drainé. Récoffrite et revêtement stabilisation (baptiste à l'arrière du restaurant "Tambou de la plage")	Lutte contre le transport sédimentaire par la dérive littorale	2002	Ouvrage en grande partie détruit
Bidart	19	Plage des Embriuns - Enrochements	Ouvrage privé		Perré en enrochements naturels non liés	Confortement de falaise		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Bidart	20	Plage des Embriuns - Enrochements	Propriétaire riverain		Perré en enrochements naturels non liés	Protection contre l'érosion du pied de falaise	2009-2011	Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Bidart	21	Plage des Embriuns - Enrochements	Ouvrage privé		Perré en enrochements naturels non liés (blocs d'opahite)	Protection contre l'érosion du pied de falaise		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Bidart	22	Plage des Embriuns - Mur et	Ouvrage public		Mur béton vertical ancien	Fixation du trait de côte		

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numerotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Biarritz	59	Beauvage	Ville de Biarritz (collation par propriétaire privé)		Digue de pied de falaise - Perrière en enrochements naturels (blocs d'ophtie)	Brise-lames, confortement de falaise	Années 1999	
Biarritz	60	Mirabella	Ville de Biarritz		Enrochements supérieurs (non liaisons) recouvrant la falaise	Confortement de falaise	Années 1970	
Biarritz	61	Mirabella	Ville de Biarritz		Epi en enrochements naturels	Ouvrage destiné à marquer l'insertion d'accès à la plage au Nord		
Biarritz	62	Mirabella	Privé		Soutènement (anciens murs maçonnés, ouvrages mixtes conchy / IPE)	Confortement de falaise		
Biarritz	63	Mirabella	Propriétaire privé		Perrière en enrochements naturels (blocs, ophtie)	Brise-lames, confortement de falaise	1979	
Biarritz	CAPB	Plage de Milady	CAFB		Epi béton protégé par enrochements naturels	Ancien ouvrage de la saison d'opération de Mirabella	1980	
Biarritz	65	Plage de Milady	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Mode de gestion - gammelles mises en place en haut de plage entre cocobes et murs	Lutte contre le transvasement. Fixation du trait de côte	Mise en place depuis une vingtaine d'années	
Biarritz	66	Plage de Milady, Ibaritz	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Perrière en enrochements naturels (blocs ophtiques)	Brise-lames, confortement de falaise	Années 1990	Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs et de réparation des escaliers d'accès à la plage
Biarritz	67		Ville de Biarritz		Mur de soutènement avec gabions en amont de l'escalier	Ouvrage propre	Récent	Aménagement courtois, pas de 106 de fixation du trait de côte
Biarritz	68		Ville de Biarritz		Perrière en enrochements naturels (blocs calcaires, non liés, enrochements 1,20 m. Petite centrale constituée de béton.	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte	1984	Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Biarritz	1	Plage d'Ibaritz - Enrochements de Mouriscot	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Dalles béton protégées par enrochements naturels	Emissaire en mer		
Biarritz	33	Plage d'Ibaritz - Emissaire Lamouly	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone					
Biarritz	2	Plage d'Ibaritz - Enrochements de Mouriscot	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Perrière en enrochements de blocs calcaires, non liés.	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs.
Biarritz	3	Plage d'Ibaritz - Espalade	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Perrière en maçonnerie et béton	Aménagement (circulation pédestre), fixation du trait de côte	Années 1980	
Biarritz	4	Plage d'Ibaritz - Enrochements de Mouriscot	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Perrière en enrochements de blocs non liés (ophtie, calcaire) protégés la partie sud de l'espalade et le restaurant.	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs. Confortement de la plage.
Biarritz	5	Plage d'Ibaritz - Epi partie sud de la plage	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Epi en enrochements naturels, aujourd'hui en grande partie détruit (linéaire en haut de plage encore en place)	Ouvrage uniquement destiné à marquer l'insertion d'accès à la plage au sud		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs. Confortement de la plage.
Biarritz	6	Plage d'Ibaritz -	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Mur de béton, gabions protégés par l'espalade, ont été condamnés	Protection contre l'ensablement de l'espalade et des terrains en arrière		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs. Confortement de la plage.
Biarritz	7	Plage du Pavillon Royal - Enrochement (anciennement Epi partie nord de la plage)	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Mode de gestion - gabions protégés par l'espalade en bordure de promenade. Mise en place d'ophtie amont de l'épi en 2012 (les réservations prévues sur l'espalade ont été condamnées)	Protection contre l'ensablement de l'espalade et des terrains en arrière		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs. Confortement de la plage.
Biarritz	8	Plage du Pavillon Royal - Confortement de falaise au droit du golf	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Enrochement (anciennement Epi en enrochements naturels, aujourd'hui en grande partie détruit (linéaire en haut de plage encore en place). Existence anciennement d'un mur d'épi aujourd'hui entièrement disparu)	Protection contre l'érosion. Fixation du trait de côte	2019 (Anciennement, 10 ans environ)	Etude CAPB. Mise à jour de l'ouvrage construit en 2019
Biarritz	9	Plage du Pavillon Royal - Enrochement (anciennement Epi partie sud de la plage)	Syndicat intercommunal pour l'aménagement de la zone		Murs "poings" en enrochements non liaisons disposés selon deux lignes. L'une d'une trentaine de mètres de large en partie supérieure de versant, la seconde de quelques mètres de large disposée à une dizaine de mètres au-dessous de la plage.	Soutènement localisé de la falaise	10 ans environ	
Biarritz	10	Plage des Cent Marchés - Dispositif de drainage	Commune de Bidart / CC64		Canalisation EP en béton descendant depuis le sommet de versant et drains latéraux. La canalisation est cassée en partie haute du fait de phénomènes de glissement et érosion régressive, les eaux s'écoulent dans le vallon naturel.	Dissipation de l'énergie de la houle. Fixation du trait de côte	1982	
Biarritz	11	Plage des Cent Marchés - Enrochements	Commune de Bidart		Enrochements naturels en arrière de plage, au débouché de la canalisation EP des 100 marches.	Lutte contre les phénomènes érosifs par débordement des EP		
Biarritz	14	Plage du centre - Enrochements	Commune de Bidart		Perrière en enrochements de blocs naturels non liés (ophtie 2,3 T), sur 200 m environ	Brise-lames, protection du mur de quai de la plage du centre	1975	Travaux déjà réalisés en 1963 et 1989. Campagne annuelle de remise en place de blocs
Biarritz	15	Plage du centre - Mur de quai	Commune de Bidart		Perrière en maçonnerie et béton avec couronnement	Brise-lames. Aménagement pour la circulation		Sur une dizaine de mètres de large. Blocs ophtiques mis en place à la base du mur pour lutter contre affouillements
Biarritz	16	Plage du centre - Enrochements	Commune de Bidart		Perrière en enrochements de blocs naturels non liés (ophtie 2,3 T), sur 200 m environ	Brise-lames, protection du mur de quai de la plage du centre. Partie sud, partie contre l'érosion du pied de falaise		Campagne annuelle de remise en place de blocs
Biarritz	17	Plage du centre - Epi	Commune de Bidart		Ouvrage transversal en béton	Lutte contre le transvasement par la dérive littorale	années 1980	Ouvrage en grande partie détruit
Biarritz	18	Plage du centre - Epi	Commune de Bidart		Bunée de pied par mur béton préfabriqué. Drainage, géotextile et végétalisation versant à l'arrière du restaurant "Pâtis de la Plage"	Confortement de falaise	2002	Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs
Biarritz	19	Plage des Embuns - Enrochements	Ouvrage privé		Perrière en enrochements naturels non liés	Protection contre l'érosion du pied de falaise		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs
Biarritz	20	Plage des Embuns - Enrochements	Propriétaire riverain		Perrière en enrochements naturels non liés	Protection contre l'érosion du pied de falaise	2010-2011	Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs
Biarritz	21	Plage des Embuns - Enrochements	Ouvrage privé		Perrière en enrochements naturels non liés (blocs d'ophtie)	Protection contre l'érosion du pied de falaise		Opérations occasionnelles (fréquence annuelle à pluriannuelle) de remise en place de blocs, voir adjonction de quelques blocs
Biarritz	22	Plage des Embuns - Mur et	Ouvrage public		Mur béton vertical ancien	Fixation du trait de côte		

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignaux et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numérotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Guéthary	13	Extrémité ouest de la jetée des Aigons	Ville de Guéthary		Stabilisation du pied de falaise (arbustes) par murs de soutènement andés en béton et en maçonnerie liaisonnée, ouvrages ponctuellement confortés en pied par béton projeté. Confortement de bords de foyers sous-cavés par mise en œuvre de béton projeté (bourrage de sous-cavages). Coulage de certaines dalles	Confortement de falaise		
Guéthary	14	Harriben costa	Non identifié		Mur de drainage et anticoncrètement en tout-venant de 1 m d'épaisseur et paré de protection de 2 m d'épaisseur en enrochements naturels (éléments unitaires de 2 à 3 tonnes)	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise	1965	1986 et 1990?
Guéthary	15	Harriben costa	Ouvrage privé		Mur de drainage et anticoncrètement en tout-venant de 1 m d'épaisseur et paré de protection de 2 m d'épaisseur en enrochements naturels (éléments unitaires de 2 à 3 tonnes)	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise	1965	1986 et 1990?
Guéthary	16	Plage de Conitz	Non identifié		Paré en enrochements naturels (blocs calcaires)	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise	1977	
Guéthary	17	Plage de Conitz	Ville de Guéthary		Paré en enrochements naturels (blocs calcaires)	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise. Aménagements urbains (protection de l'accès à la plage)	1975	
Guéthary	18	Plage de Conitz	Ville de Guéthary		Enrochements naturels	Stabilisation du lit de la Baldaeta (rive droite)		Pas de rôle principal de fixation du trait de côte (fixation de l'embouchure)
Guéthary	19	Harriben costa	Ouvrage privé		Aménagement ancien dans une propriété privée, pas d'évolution visible		années 1970	
Saint Jean de Luz	1	Falaise Ste-Barbe	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Dalle en béton armé sur pieux	Confortement de falaise		
Saint Jean de Luz	2	Plage de Conitz	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Enrochements naturels	Fixation du trait de côte, stabilisation du lit de la Baldaeta (rive gauche)		
Saint Jean de Luz	3	Plage de Conitz	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Enrochements naturels et blocs béton	Fixation du trait de côte, aménagement touristique (boite d'accès à la plage)		
Saint Jean de Luz	4	Plage de Mayako	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Coups d'ouvrage anticoncrètement sur 2,5 m de large et 0,5 m d'épaisseur, et coulage de protection en blocs calcaires (éléments unitaires de 2 à 3 tonnes)	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise	1989, 1988	2007 et 2008; remise en place des enrochements
Saint Jean de Luz	5	Plage de Mayako	Ville de Saint-Jean-de-Luz / privée		Murs verticaux en béton (boite de secours) et maçonnerie (secours)	Fixation du trait de côte, protection du poste de secours et du snack "Le Cabanon"		
Saint Jean de Luz	6	Plage de Mayako	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Enrochements naturels en blocs d'ophtie	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise	1982-1983	2007 et 2008; remise en place des enrochements
Saint Jean de Luz	7	Plage de Lafféna	Propriétaire privé		Murs et ouvrages de soutènement (béton et maçonnerie)	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise (protection du camping)	1979	
Saint Jean de Luz	8	Plage de Lafféna	Propriétaire privé		Ouvrages de soutènement (murs maçonnerie)	Confortement de falaise (stabilisation des enrochements naturels)	Années 1980	
Saint Jean de Luz	9	Plage de Lafféna	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Mur de soutènement naturel sur une dalle de mètres de large en pied de versant au Nord du Chemin de Lafféna	Fixation du trait de côte, protection aménagement urbain (boites)		
Saint Jean de Luz	10	Plage d'Erromardie	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Mur de protection et de consolidation du lit du Grand Isola (enrochements de blocs calcaires non liés) (Pays Basque) (Basse Côte)	Lutte contre les invasions du lit de la rivière et fixation du trait de côte, protection aménagement urbain (voies, drozières)	1976	Perré classé par arrêté préfectoral (classe C)
Saint Jean de Luz	11	Plage d'Erromardie	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Enrochements naturels (blocs de calcaire)	Fixation du trait de côte, protection aménagement urbain (voies, drozières)		
Saint Jean de Luz	12	Plage d'Erromardie	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Mur béton à parement vertical, localement sous-cavé (certaines zones affaiblies ont été confortées)	Fixation du trait de côte, protection aménagements urbains, touristiques (voies, parking, camping, poste de secours)	1976	Perré classé par arrêté préfectoral (classe C)
Saint Jean de Luz	13	Plage d'Erromardie	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Enrochements naturels (blocs d'ophtie de 2 à 3 tonnes)	Brie-James. Stabilisation du pied de falaise, mais pas du versant ouest du point de vue du MVT	1973-77	1981: reprise des enrochements et reconstruction du mur de défense présent dans la partie Est. Nouvelle reprise des enrochements en 1996, 2006, 2008, 2009: prolongement de la ribambelle béton au droit de la plage des Fics Bleus
Saint Jean de Luz	14	Plage d'Erromardie	Ville de Saint-Jean-de-Luz				1995	
Saint Jean de Luz	15	Falaise Ste-Barbe	Ville de Saint-Jean-de-Luz		ouvrages de soutènement (maçonnerie liaisonnée) réalisés en 1996 et 2008 sur 200 m environ vers la promenade sur micropieux descendus au substratum, et réalisation d'un canal de drainage (représentant les eaux de ruissellement de la promenade et terrains avoisinants)	Confortement de falaise	2009	
Saint Jean de Luz	16	Falaise Ste-Barbe	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Digue de Saint-Barbe (180 m) en maçonnerie de moellons. Largeur du corps de digue de 10 m, son embase, de 5 m à 15 m en crête	Confortement de falaise (protection de la promenade Foyor, Challapine)	1977-1983; Reprise en 1996 et 1983. Construction d'une 1ère jetée de 1933 à 1986	
Saint Jean de Luz	17	Digue de Sainte-Barbe	Conseil général	CD64 - CAPE	Seuil de garantie. Perré en maçonnerie (incliné 3H/2V côté mer), consolidé localement, protégé sur certains secteurs par enrochements, blocs d'ophtie ou autres	Brie-James, protection de la baie	1994	Travaux en 2001 et 2004/2007
Saint Jean de Luz	18	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Esp en béton et enrochements calcaires	Brie-James, protection de la baie		
Saint Jean de Luz	19	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Seuil de garantie. Mur maçonnerie (incliné 3H/2V côté mer), consolidé localement, protégé sur certains secteurs par enrochements, blocs d'ophtie ou autres	Lutte contre la submersion. Fixation du trait de côte. Aménagements urbains (promenades)	Quatrième jetée dit "seuil de garantie" construit en 1835-1840 (sur ouvrage de protection antérieur en 1797)	Reconstruction du jeté en 1952. Enrochements de protection remis en place entre la digue aux chevoux et la plage des Fics Bleus en 2002, 2003 et 2004. 2007: prolongement de la ribambelle béton au droit de la plage des Fics Bleus
Saint Jean de Luz	20	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Ouvrages de soutènement (maçonnerie liaisonnée)	Confortement de falaise (au centre de l'enrochement). Rôle anticoncrètement des aménagements.		
Saint Jean de Luz	21	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		En "digue aux chevoux" - ouvrage de 180 m constitué d'un noyau en tout-venant (0,1/0,08) avec talus 1H/1V recouvert d'un parement en enrochements naturels (0,1 à 0,5). Second parement de 1,5 m d'épaisseur en blocs d'ophtie (1 à 2 tonnes). Presse papier béton en crête de 1 m	Fixation du trait de côte. Lutte contre le désenclavement de la plage. Brie-James	1973-74	2007: réparation et renforcement de la dalle de circulation
Saint Jean de Luz	22	Baie de Saint-Jean	Propriétaires privés		Ouvrages de soutènement (maçonnerie liaisonnée)	Confortement de falaise		
Saint Jean de Luz	23	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Paré en enrochements naturels (blocs calcaires divers) selon une planité de 3H/2V côté mer et paroi battante	Fixation du trait de côte. Protection de l'immeuble la Pergola	1988	Reprise en 1980
Saint Jean de Luz	24	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Seuil de garantie. Mur maçonnerie concave avec léger fruit côté mer. Classifié aménagé en crête de digue avec parement vertical codé noir.	Lutte contre la submersion. Fixation du trait de côte. Aménagements urbains (promenades)	Quatrième jetée dit "seuil de garantie" construite en 1835-1840 (sur ouvrage de protection antérieur en 1797)	

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numérotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Saint-Jean-de-Luz	25	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Souff de garantie. Perte en maçonnerie confirmée par paroi bathymétrique et enrochements situés au pied de digue sablonneuse. En creux, mur et parapet maçonnés.	Lutte contre la submersion. Fixation du trait de côte. Aménagements urbains (promenade)	Quatrième permis dit "souff de garantie" construit en 1836-1840 (1er ouvrage de protection achevé en 1707)	1955. Un réseau de palanquées est bati devant le souff de garantie entre le SdH-Hôtel et le Modern Hôtel. 1992: Renforcement sur 70 m des fondations de l'ouvrage
Saint-Jean-de-Luz	26	Baie de Saint-Jean	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Epi de l'infante - ouvrage de 120 m constitué d'un noyau en bouclement (0/100 kg) avec sables 11/2V recouvert d'un pavement en enrochements naturels (0,1 à 0,5). Second pavement de 1,5 m d'épaisseur en blocs d'ophtes (1 à 22 tonnes). Presse papier béton en creux de 1 m d'épaisseur.	Fixation du trait de côte. Lutte contre le désenclavement de la baie et contre l'ensablement de l'embouchure de la Nouvelle	1979-74	
Saint-Jean-de-Luz	27	Port de St-Jean-Ciboure	Conseil Départemental	CD64 - CAPE	Digue béton et maçonnerie laissonnées, protégée côté Est par enrochements naturels	Aménagements portuaires. Embouchure de la Nouvelle		Travaux en 2001
Saint-Jean-de-Luz	28	Port de St-Jean-Ciboure	Conseil Départemental	CD 64	Perte subverticale en maçonnerie localement protégée par enrochements naturels	Aménagements portuaires et urbains		
Saint-Jean-de-Luz	29	Grande Plage	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Mode de gestion - rechargement en sable de la Grande Plage au droit de la Pergola et partie nord de la plage? Réalisé certaines années (1996, 1997, 1998, 1999, 2004, 2010, 2011, 2012 - entre 2800 m ² et 4800 m ² selon les années). Au sud de la Pergola, opérations de remontée de sable depuis le bas de plage (opération réalisée ces années 1990, 2002 : accueil, nettoyage uniquement)	Fixation du trait de côte. Lutte contre le trait sédimentaire	Pratique recensée depuis le début des années 1970 (100000m ² en 1972/73, 300000m ² en 1980/81, 400000m ² en 1980/81 - appots provenant d'Herby et Capbreton)	
Saint-Jean-de-Luz	30	Plage de Mayako	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Mode de gestion - rechargement en sable (500 m ² en 2011 et 400 m ² en 2021) - régriffage	Fixation du trait de côte. Lutte contre le trait sédimentaire	depuis 2011	Travaux portuaires destinés à reprofiler la plage. Non pas été reproduits depuis.
Saint-Jean-de-Luz	31	Page d'Erromardie	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Mode de gestion. Reprofilage au chargeur, 2 ou 3 fois par saison, prise en confinement en béton du pied de falaise sur la partie de St-Barbe (côté large et côté bas)	Fixation du trait de côte. Lutte contre le trait sédimentaire	1981	Travaux portuaires destinés à reprofiler la plage.
Saint-Jean-de-Luz	32	Pointe de Ste-Barbe	Ville de Saint-Jean-de-Luz		Drain de type Ecoblage	Non précise		
Saint-Jean-de-Luz	33	Baie de Saint-Jean	Ouvrage privés (Thalasso)		Mur contre la submersion marine	Paie de rôle de fixation du trait de côte		
Saint-Jean-de-Luz	34	Erromardie			Escoria aménagée en versant	Fondation/ soutènement - Pas de rôle de fixation du trait de côte		
Saint-Jean-de-Luz	35	Plage d'Erromardie			Mur soutenant la possèdes secours	Fixation du trait de côte. Aménagements portuaires		
Saint-Jean-de-Luz	36	Plage de Laffite			Perte en enrochements naturels	Aménagements portuaires		
Saint-Jean-de-Luz	37	Plage de Laffite	Conseil Départemental		Epi protégé par enrochements naturels	Aménagements portuaires		
Ciboure	1	Port de St-Jean-Ciboure	Conseil Départemental		Mur de quai maçonné avec parapet (quai Maurice Ravel). Protection par enrochements naturels du dalat sur 10 m environ	Lutte contre la submersion		
Ciboure	2	Port de St-Jean-Ciboure	Conseil Départemental	Syndicat Intercommunal de la Baie de Seignanx de Luz/Ciboure	Digue béton et maçonnerie laissonnées. En partie amont, l'ouvrage est surmonté du mur de quai maçonné Maurice Ravel (présence de cloûs)	Lutte contre la submersion		
Ciboure	3	Port de St-Jean-Ciboure	Conseil Départemental		Mur maçonné avec reprise en béton, hauteur de l'ordre de 1 m à 1,5 m côté mer	Lutte contre la submersion		
Ciboure	4	Port de St-Jean-Ciboure	Conseil Départemental		Enrochements naturels	Fixation du trait de côte		
Ciboure	5	Plage Ciboure en rive gauche de la Nouvelle	Ville de Ciboure à confirmer		Murs de soutènement maçonnés	Coiffement du pied de falaise. Soutènement de la zone RD912		
Ciboure	6	Plage Ciboure en rive gauche de la Nouvelle	A vérifier		Terrasse et murs de soutènement (béton et maçonnerie). Pas de rôle de fixation du trait de côte. lié à une ancienne construction	Aménagements portuaires		
Ciboure	7	RD912	Conseil Départemental		Mur en maçonnerie en pied de falaise, protégé par enrochements naturels. Au-dessus du mur et jusqu'au niveau de la route, confortement par dalles de pierres (ou bathymétrique)	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	8	RD912	Conseil Départemental		Murs de soutènement maçonnés à pavement vertical	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	9	RD912	Conseil Départemental		Perte maçonné protégé par enrochements naturels (blocs d'ophtes 2 à 3 tonnes réglés selon pente 3/2)	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	10	RD912	Propriétaires privés?		Perte maçonné surbathymétrique avec parapet	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	11	RD912	Conseil Départemental		Entretenu par la Ville de Ciboure	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	12	Plage Urbain	Conseil Départemental		Extension 1995 sous MOK syndicat de la Nouvelle de l'Urban	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	13	Digue de l'Urban rive droite	Ville de Ciboure (partie courtes) / Conseil Départemental (partie rectiligne)		Epi en enrochements	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	14	Embouchure de l'Urban rive gauche	Conseil Départemental	Conseil départemental / Syndicat Intercommunal de la Baie de Seignanx de Luz/Ciboure	Enrochements naturels (blocs calcaires et ophtes)	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		
Ciboure	15	Parking Sozoa	Conseil Départemental	Syndicat Intercommunal de la Baie de Seignanx de Luz/Ciboure	Dalle béton limitée latéralement par des enrochements naturels (blocs calcaires et ophtes). Enrochements disposés également en partie haute de la cale	Enrochements mis en place en 1955 suite aux dégâts des tempêtes de décembre 1951.		

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignaux et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numérotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Ciboure	16	Parking Sooa	Conseil Départemental	Syndicat Intercommunal de la Baie St-Jean-de-Luz/Ciboure	Enrochements naturels (blocs majoliquement constitués d'opholite. Quelques blocs calcaires)	Fixation du trait de côte. Aménagements urbains (protection du parking Sooa)		
Ciboure	17	Parking Sooa	Conseil Départemental	Syndicat Intercommunal de la Baie St-Jean-de-Luz/Ciboure	Enrochements naturels (blocs calcaires)	Fixation du trait de côte. Aménagements urbains (protection du parking Sooa)		
Ciboure	18	Port Sooa	Conseil Départemental		Digue béton et maçonnerie. Protection localisée côté mer en enrochements naturels	Aménagements portuaires		
Ciboure	19	Port Sooa	Conseil Départemental	Chambre de commerce et d'industrie de Bayonne Pays basque	Calle de mise à l'eau (protection latérale en enrochements)	Aménagements portuaires		
Ciboure	20	Port Sooa	Conseil Départemental		Mur de quai en maçonnerie (Quai Passicot)	Aménagements urbains (protection voirie) et portuaires		
Ciboure	21	Port Sooa	Conseil Départemental		Epis béton et maçonnerie	Aménagements portuaires		
Ciboure	22	Port Sooa	Conseil Départemental		Digue du fort de Sooa ouest (ouvrage maçonné). Ouvrage dit "des Trièlx"	Bris-lames. Aménagements portuaires		
Ciboure	23	Fort de Sooa	CARF		Ouvrage béton	Embase en mer		
Ciboure	24	Digue de Sooa	Conseil Départemental	CD64-CARF	Digue de Sooa (maçonnerie et enrochements). Longueur totale 325 m. Largeur du corps de digue compris entre 9 et 11,5 m à la fondation, et entre 7 et 9 m en crête	Bris-lames. Aménagements portuaires	1864-1877. Construction d'une île jetée de 1783 à 1788.	Travaux en 2004
Ciboure	25	Sooa	Propriétaires privés?		Murs de soutènement (maçonnerie)	Confortement de falaise. Protection voirie (Quai Passicot)		Travaux de confortement en 2013 (en cours)
Ciboure	26	Sooa	Ville de Ciboure		Confortement de la crête de Sooa: création d'un ouvrage "boudier" (12 m) en béton armé, cloaté et ancré, relié au mur en béton armé pour le traitement de la crête. Ouvrage de gainage sur les flancs de la crête	Confortement de falaise	2013	
Ciboure	27	Digue d'Artha	Conseil Départemental		Langue du corps de digue comprise entre 11 et 22 m à la fondation, et entre 3 et 5 m en crête	Bris-lames. Aménagements portuaires	1872-1895	Travaux en 2005
Ciboure	28	Plage du Fort de Sooa	Eut		Epi maçonné	Aménagements portuaires (ancienne rampe de lancement de la vedette SIVOM)		
Ciboure	29	Fort de Sooa	CARF		Murs maçonnés	17ème siècle		
Urrugne	1	Corribhe basque	Conseil général	CARF	Mur de soutènement en maçonnerie	Confortement du sommet de falaise	Début 20ème siècle (?)	
Urrugne	2	Corribhe basque	Conseil général		Fossés bétonnés et canalisation d'évacuation des eaux de ruissellement en tête de plage	Diarrage des eaux de la RD912	Années 1980	
Urrugne	10	Boulevard de la mer - partie ouest	Ville d'Henndaye		Perré maçonné avec parapet. Section du pied d'ouvrage sur Sokoburu	Fixation du trait de côte. Aménagements urbains	1928 (voir finlet est: 1946-1948)	
Henndaye	11	Sokoburu	Ville d'Henndaye		Mode de gestion - Mise en place de ganévales en haut de plage de protection en enrochements de blocs d'opholite et calcaires.	Fixation du trait de côte. Lutte contre le transit sédimentaire		
Henndaye	12	Epi de Sokoburu partie aval	Conseil départemental	Concession ville d'Henndaye	Epi de Sokoburu. Corps d'ouvrage en tonnage de 1,6 à 3 tonnes. protection en enrochements de blocs d'opholite et calcaires.	Fixation du trait de côte. Aménagements portuaires	1947-1955. Extensions de 1956-61 et de 1977-78	Reprises en 1978, 1982, 1991
Henndaye	13	Epi de Sokoburu partie amont	Conseil départemental	Concession ville d'Henndaye	Digue du port (maçonnerie et enrochements)	Fixation du trait de côte. Aménagements portuaires	1970-73 puis extension 1992	
Henndaye	14	Port	Conseil départemental	Concession ville d'Henndaye	Mur de quai (maçonnerie et enrochements)	Aménagements portuaires et urbains	1992	
Henndaye	15	Port	Conseil départemental	Concession ville d'Henndaye	Mur de quai (Quai Flores) maçonnerie et béton	Aménagements portuaires et urbains	1992	
Henndaye	16	Plage de Chingaudy	Conseil départemental	Concession ville d'Henndaye	Epi en enrochements naturels	Fixation du trait de côte. Aménagements urbains et portuaires	1984 (construction)	
Henndaye	17	Boulevard de la Baie de Chingaudy	Ville d'Henndaye		Perré maçonné	Fixation du trait de côte. Aménagements urbains	1981	
Henndaye	18	Casino	Ville d'Henndaye		Mode de gestion - Retraitement des sédiments du bas de plage vers le haut de plage au droit du casino et à l'est de celui-ci. Rechargement ponctuel	Renouveau annuel, rechargement réalisé de façon irrégulière.		
Henndaye	19	Boulevard de la mer - partie est	Ville d'Henndaye		Réalisation d'une tranchée au pied du perré	Lutte contre le transit sédimentaire (ensablement du boulevard et promenade)	Mise en œuvre depuis une vingtaine d'années	Travaux en situation d'urgence
Henndaye	20	Digue du Martinet	Ville d'Henndaye		Digue créée sans l'optique d'un développement pour urbanisation. Ouvrage aujourd'hui sous l'eau	Aménagements urbains	Début 20ème siècle	
Henndaye	21	Centre héliomarlin	Ville d'Henndaye		Réalisation d'une tranchée au pied du perré	Protection des ouvrages lors d'épisodes tempêteux		Travaux en situation d'urgence
Tarnos	1		Région Nouvelle-Aquitaine		Métroite de protection du littoral (rechargement, végétalisation, ganévilles...)			
Tarnos	2		Région Nouvelle-Aquitaine		Ouvrages transversaux (épi, jetée...)	Aménagement portuaire (propreté et gestion Région NVA)		
Tarnos	3		Région Nouvelle-Aquitaine		Ouvrages transversaux (épi, jetée...)	Aménagement portuaire (propreté et gestion Région NVA)		
Tarnos	4		Région Nouvelle-Aquitaine		Ouvrages transversaux (épi, jetée...)	Aménagement portuaire (propreté et gestion Région NVA)		
Tarnos	5		Région Nouvelle-Aquitaine		Voies, aménagement urbain	Aménagement portuaire (propreté et gestion Région NVA)		

Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans

Commune	Numérotation	Nom ou localisation de l'ouvrage	Propriétaire	Gestionnaire (si différent du propriétaire)	Type d'ouvrage	Fonction	Date de construction ou d'instauration du mode de gestion	Travaux principaux
Tarnos	6		Région Nouvelle-Aquitaine		Ouvrages longitudinaux (digues, murs de quai, perrées, ...) Méthode de protection du littoral (rechargement, végétalisation, ganivelles, ...)	Aménagement ponctuel (propriété et gestion Région NVA)		
Ondres	1				Ouvrages transversaux (digues, jetées, ...)	Abandonné		
Ondres	2							

Annexe 2 Impacts du changement climatique sur les environnements littoraux de Nouvelle-Aquitaine

Dans le cadre de la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 en Charente-Maritime (Bernon, 2021), une revue bibliographique autour des conséquences du changement climatique sur le phénomène du recul du trait de côte a été produite, s'appuyant elle-même sur des travaux plus anciens (Le Cozannet *et al.*, 2016 ; IPCC, 2019 ; IPCC 2021). Une actualisation, lorsque possible, de cette synthèse bibliographique est exposée dans les prochains paragraphes. Elle s'attache à décrire les évolutions prévisibles des variables climatiques à l'aide des publications les plus récentes, et exploitables à l'échelle de la façade océanique de la Nouvelle-Aquitaine.

Elévation du niveau marin

Au niveau mondial, le niveau marin moyen s'élève et sa hausse s'accélère : de 1,3 [0,6 - 2,1] mm.an⁻¹ entre 1901 et 1971, de 1,9 [0,8 - 2,9] mm.an⁻¹ entre 1971 et 2006, et de 3,7 [3,2 - 4,2] mm.an⁻¹ entre 2006 et 2018, pour un total de 20 cm entre 1901 et 2018 (IPCC, 2021). Au cours des dernières décennies, les données satellitaires confirment les données mesurées par les marégraphes pendant la période historique et la tendance à l'accélération (Cazenave et Moreira, 2022). Ainsi, alors que la vitesse d'élévation était de 2,13 mm.an⁻¹ entre 1993 et 2002, elle est désormais de près de 5 mm.an⁻¹ pour la période 2013 - 2022 (Illustration 93).

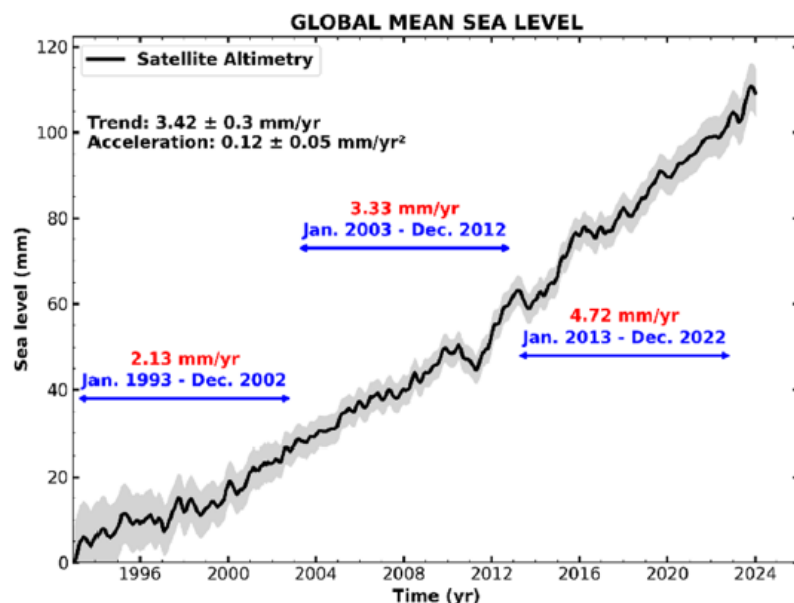


Illustration 93 - Niveau marin moyen mesuré par les données satellitaires pendant la période 1993-2023 (source : Cazenave et Moreira, 2022, dans Le Cozannet et Cazenave, 2024)

La cause principale de l'élévation du niveau de la mer observée actuellement est le réchauffement climatique, lié aux émissions de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique (IPCC, 2013). En effet, ce phénomène de réchauffement climatique cause :

- un réchauffement de l'océan, impliquant sa dilatation et une élévation du niveau de la mer sans apport supplémentaire d'eau dans les océans ;

- la fonte des glaciers de montagne, polaires et des calottes, qui accroît le volume d'eau des océans. Elle constitue désormais la principale contribution expliquant l'élévation du niveau marin moyen à l'échelle mondiale (IPCC, 2019, 2021 ; Horwath et al., 2022).

L'élévation du niveau marin moyen est hétérogène à l'échelle mondiale ; l'expression des contributions, qui en sont responsables, étant variable à l'échelle du globe. Par ailleurs, les mouvements verticaux du sol, sous l'effet de l'ajustement isostatique global de la croûte terrestre en lien avec les contraintes qui s'y exercent, doivent également être pris en compte. En effet, leur rôle peut être significatif dans l'étude de l'évolution à long-terme du niveau de la mer, issu d'observations marégraphiques. Le réchauffement climatique causera ainsi une redistribution des masses et une modification du champ de gravité, consécutives à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. La conséquence est une baisse du niveau de la mer à proximité de la source (ex : calotte groenlandaise) et au contraire une hausse, sensiblement plus rapide que la moyenne, à distance du lieu de fonte (plus de 7 500 km).

Aux échelles régionales et locales, les mouvements verticaux du sol mis en évidence peuvent être d'origine naturelle (volcanique, tectonique, variations naturelles) ou anthropogénique (extractions de fluides du sous-sol, mouvements de remblais...).

Les rapports émis par le GIEC en 2019 et 2021 (IPCC, 2019 & 2021) établissent que le niveau marin moyen global sera fortement dépendant des scénarios d'émissions de GES (*Representative Concentration Pathways* en anglais, RCP), mais n'enrayera pas la dynamique actuelle d'élévation et d'accélération. Plusieurs scénarios sont définis, et notamment : RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5¹⁷. Des scénarios de développements socio-économiques et diverses stratégies d'adaptation et d'atténuation y sont associés. Le scénario RCP 2.6 implique de fortes réductions d'émissions de GES par la communauté internationale. Le RCP 8.5 est le plus pessimiste, mais c'est un scénario probable, car il correspond au prolongement des tendances d'émissions actuelles. Les modélisations d'élévation du niveau marin moyen, en fonction de ces scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, illustrent clairement que plus les émissions seront importantes, plus la hausse du niveau marin moyen, engendrée à l'échelle du globe, sera élevée et rapide (Illustration 94).

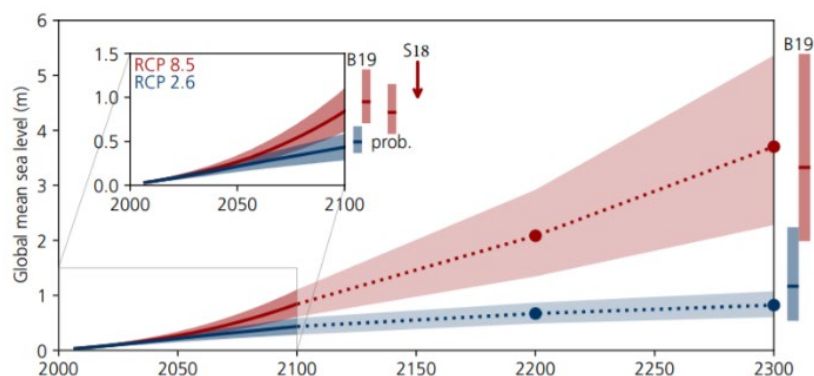


Illustration 94 - Projections futures du niveau marin moyen, par rapport à la période 1986-2006, selon un faible (RCP 2.6 en bleu) et un fort (RCP 8.5 en rouge) scénario d'émissions de gaz à effet de serre (IPCC, 2019)

¹⁷ Ces RCP sont identifiés par leur forçage radiatif total approximatif pour l'année 2100 par rapport à 1750 : 2,6 W m⁻² pour le RCP 2.6; 4,5 W m⁻² pour le RCP 4.5; 6,0 W m⁻² pour le RCP 6.0 et 8,5 W m⁻² pour le RCP 8.5.

A l'échelle du globe, ces simulations prévoient une élévation du niveau marin de 0,43 m et 0,84 m à l'horizon 2100, respectivement selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5.

Au cours des dernières années, plusieurs études ont conduit à régionaliser ces simulations et à les rendre accessibles, au travers notamment de plateformes de consultations et paramétrables. Parmi elles, nous pouvons citer la plateforme <https://sealevelrise.brgm.fr/>, développée par le BRGM dans le cadre du projet ECLISEA (*European advances on CLimate Services for Coasts and SEAs*), ou encore celle de la NASA (https://sealevel.nasa.gov/data_tools/17/). A l'occasion des travaux en cours de définition de la prochaine stratégie française "énergie-climat", le BRGM (Le Cozannet *et al.*, 2024) a établi des scénarios de référence à propos de l'élévation du niveau de la mer pour les côtes françaises et selon différentes trajectoires de réchauffement global et horizons temporels, s'appuyant sur les derniers modèles du GIEC (6^{ème} rapport d'évaluation). Ce travail considère donc des trajectoires d'augmentation de la température mondiale, qui restent cohérentes avec les approches RCP-SSP du GIEC, reposant sur des simulations climatiques communes. Dans le cadre de la présente étude, des scénarios d'élévation du niveau marin pour le marégraphe de Socoa ont été calculés (Illustration 95).

Scénarios d'élévation du niveau marin selon différentes trajectoires de réchauffement global pour la station de Socoa (m)																		
Échéance	Trajectoire à 1,5°C			Trajectoire à 2°C			Trajectoire à 3°C			Trajectoire à 4°C			Trajectoire à 5°C			Trajectoire à 5°C MICI		
	17%	50%	83%	17%	50%	83%	17%	50%	83%	17%	50%	83%	17%	50%	83%	17%	50%	83%
2030	0,06	0,10	0,14	0,04	0,10	0,17	0,06	0,12	0,18	0,09	0,12	0,15	0,08	0,11	0,15	0,08	0,11	0,14
2040	0,09	0,14	0,20	0,09	0,15	0,22	0,10	0,18	0,26	0,12	0,17	0,22	0,14	0,17	0,22	0,14	0,17	0,19
2050	0,11	0,18	0,25	0,14	0,21	0,29	0,16	0,24	0,33	0,15	0,23	0,31	0,20	0,24	0,30	0,19	0,23	0,27
2060	0,15	0,23	0,32	0,16	0,26	0,37	0,21	0,32	0,42	0,20	0,31	0,43	0,26	0,32	0,41	0,26	0,31	0,35
2070	0,20	0,29	0,39	0,19	0,31	0,44	0,29	0,39	0,51	0,23	0,38	0,55	0,33	0,42	0,53	0,34	0,40	0,46
2080	0,22	0,33	0,45	0,24	0,37	0,51	0,35	0,46	0,60	0,32	0,48	0,68	0,41	0,52	0,66	0,44	0,53	0,63
2090	0,26	0,37	0,52	0,27	0,42	0,58	0,41	0,54	0,70	0,40	0,58	0,77	0,50	0,62	0,80	0,61	0,73	0,87
2100	0,26	0,41	0,59	0,28	0,45	0,64	0,48	0,61	0,79	0,47	0,67	0,91	0,62	0,75	0,95	0,80	0,96	1,17
2110	0,28	0,47	0,67	0,30	0,50	0,73	0,53	0,70	0,89	0,55	0,80	1,09	0,70	0,87	1,12	1,05	1,29	1,59
2120	0,28	0,50	0,74	0,33	0,57	0,83	0,58	0,80	1,03	0,64	0,90	1,21	0,80	0,99	1,31	1,36	1,70	2,17

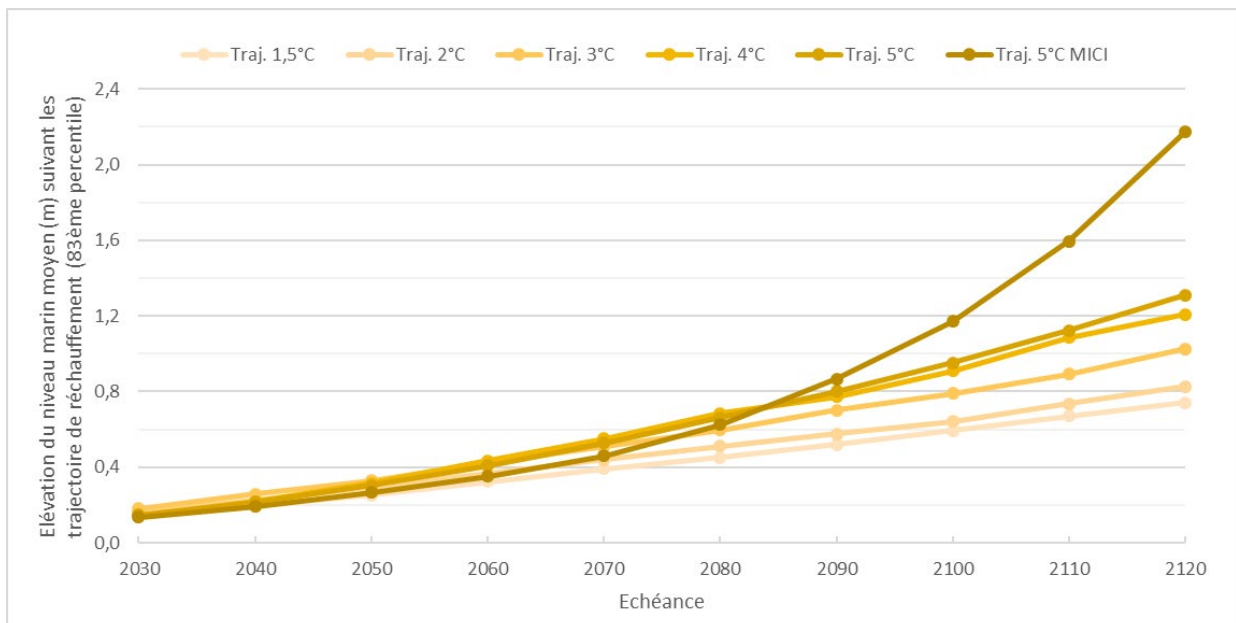


Illustration 95 - Projections de l'élévation du niveau de la mer au marégraphe de Socoa, pour plusieurs scénarios d'augmentation de la température mondiale (source : actualisé d'après Le Cozannet *et al.*, 2024)

Evolution des conditions océanographiques

Au-delà de l'élévation du niveau de la mer, le changement climatique est susceptible de modifier les régimes de tempêtes, les vents, les vagues et les surcotes marines. L'ensemble de l'évolution de ces paramètres (élévation du niveau marin et facteurs océanographiques) concourent à une augmentation des niveaux marins extrêmes. Rappelons toutefois qu'au-delà du changement climatique, les agents dynamiques météo-marins sont également affectés par les grands modes de la variabilité climatique (ex : oscillation nord-atlantique - ONA).

Evènements de fortes houles

Les évènements de fortes houles dans la littérature scientifique sont liés à un phénomène tempétueux et aux forts vents associés. Ces épisodes de fortes houles sont généralement responsables des aléas côtiers, érosion et submersion marine.

Les travaux en la matière s'appuient généralement sur les modèles climatiques globaux et les bases de données associées, et s'intéressent en particulier aux modèles de vagues. Dans ces modèles sont introduites les futures conditions à l'origine de la génération des houles, notamment les vents, issues des simulations climatiques globales selon les différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Les résultats montrent de grandes divergences à l'échelle du globe entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud. Une augmentation importante des épisodes de fortes houles est attendue au niveau des zones tropicales et dans les hautes latitudes de l'hémisphère sud, alors qu'une diminution générale de ces épisodes ressort dans l'hémisphère nord (Morim *et al.*, 2021). Meucci *et al.* (2021) ont par ailleurs démontré statistiquement une baisse des hauteurs significatives des vagues pour des évènements extrêmes de l'ordre de 5 à 15% et une baisse de la fréquence des évènements extrêmes par an.

Pour les côtes de Nouvelle-Aquitaine, ces résultats indiquent que les conséquences du changement climatique induiront des épisodes de fortes houles légèrement moins fréquents et moins intenses, dans des proportions toutefois assez réduites et plus ou moins prononcées selon les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre futurs. Des investigations complémentaires seraient utiles, par exemple en réalisant une descente d'échelle pour préciser régionalement ces résultats, en simulant d'autres trajectoires climatiques, ou encore en étudiant des seuils de détection d'évènements de fortes houles en adéquation avec ceux que nous connaissons actuellement dans le Golfe de Gascogne.

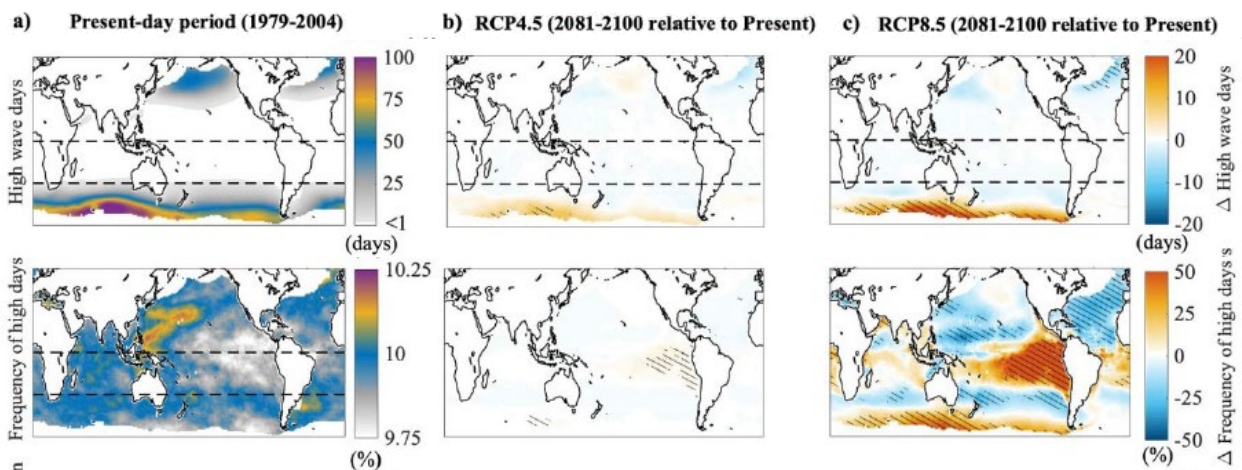


Illustration 96 - Evènements de fortes houles simulés pour la période actuelle (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 (extrait de Morim *et al.*, 2021) ; High wave day : le maximum journalier de hauteur significative dépasse 6 m ; les zones hachurées indiquent les régions où les évolutions projetées sont robustes

Etats de mer

Les variables caractérisant les états de mer sont la hauteur des vagues (mètres), la période (secondes) et la direction du pic (en degrés). Ces paramètres résultent d'une combinaison entre les champs de vents générateurs des vagues et la morphologie côtière.

Les réanalyses et les mesures effectuées en mer suggèrent que la hauteur moyenne des vagues s'est élevée en Atlantique Nord-Est, entre 1958 et 2002 (IPCC, 2013). Le rapport du GIEC (IPCC, 2019) confirme cette tendance, déterminant que la hauteur moyenne des vagues s'est élevée de $0,8 \text{ cm.an}^{-1}$ dans l'Atlantique Nord au cours de la période 1985 - 2018 (niveau de confiance moyen).

Cependant, d'une manière générale, la communauté scientifique s'accorde pour conclure que les incertitudes sur les régimes de vagues futures sont élevées. L'enjeu actuel est de quantifier ces incertitudes, en identifiant celles qui sont issues des désaccords entre modèles de climat, de la variabilité interne du système climatique et du scénario de changement climatique.

Une des méthodes mises en œuvre pour cerner les résultats les plus robustes est de constituer un échantillon de multiples projections des états de mer futurs est d'en extraire les résultats les plus statistiquement robustes. Cette méthode, mise en œuvre à l'échelle mondiale et pour différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, suggère pour l'Atlantique Nord, une diminution des moyennes annuelles de la hauteur significative des vagues et une réorientation vers le nord de la direction moyenne des vagues (Morim *et al.*, 2019).

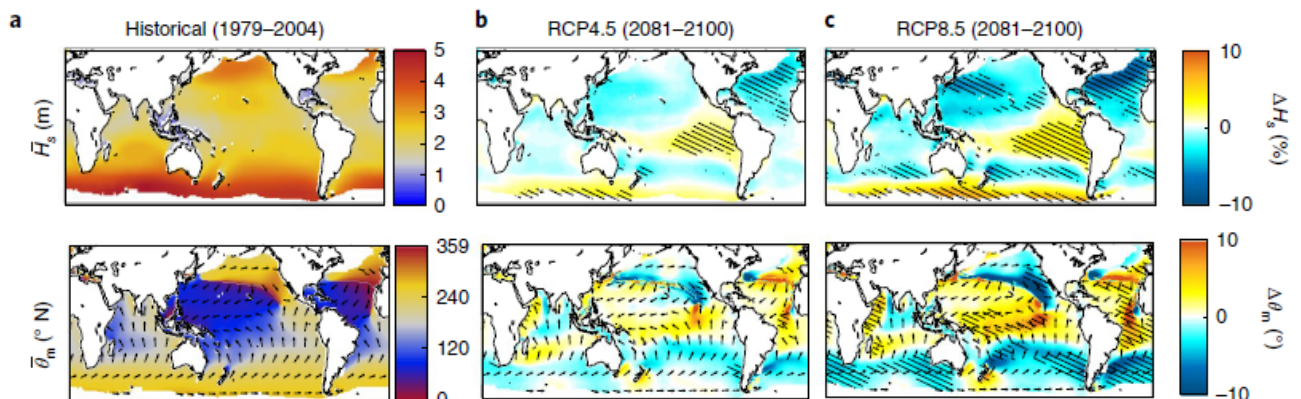


Illustration 97 - États de mer moyens simulés actuels (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et 8.5 ; les zones hachurées indiquent les régions où les évolutions projetées sont robustes (source : extrait de Morim *et al.*, 2019)

Ces résultats confirment les travaux plus anciens, mais régionalisés aux côtes de l'Europe occidentale. Charles *et al.* (2012) ont forcé un modèle de vagues avec des vents du modèle Arpège-Climat de Météo-France. Dans le cas du scénario de changement climatique A2 (scénario de fortes émissions de gaz à effets de serre retenu par le GIEC en 2007), ils obtiennent une baisse des hauteurs de vagues de 5 à 11 % dans le golfe de Gascogne, ainsi qu'un décalage vers le nord d'environ 5° des directions des vagues (Illustration 98). Ces deux phénomènes ont des effets contradictoires sur le transport sédimentaire et la dérive littorale : le premier l'atténue, tandis que le second l'accélère. Du fait de la réfraction bathymétrique, c'est la réduction de la hauteur des vagues qui domine finalement.

Il est difficile d'imaginer que la contribution de ces changements sur les aléas littoraux puisse avoir des effets aussi importants que l'élévation du niveau de la mer d'au moins quelques dizaines de centimètres à la fin du XXI^{ème} siècle. En revanche, la variabilité interannuelle des régimes de

vagues et les effets des tempêtes continueront à avoir des effets importants sur le littoral au cours des prochaines décennies.

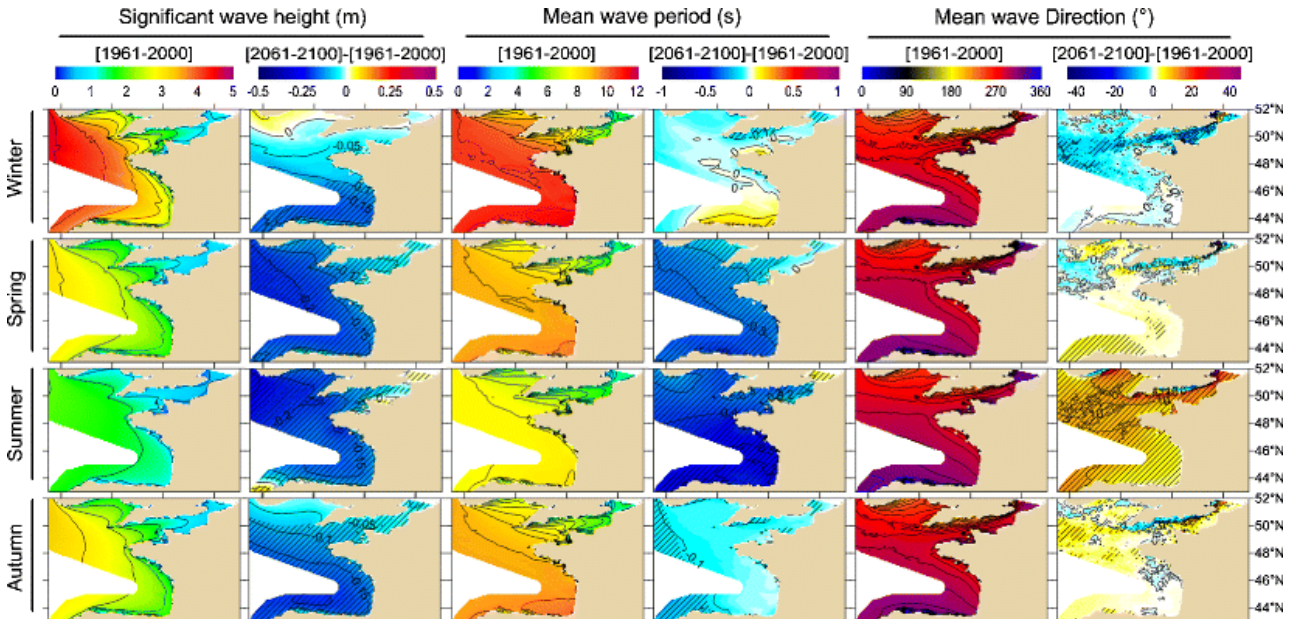


Illustration 98 - Cartes présentant les hauteurs, périodes et directions actuelles des vagues dans le Golfe de Gascogne, ainsi que les changements anticipés pour un scénario de changement climatique A2 (scénarios du rapport de 2007 du GIEC - Extrait de Charles *et al.* (2012)). Ces projections sont basées sur le modèle Arpège-Climat de Météo-France. Les zones hachurées indiquent un changement significatif à 95 %.

Surcotes marines

Comparativement à l'étude des vagues, on dispose de beaucoup moins d'informations concernant l'influence du changement climatique sur les surcotes marines. L'étude de Marcos *et al.* (2011) suggère une baisse des surcotes pour la fin du siècle. Plus précisément, Marcos *et al.* (2012) montrent que le nombre d'évènements baisserait légèrement, mais l'amplitude des surcotes elle-même ne changerait pas. D'autres études sont en cours pour estimer l'impact du changement climatique sur les régimes de surcotes (Laborie *et al.*, 2015). Néanmoins, on peut anticiper un résultat très général : la réduction anticipée des surcotes lors de tempêtes, quelle que soit son origine et son ampleur, ne suffira pas à compenser celles de l'élévation du niveau de la mer. Ce point est montré très clairement par Marcos *et al.* (2012) dans le cas du golfe de Gascogne et pour les scénarios climatiques de 2007, qui supposaient une élévation du niveau marin modérée.

Marées

Les travaux de D. Idier *et al.* (2017) étudient les impacts de l'élévation du niveau marin moyen sur les dynamiques de marées, le long des côtes ouest-européennes (Illustration 99). Ils démontrent que les dynamiques des marées (en particulier la composante M2) sont modifiées proportionnellement à l'élévation du niveau marin moyen tant que cette dernière reste inférieure à +2 m, sur une majeure partie des côtes. Cette relation est valable pour la majorité du domaine étudié, même pour un scénario d'élévation du niveau de la mer non uniforme. Selon les localisations, les modifications de la dynamique des marées contribuent pour +/-15% à l'élévation du niveau marin moyen (soit l'équivalent de 15 cm en plus ou en moins si la mer monte d'1 mètre).

Cette étude démontre également une sensibilité de ce phénomène à la présence de défenses côtières.

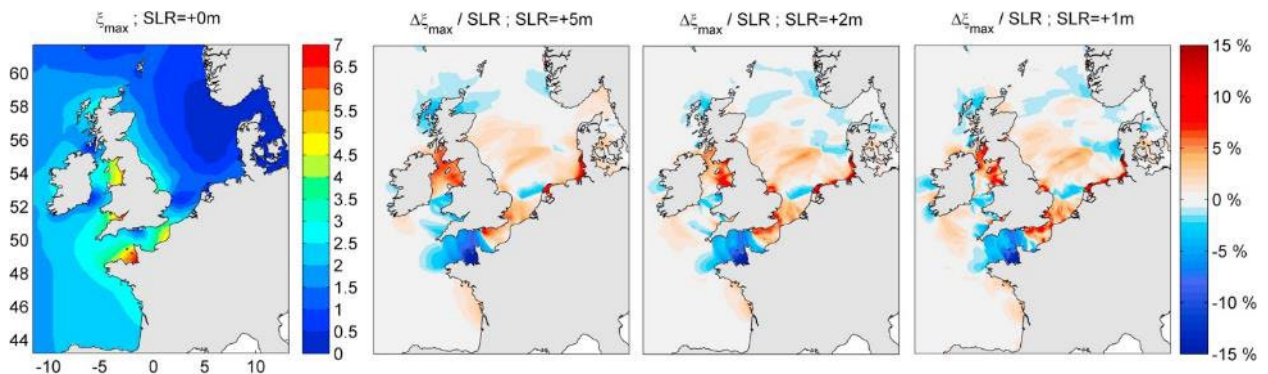


Illustration 99 - Valeurs absolues (m) des niveaux maximaux de pleine mer, par rapport aux niveaux moyens, pour le scénario de référence (SLR = 0 m, à gauche) et changements relatifs pour 3 scénarios d'élévation du niveau marin (SLR=5, 2, 1 m ; 3 cartes de droites). Pour chacun des 3 scénarios, les changements relatifs sont obtenus en calculant d'abord la différence (en m) entre les niveaux maximaux de pleine mer pour le scénario choisi (SLR) et les niveaux pour le scénario de référence (SLR = 0 m), puis en divisant cette différence par la valeur de remontée du niveau marin considérée (SLR). Les 4 simulations (pour SLR = 0, 5, 2 et 1 m) ont été réalisées en considérant une année type (2009) et en ne faisant varier que le niveau moyen.

Physiquement, les changements de marée induits par l'élévation du niveau de la mer résultent de la compétition entre les réductions de l'amortissement du frottement sur le fond, les changements des propriétés de résonance de la marée et l'augmentation de la réflexion sur la côte, c'est-à-dire des processus locaux et non locaux.

D'après ces travaux et au droit des côtes de la Nouvelle-Aquitaine, pour un scénario futur considérant une augmentation du niveau marin moyen non uniforme à l'horizon 2100 (2081 - 2100), correspondant au scénario d'émissions de gaz à effet de serre RCP 4.5, établi par le GIEC en 2013 (IPCC, 2013), les modifications de la dynamique des marées apparaissent réduites. Elles contribueraient pour moins de 5 % à l'élévation du niveau marin moyen (Illustration 100). Les impacts en termes de dynamique sédimentaire pourraient être significatifs dans la Manche, mais plus restreints au sud du Golfe de Gascogne (Illustration 100).

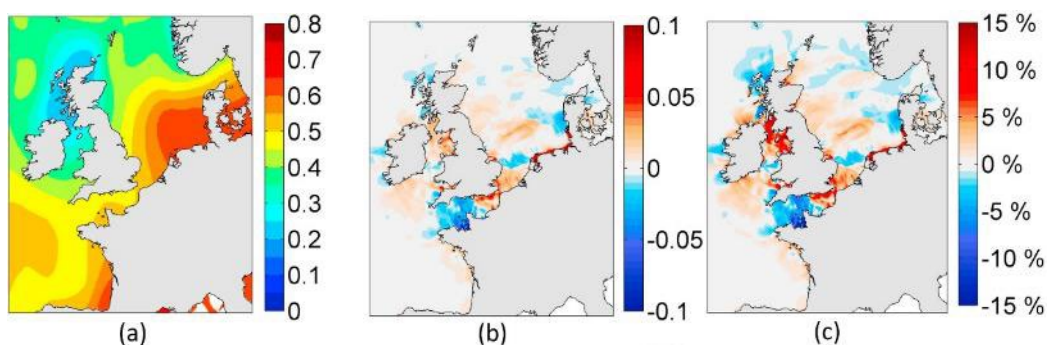


Illustration 100 - (a) Distribution non uniforme de l'élévation du niveau marin moyen (en m), en fonction du scénario RCP 4.5, pour la période 2081 - 2100 (IPCC, 2013) ; variation absolue (b) et relative (c) du niveau de marée haute, induit par ce même scénario

Evolution des températures et précipitations

Le dernier rapport du GIEC (IPCC, 2021) prévoit, sans équivoque, l'augmentation générale future des températures moyennes annuelles à l'échelle du globe, quel que soit le scénario d'émissions de gaz à effet de serre considéré. Sans de fortes réductions de ces émissions dans les prochaines décennies, le réchauffement global dépassera 1,5°C à 2°C, au cours du 21ème siècle. Les moyennes mondiales annuelles de précipitations sur les continents augmenteront de 1,5 à 8 %, selon un scénario intermédiaire d'émissions de gaz à effet de serre (RCP 2.6 à 4.5) et de 1 à 13 %, selon le scénario RCP 8.5, pour la période 2081-2100 relativement à la période 1995-2014 (intervalles vraisemblables).

Le portail DRIAS (www.drias-climat.fr) permet la visualisation des évolutions des températures et précipitations en France métropolitaine, considérant les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre ou encore des trajectoires de réchauffement de la température mondiale et en France.

Selon une trajectoire de réchauffement en France métropolitaine de +2,7°C en 2050 et +4°C en 2100, les écarts dans le Sud-Ouest par rapport à la température moyenne annuelle actuelle (période de référence 1976-2005) seront respectivement de +2°C et de +3,4°C (valeurs médianes). Selon cette même trajectoire de réchauffement, les cumuls annuels de précipitations diminueront légèrement (entre 0 et -10 % d'ici 2100) (Illustration 101).

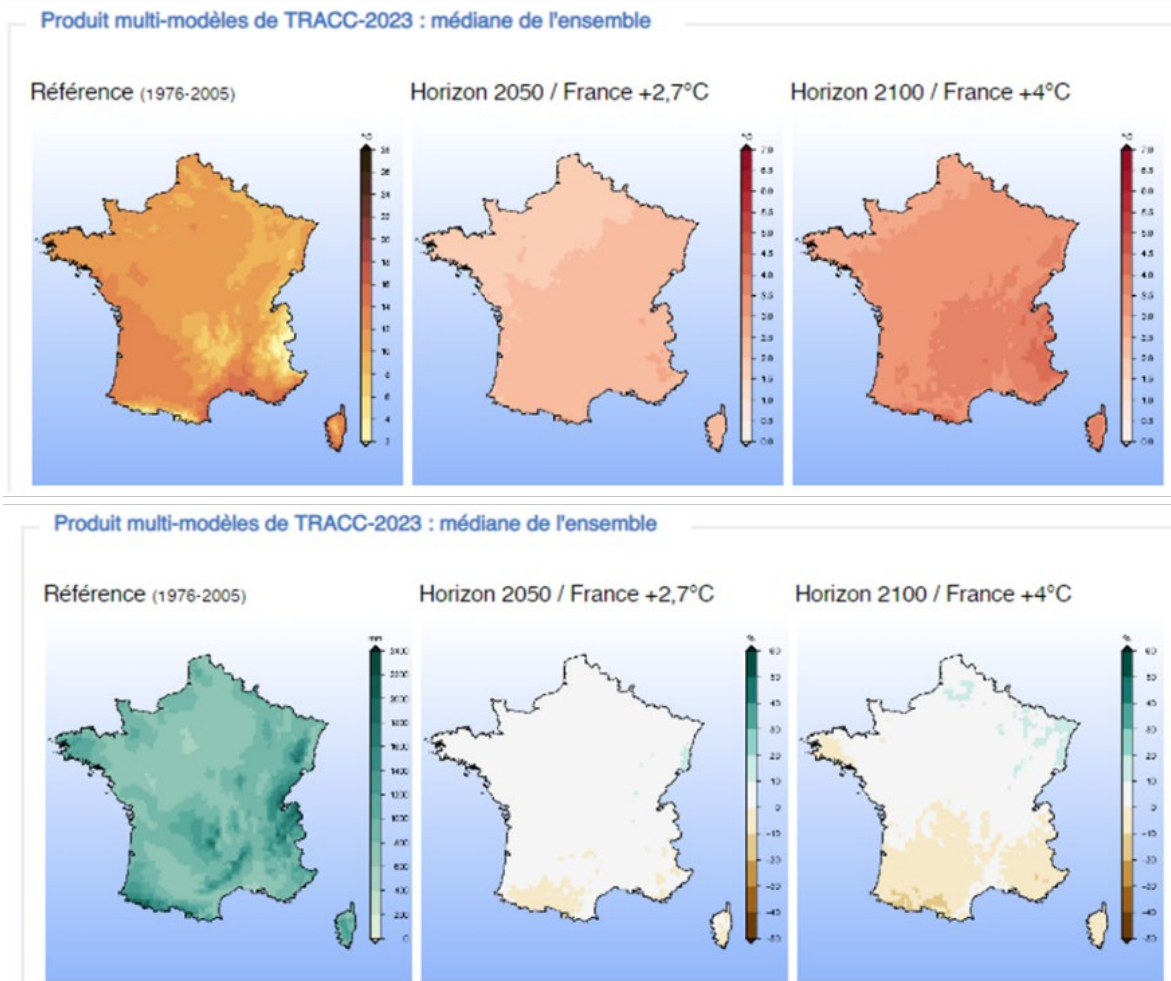
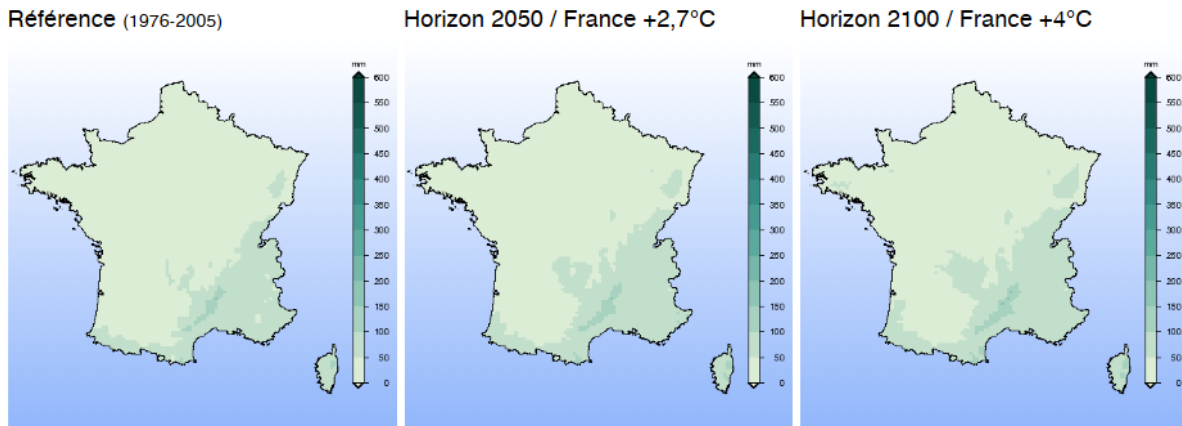


Illustration 101 - Températures moyennes (degrés Celsius, en haut) et précipitations moyennes (mm, en bas) de la France métropolitaine : valeurs moyennes annuelles pour la période de référence 1976-2005 (à gauche) et écarts à cette valeur à l'horizon temporel moyen (2050) pour les scénarios de réchauffement en France métropolitaine de +2,7°C (au milieu) et de +4°C (à droite) - produits « multi-modèles » de DRIAS-2020, médianes de l'ensemble (source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)

Toutefois, à l'instar des prévisions à l'échelle mondiale, et toujours suivant la trajectoire de réchauffement en France utilisée précédemment, les extrêmes seront plus marqués, avec une augmentation des durées de périodes de sécheresse (nombres de jours consécutifs sans précipitations) et une hausse du nombre de jours de précipitations fortes et extrêmes. En outre, le nombre de jours avec un sol sec sera plus important de plusieurs dizaines de jours par an par rapport à l'actuel, dès 2050, et de l'ordre d'une cinquantaine de jours pour le sud de la région d'ici 2100 (Illustration 102).

Produit multi-modèles de TRACC-2023 : médiane de l'ensemble



Produit multi-modèles de TRACC-2023 : médiane de l'ensemble

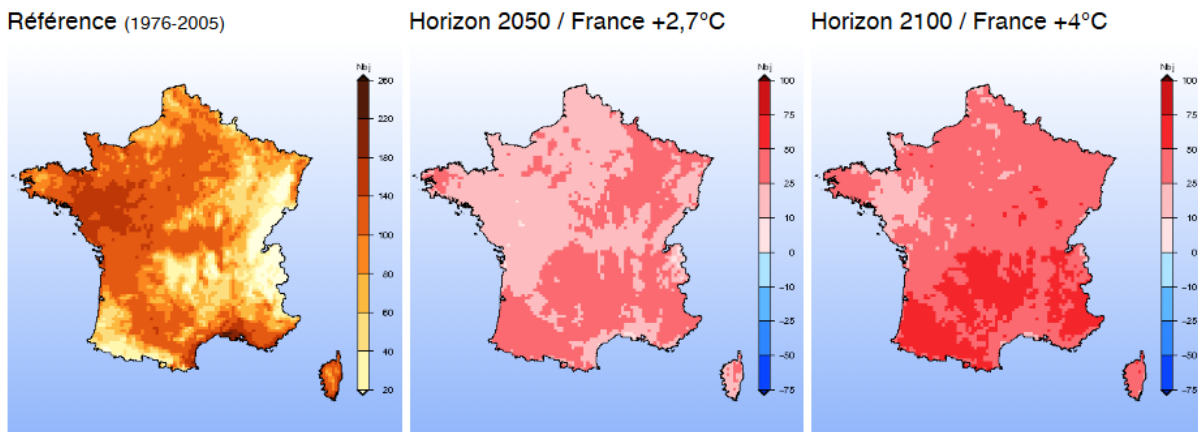


Illustration 102 - Intensité des précipitations extrêmes (moyenne pour la période autour des horizons temporels, valeurs médianes) (en haut) ; nombre de jours avec un sol sec (SWI < 0,4) : valeur de référence et écart à cette valeur par horizon (en bas) (source : Dias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)

Ces évolutions météorologiques peuvent influencer les propriétés et le comportement mécanique des roches et des sols. En outre, les circulations d'eau, à la surface du sol par ruissellement, ou dans le sol et le sous-sol par infiltration, constituent l'un des principaux facteurs expliquant l'occurrence de mouvements de terrain. Elles induisent une érosion mécanique et chimique des matériaux et augmentent les pressions interstitielles. Au-delà des seules circulations d'eau qui seront modifiées à l'avenir, notons également de potentielles évolutions du nombre de cycles de gel/dégel et du taux d'humidité, qui peuvent également être à l'origine de mouvements de terrain.

Enfin, l'augmentation du nombre de jours de précipitations exceptionnelles est susceptible d'entraîner une augmentation des crues des cours d'eau, et l'envahissement par la mer (progressif puis permanent) des zones basses littorales. Ce paramètre, croisé à l'augmentation du niveau marin, augmentera les phénomènes d'inondation des vallées côtières et des marais littoraux.

Evolution des quantités d'eaux superficielles et souterraines

Le projet « Explore2 », porté par l'INRAE et l'Office International de l'Eau (OIEau) propose des projections hydrologiques des eaux de surface et souterraines de référence, mises en ligne via la plateforme « Drias ^{les futurs de l'eau} » ([DRIAS, Les futurs de l'Eau - Accueil](https://drias-les-futurs-de-l-eau.fr/)). Les conséquences du changement climatique pour ces hydro-systèmes sont liées aux évolutions de la recharge et à l'évolution des prélèvements. Les projections futures sont réalisées sur la base de « narratifs » qui constituent des trajectoires d'évolutions du climat sous l'impact du changement climatique, ils ne portent pas sur l'aspect « prélèvements ».

Les résultats sont comparables pour les principaux cours d'eau présents dans le secteur d'étude (La Nive, La Nivelle). Quels que soient les narratifs simulés et d'ici la fin du siècle, il est estimé une diminution progressive de la moyenne annuelle du débit journalier de ces cours d'eau au cours des prochaines décennies (de l'ordre de 10 à 30%). A l'exception du scénario traduisant un fort réchauffement et de forts contrastes saisonniers en précipitations, une augmentation de l'occurrence des crues de période de retour 10 ans, de même que des étiages de période de retour 5 ans. Un extrait des résultats pour la Nive est fourni ci-après (Illustration 103).

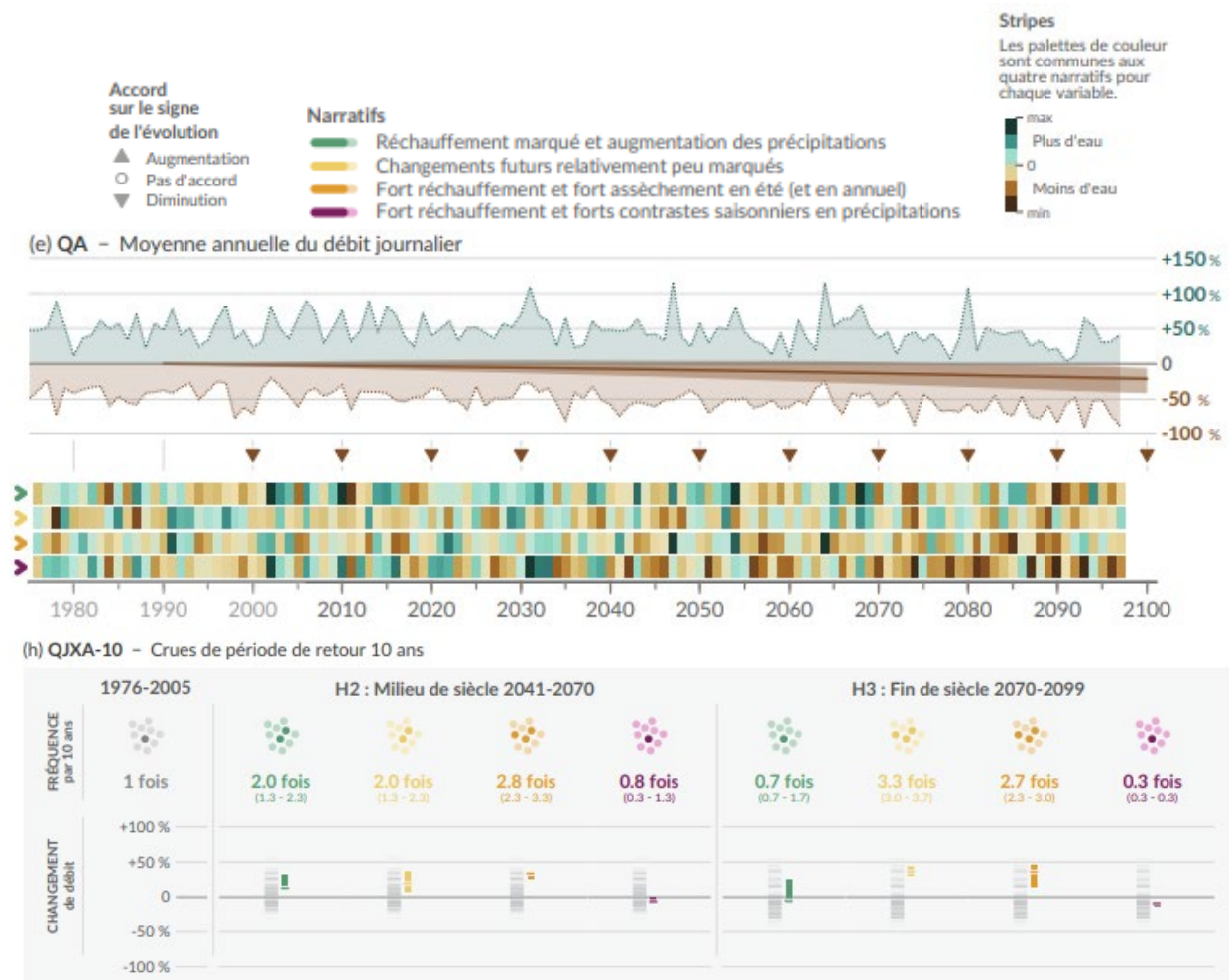


Illustration 103 - Projections de l'évolution de la moyenne annuelle du débit journalier (au milieu) et des crues de période de retour 10 ans (en bas), pour La Nive à Cambo-les-Bains (source : drias-eau.fr/accompagnement/carteFicheResultatsExplore2/)

Explore 2 a également été l'occasion de travailler sur la ressource en eau, toutefois limité à l'emprise nord-aquitaine dans notre région, en lien avec les outils de modélisation disponibles (Vergnes *et al.*, 2024). Il indique toutefois des tendances qui, sans pouvoir être généralisées, fournit des éléments d'information quant au comportement de systèmes aquifères dans un contexte de changement climatique. D'une manière générale, la synthèse des résultats montre une augmentation globale des niveaux de nappe pour les scénarios de changement climatique (issus du 5^{ème} rapport d'évaluation du GIEC), ces hausses ne dépassant pas +3 m si l'on considère l'hypothèse « sans prélèvements » dans la ressource. Les résultats indiquent également que les prélèvements induisent des rabattements (i.e. baisse de niveau) de nappe pluri-métriques qui sont susceptibles de masquer ces hausses de niveaux piézométriques induits par le changement climatique (Illustration 104).

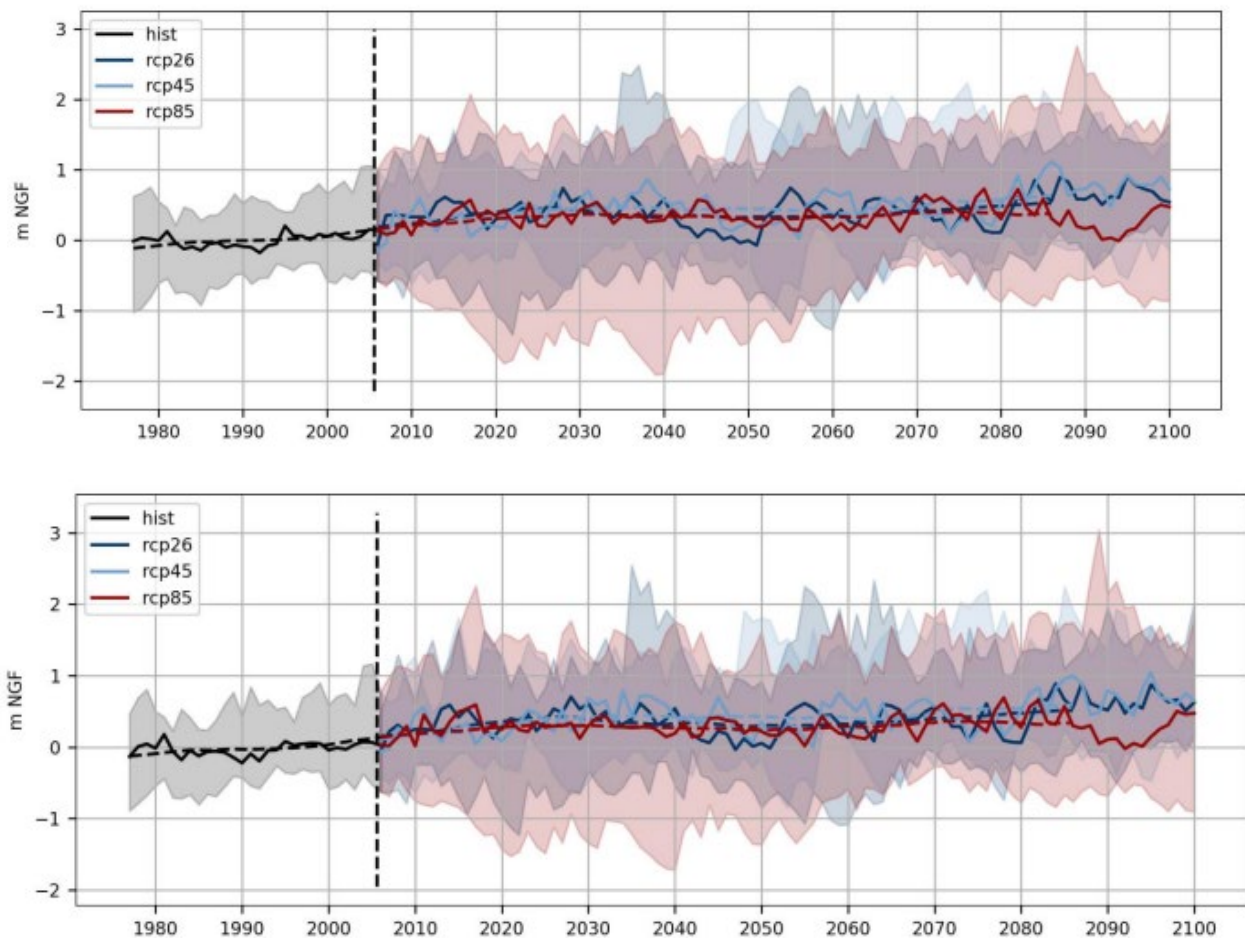


Illustration 104 - Evolution des niveaux piézométriques moyens annuels agrégés spatialement sans prélèvements pour la période de référence (noir) et les 3 scénarios RCP du GIEC ; traits pleins : médiane de l'ensemble, traits pointillés : médiane de l'ensemble avec application d'une moyenne mobile de fenêtre fixée à 30 ans (ensemble Explore2-2024, ADAMONT) ; en haut : aquifère du Plio-Quaternaire ; en bas : aquifère de l'Oligocène (Extrait de Vergnes *et al.* (2024))

La baisse des débits fluviaux, mais aussi l'augmentation des précipitations fortes et extrêmes perturberont le transport de sédiments (capacité de mobilisation de la charge solide, flux de sédiments) dans les bassins versants et tout au long des cours d'eau. Au droit des embouchures et des littoraux adjacents, la question de la disponibilité sédimentaire est essentielle, en particulier pour les secteurs limono-vaseux, où le taux de sédimentation positif (conduisant à un exhaussement des zones intertidales) est susceptible de compenser les effets de l'élévation du niveau marin.

Les évolutions des niveaux piézométriques des nappes se traduiront par des modifications des pressions interstitielles, qu'elles exercent au sein des roches aquifères, et du taux d'humidité de ces dernières. Ainsi, selon les niveaux piézométriques futurs, des modifications potentielles des propriétés mécaniques des matériaux, constitutifs des zones côtières, pourraient impacter la dynamique d'évolution des côtes meubles et à falaises. Notons enfin, qu'avec l'élévation du niveau de la mer, les intrusions salines au sein des aquifères côtiers seront croissantes.

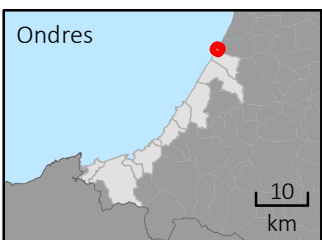
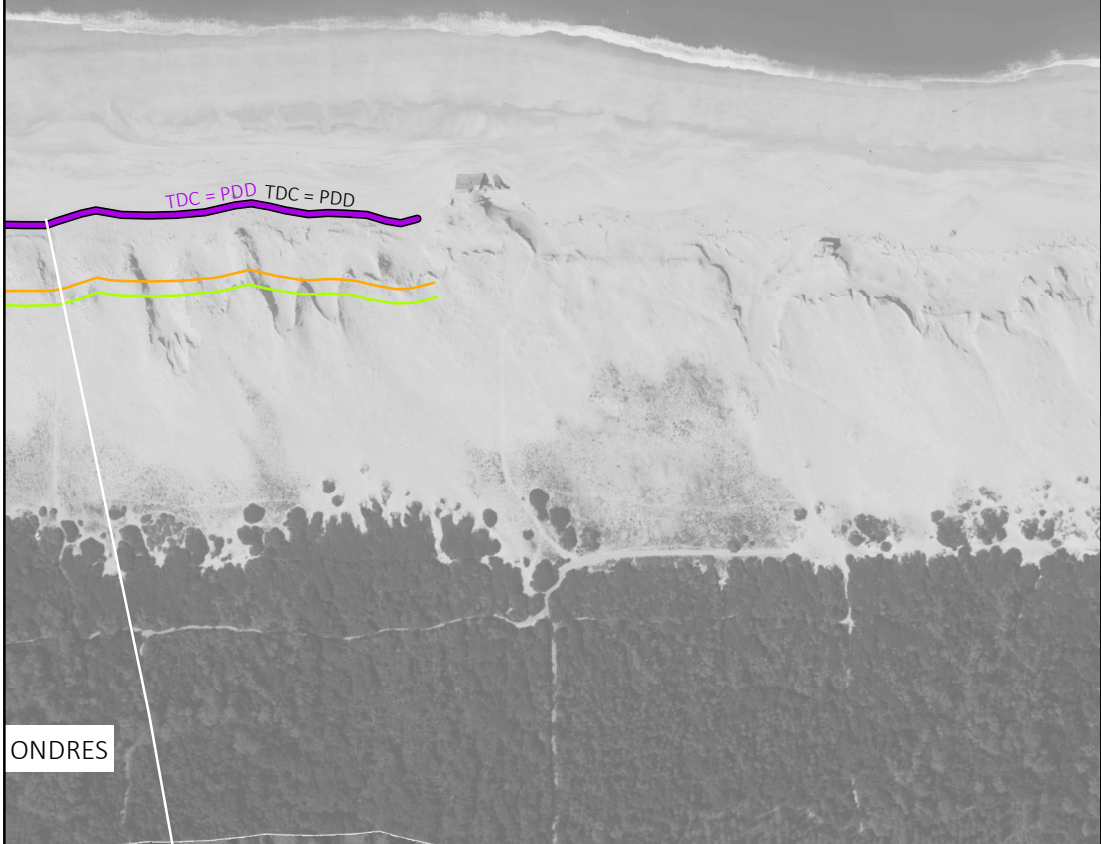
Annexe 3 Atlas cartographique au 1/5 000 de l'exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque, au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans (hors texte)

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

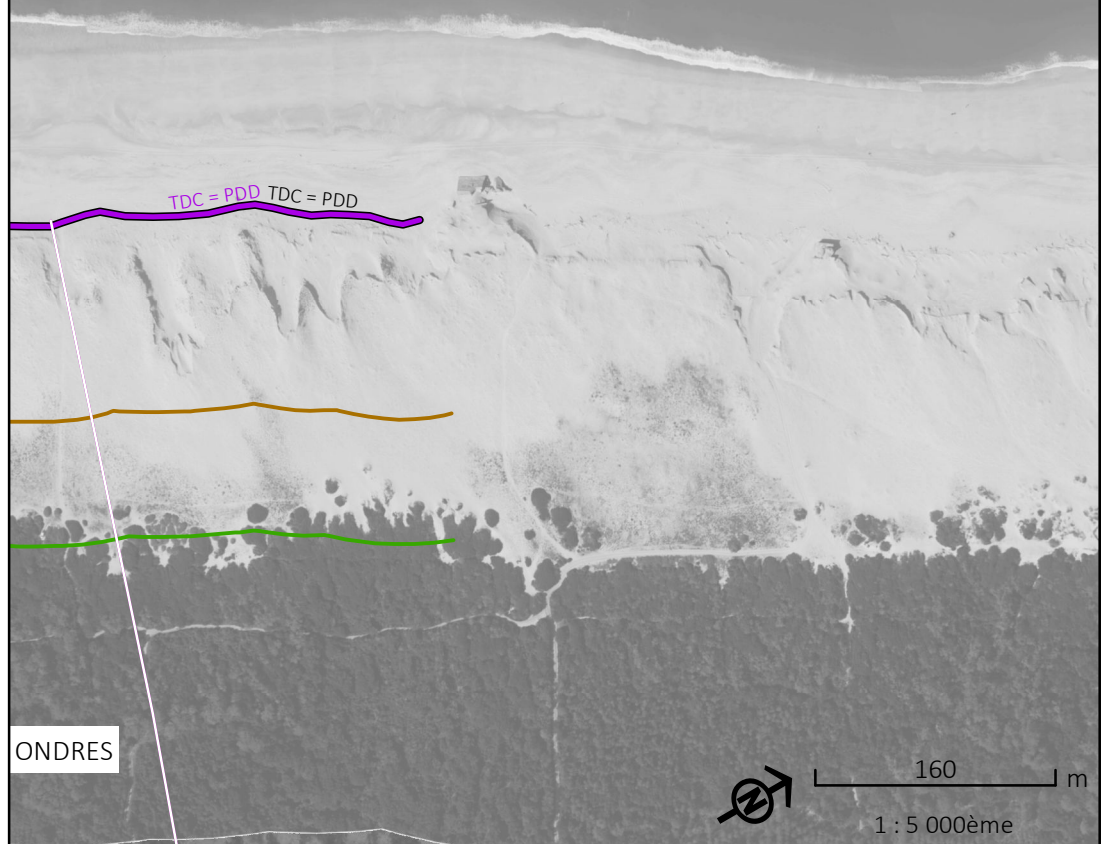
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



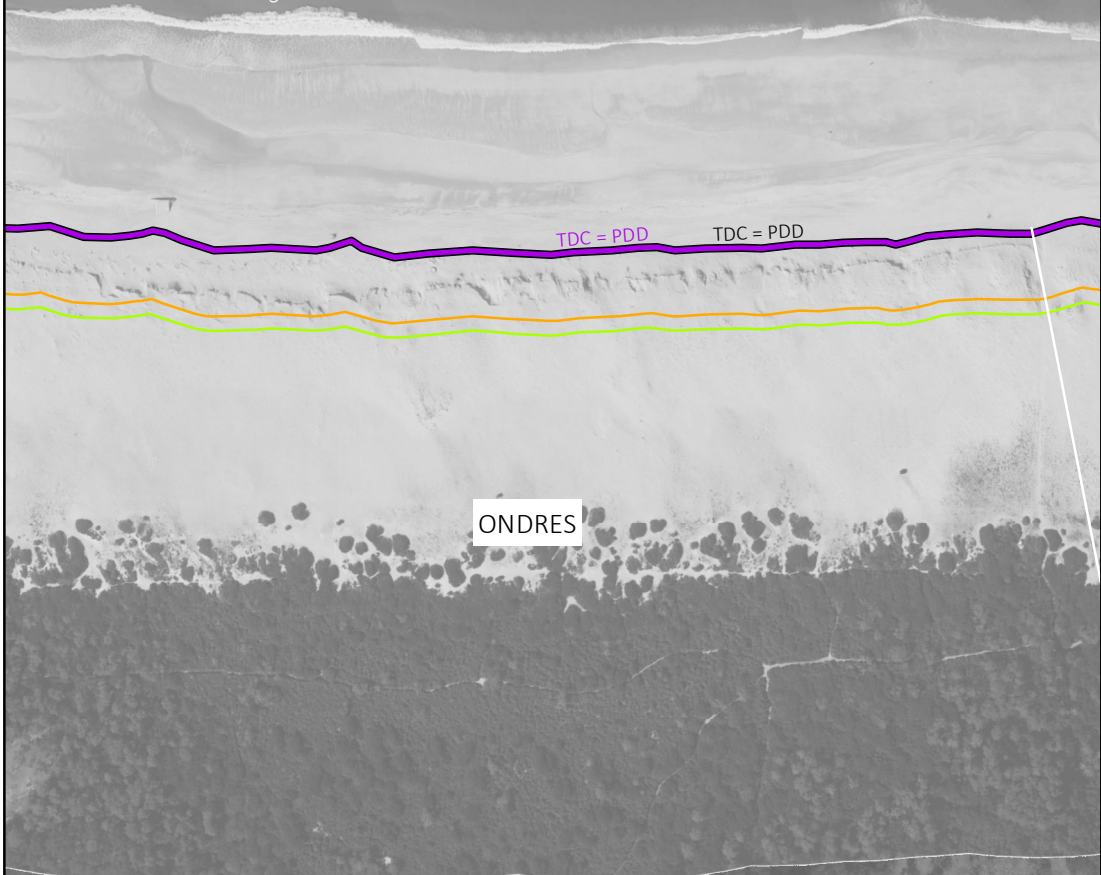
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

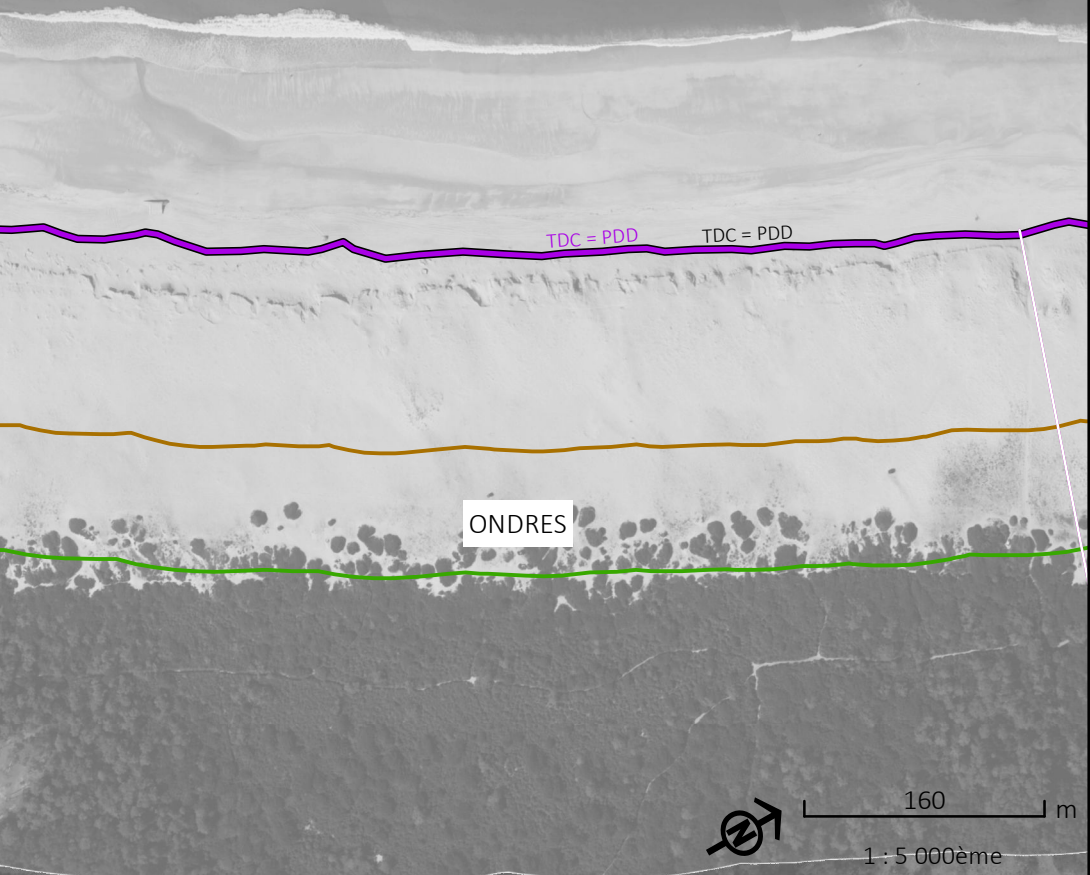
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



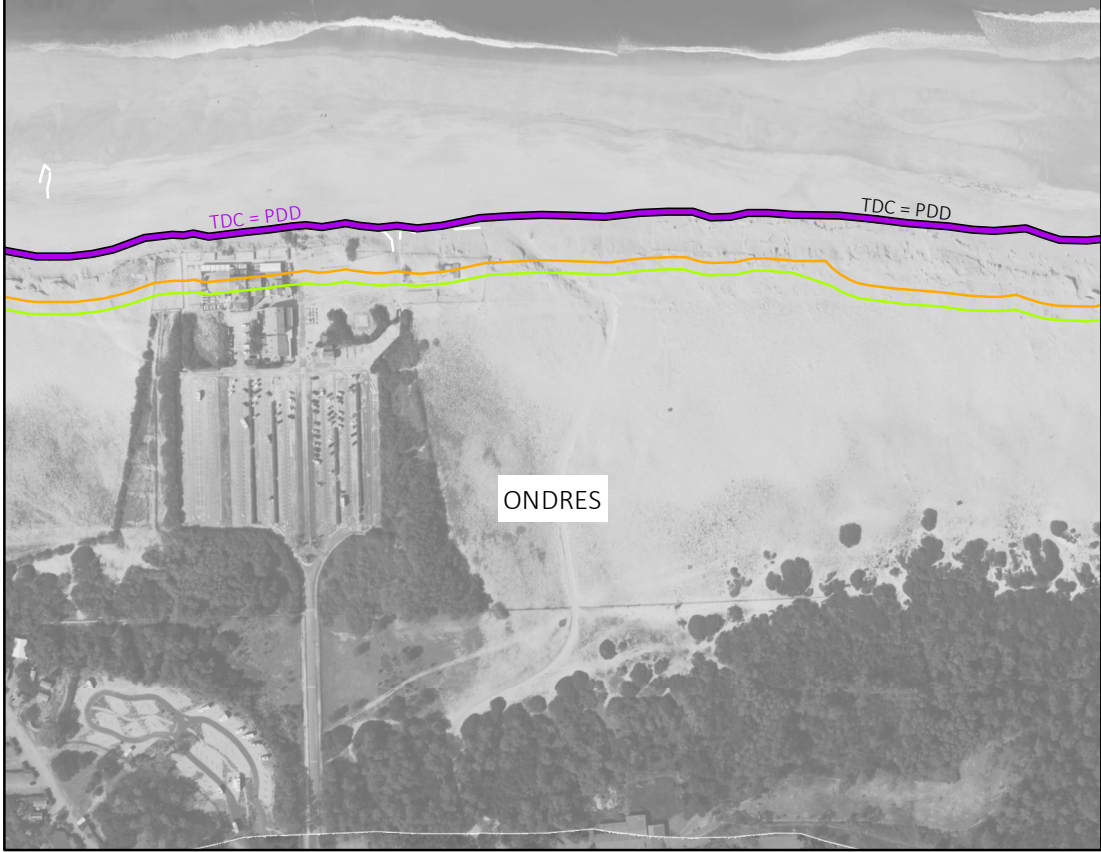
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

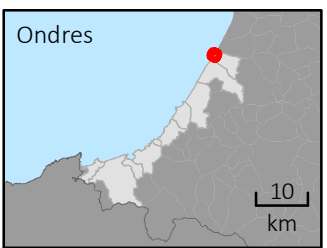
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
 Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
 PDC = Pied de cordon
 PDD = Pied de dune
 PDO = Pied d'ouvrage
 SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
 ©OCNA, Sintegra, 2020
 ©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

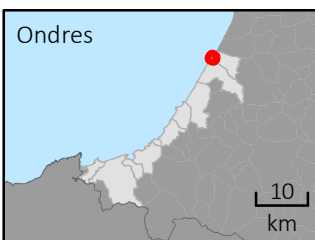
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

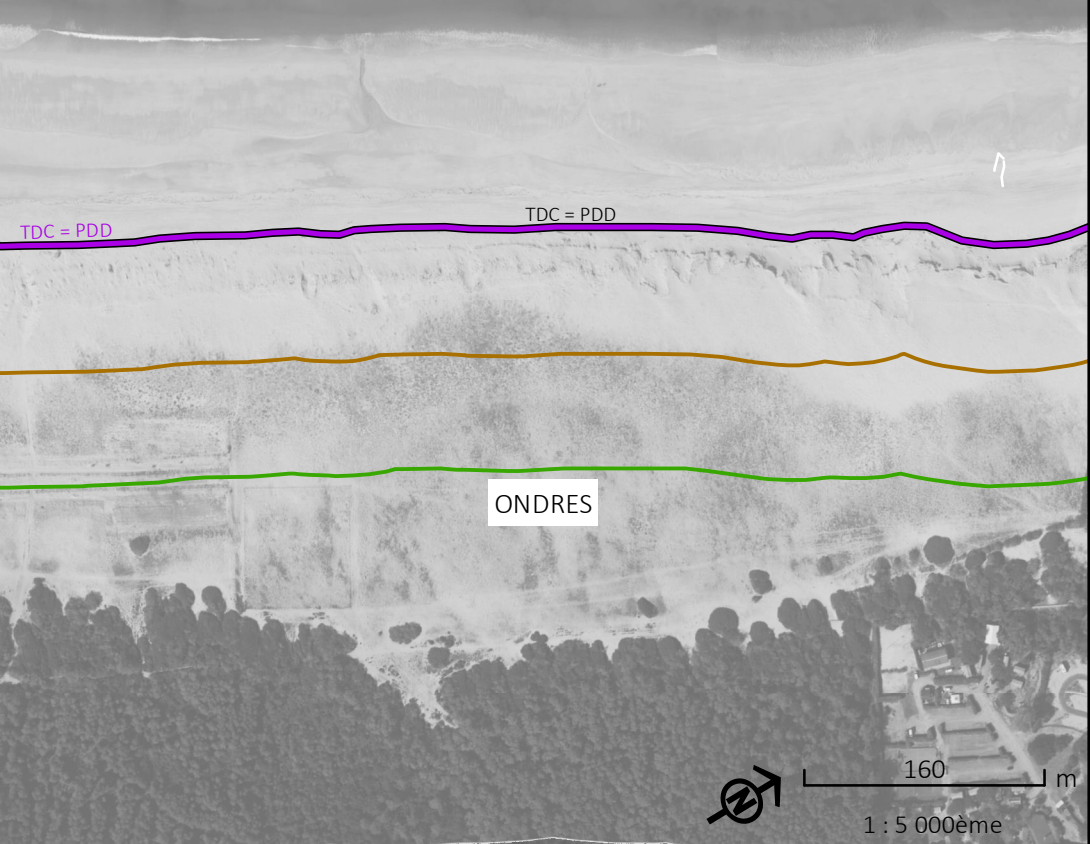
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



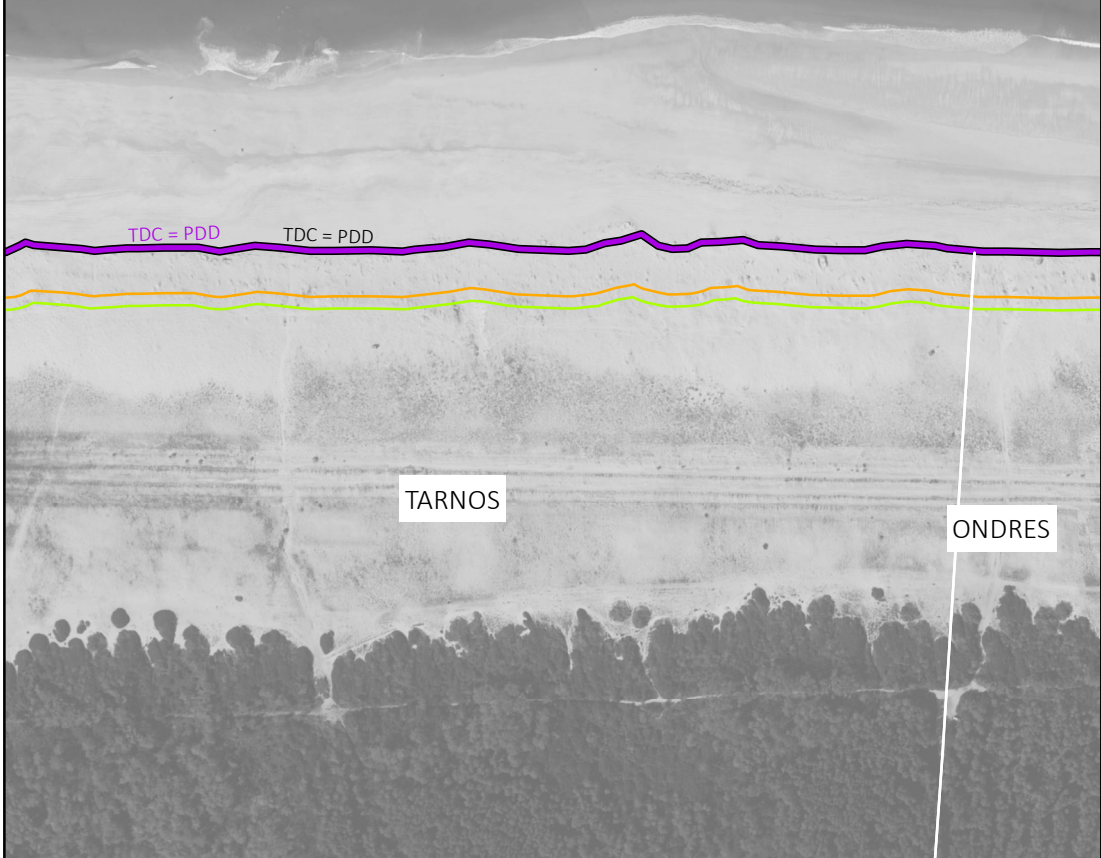
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

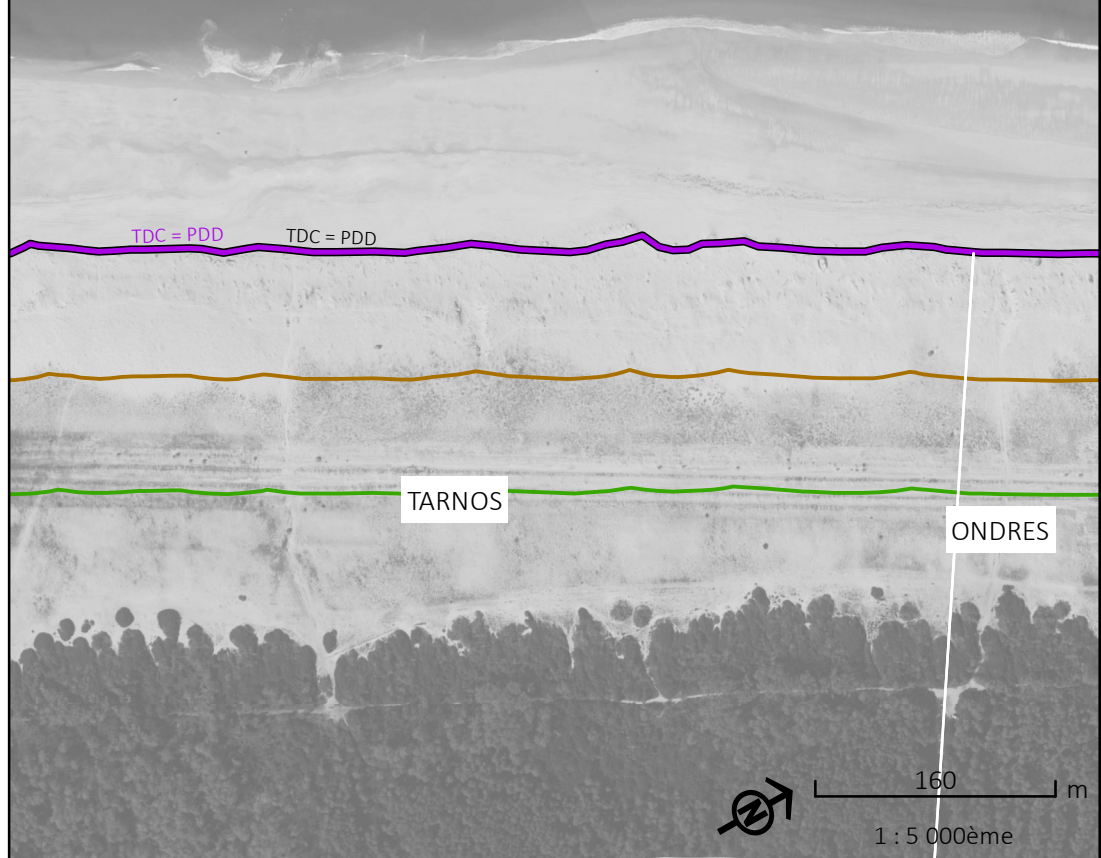
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



Trait de côte

- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- projeté en 2050, selon un scénario "médian"
- projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
- projeté en 2120, selon un scénario "médian"
- projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments

- Non pérenne à +30 ou +100 ans
- Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
- Pérenne à +30 et +100 ans

Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :

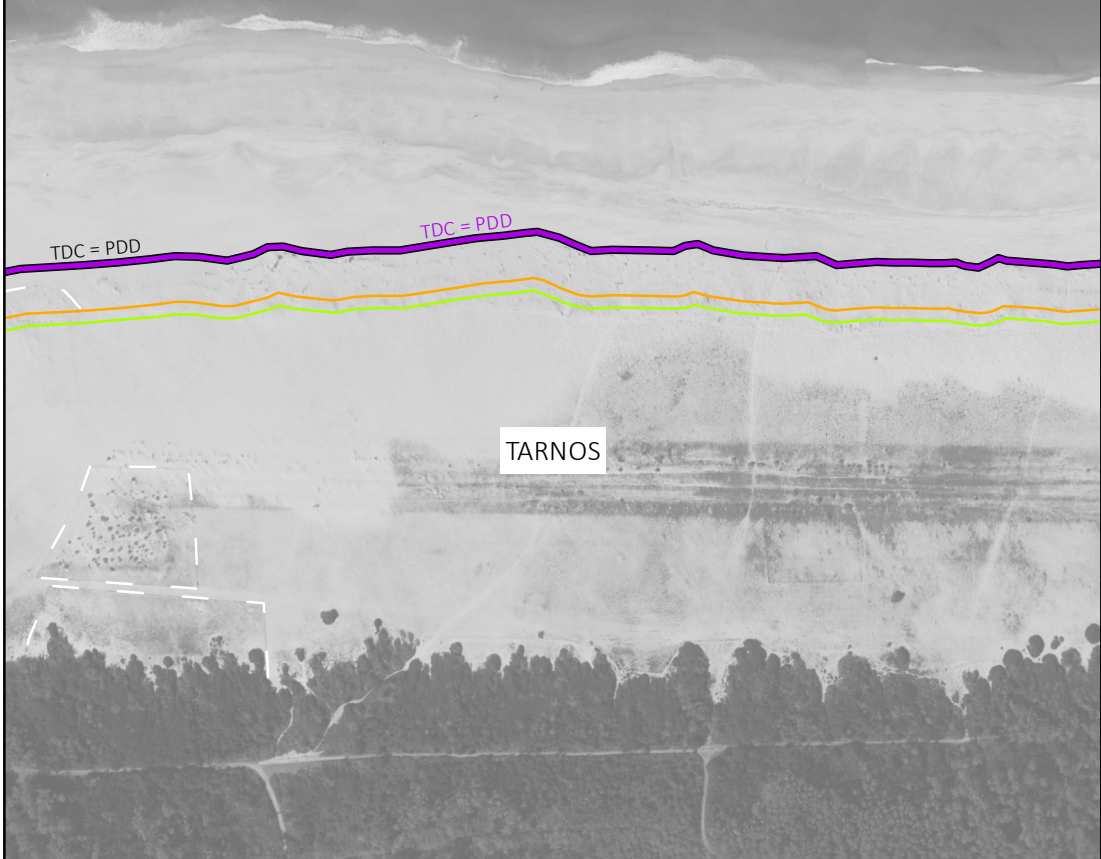
- Totale
- Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

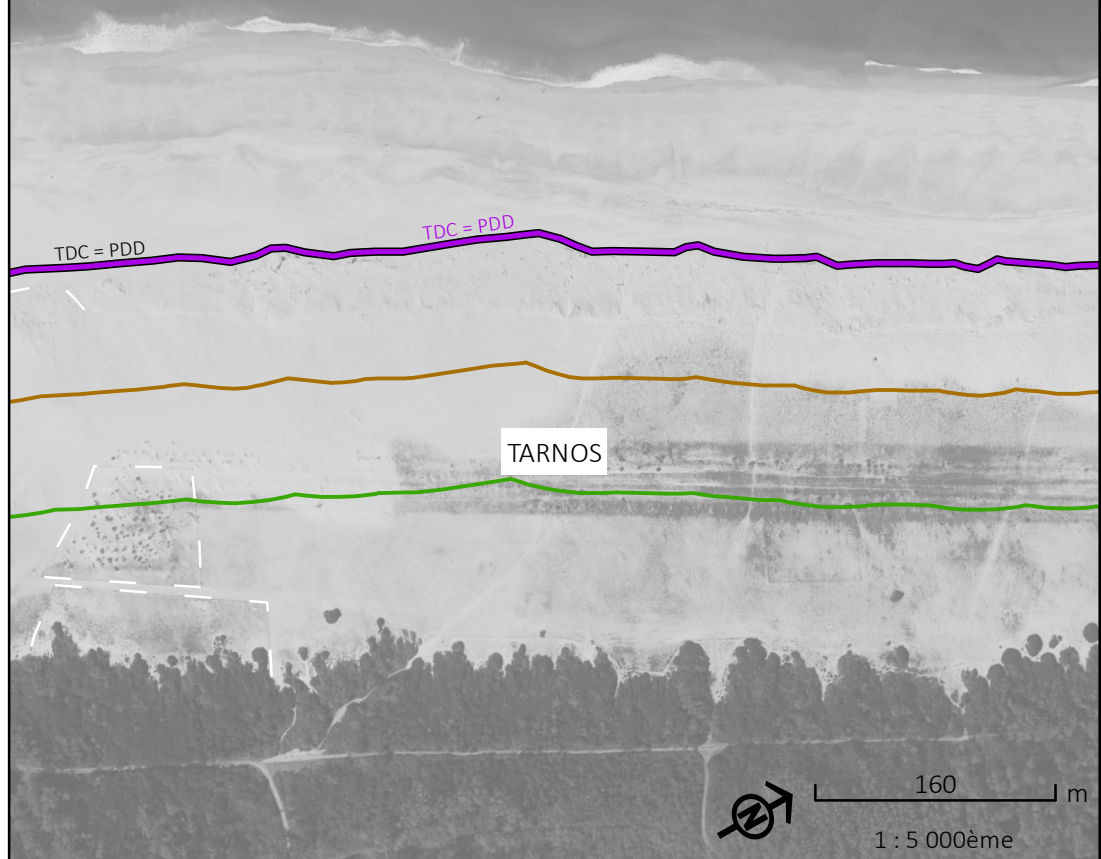
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

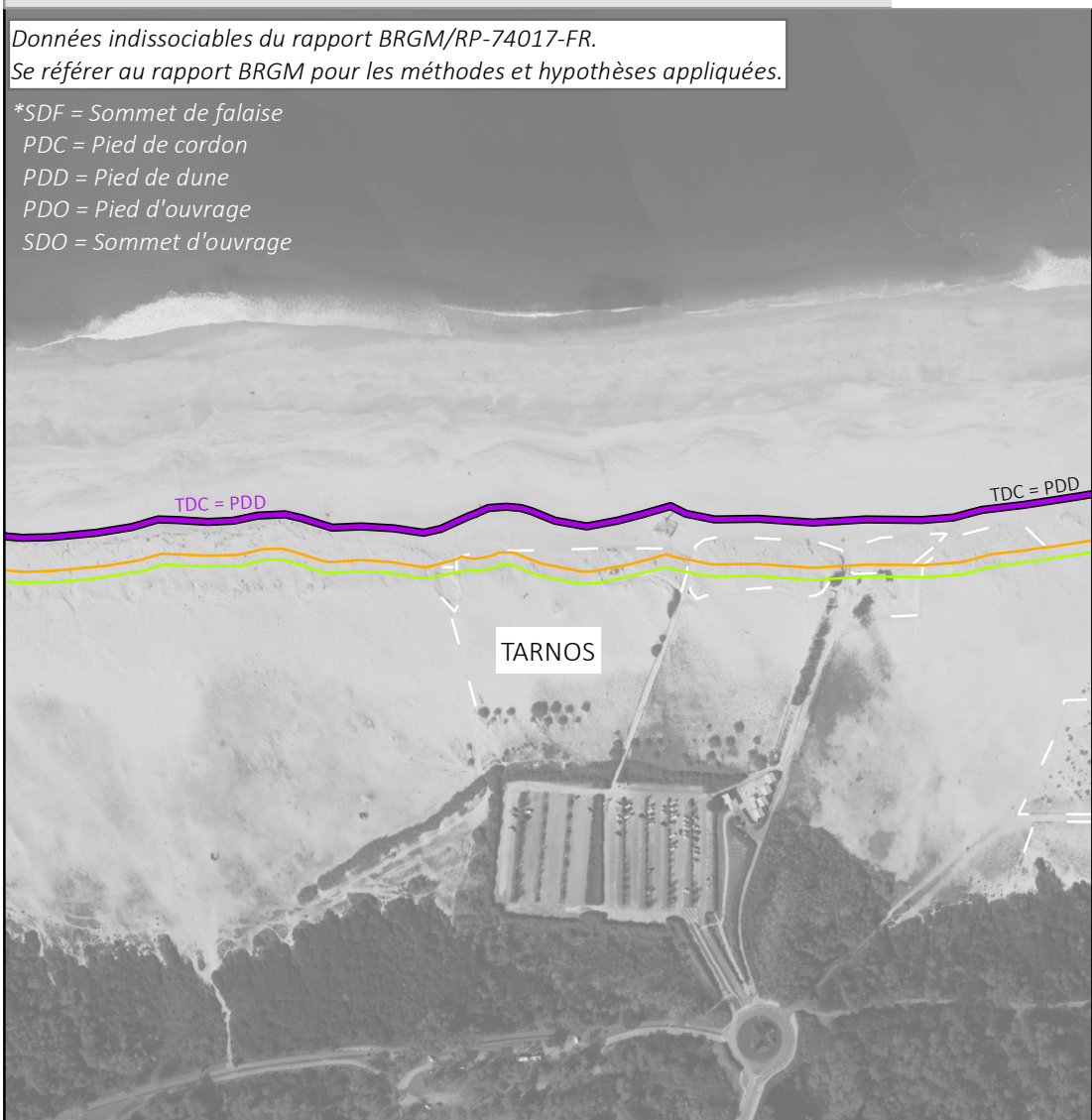
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

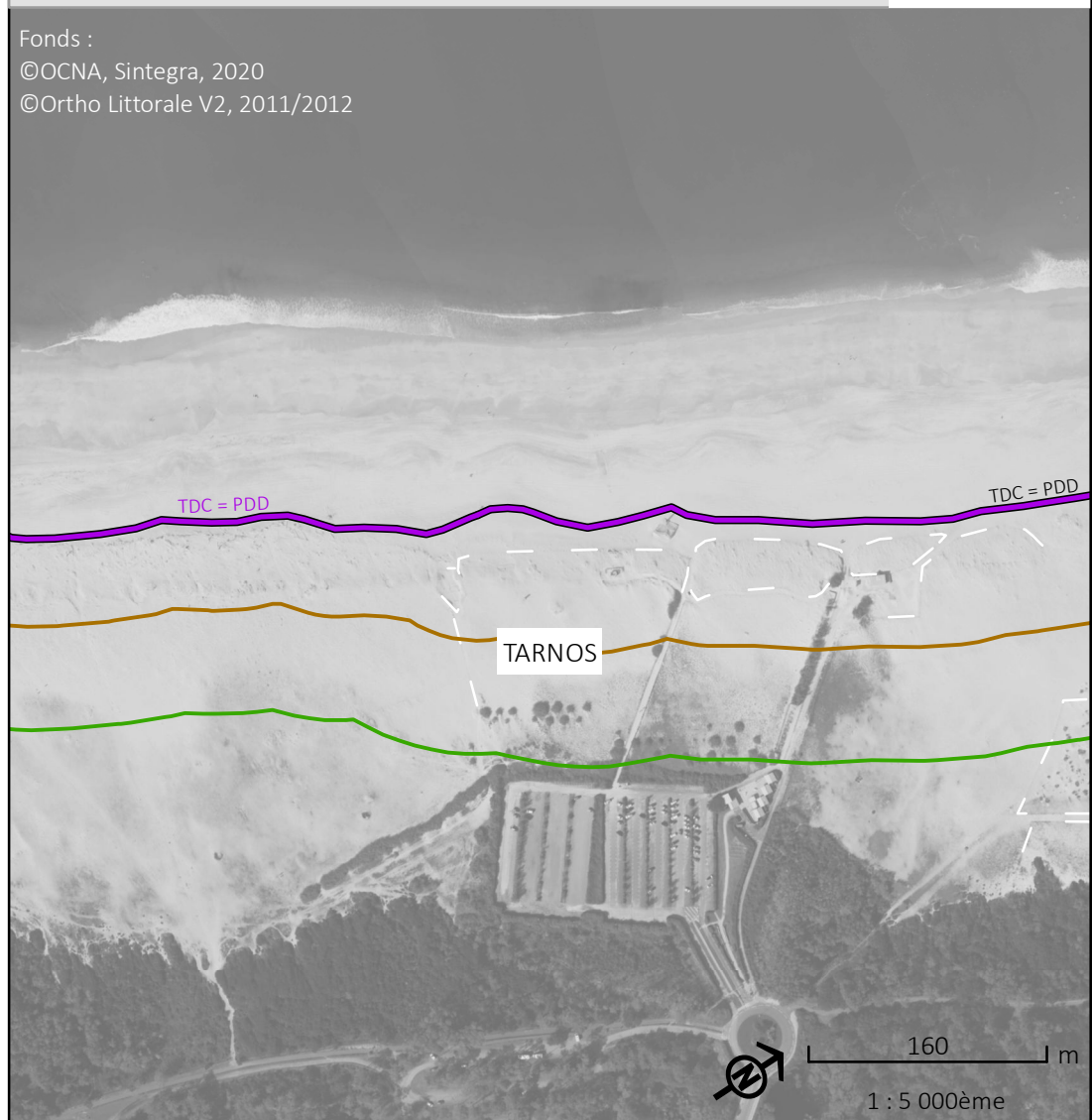
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



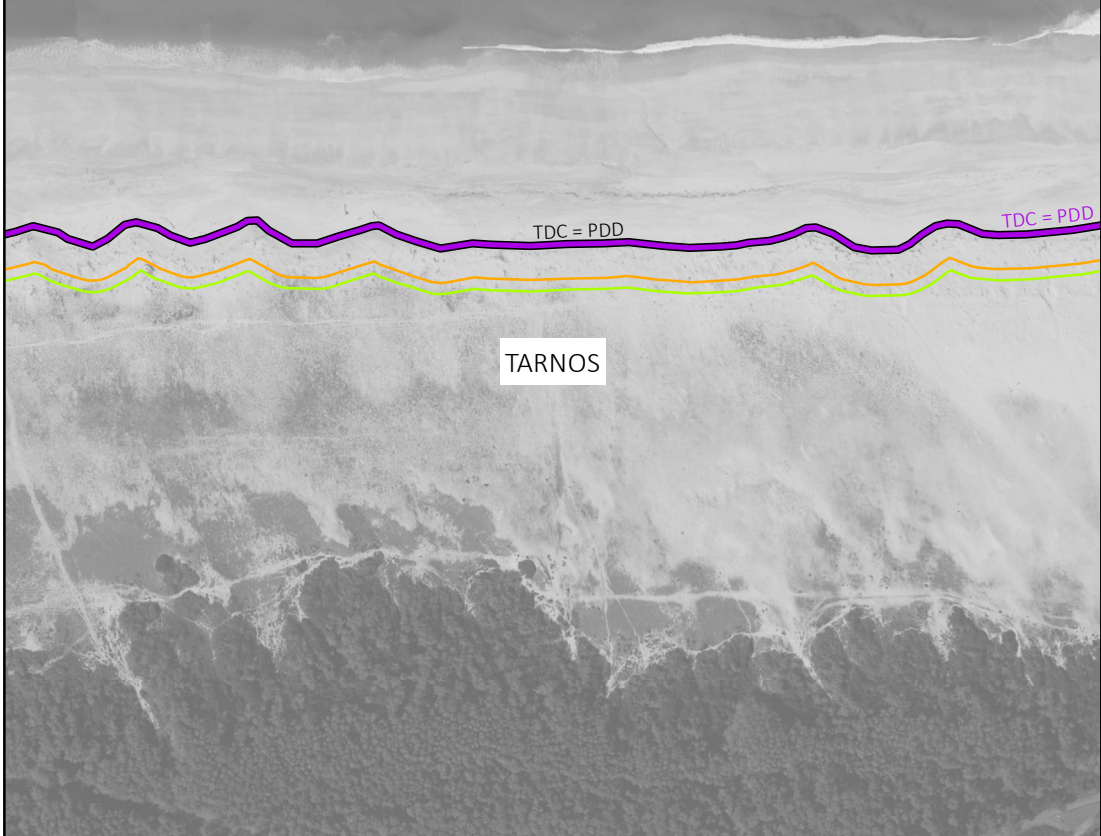
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

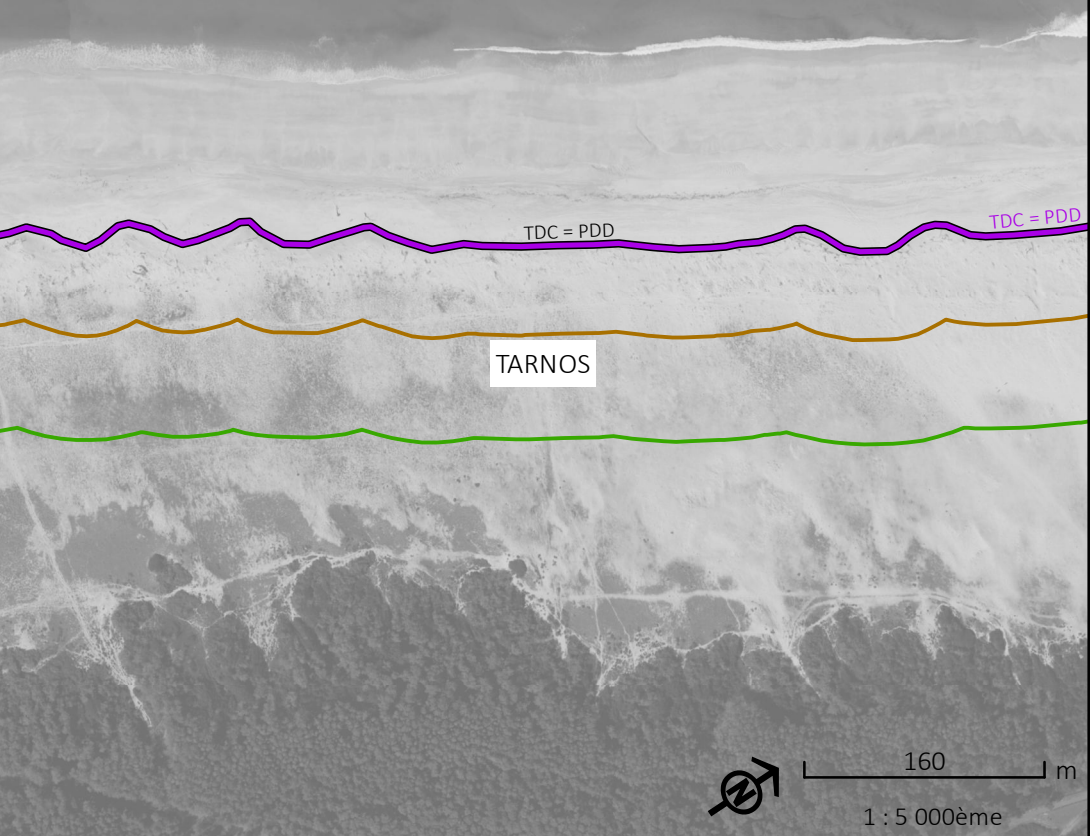
*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



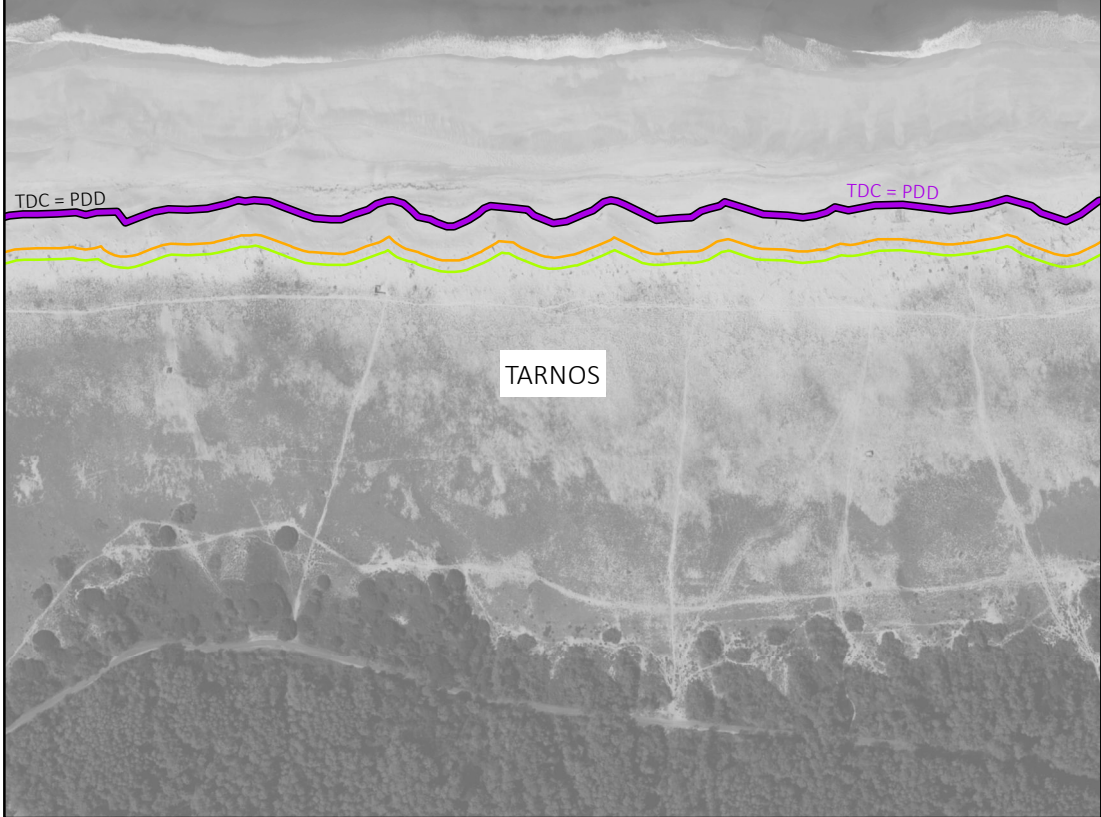
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

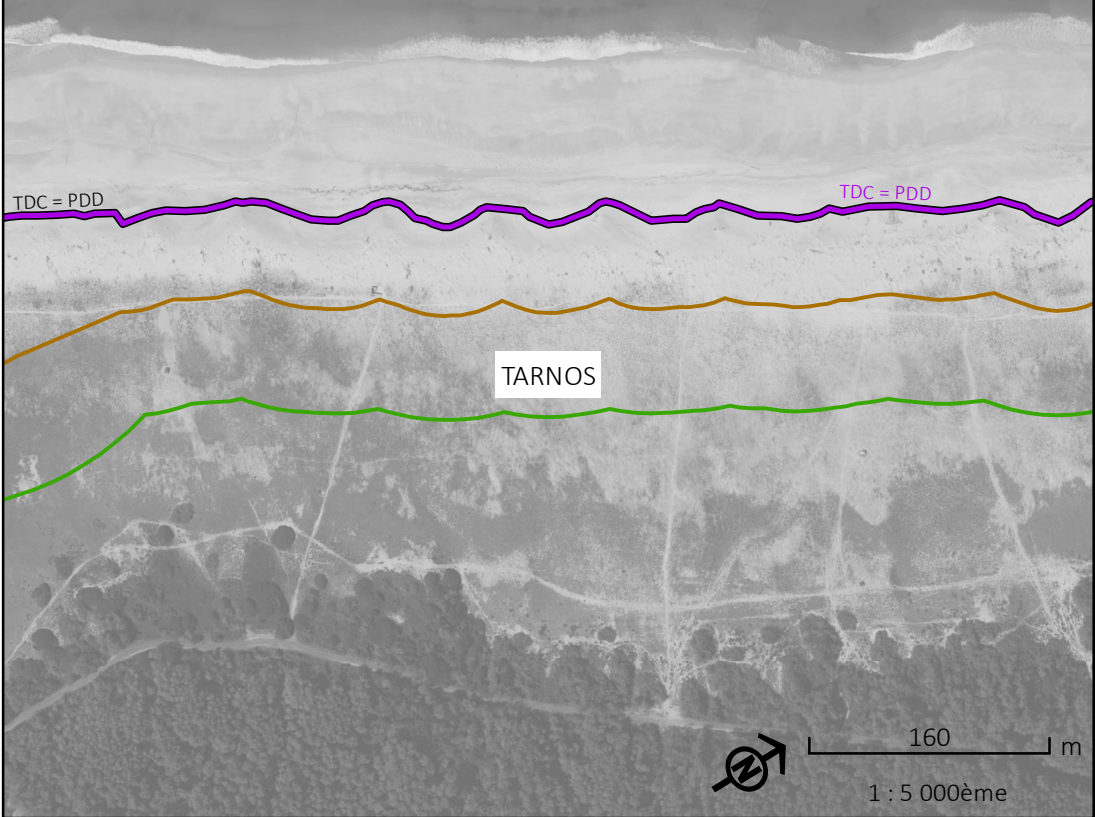
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



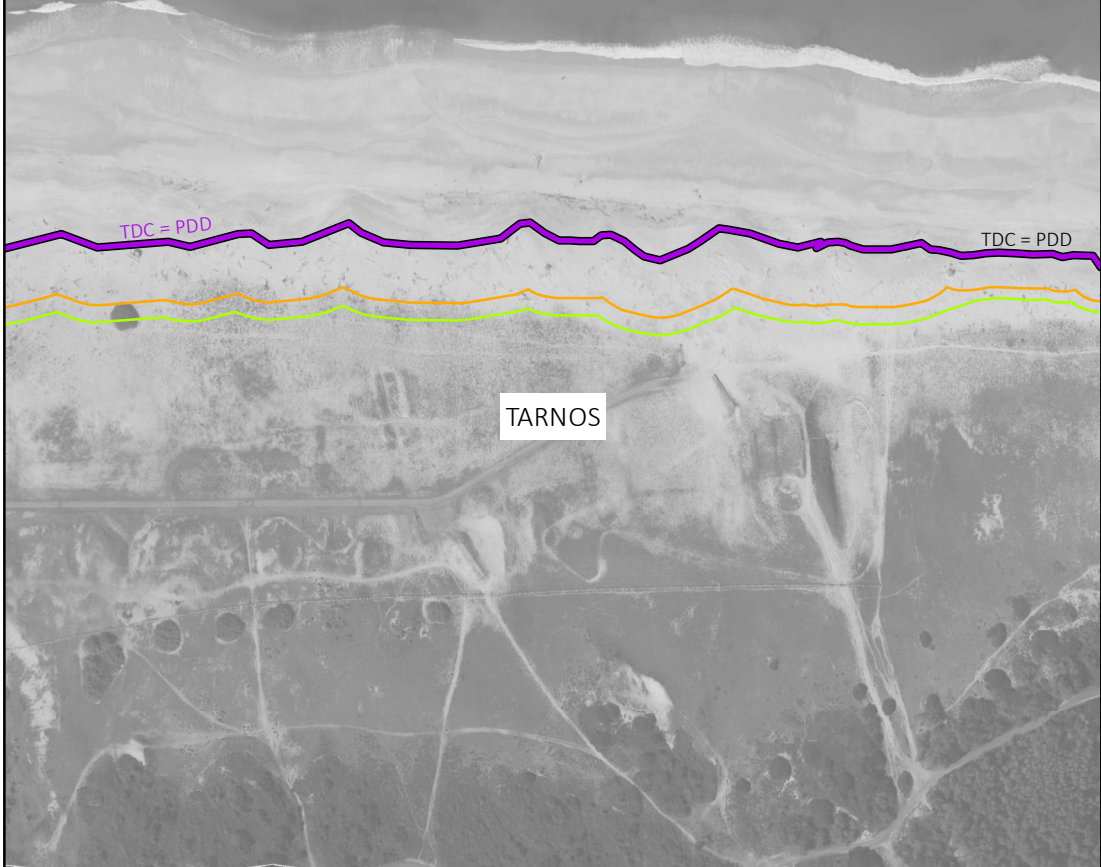
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

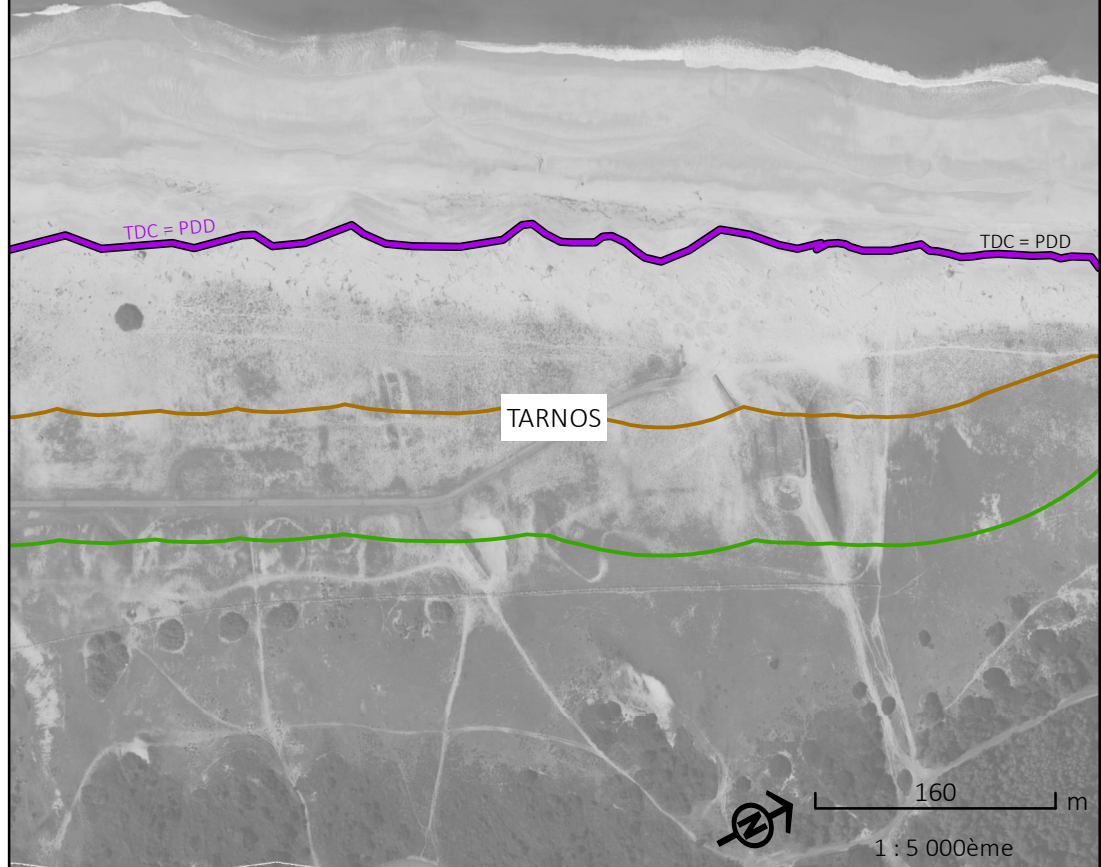
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



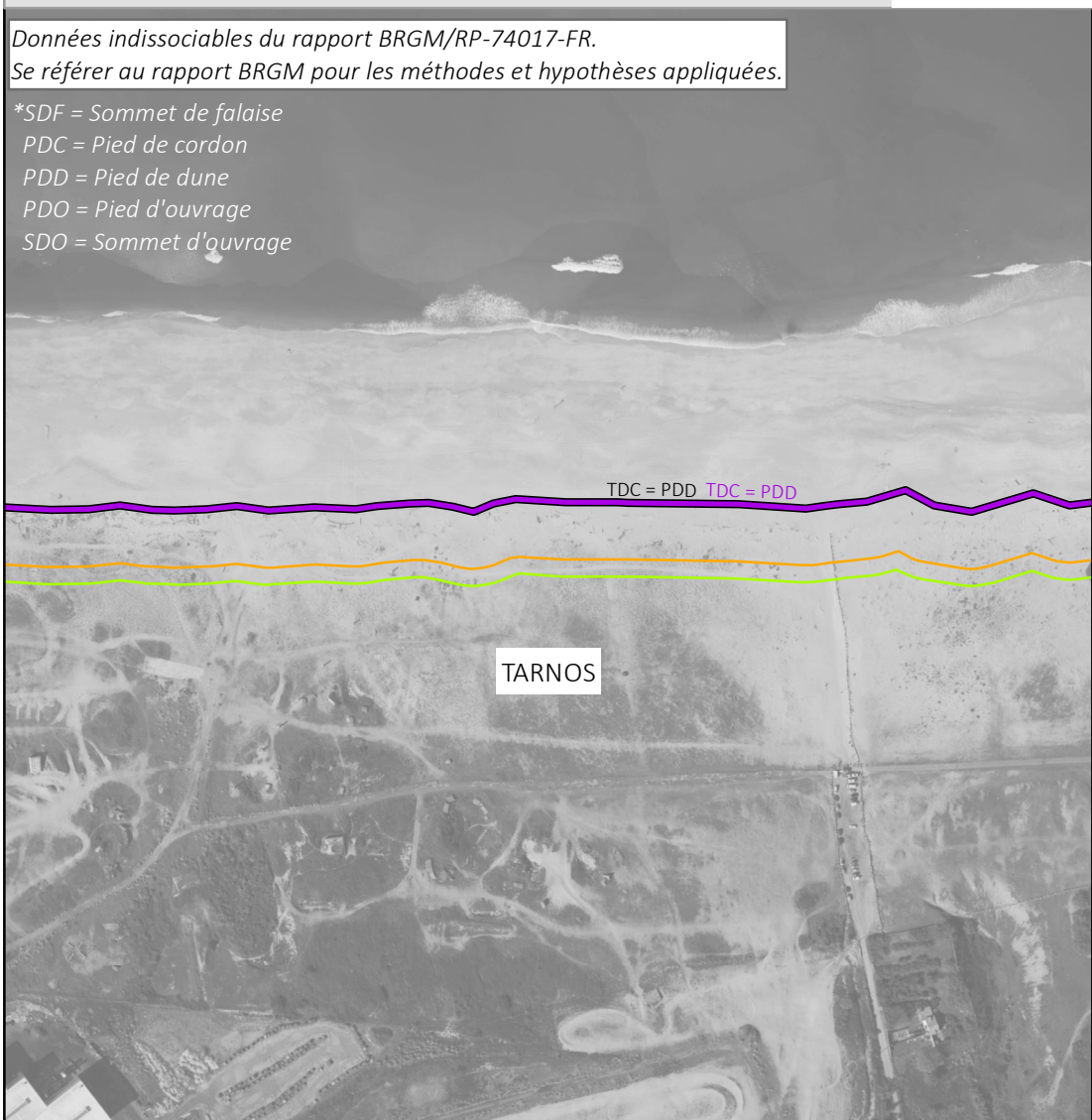
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

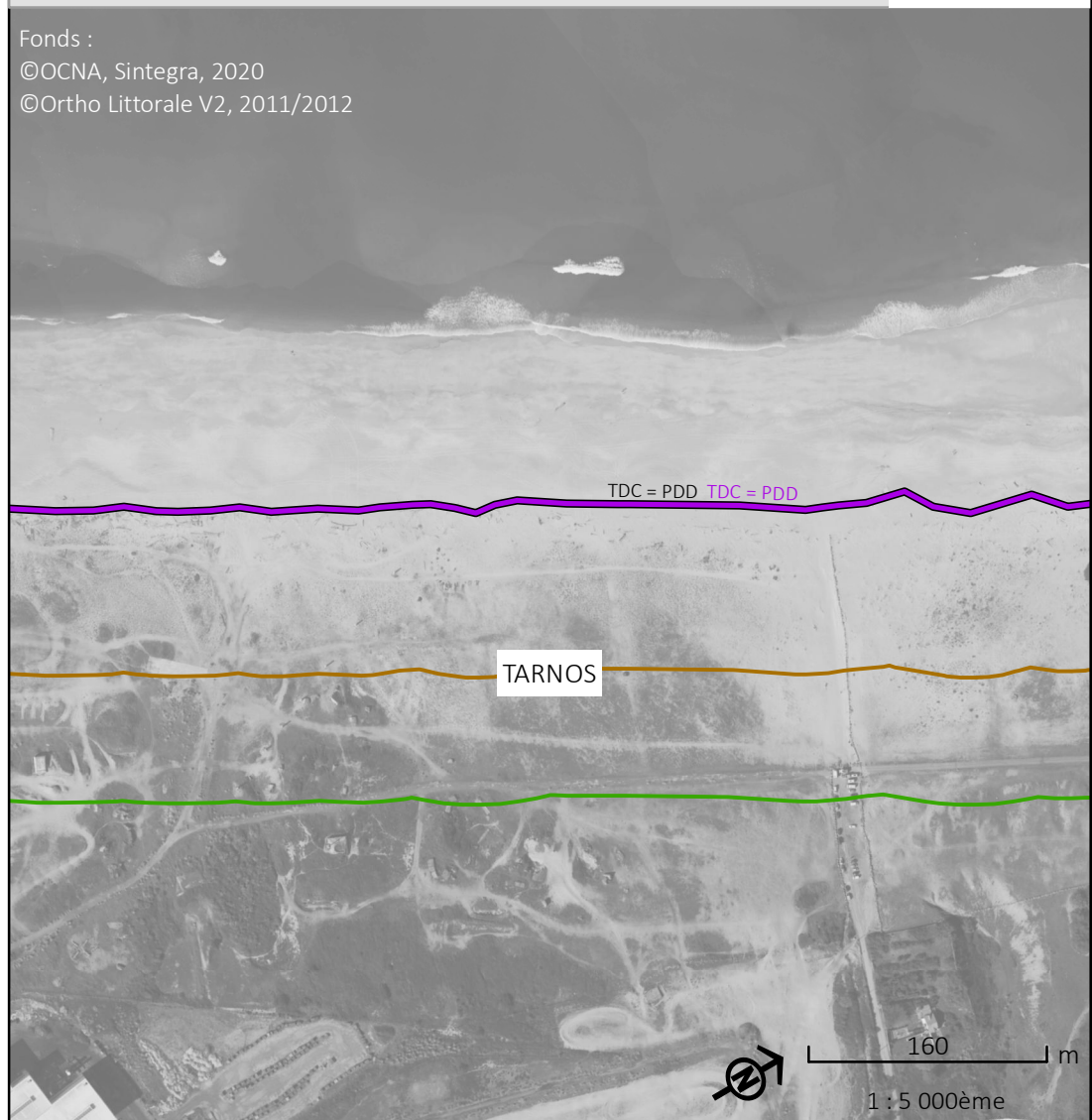
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

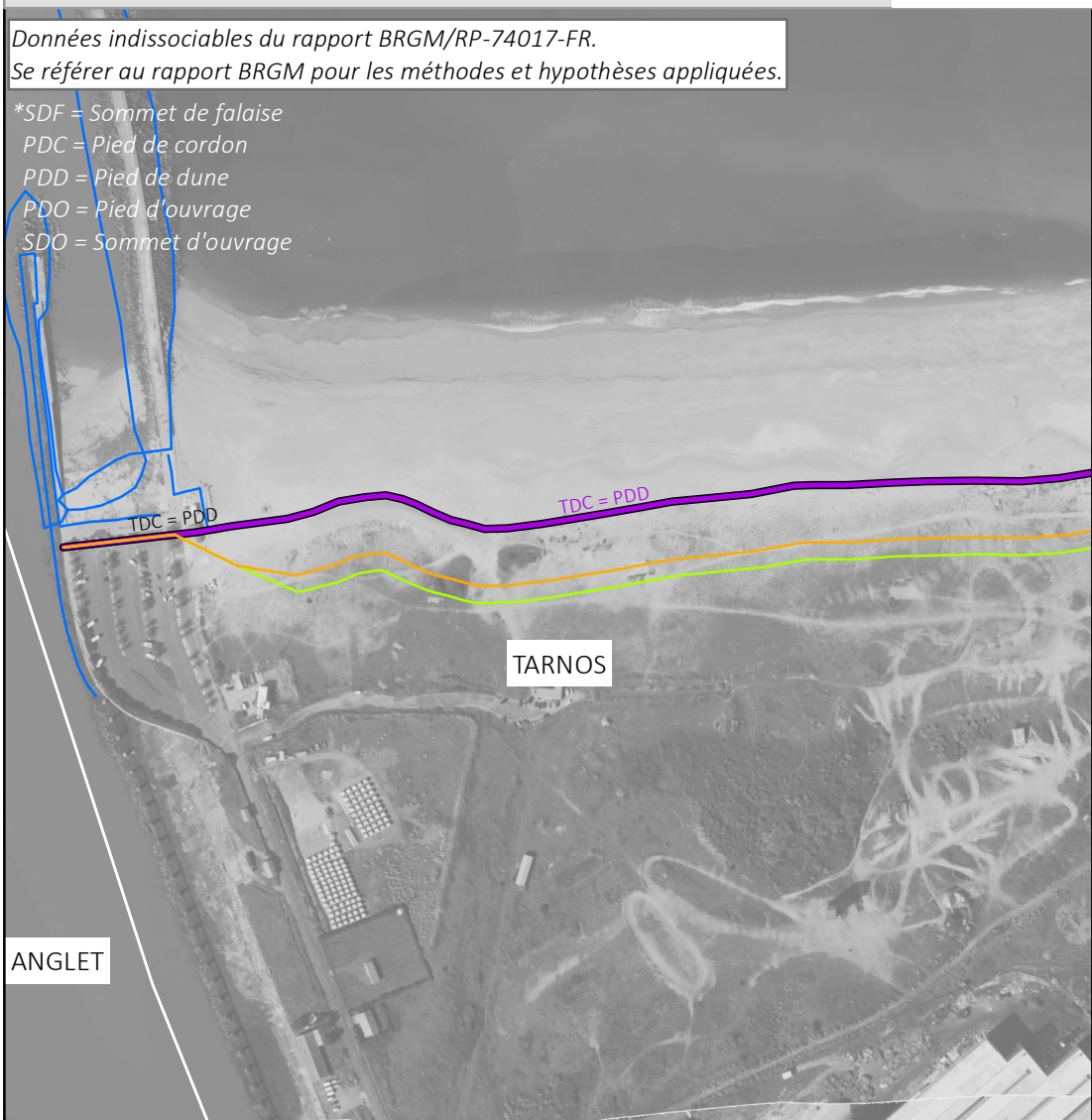
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

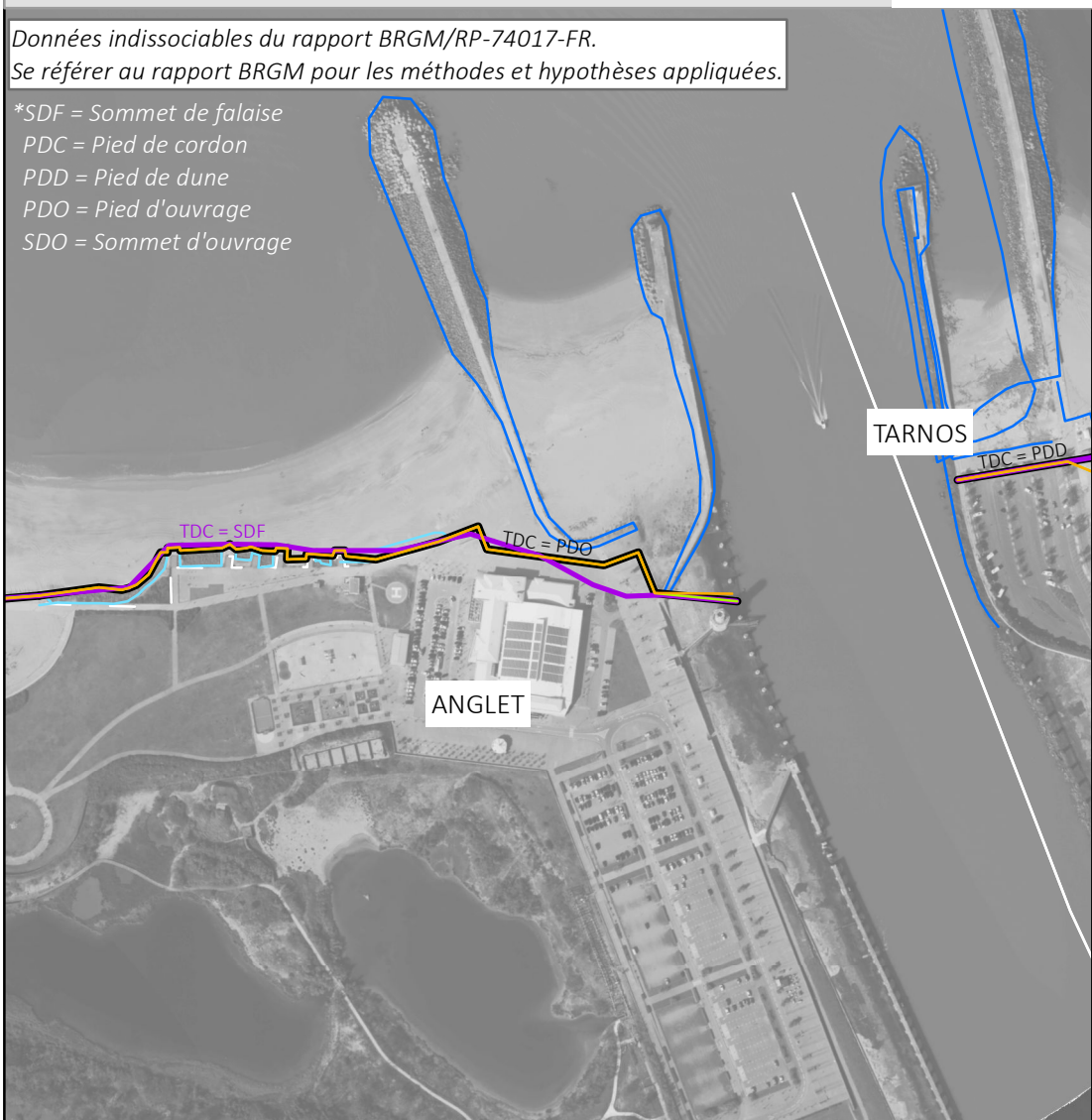
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

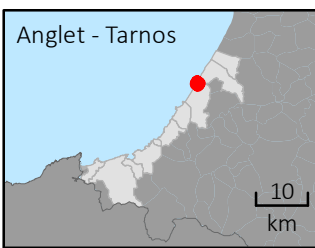
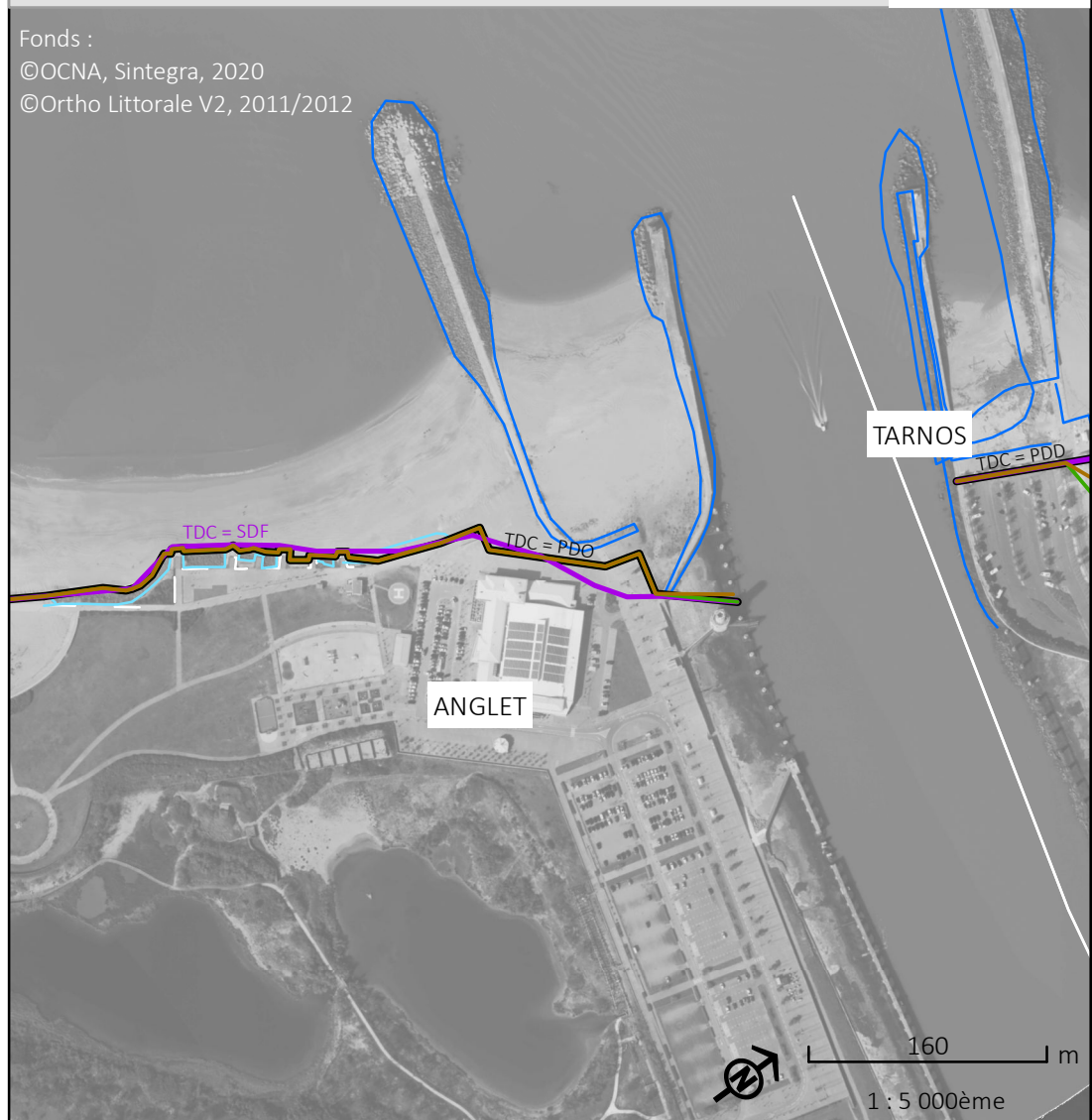
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

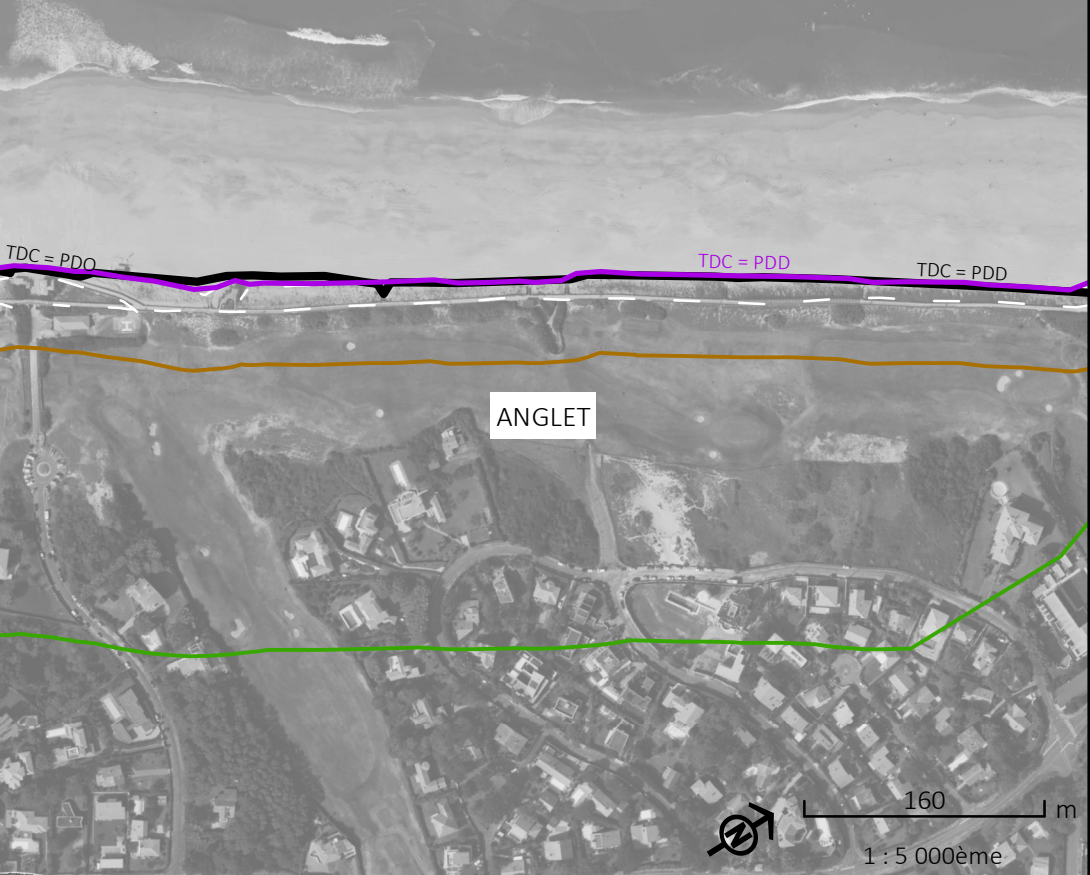
*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



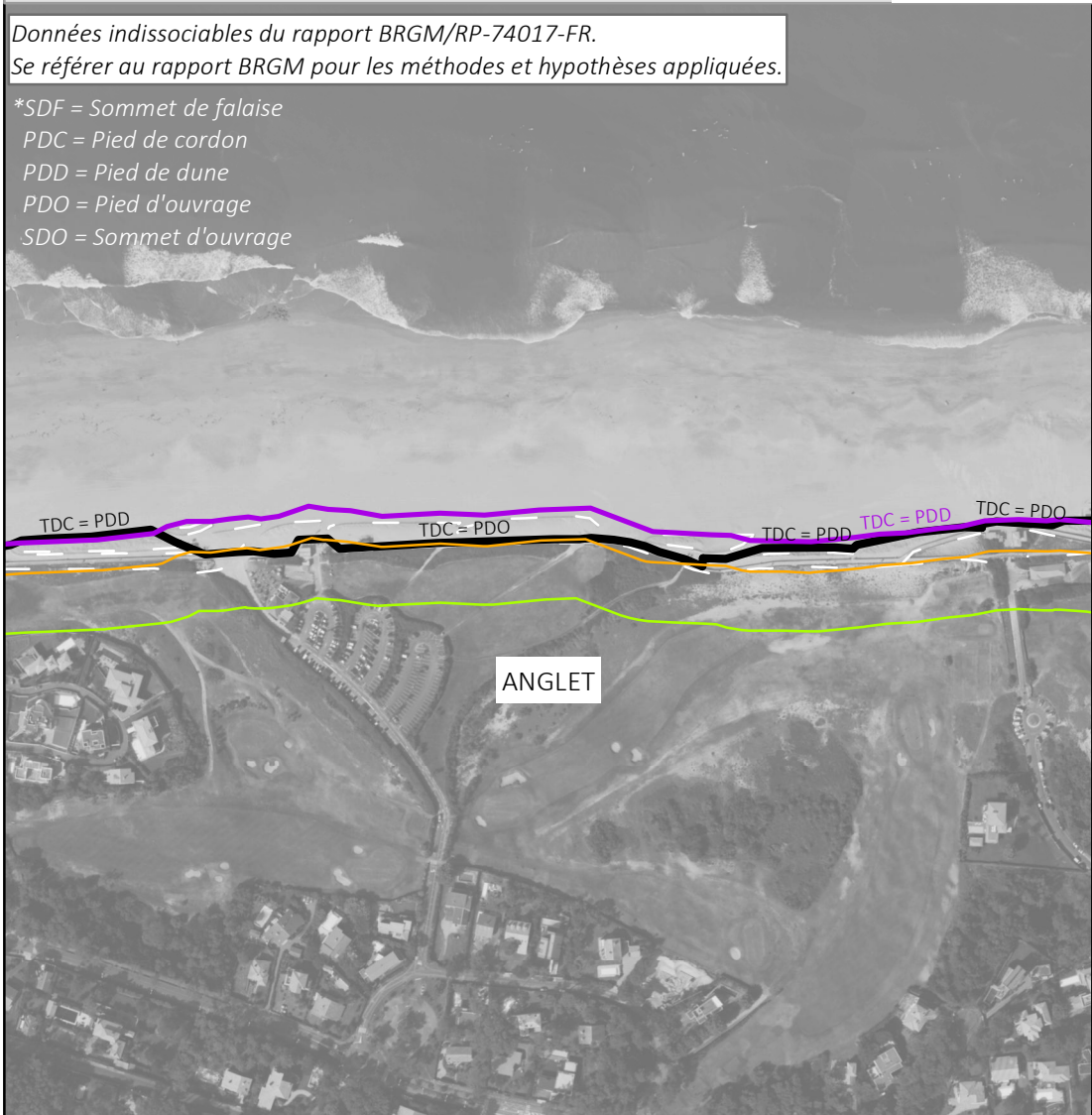
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

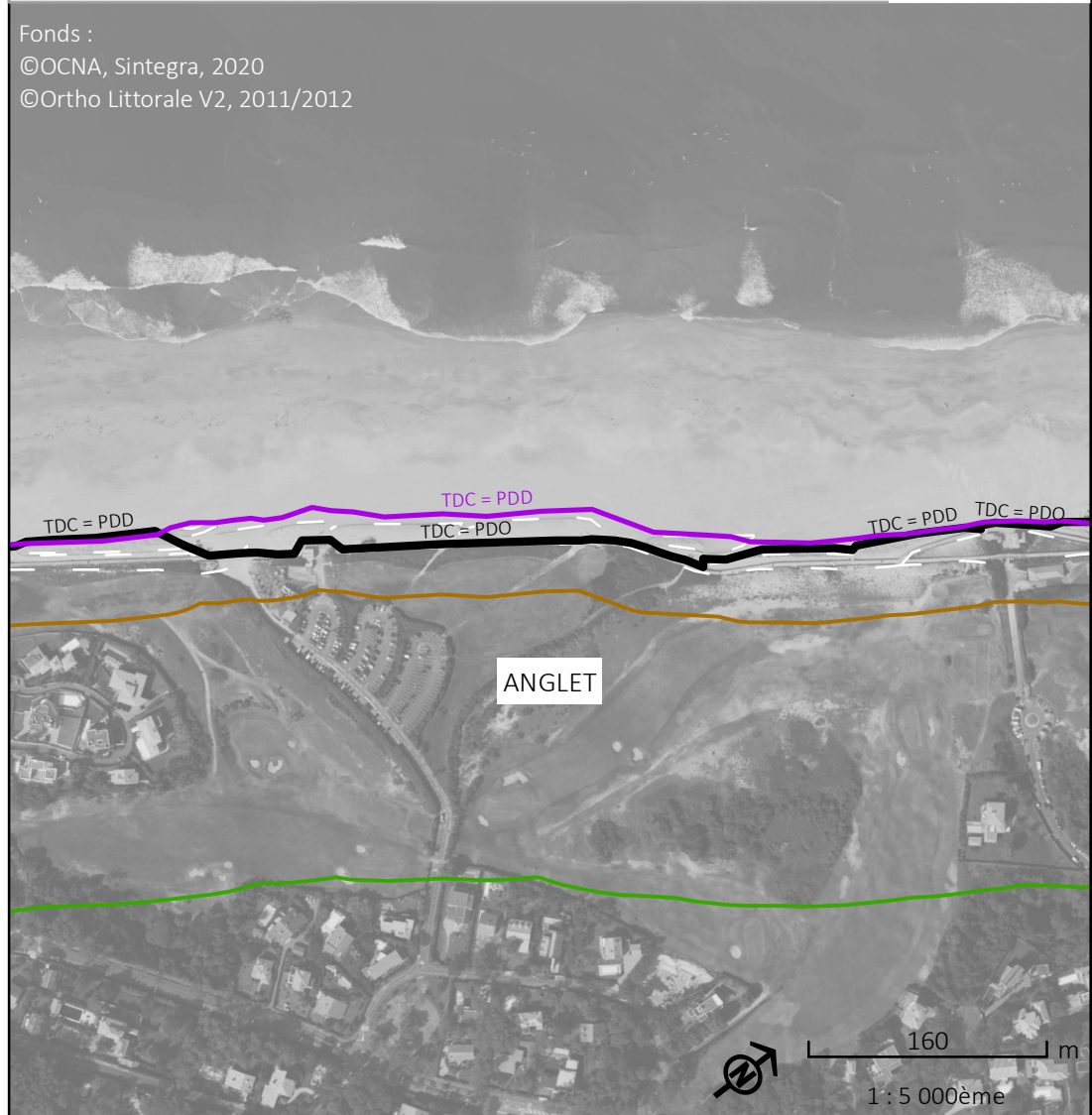
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

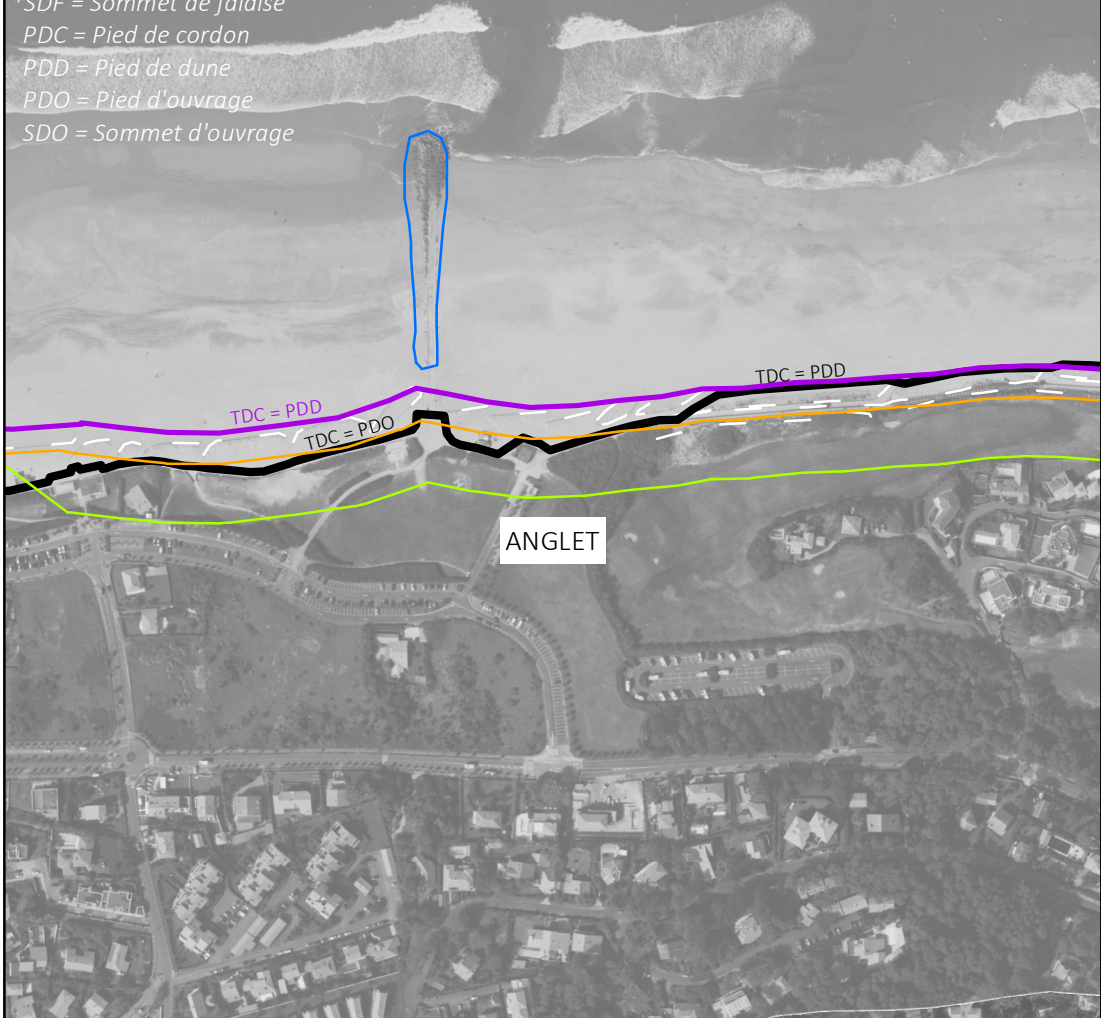
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

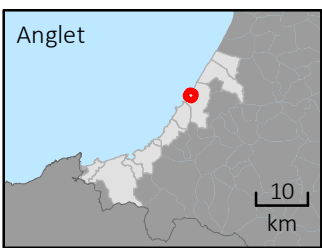
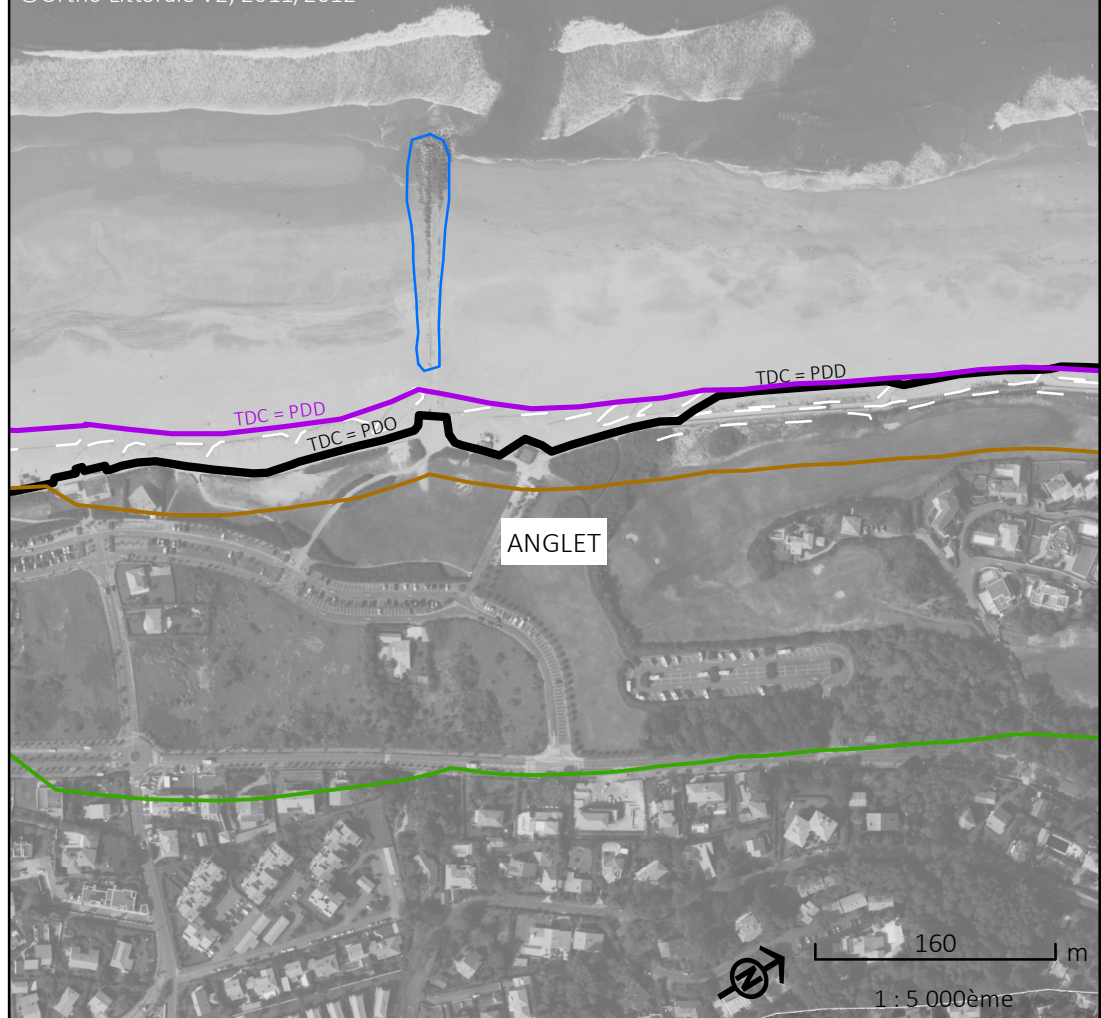
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

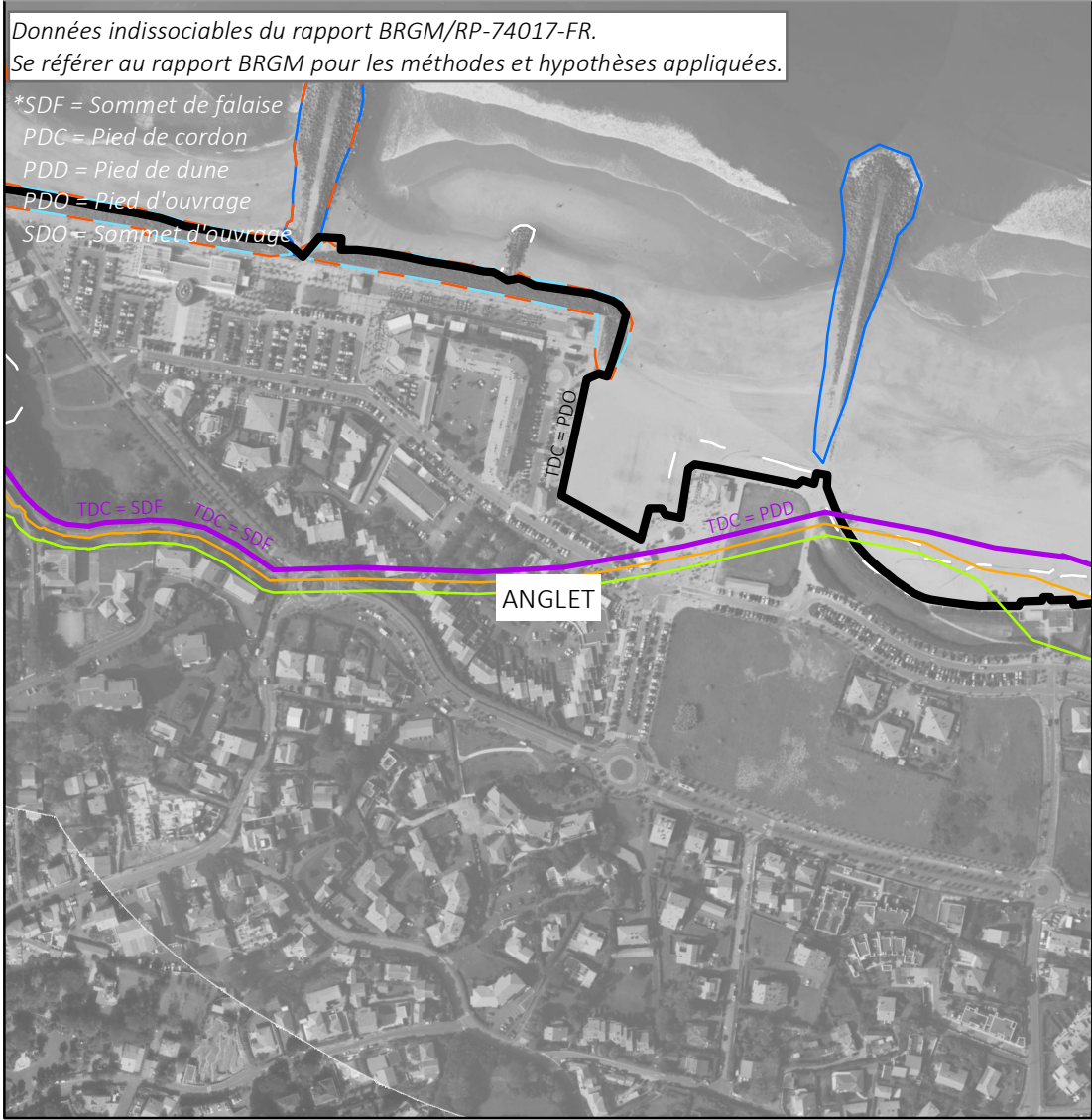
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

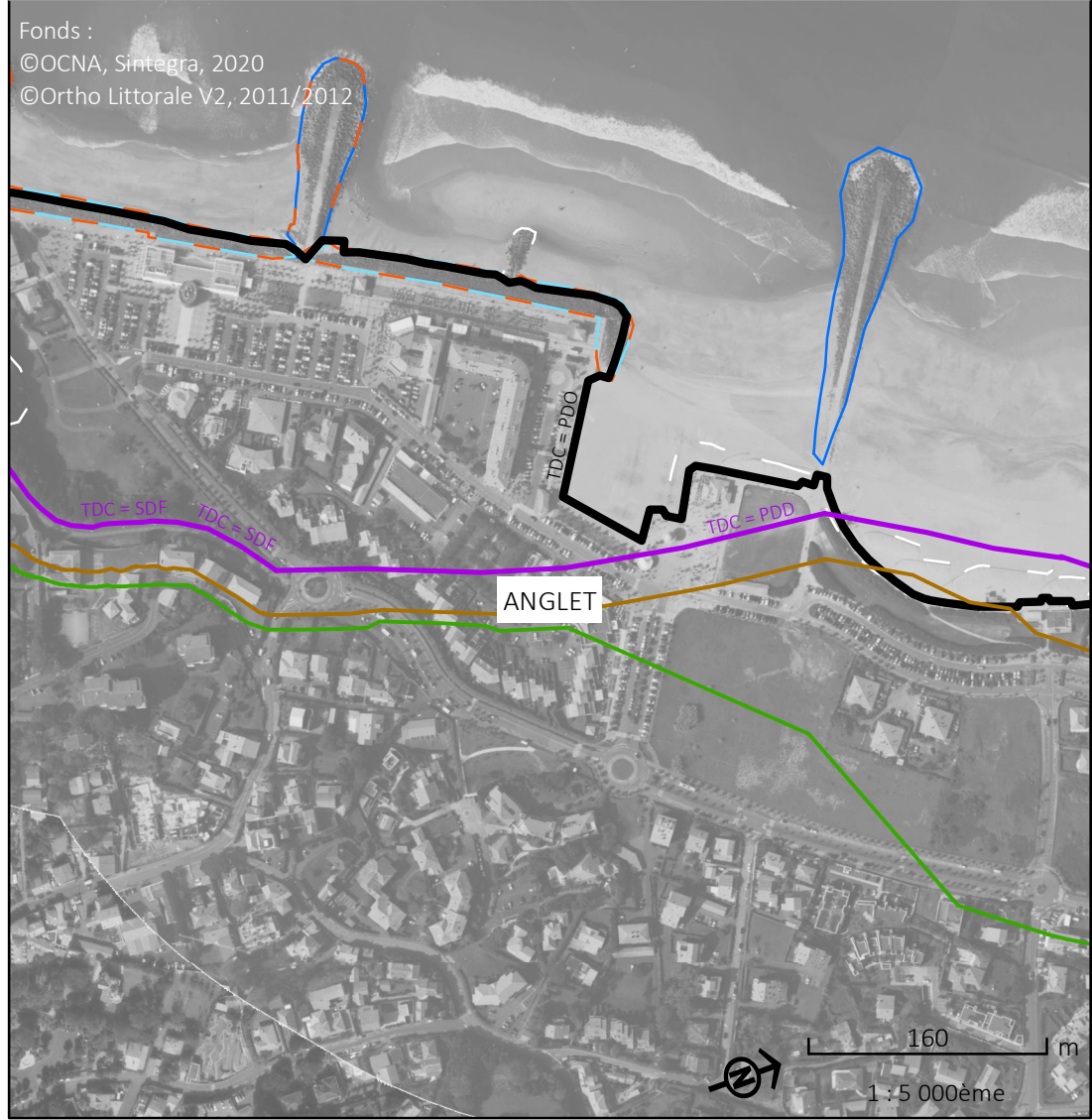
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



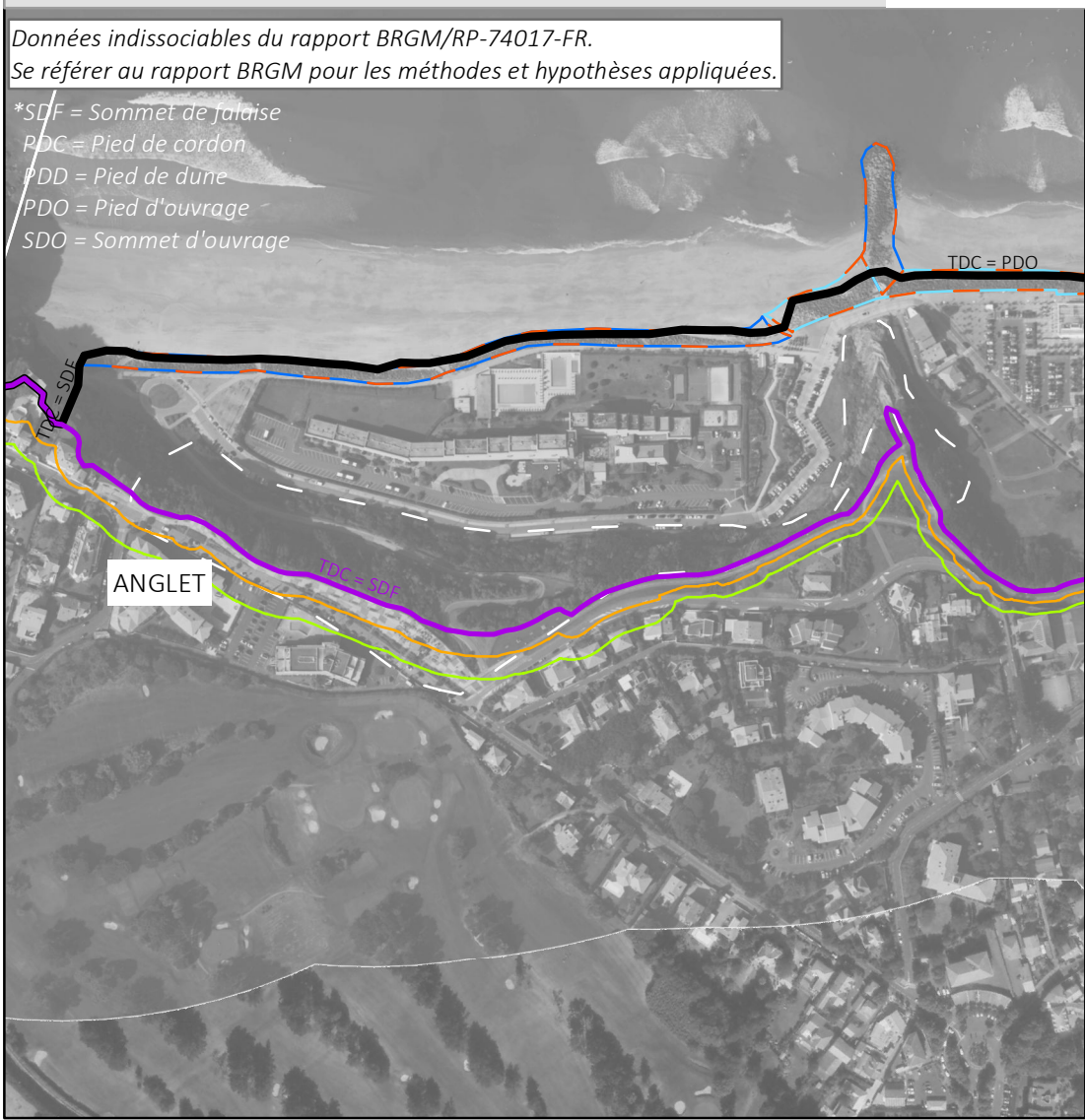
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

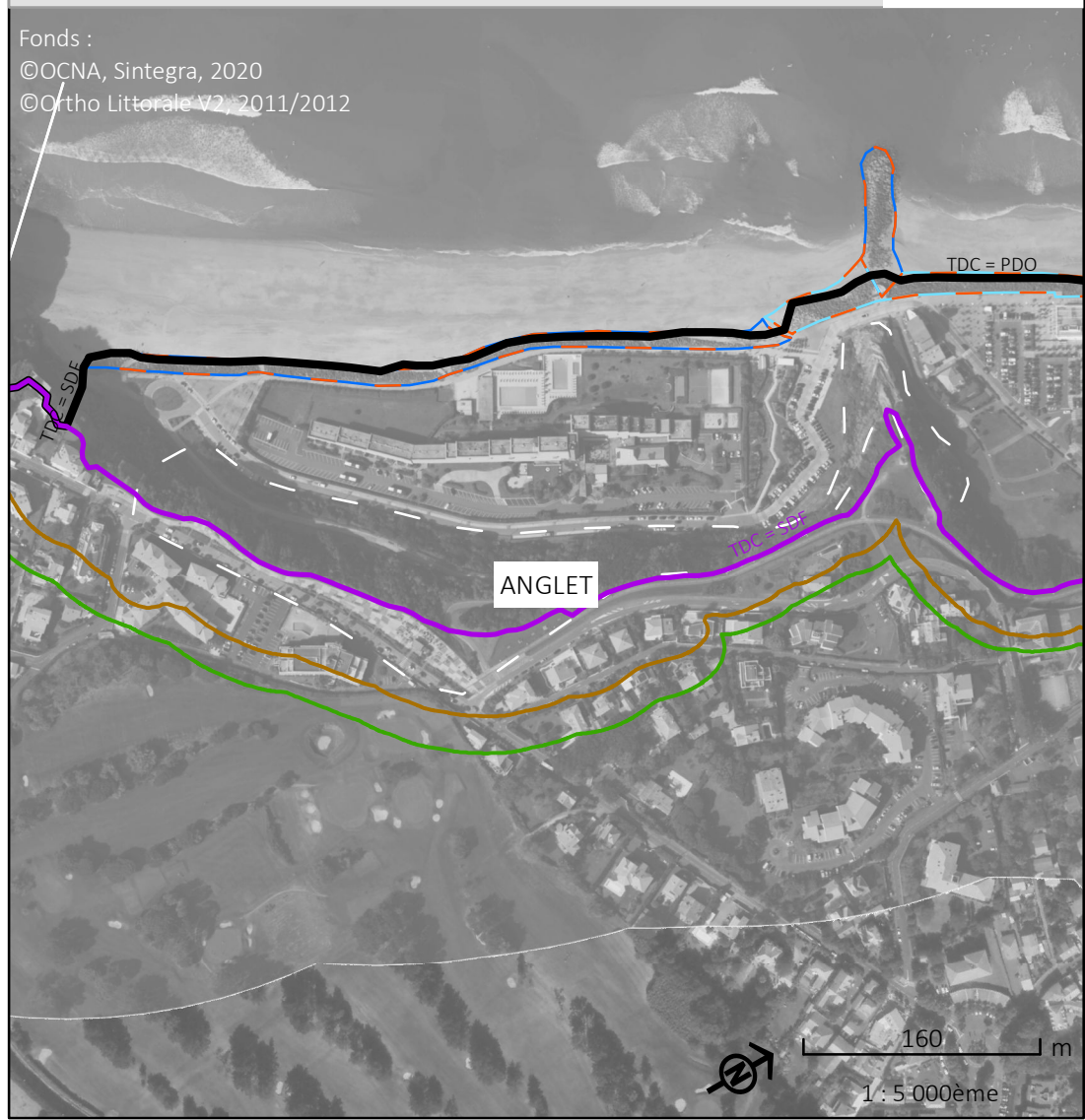
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

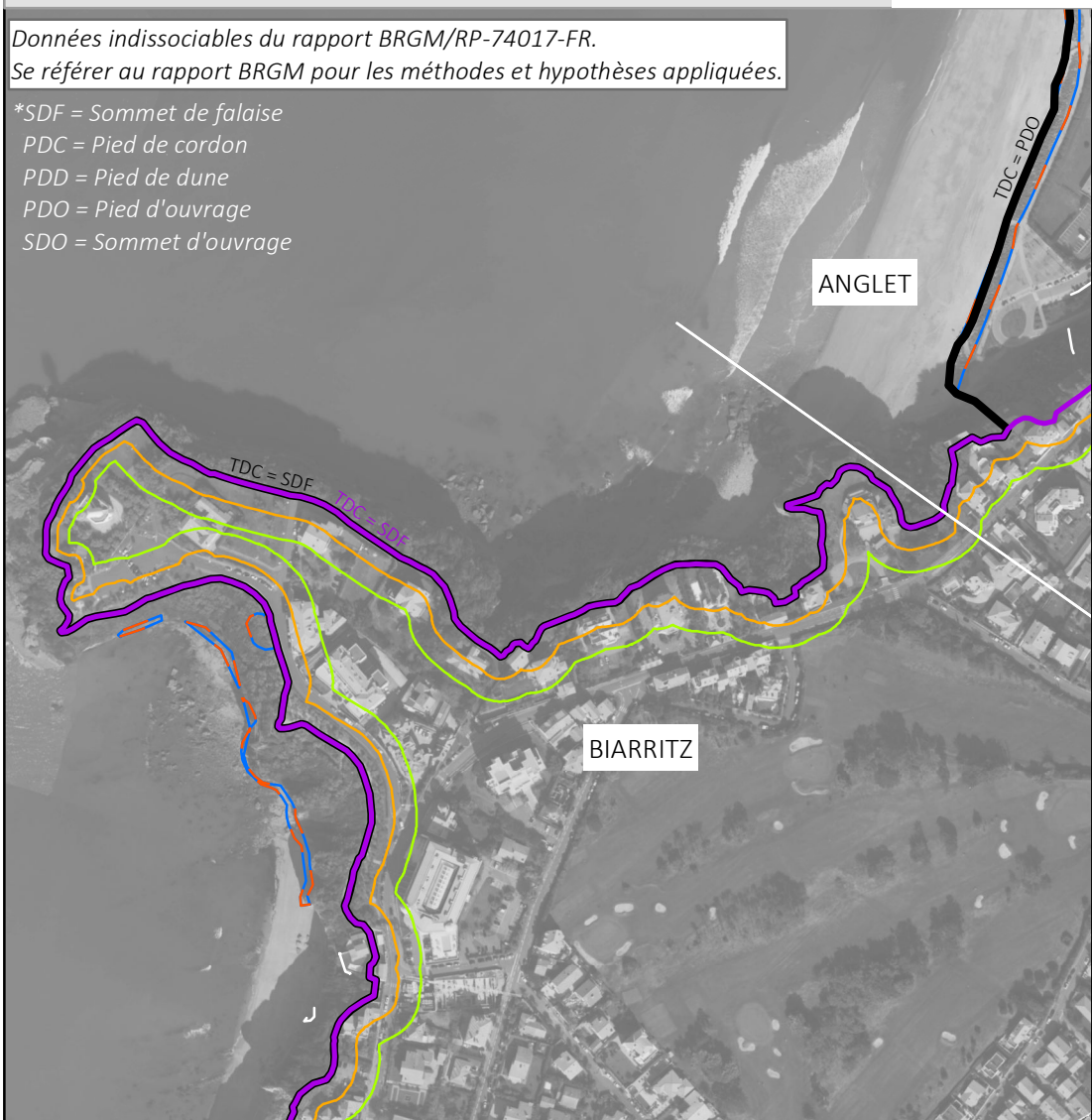
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

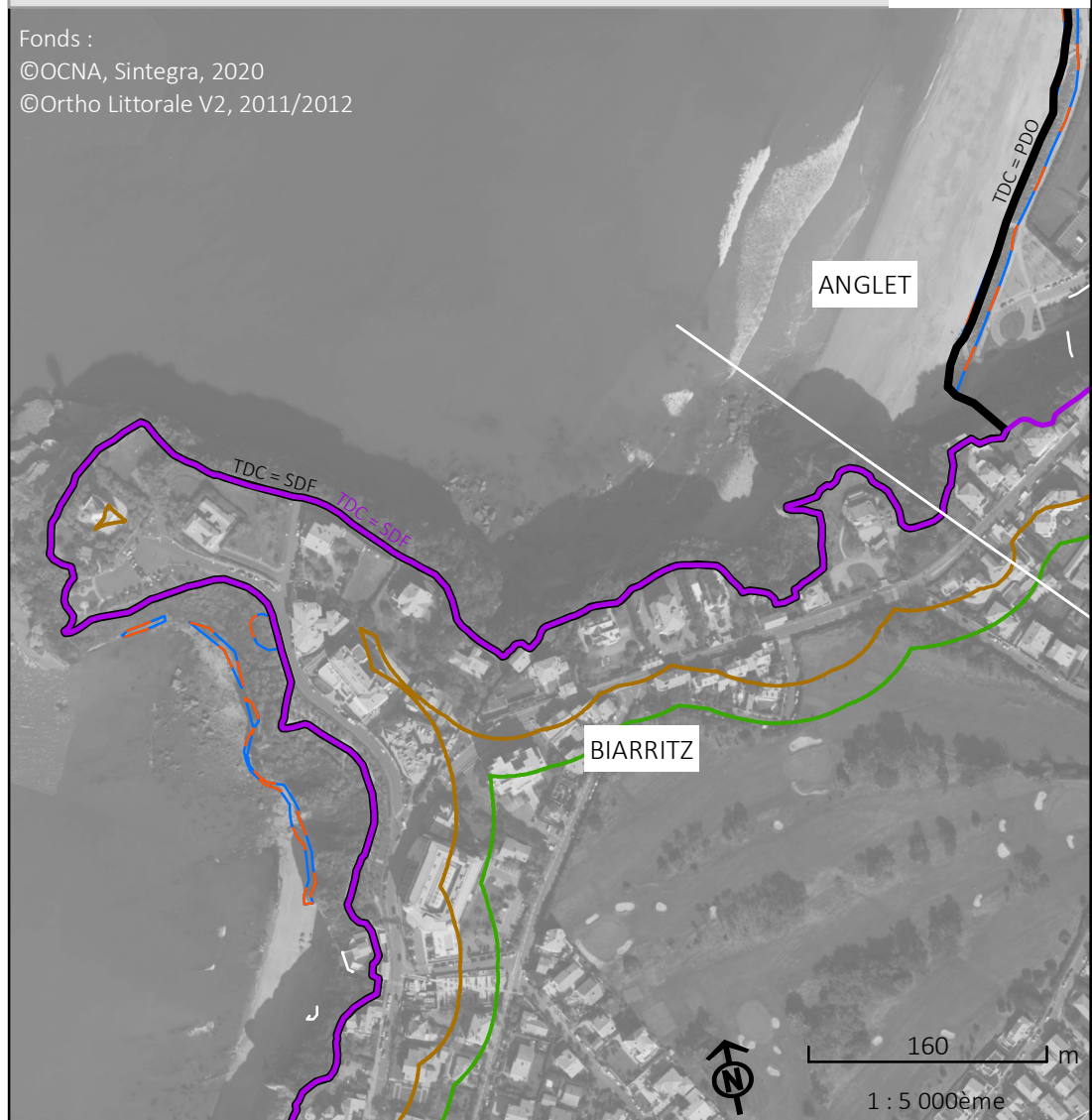
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

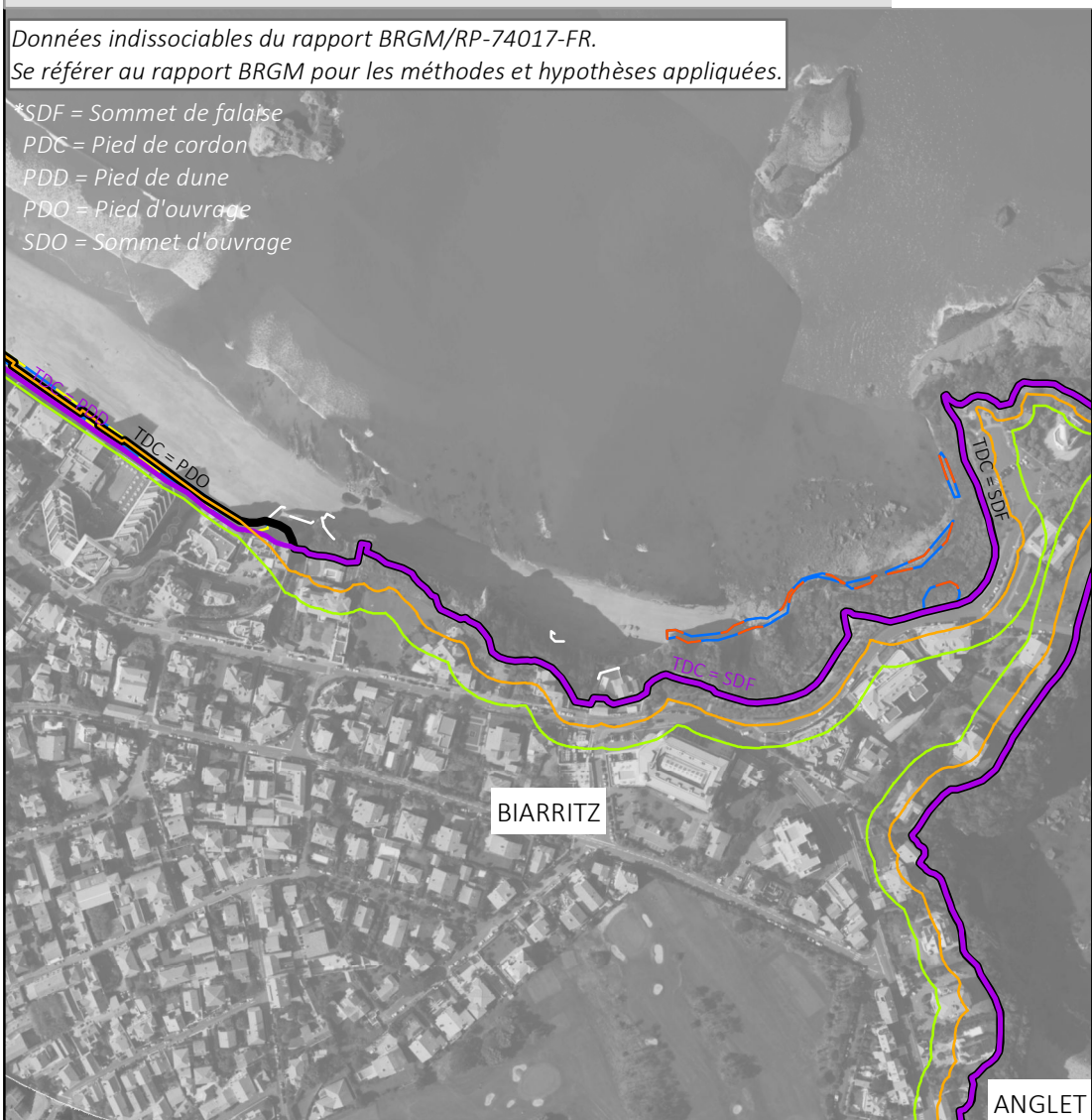
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

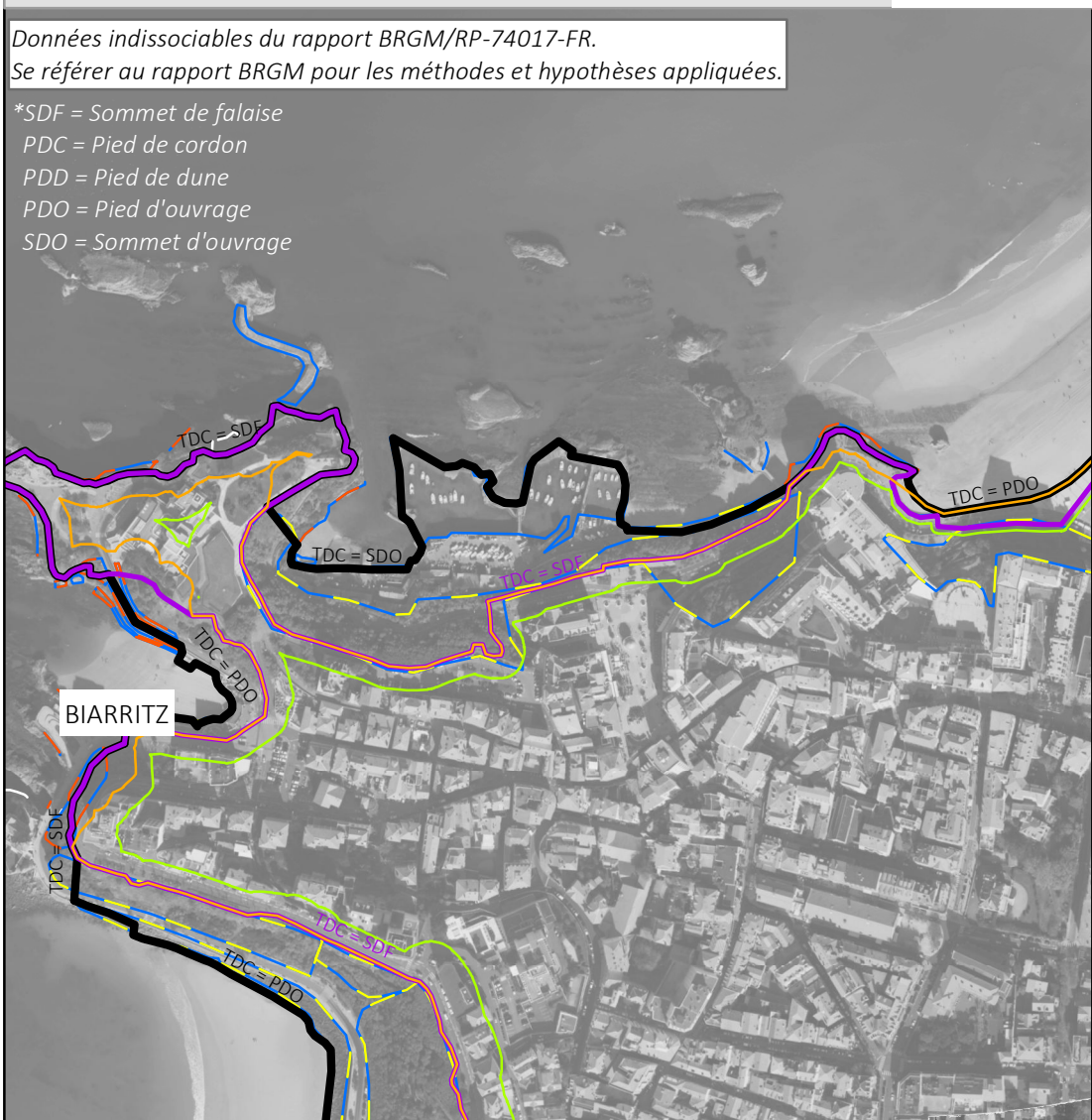
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

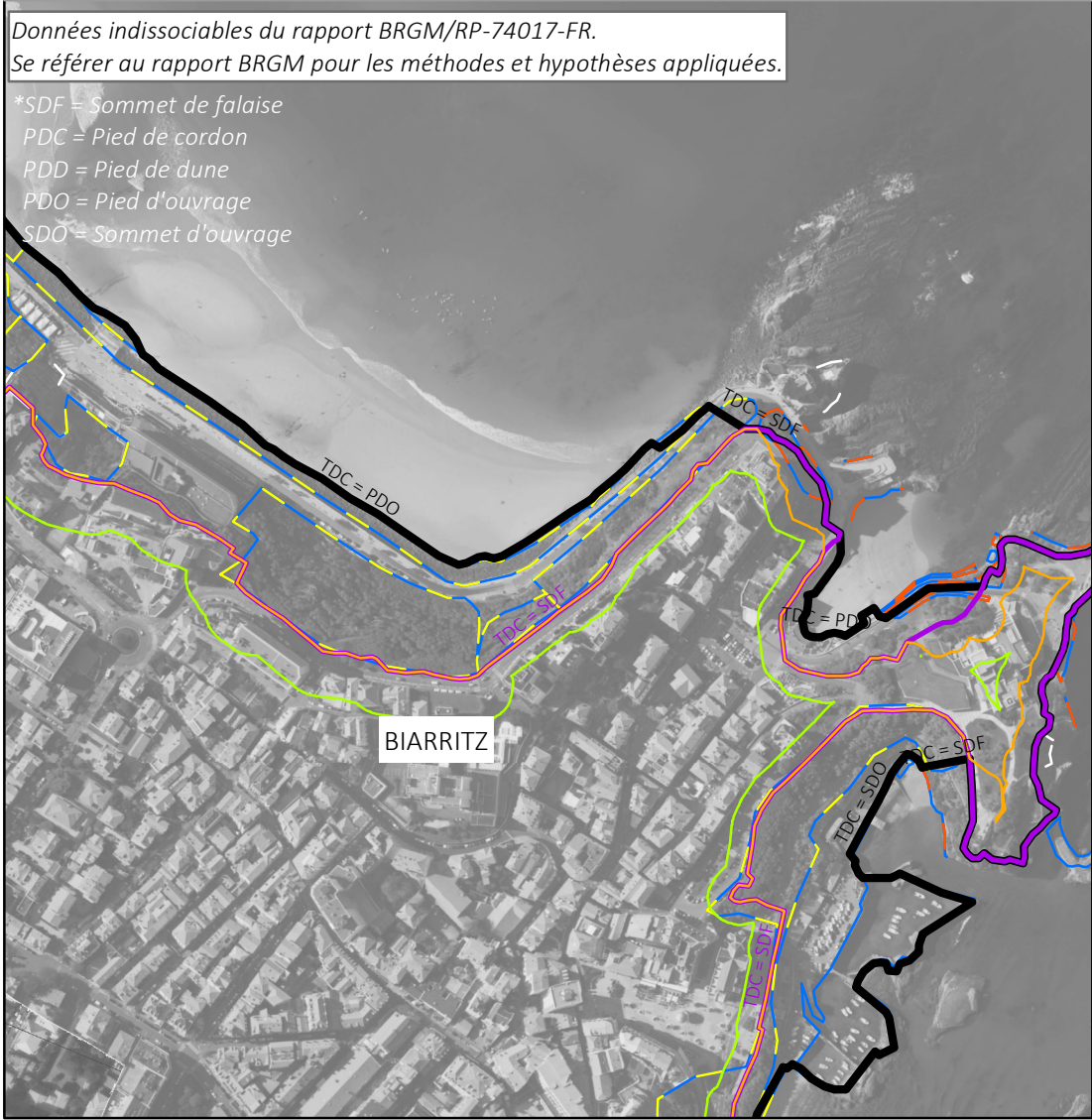
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

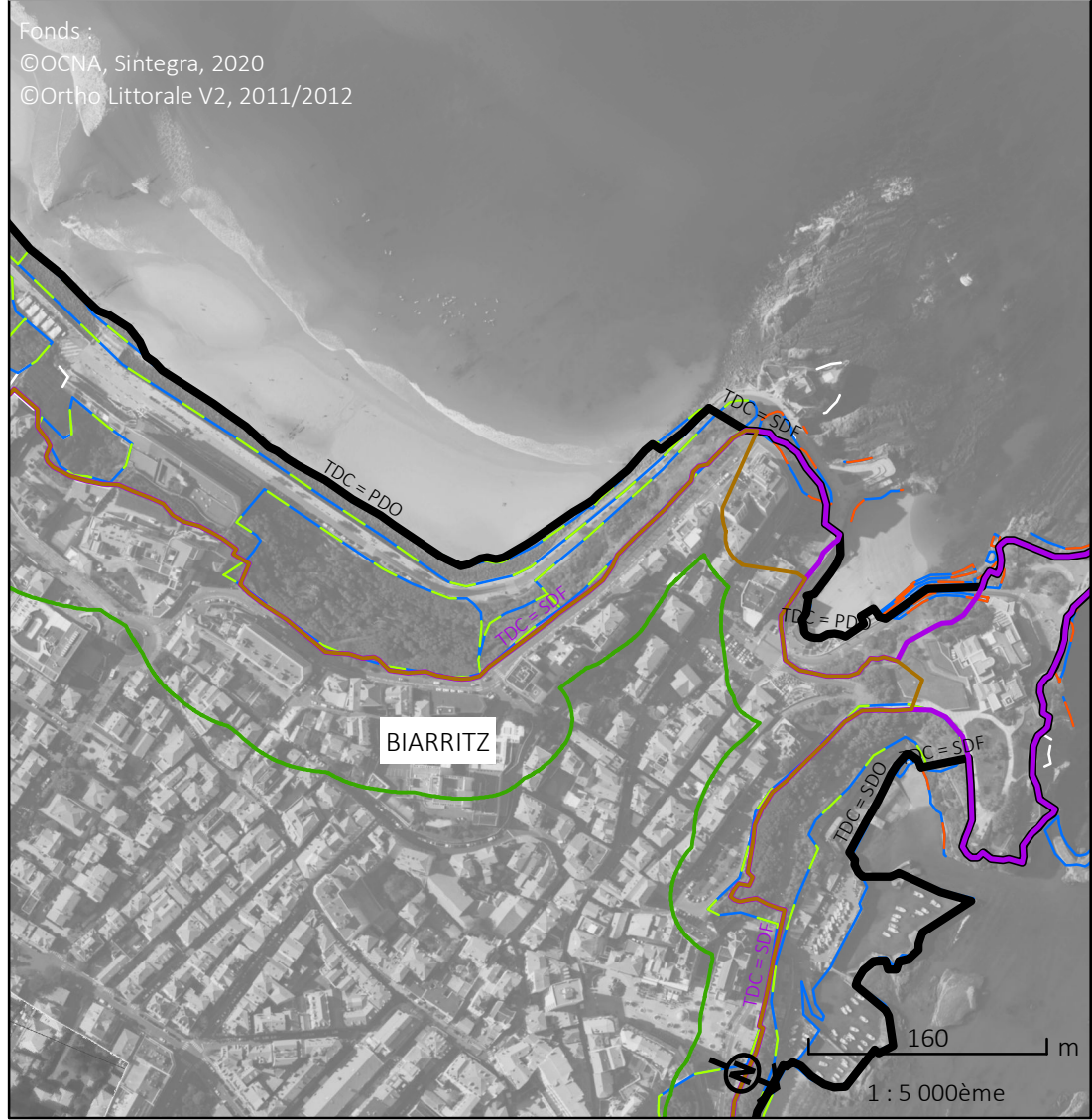
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



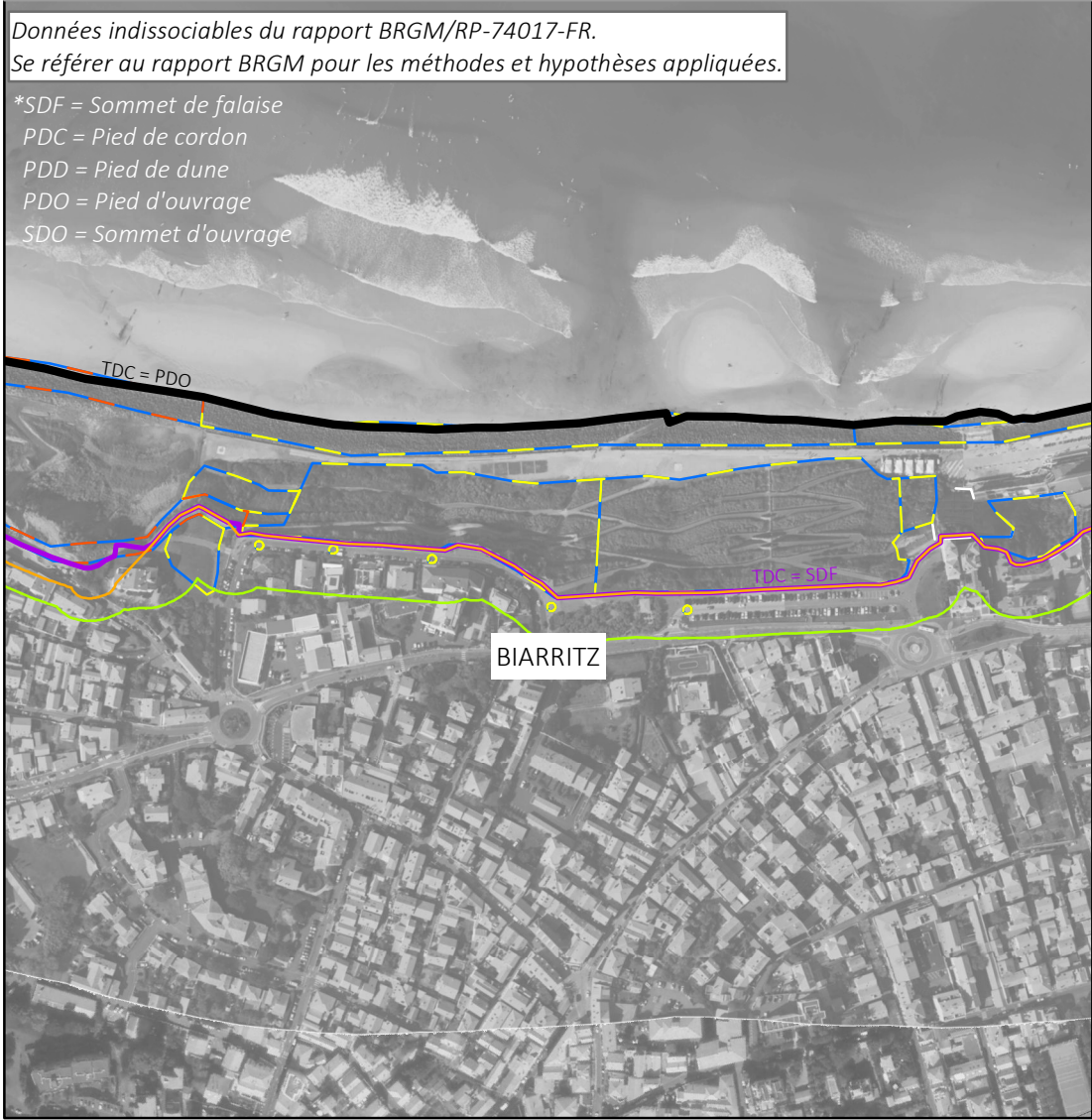
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

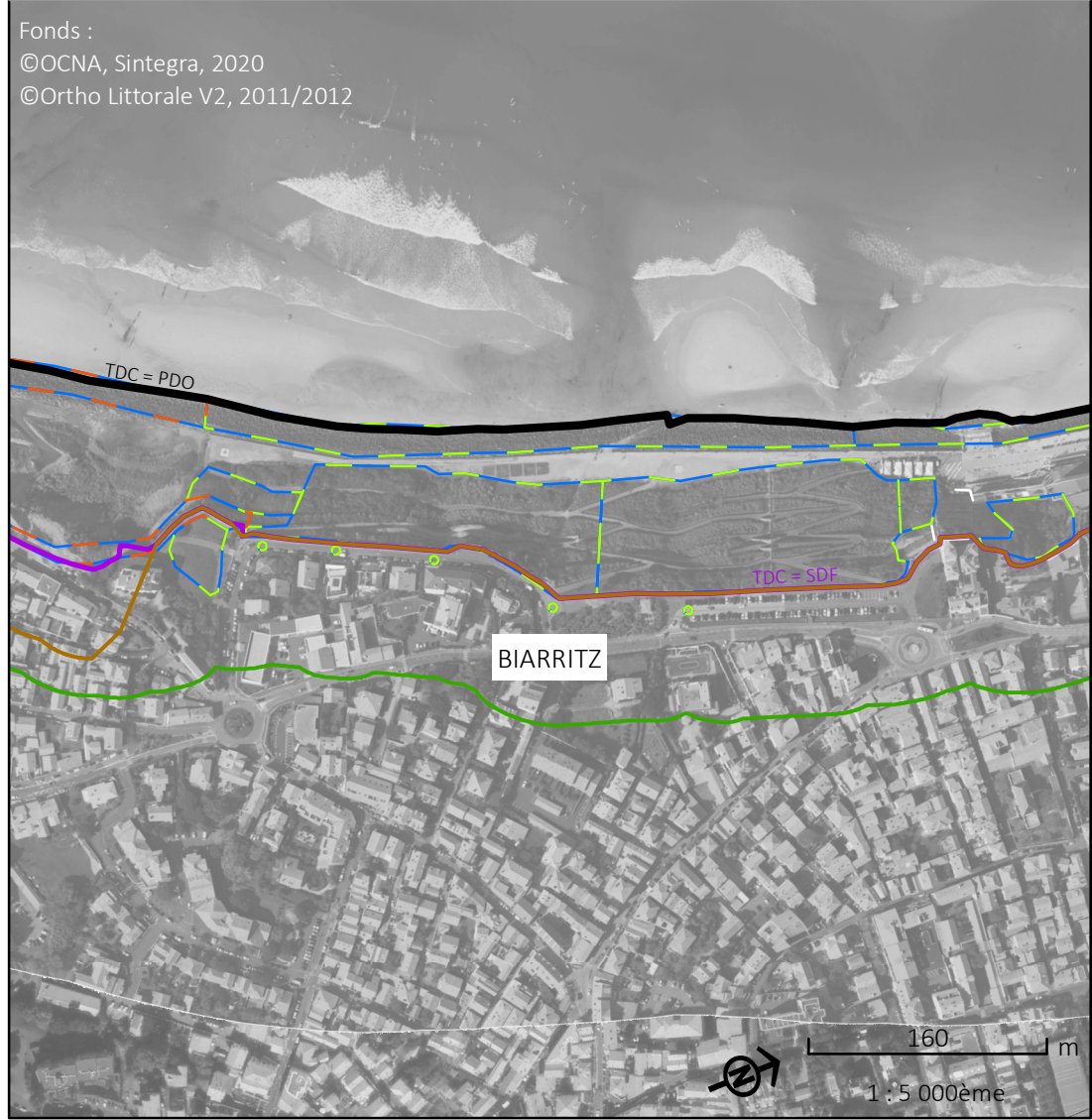
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
 Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
 PDC = Pied de cordon
 PDD = Pied de dune
 PDO = Pied d'ouvrage
 SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
 ©OCNA, Sintegra, 2020
 ©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

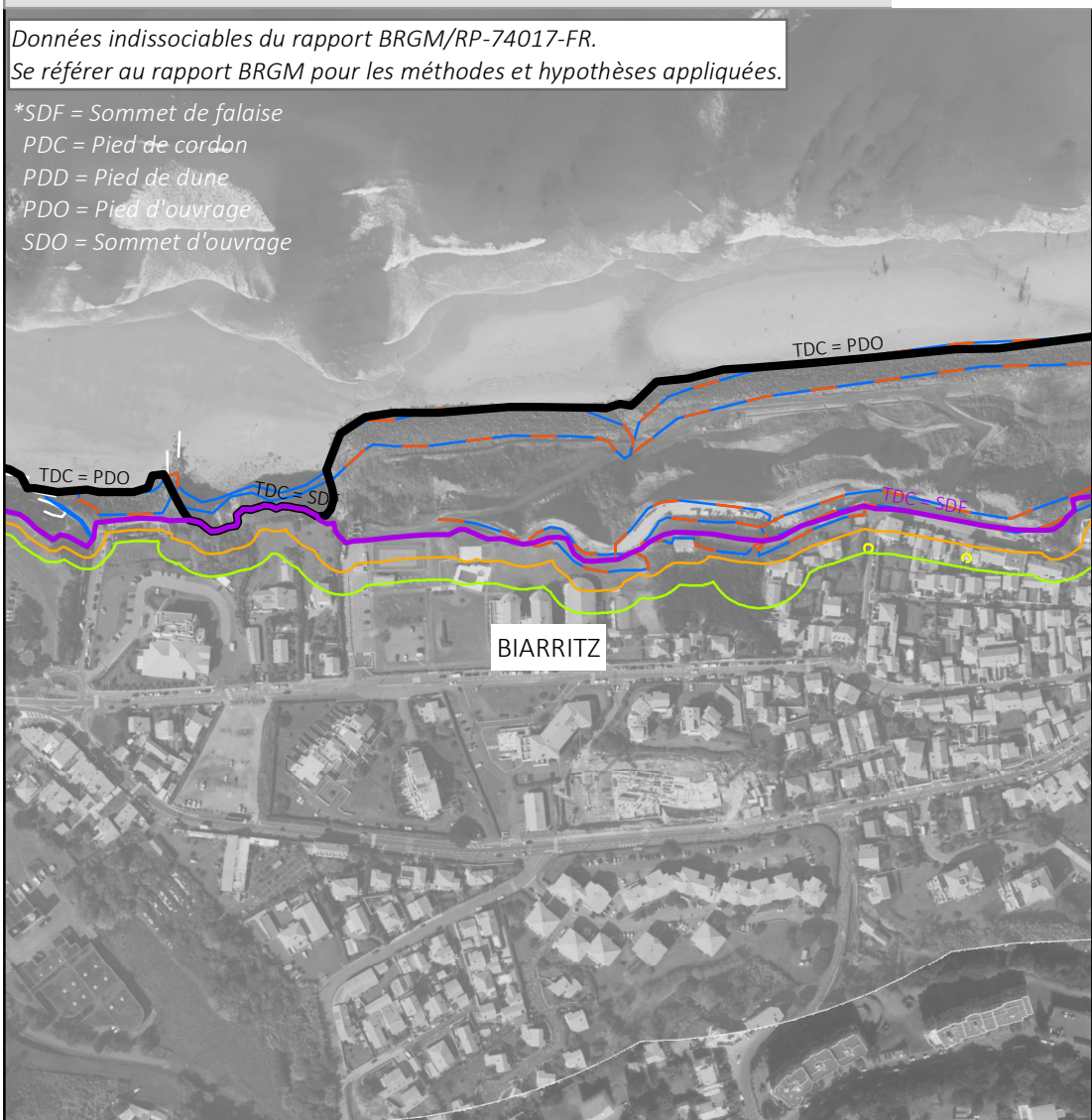
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

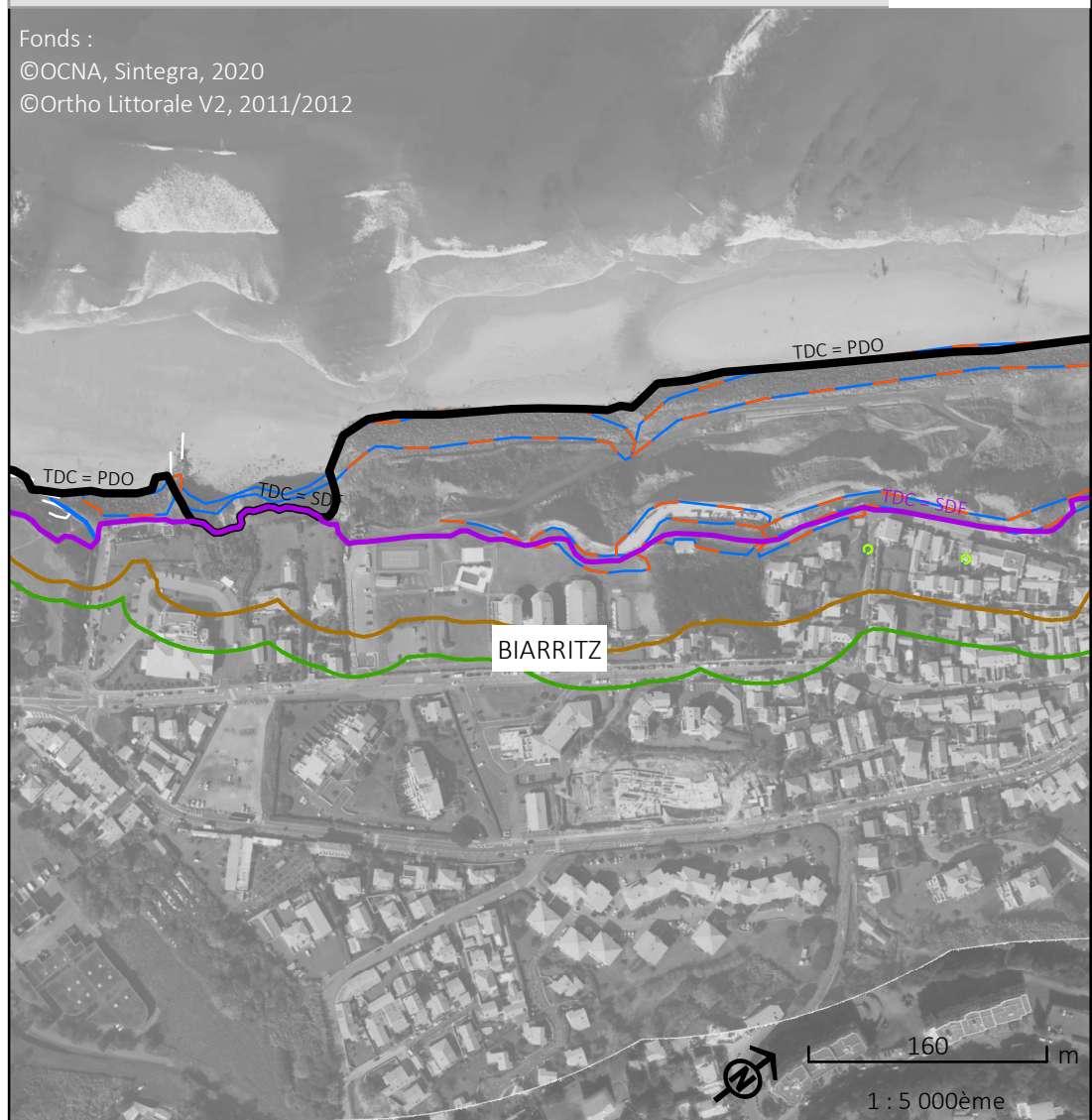
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

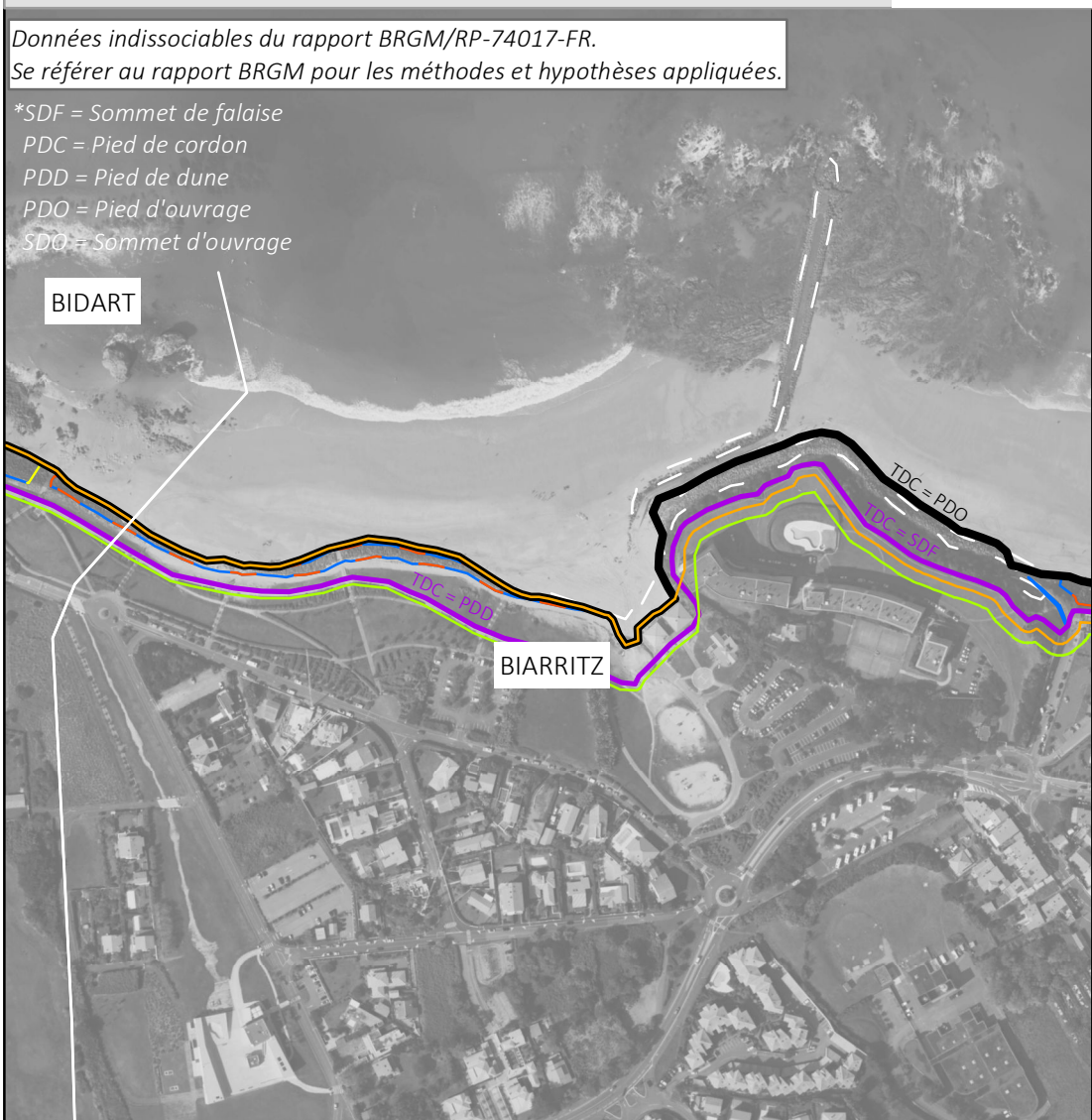
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

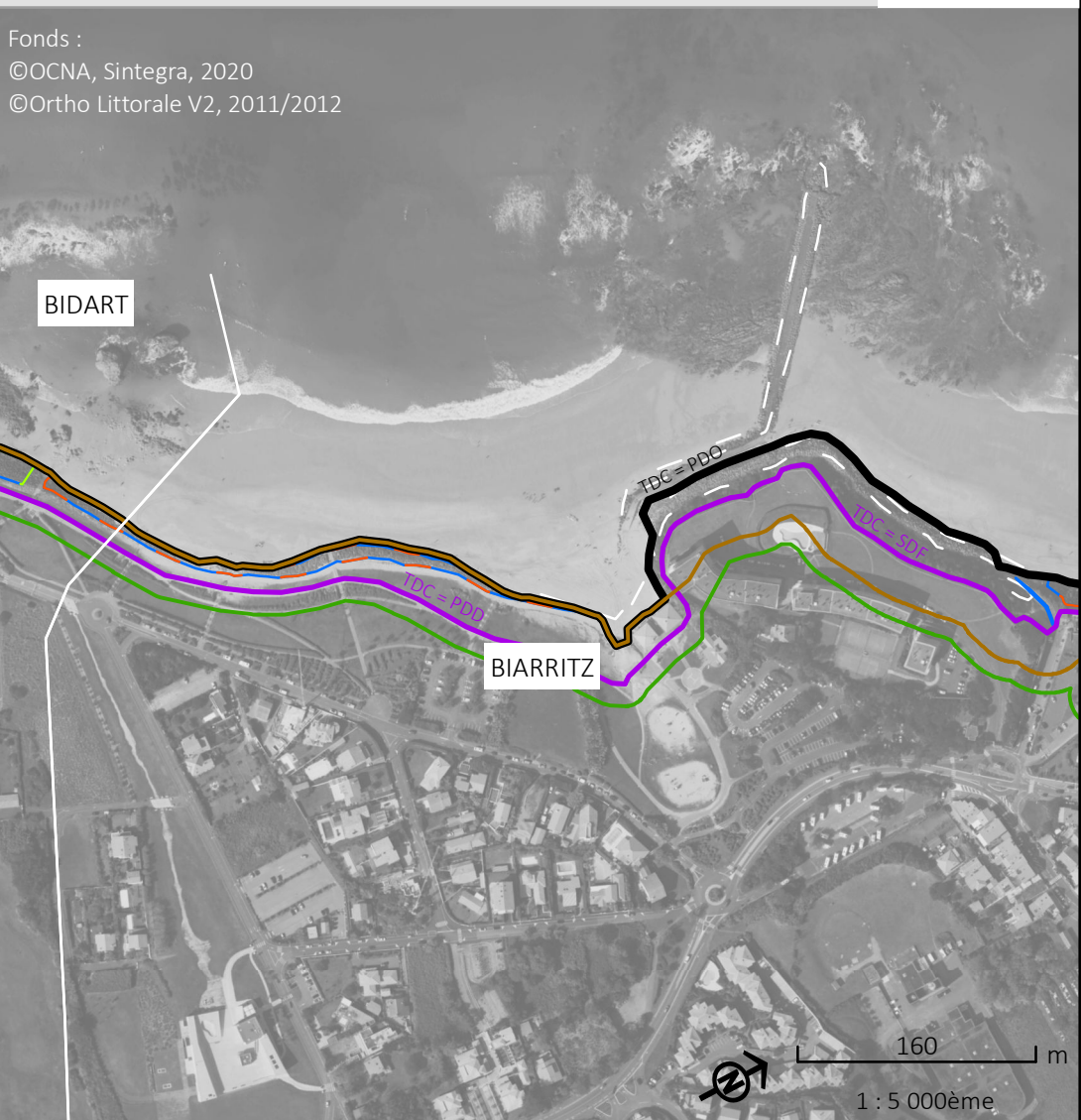
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

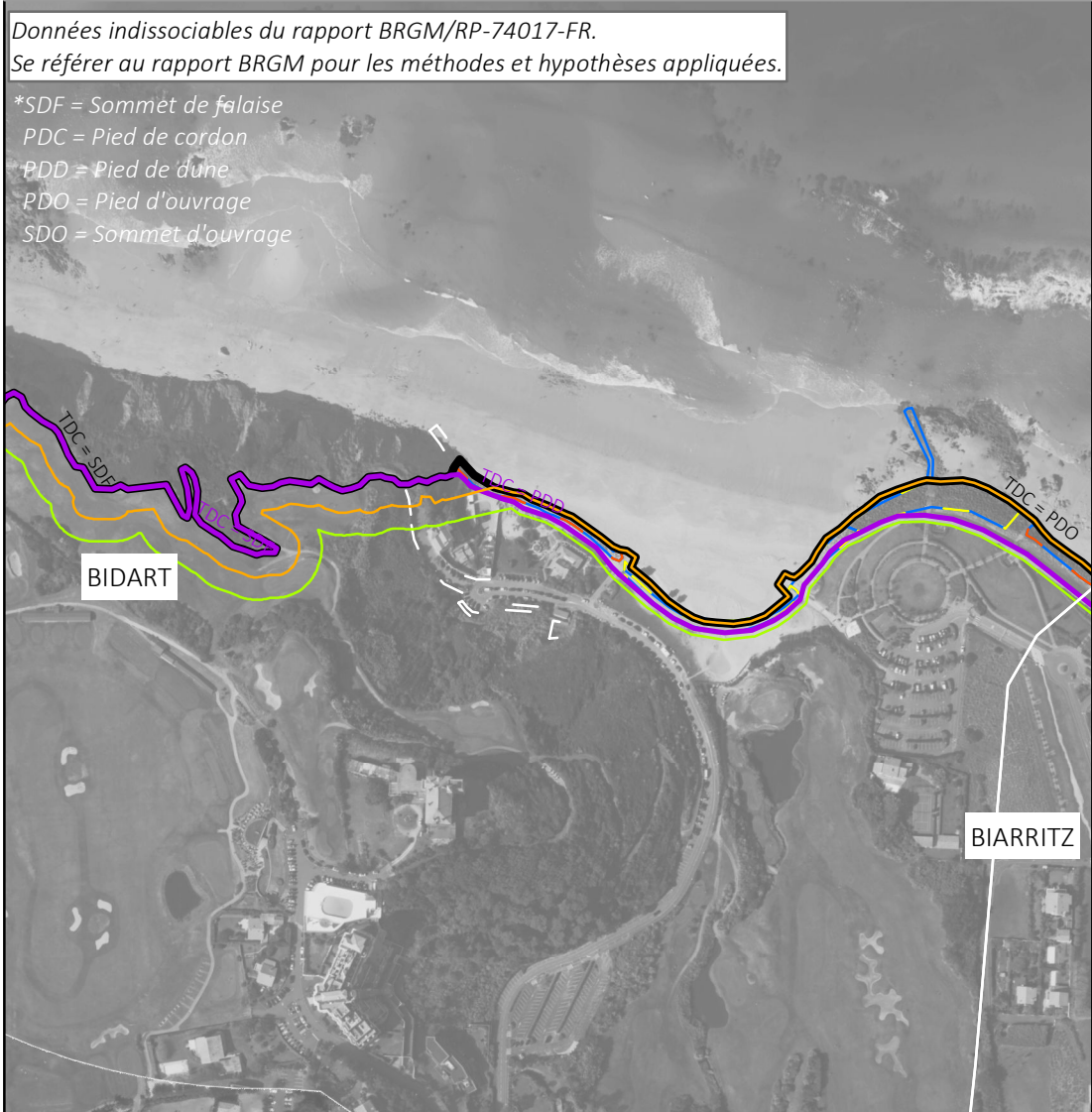
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

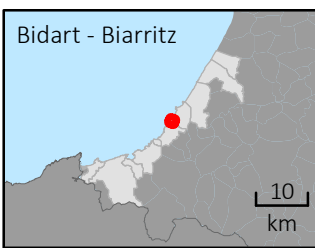
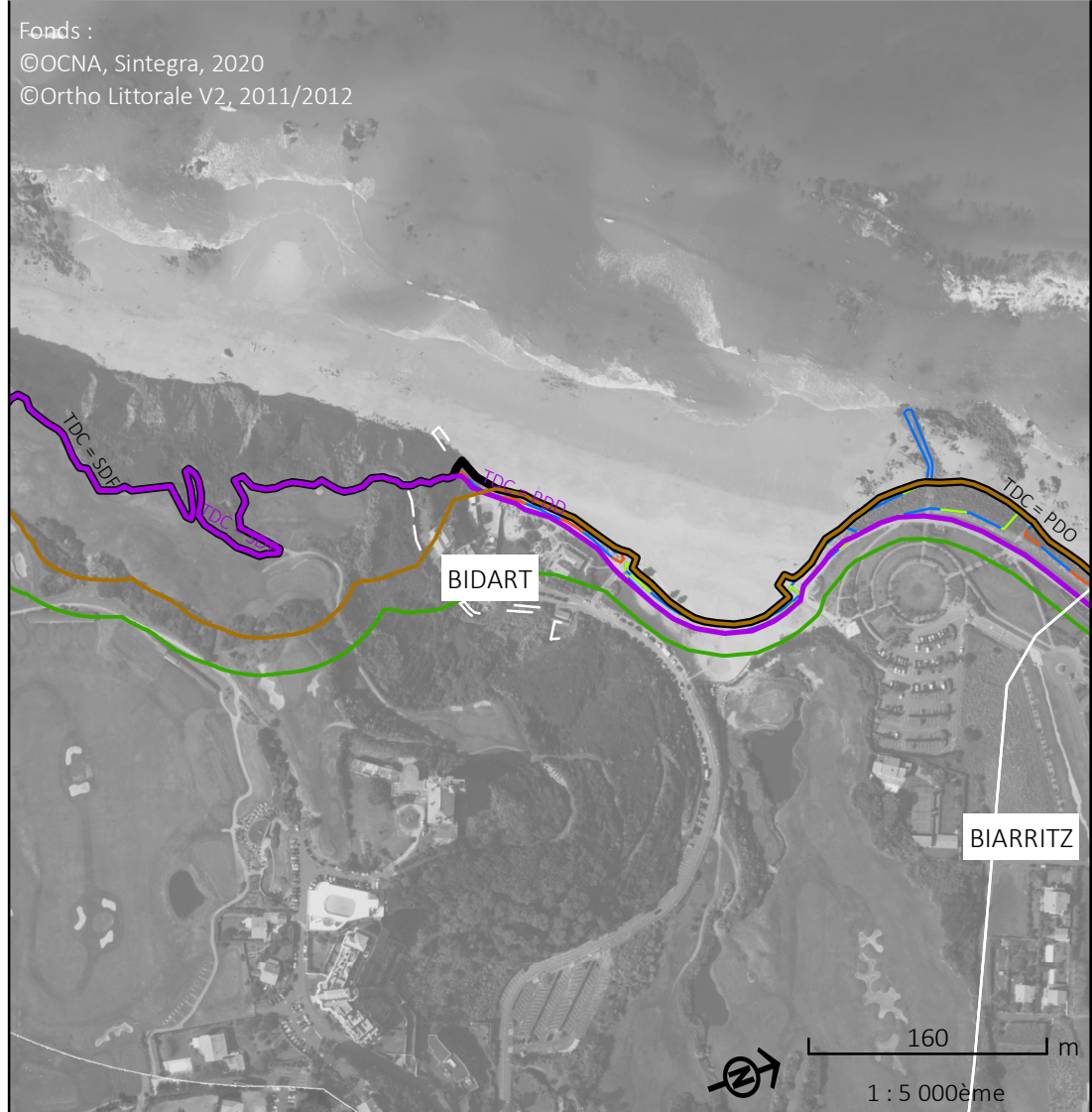
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



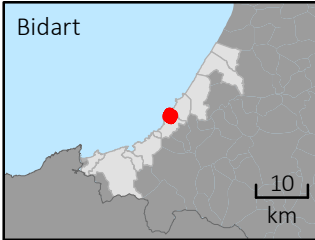
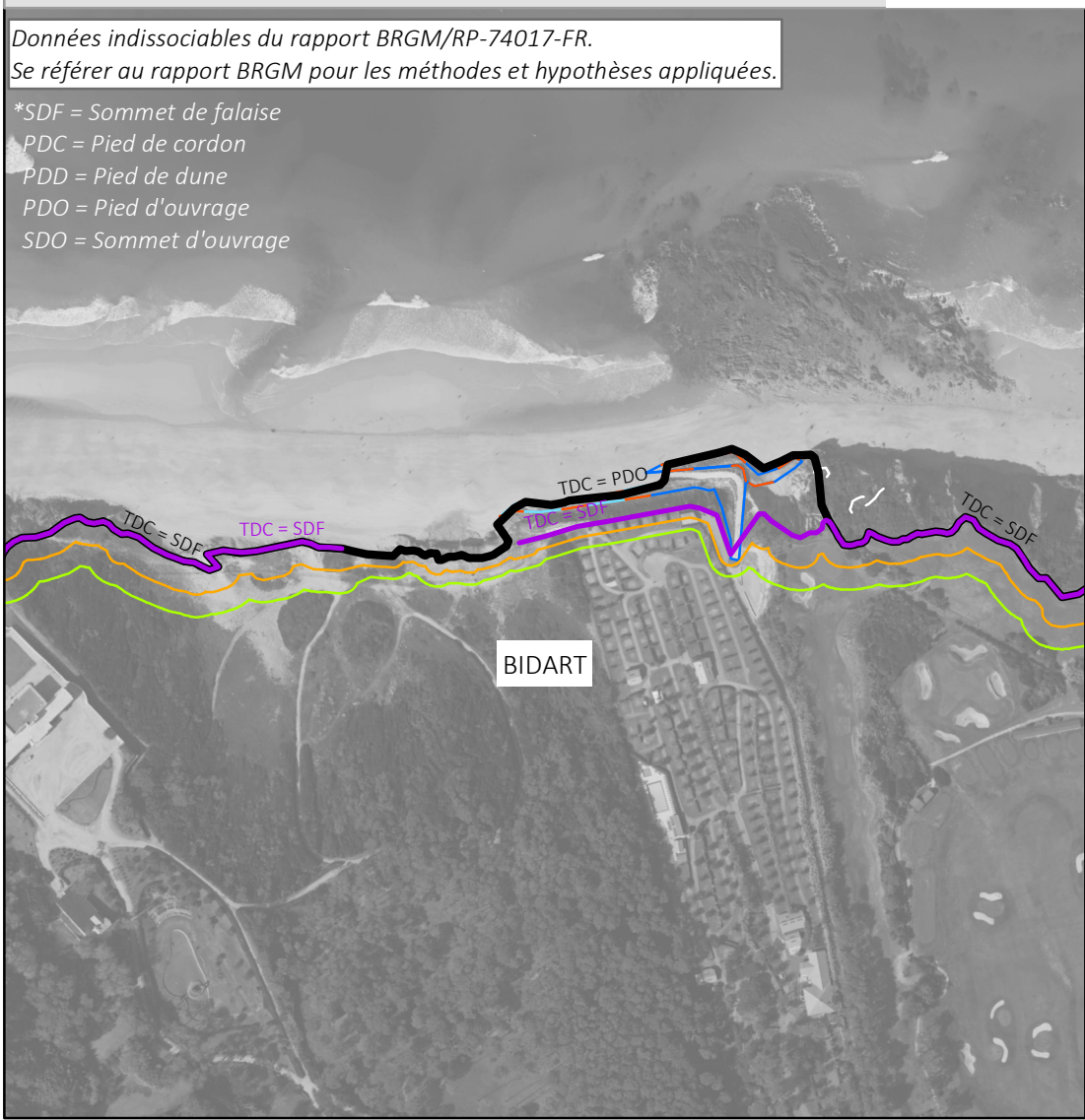
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

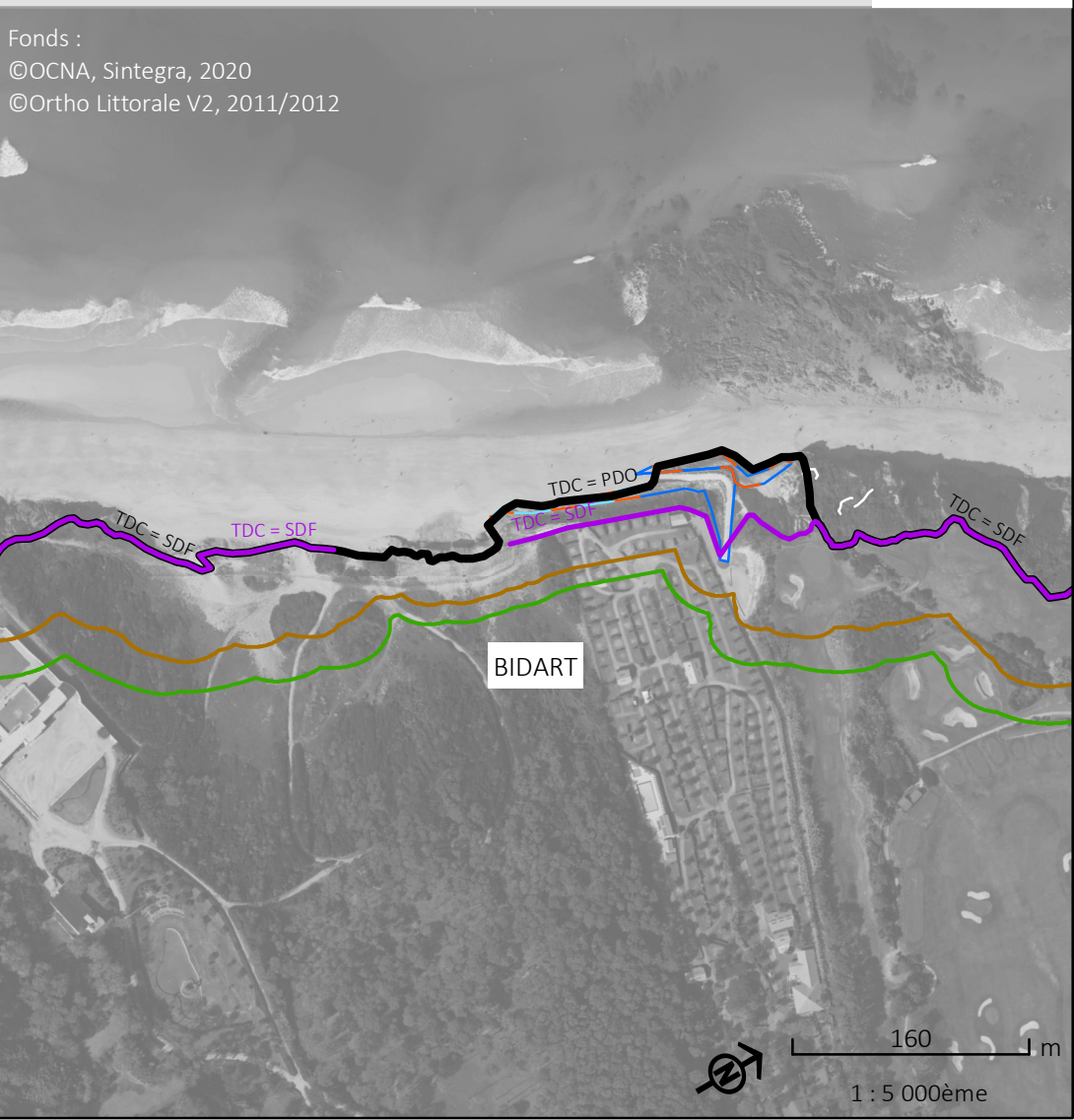
*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



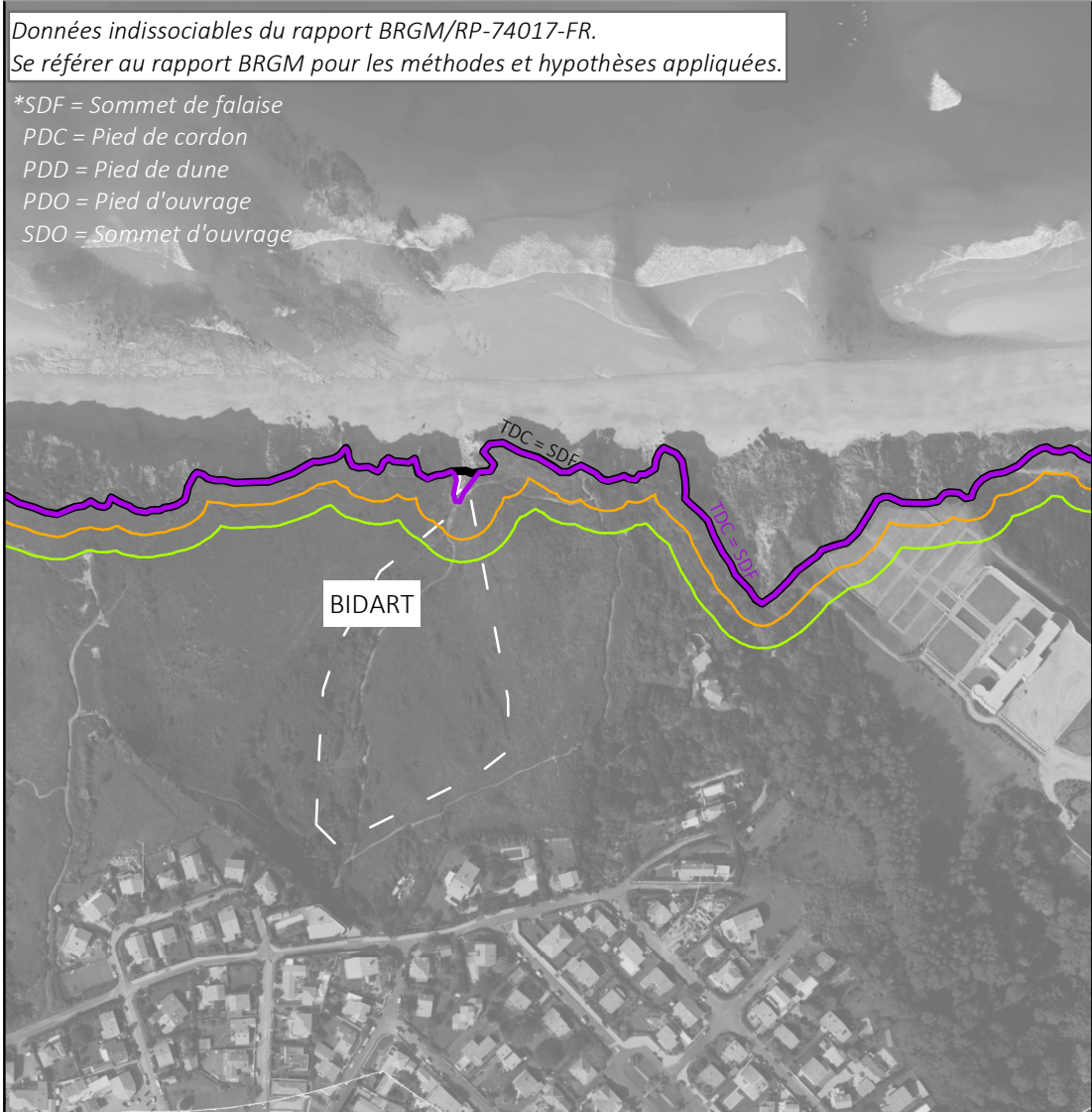
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

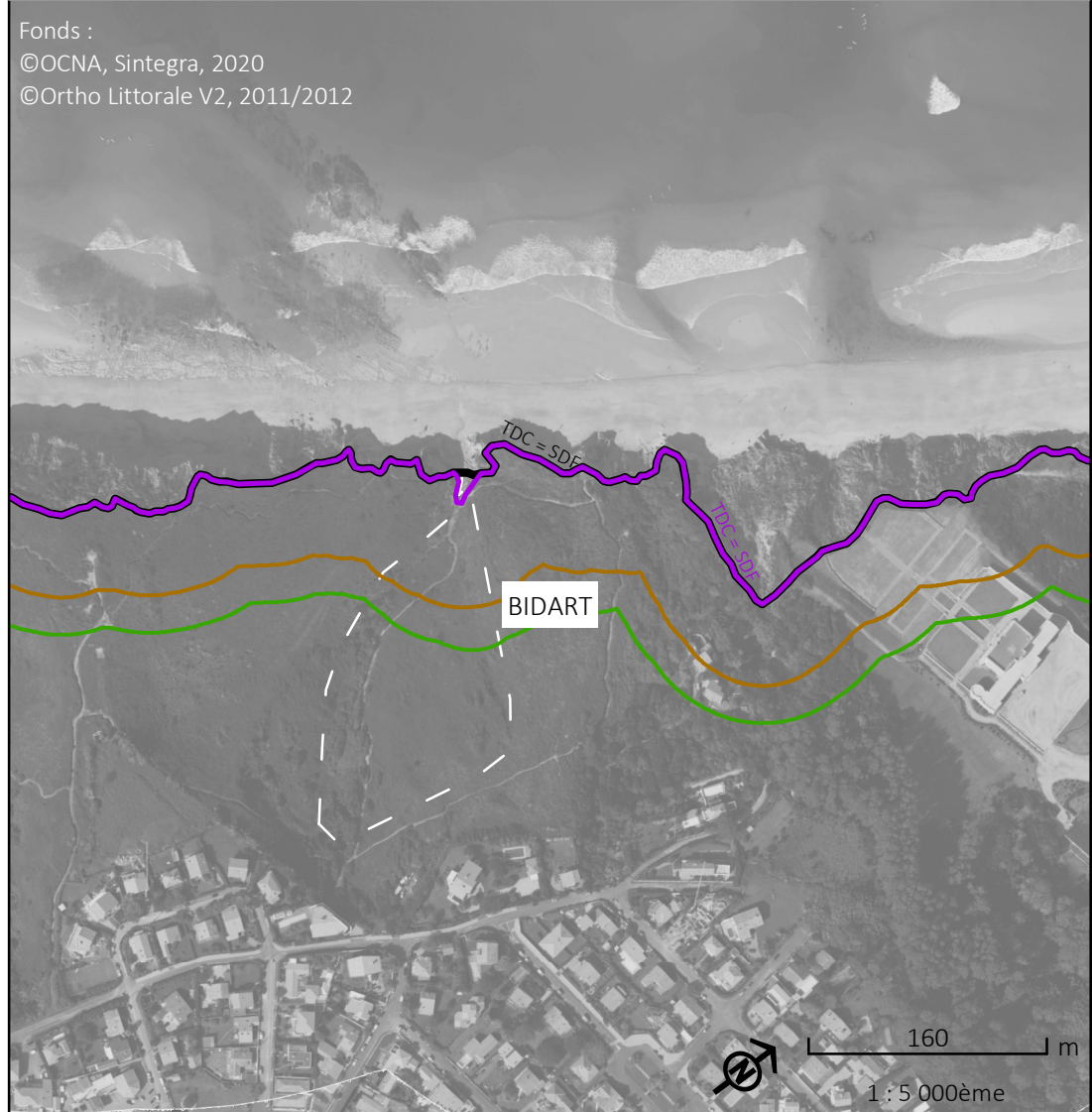
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

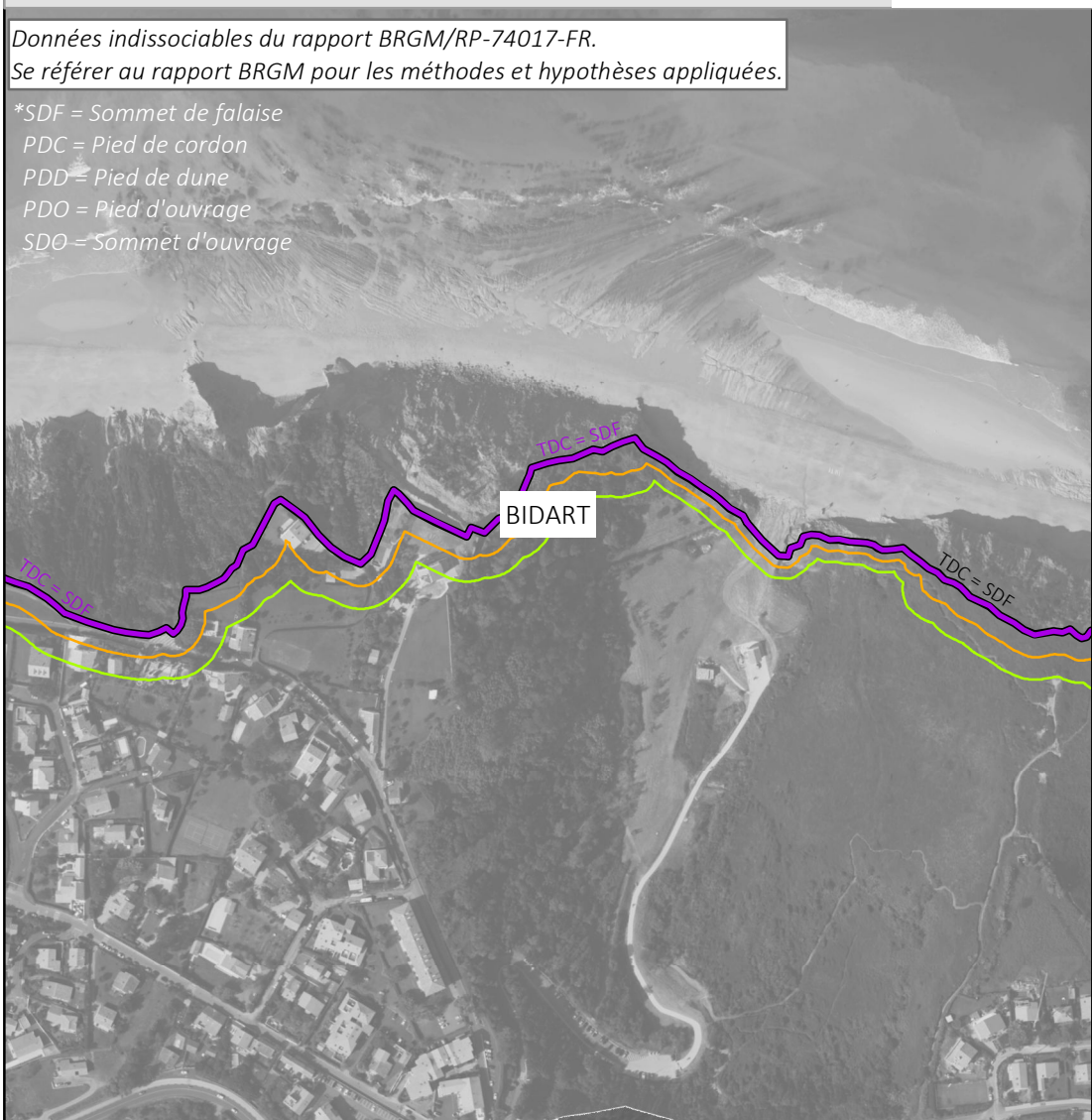
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

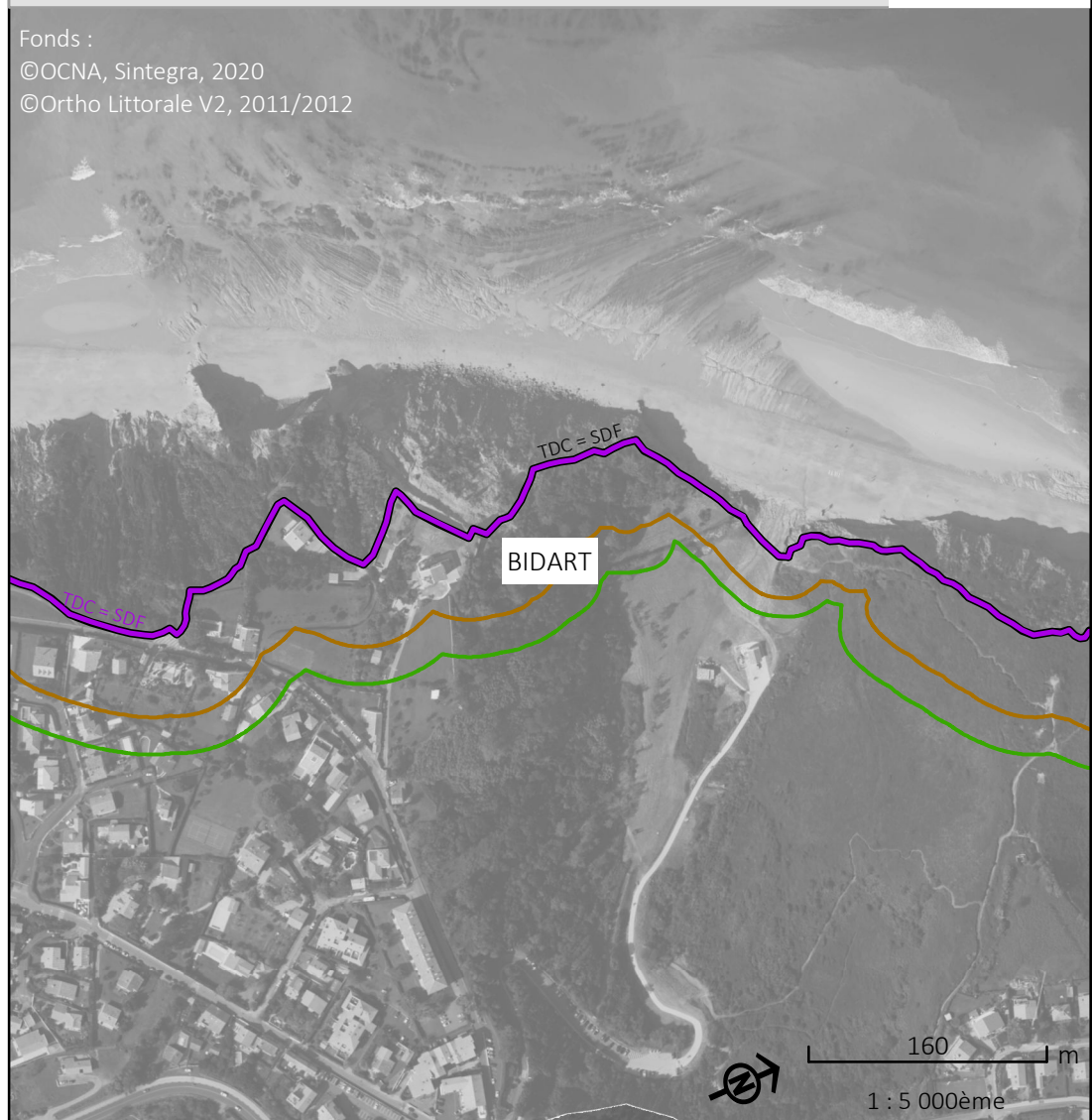
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



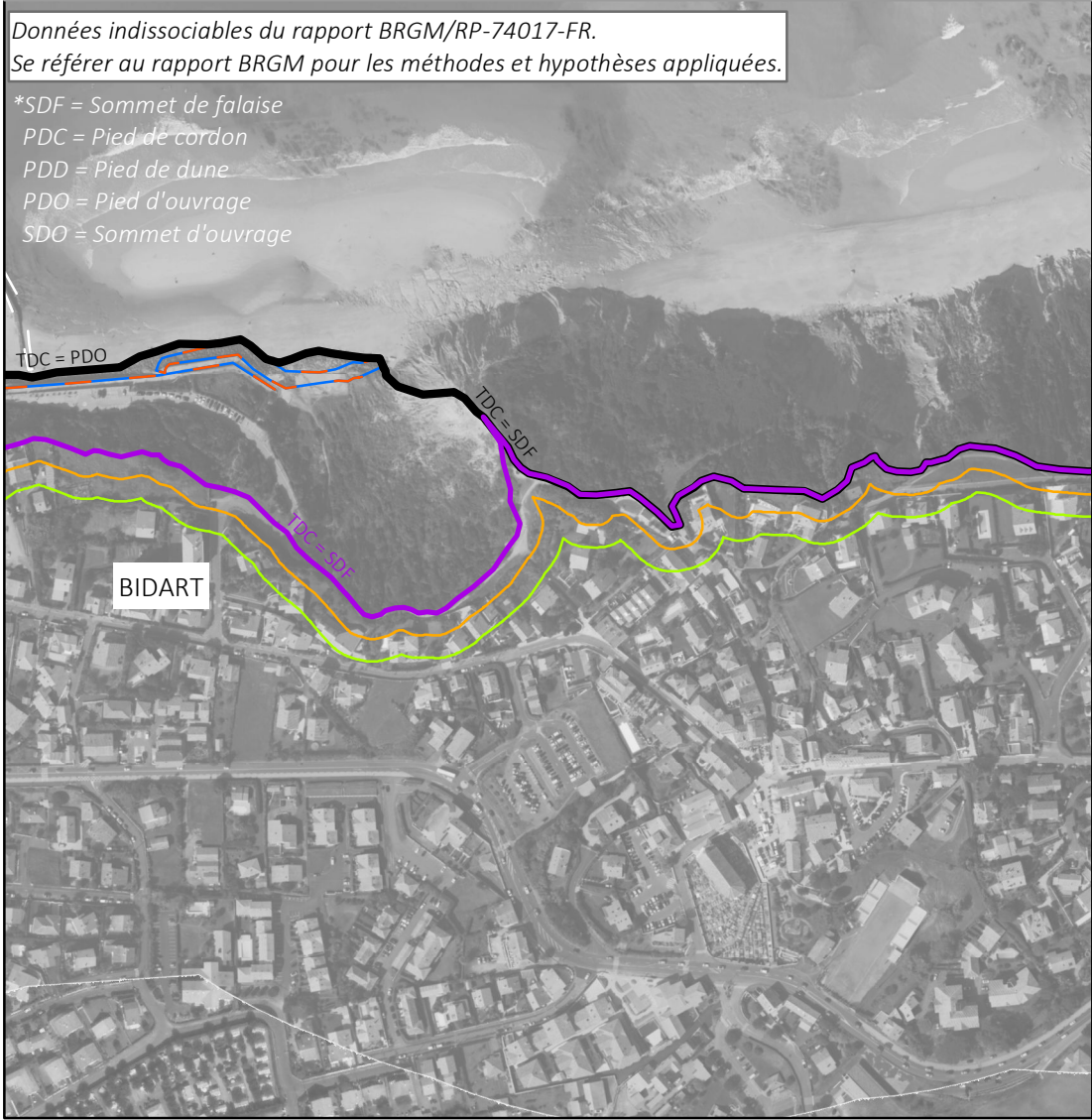
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

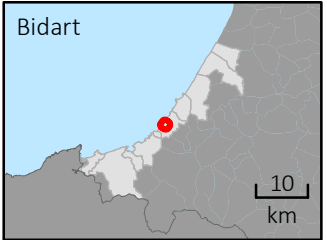
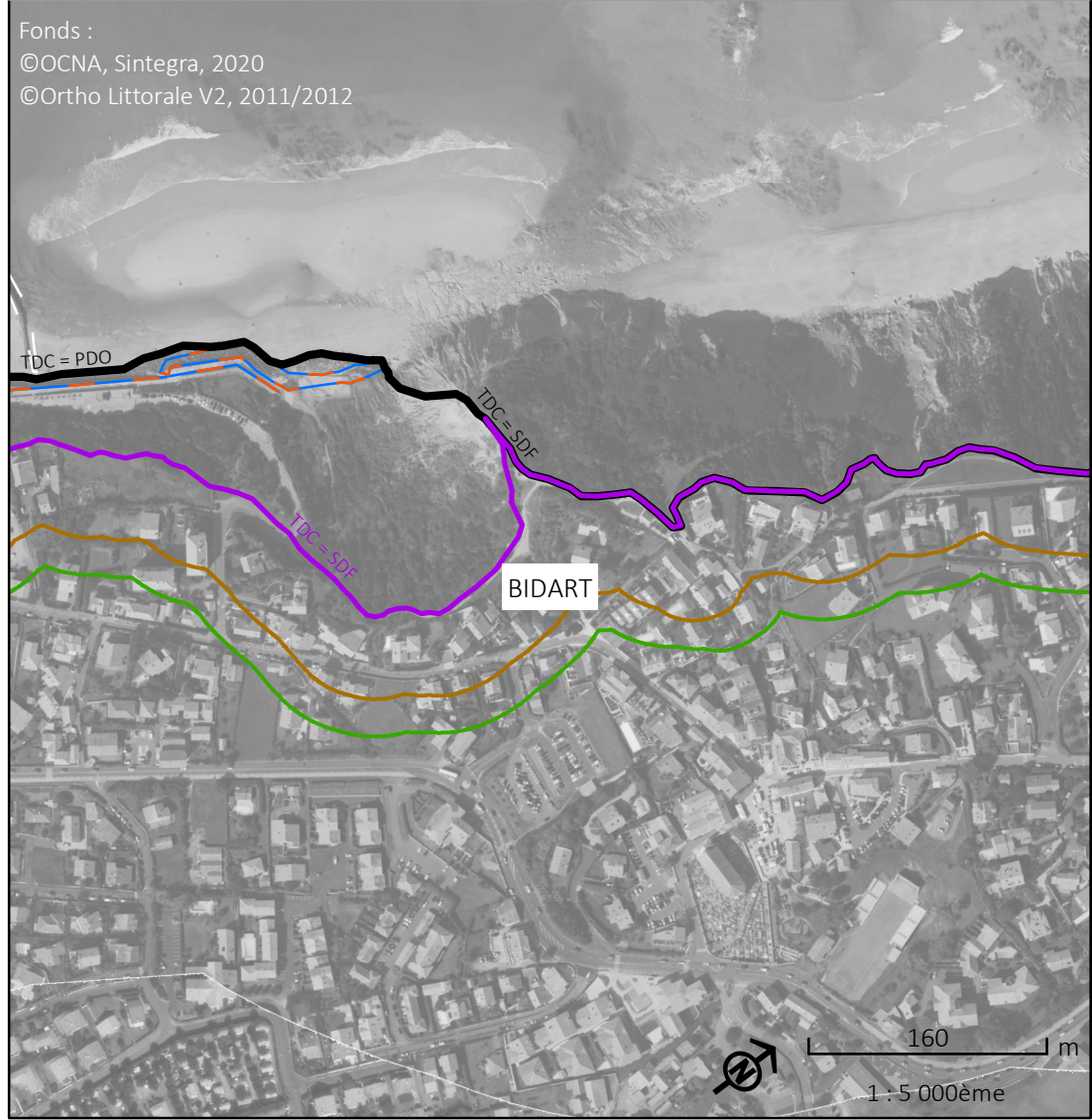
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
 Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
 PDC = Pied de cordon
 PDD = Pied de dune
 PDO = Pied d'ouvrage
 SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
 ©OCNA, Sintegra, 2020
 ©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

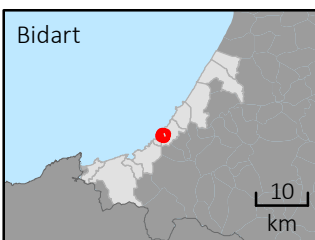
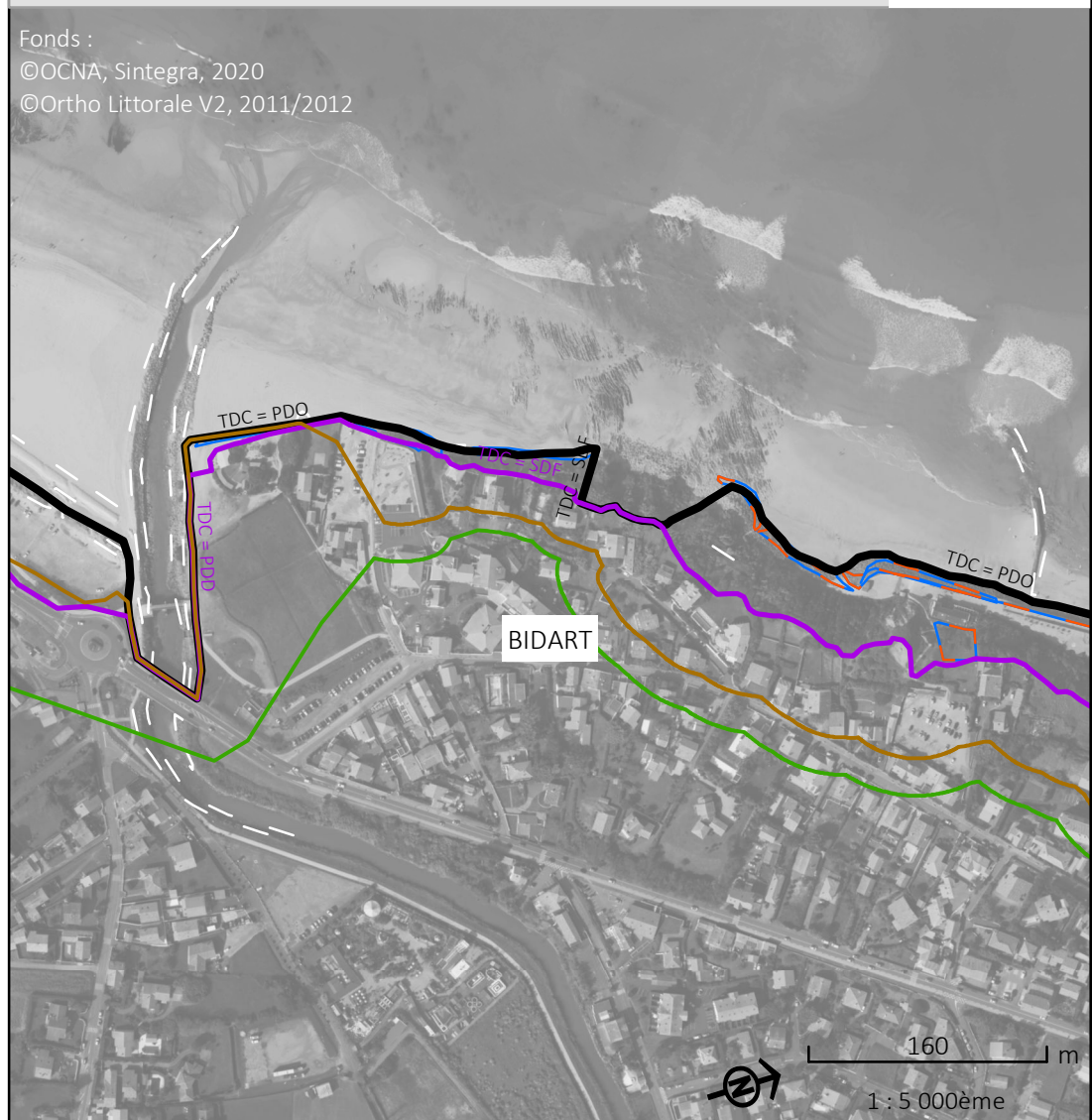
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA; Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



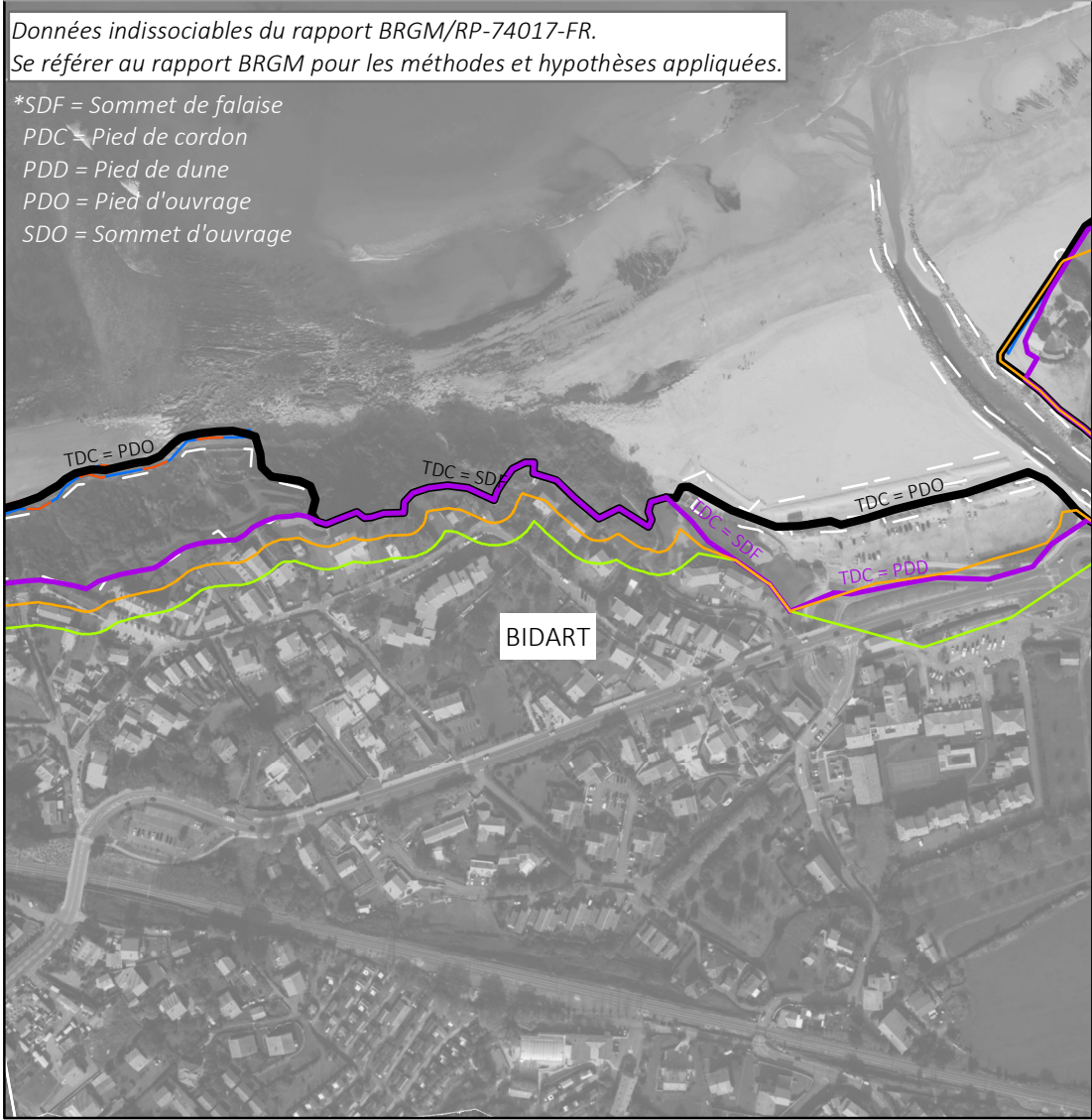
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

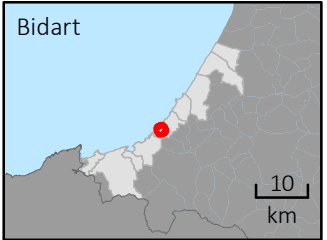
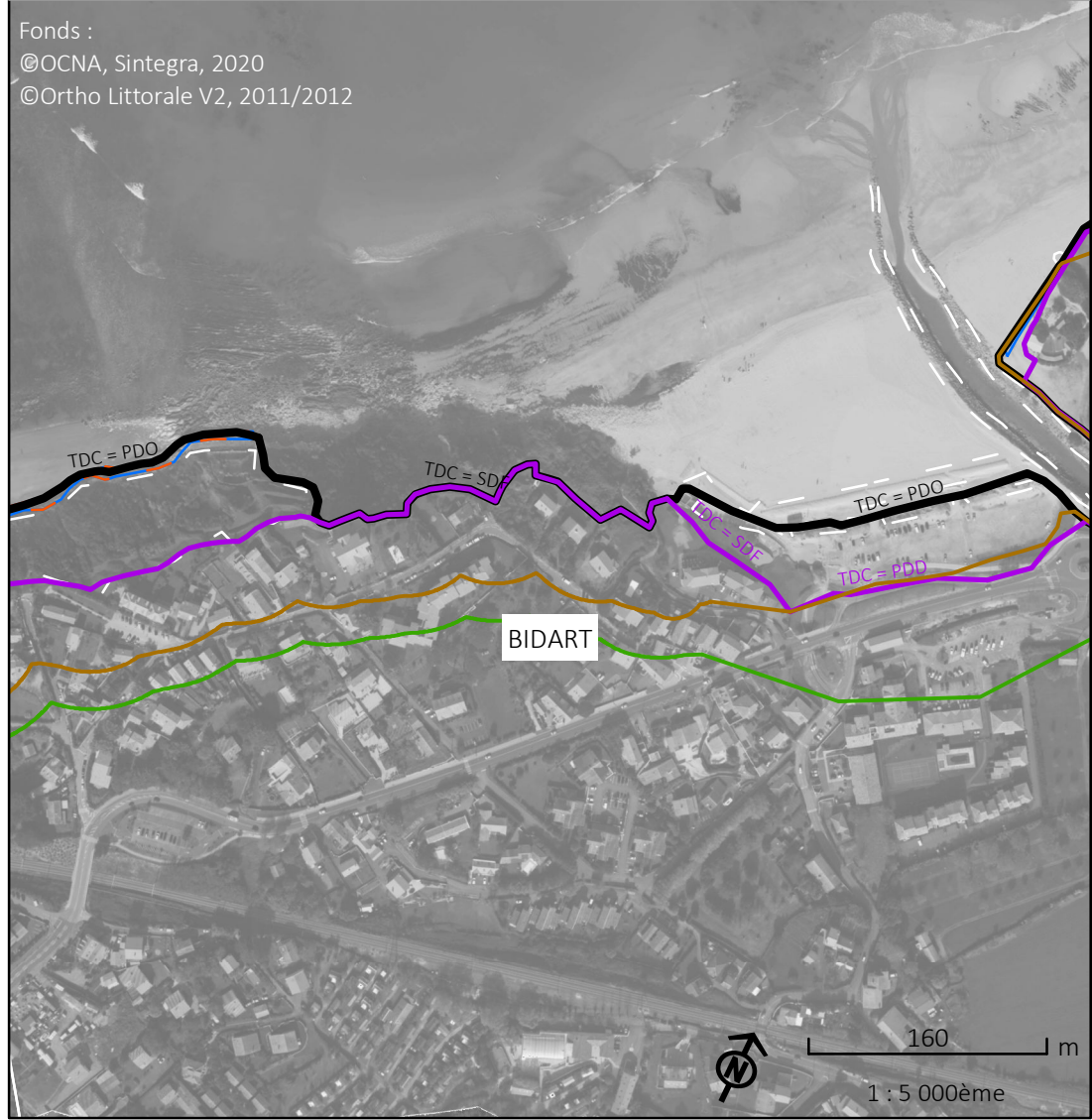
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



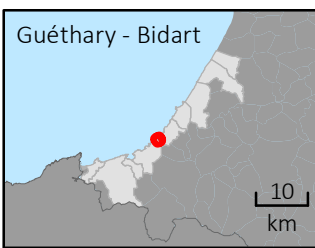
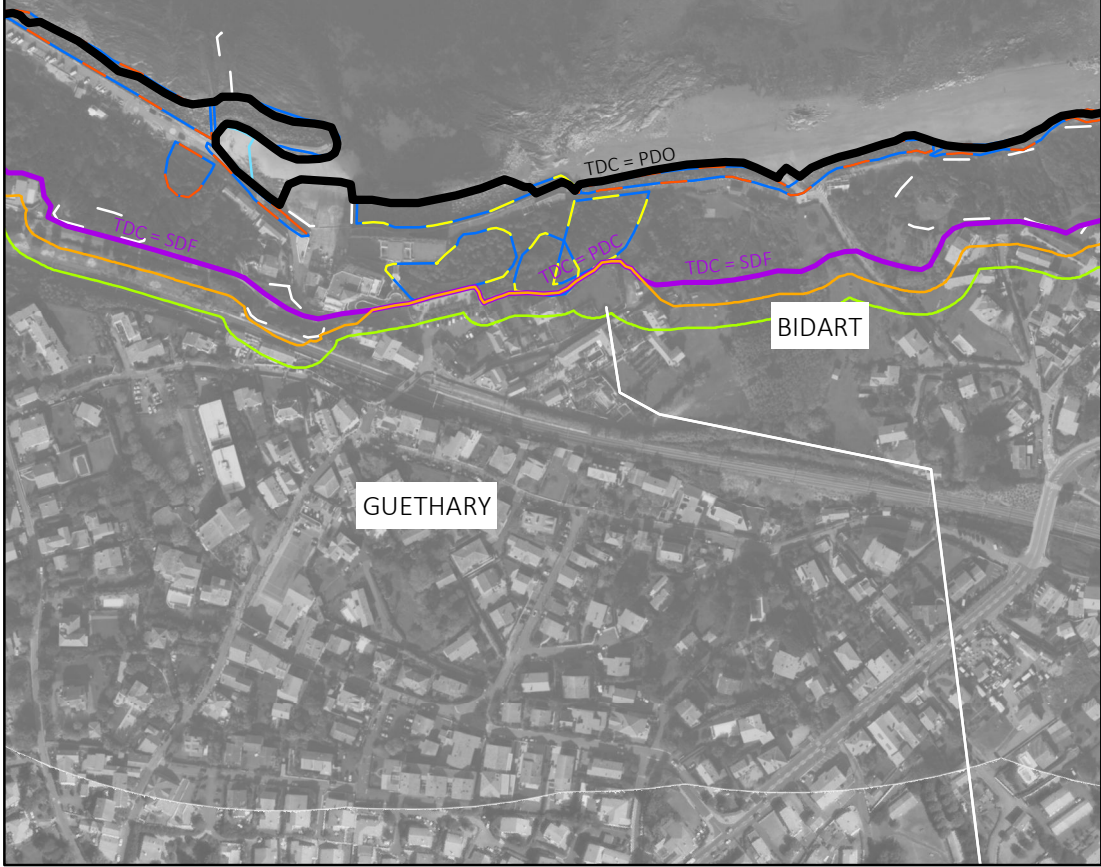
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

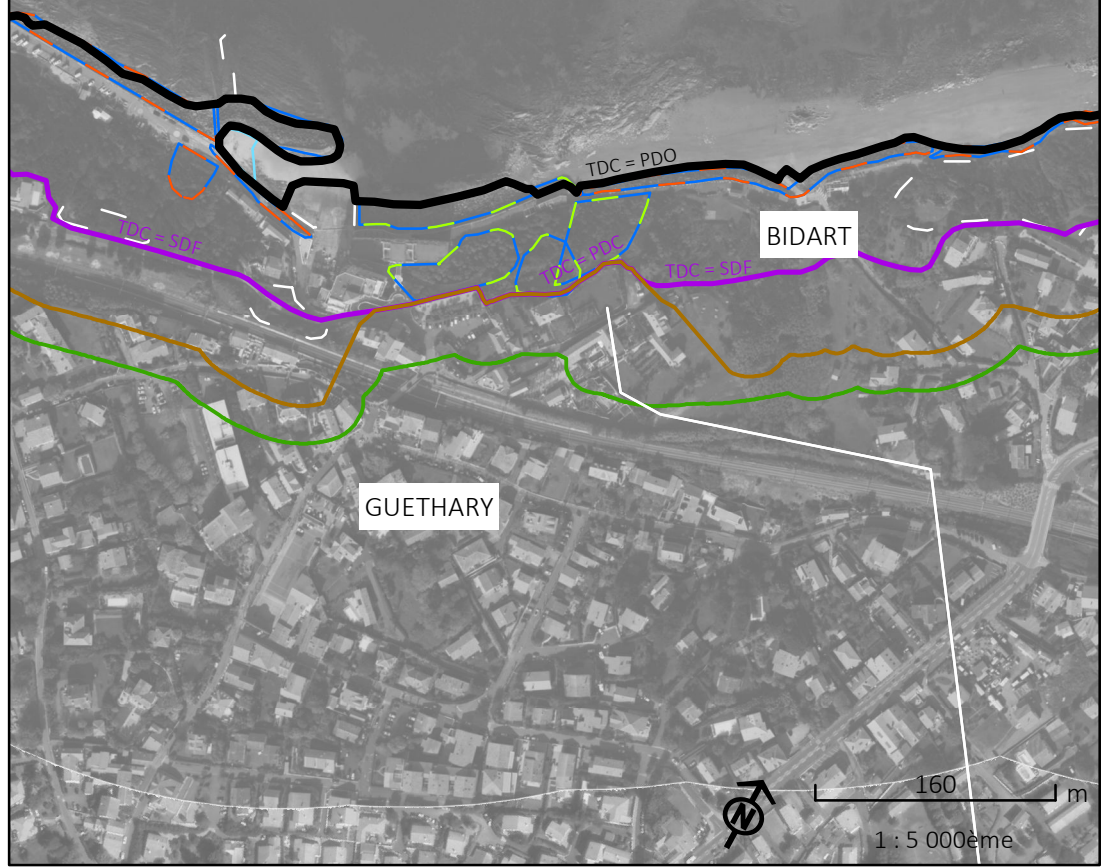
*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012

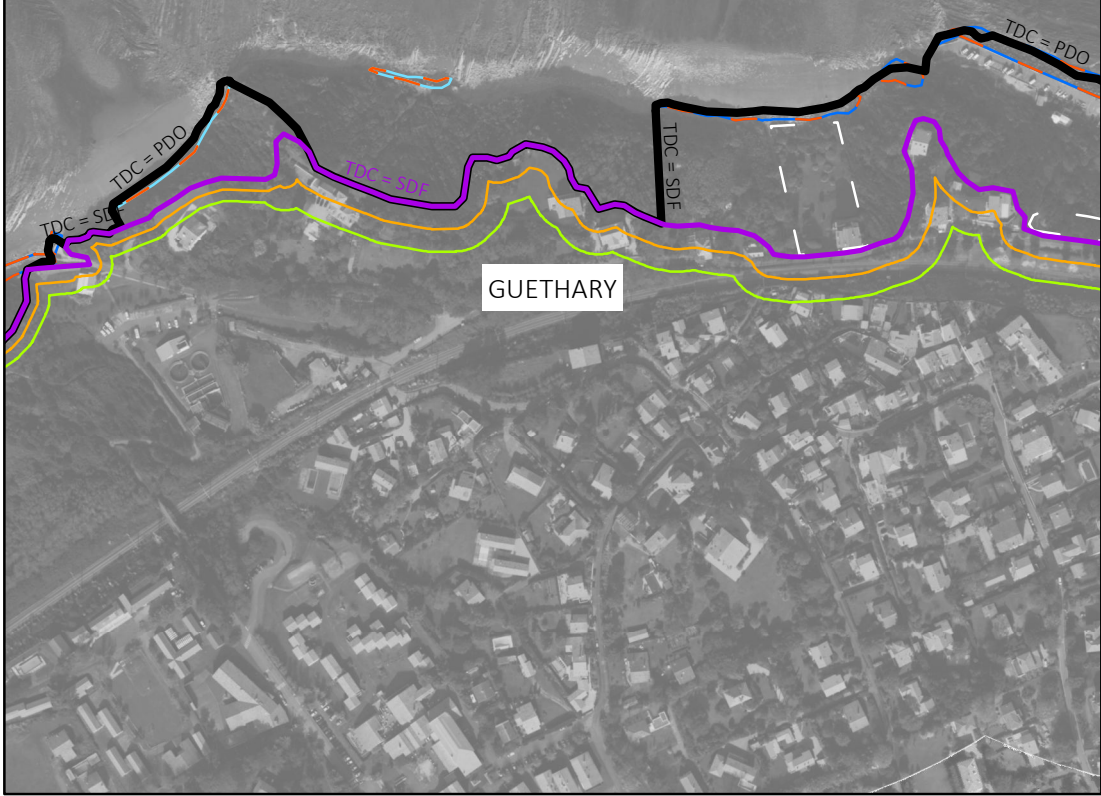


- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

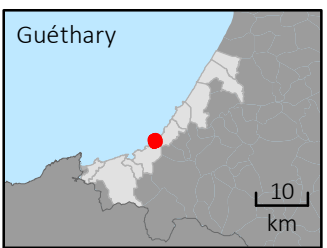
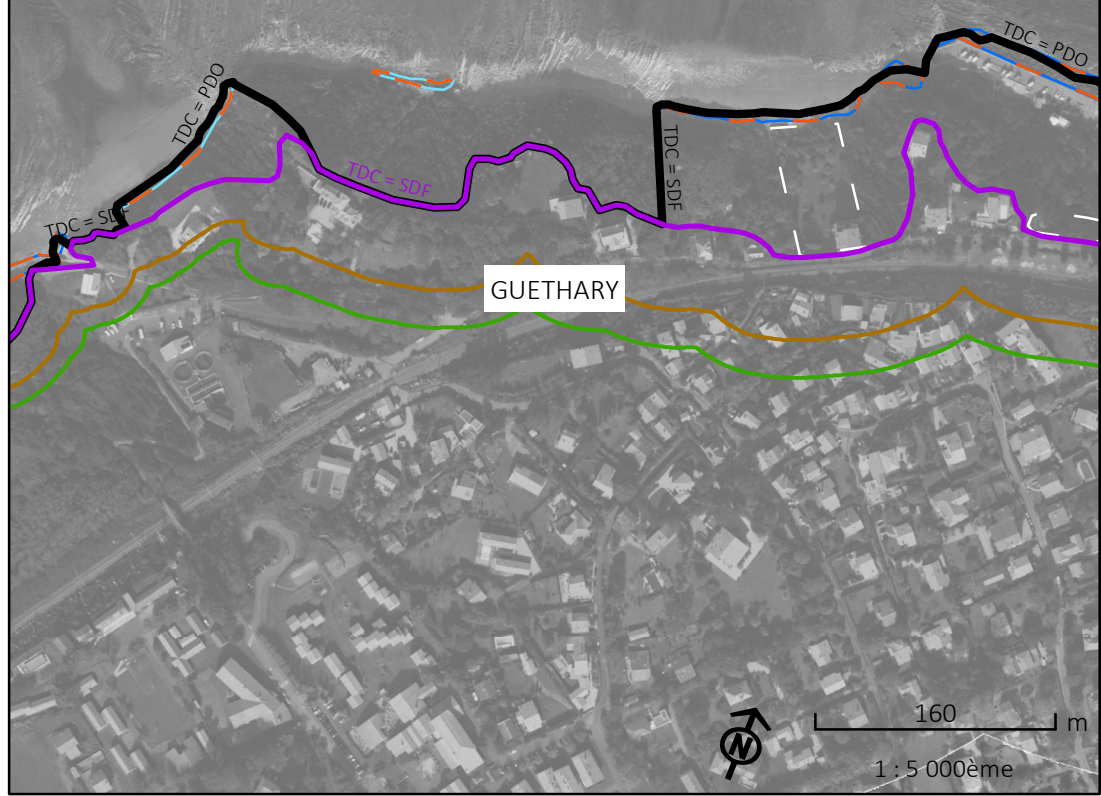
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
 Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
 PDC = Pied de cordon
 PDD = Pied de dune
 PDO = Pied d'ouvrage
 SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
 ©OCNA, Sintegra, 2020
 ©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

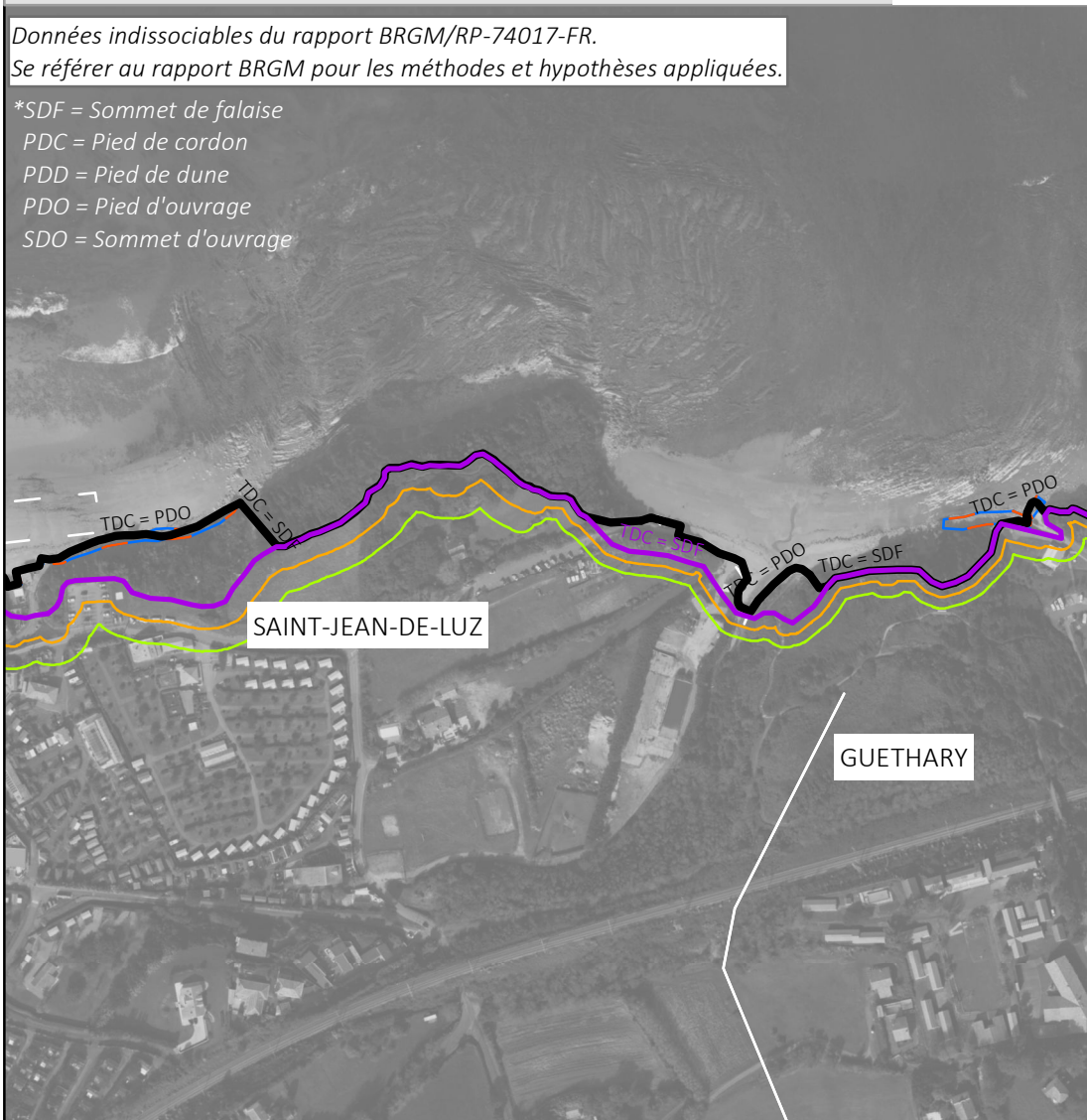
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

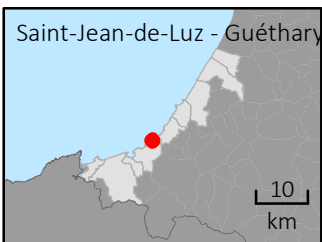
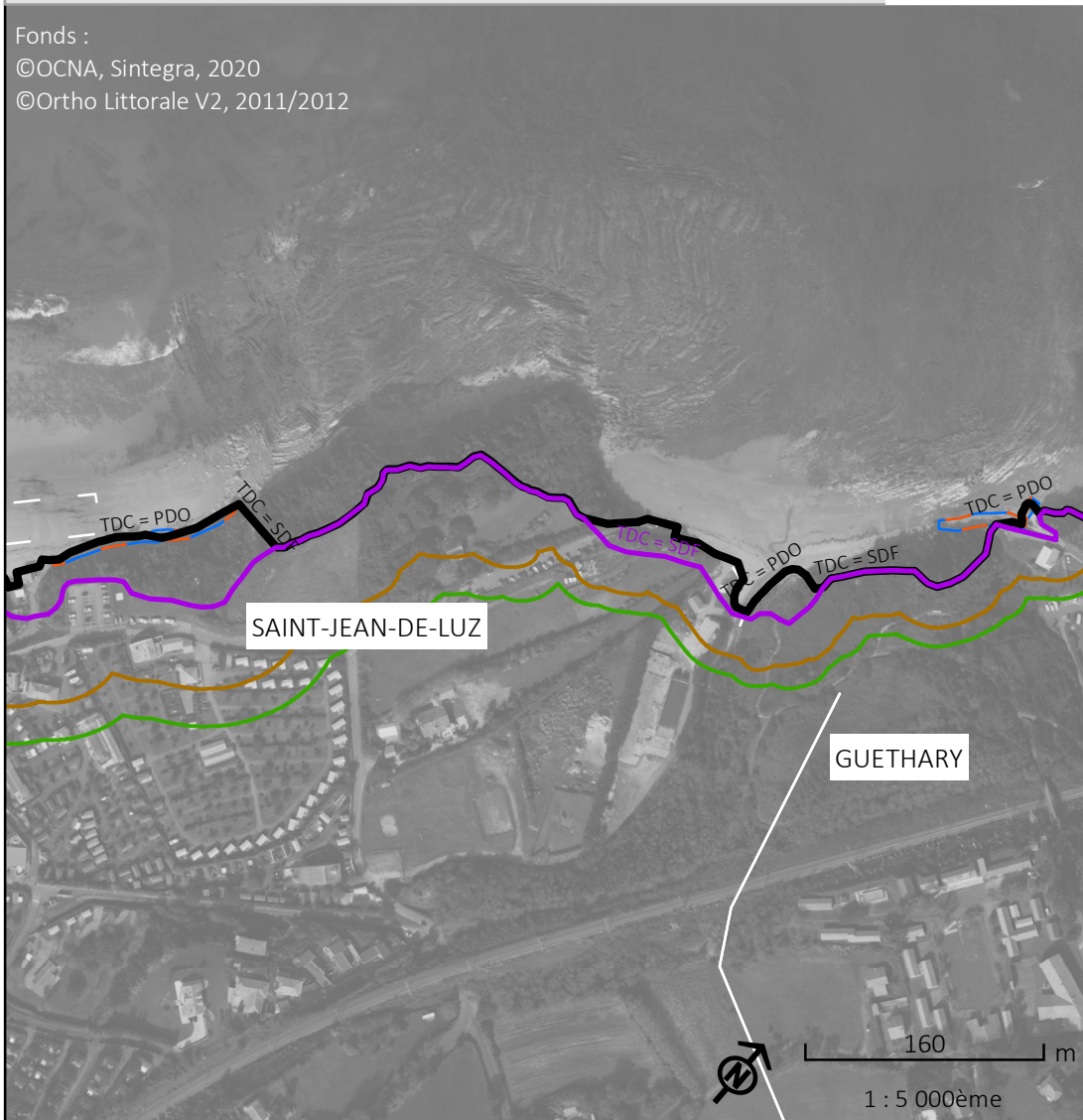
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

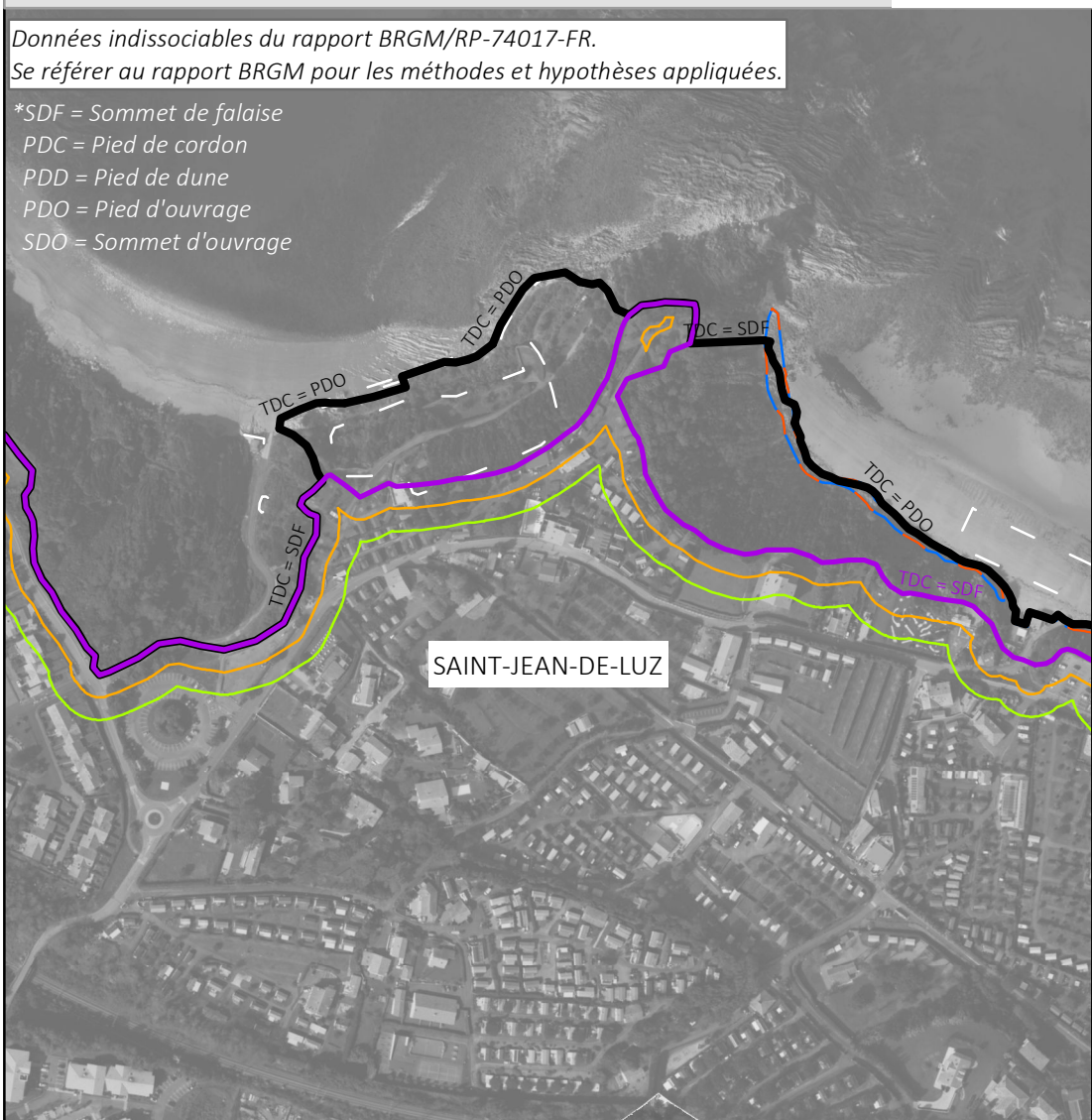
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

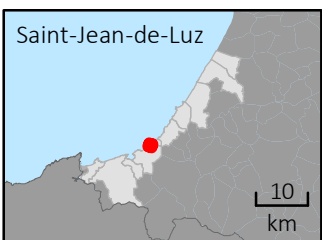
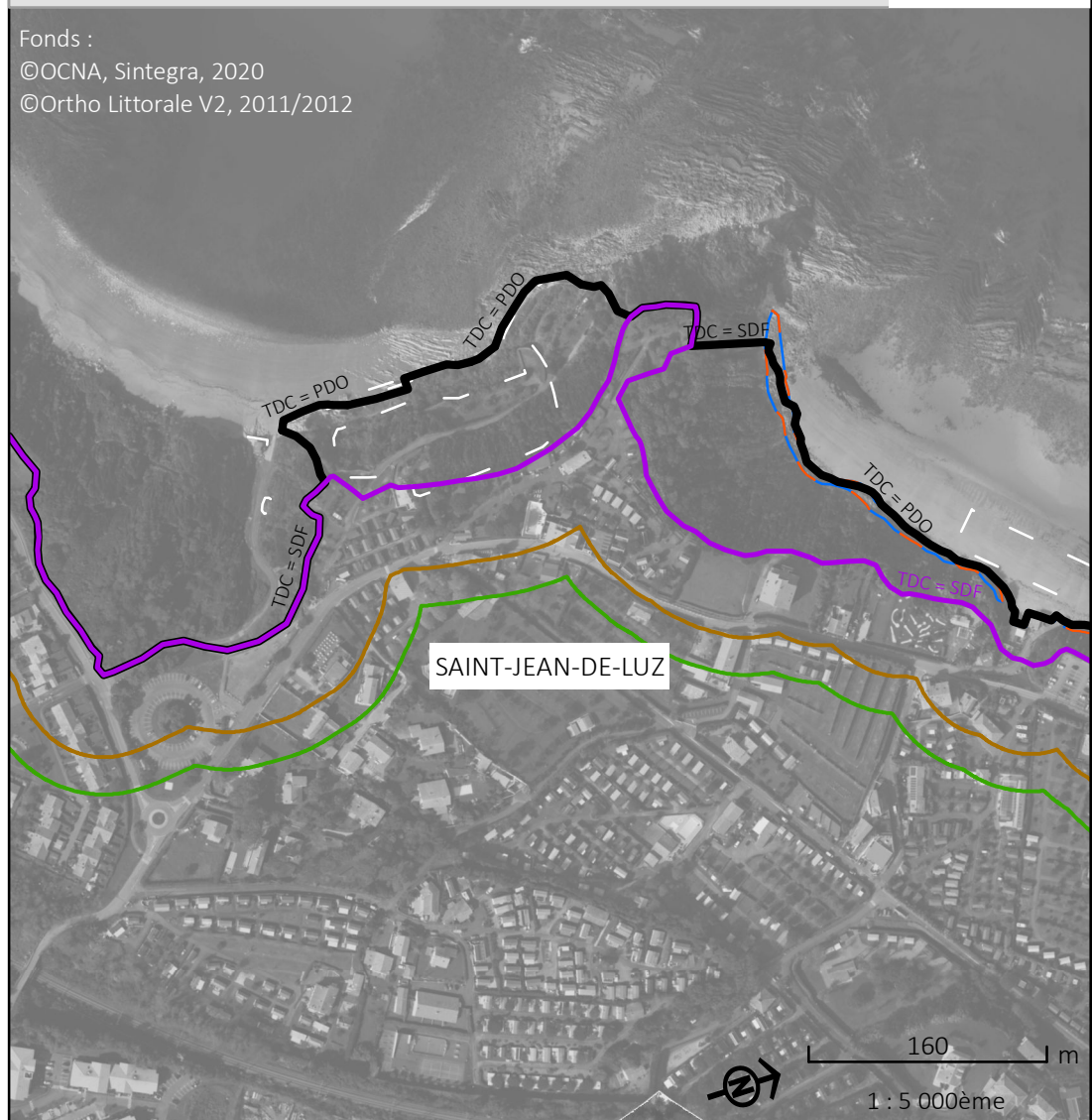
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



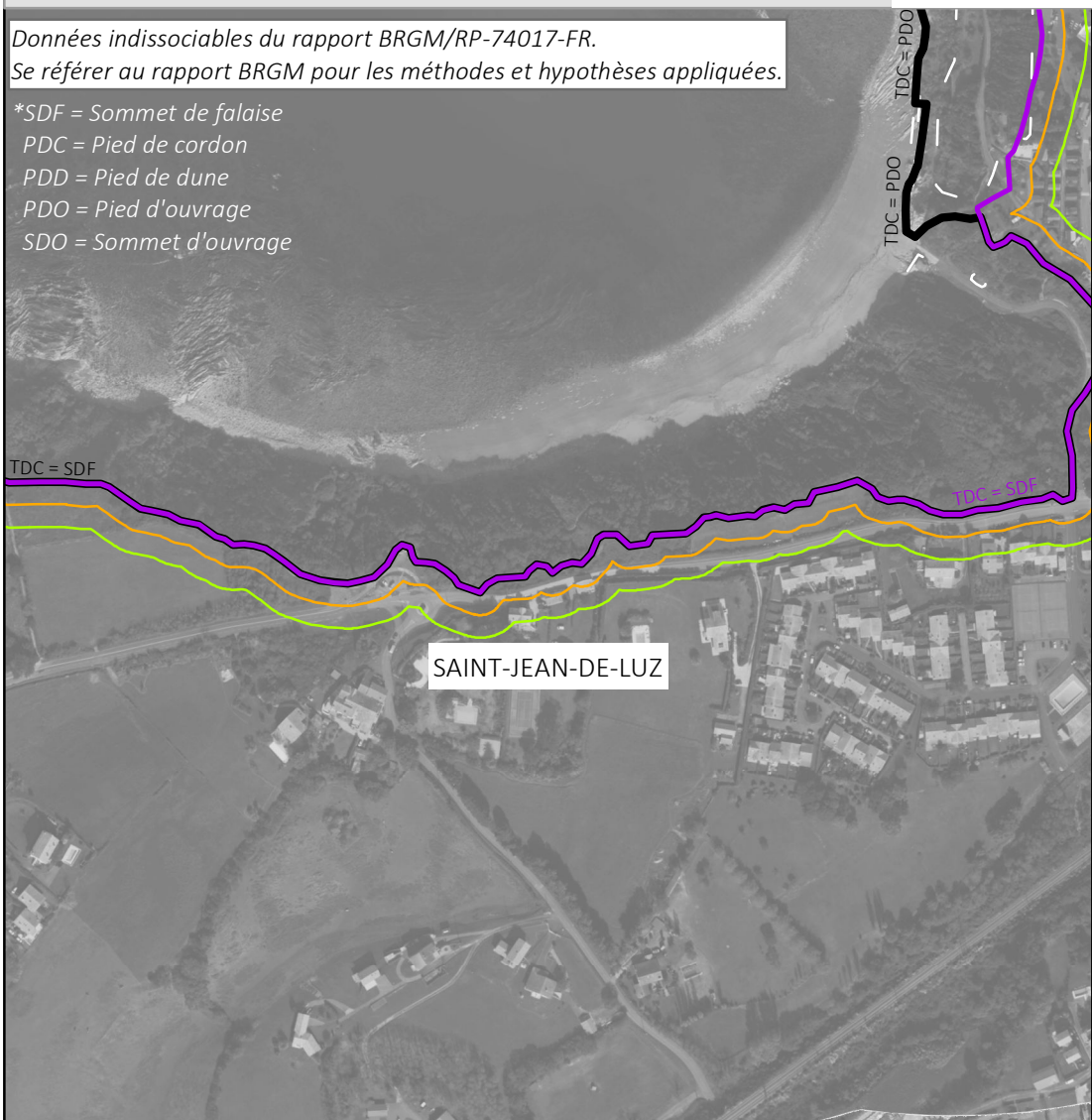
- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

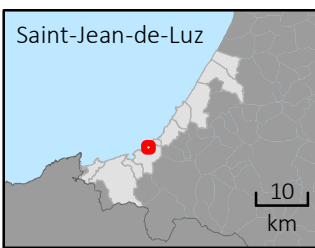
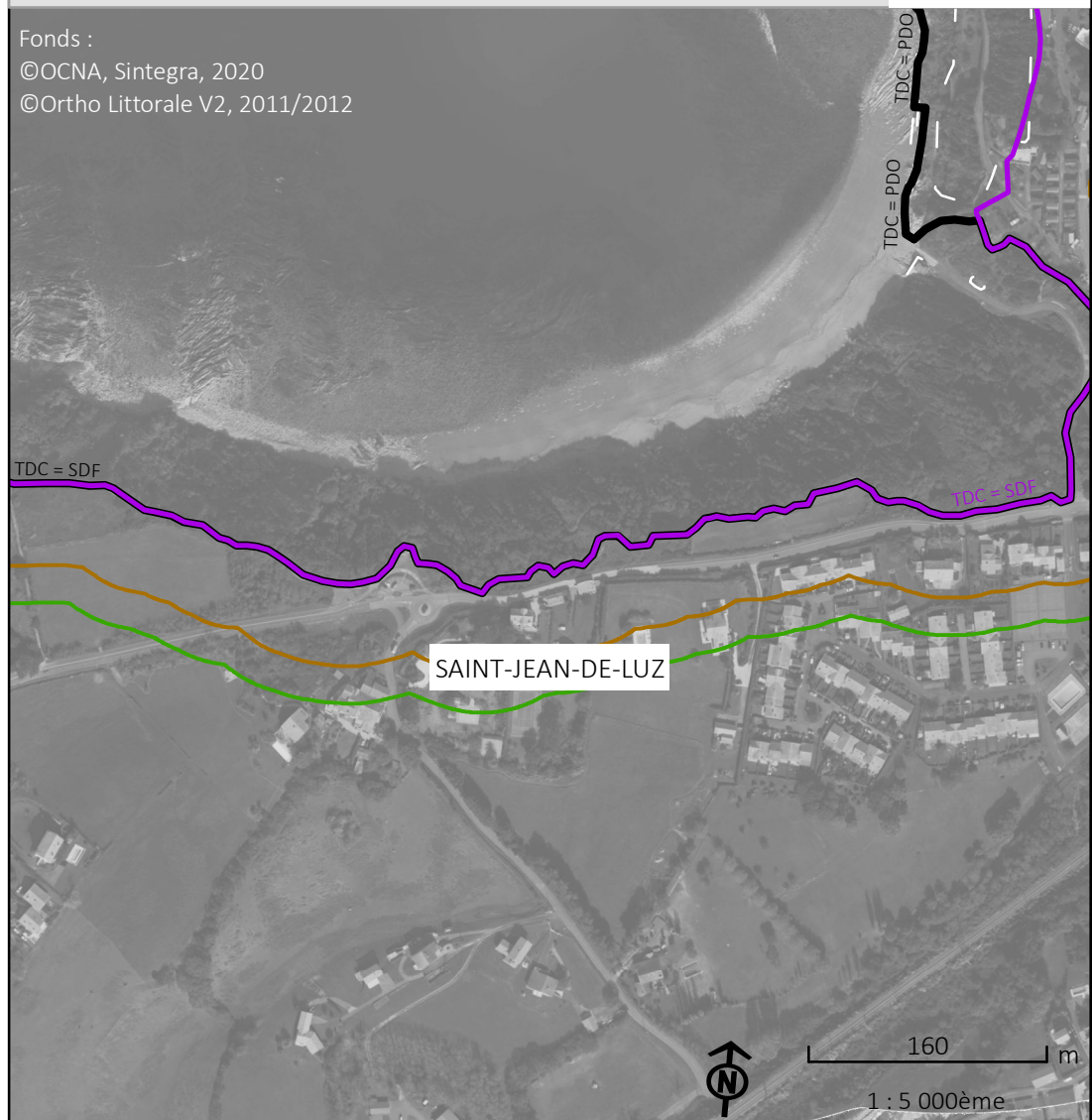
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

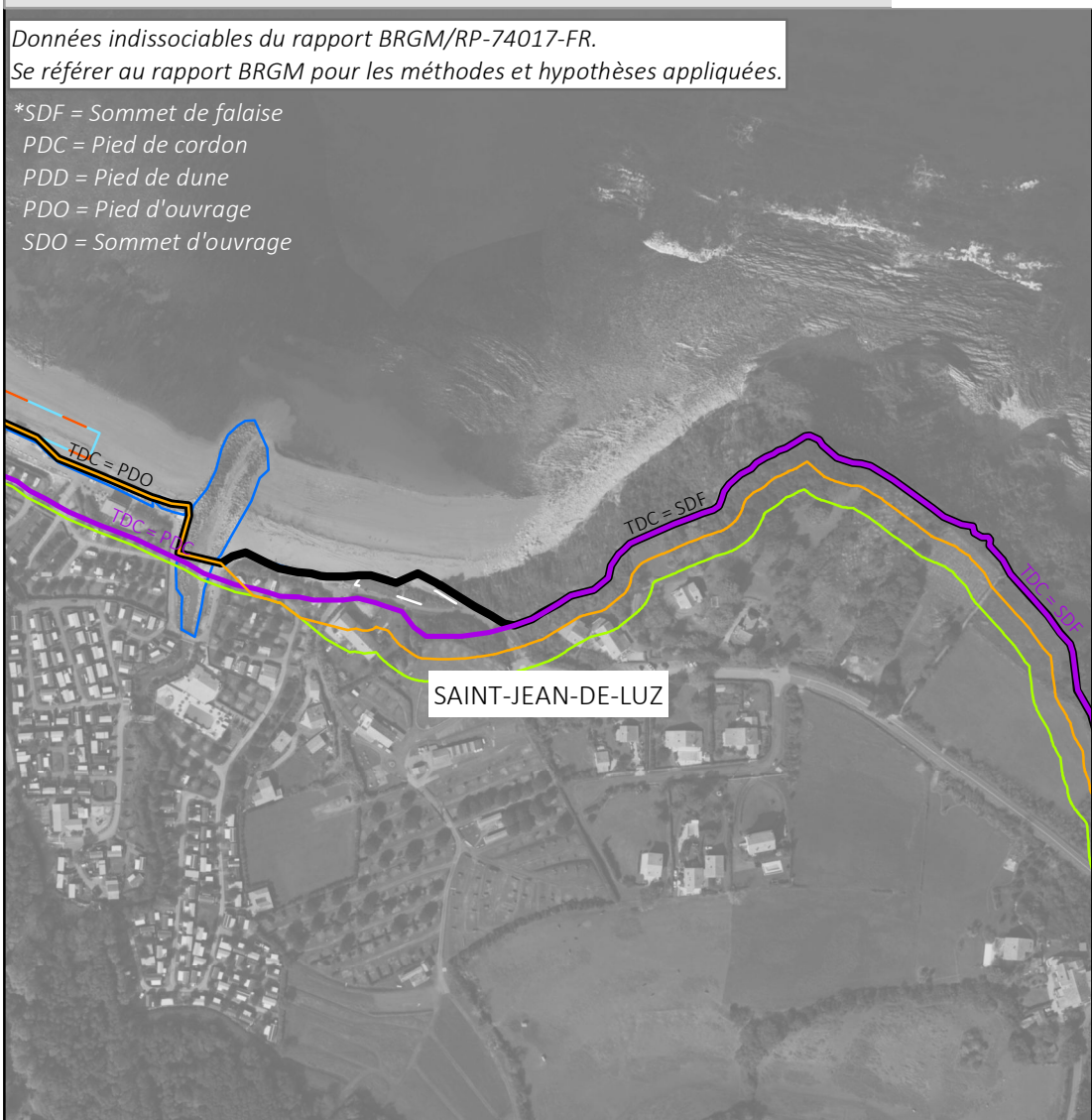
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

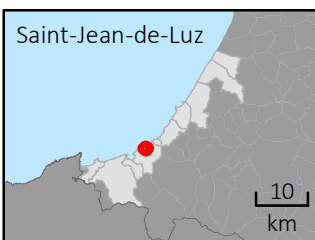
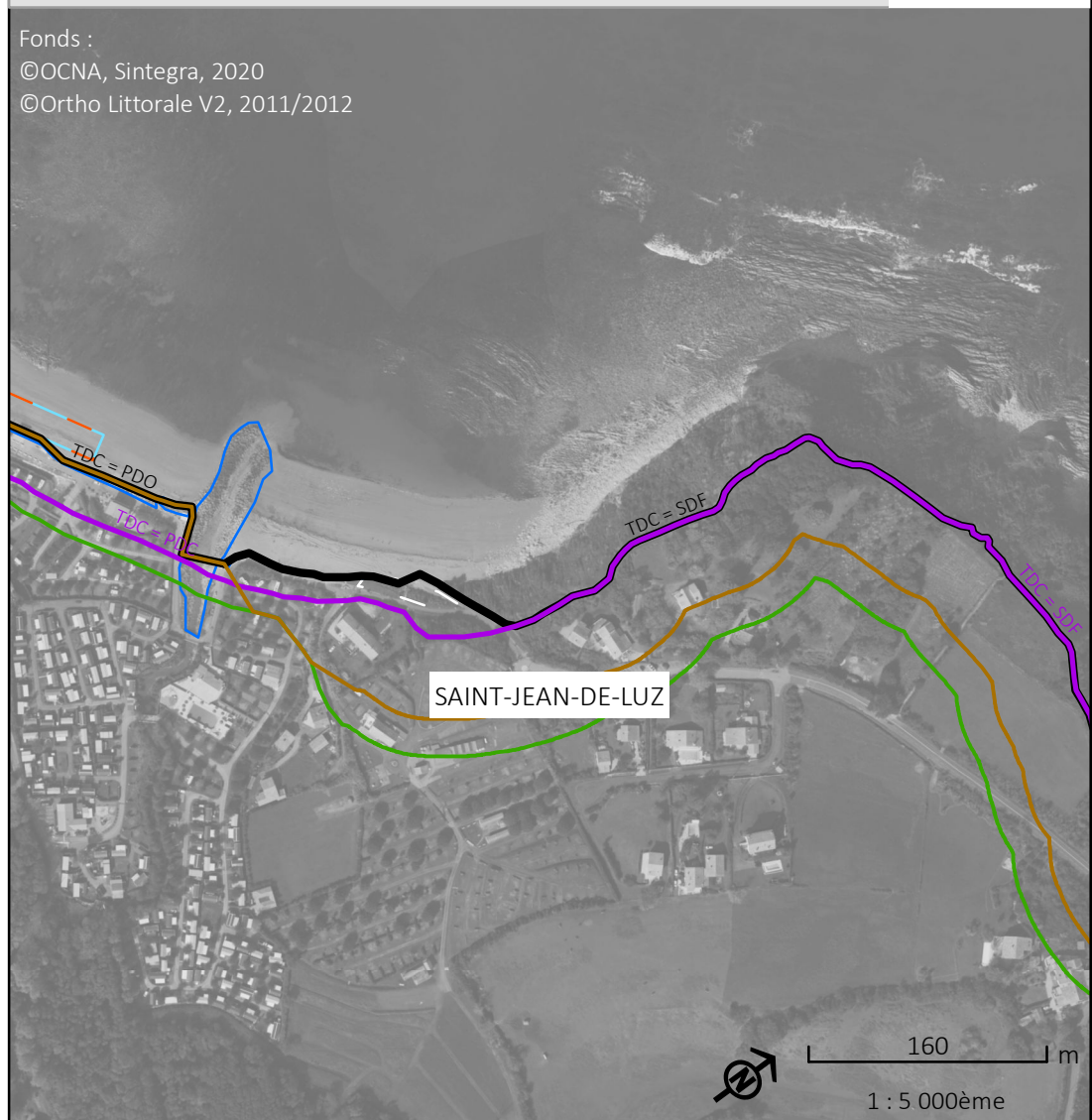
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

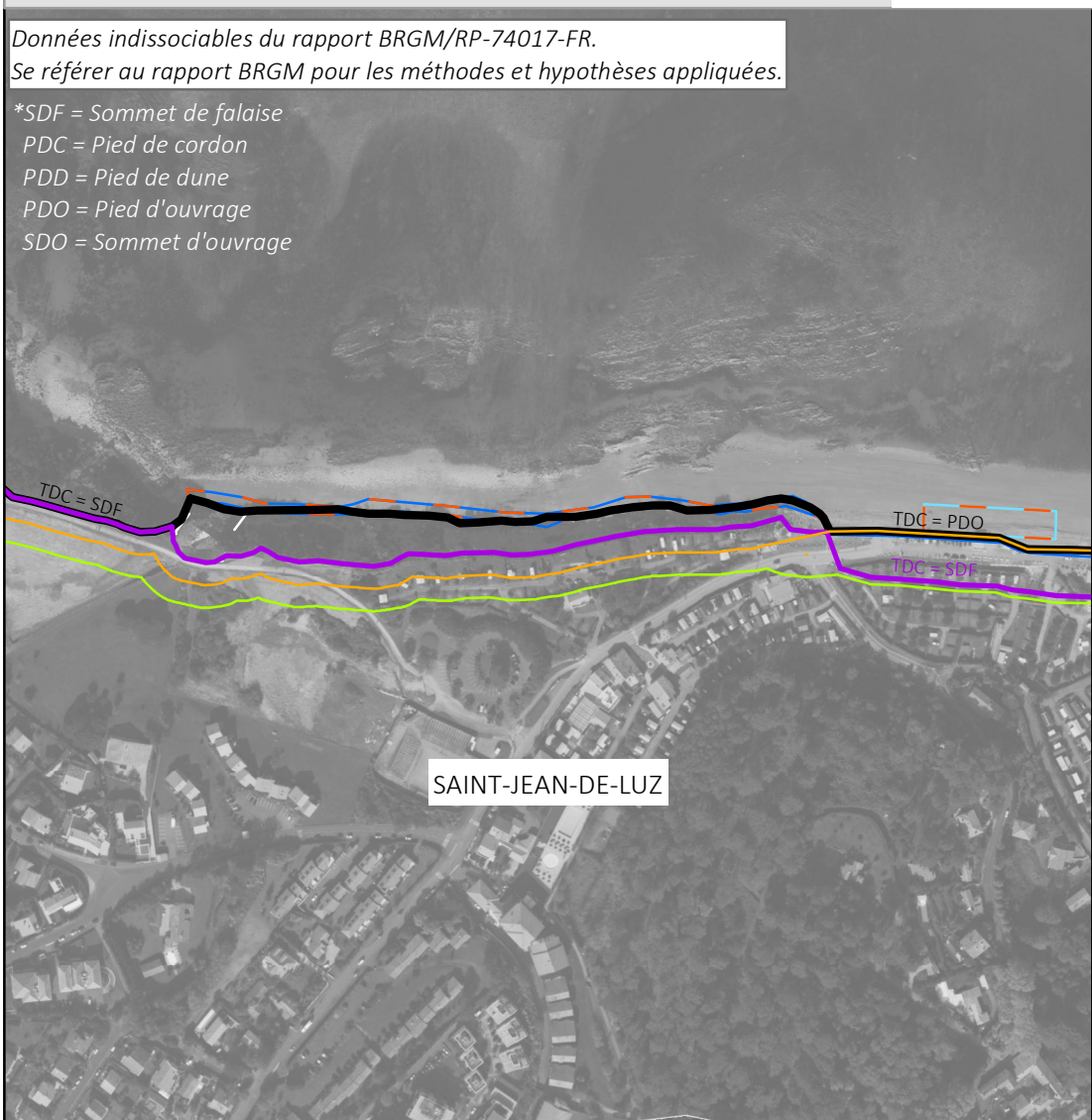
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

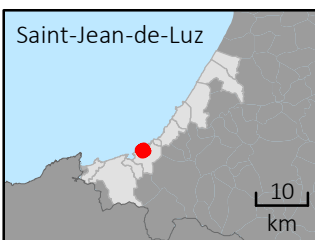
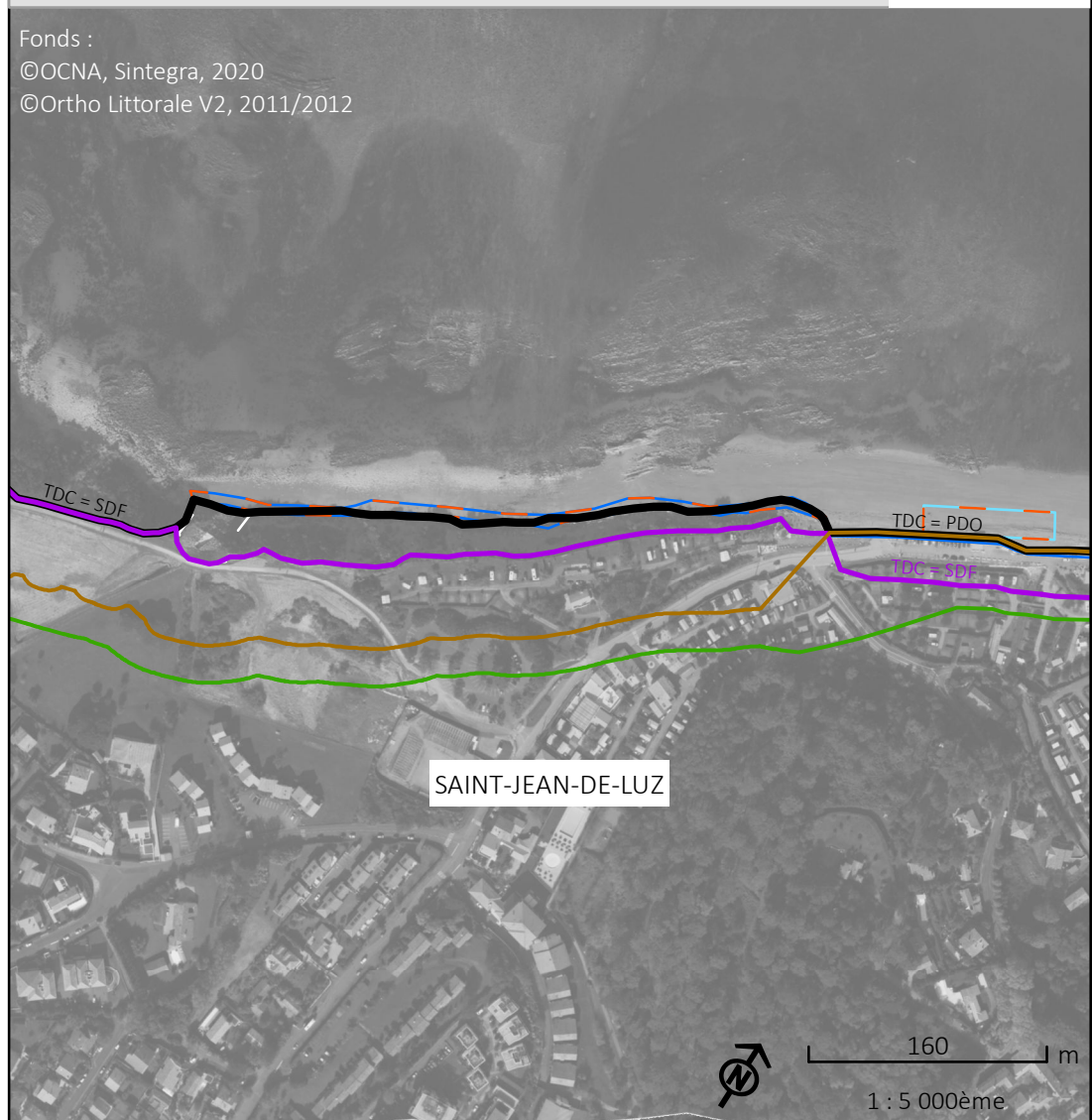
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

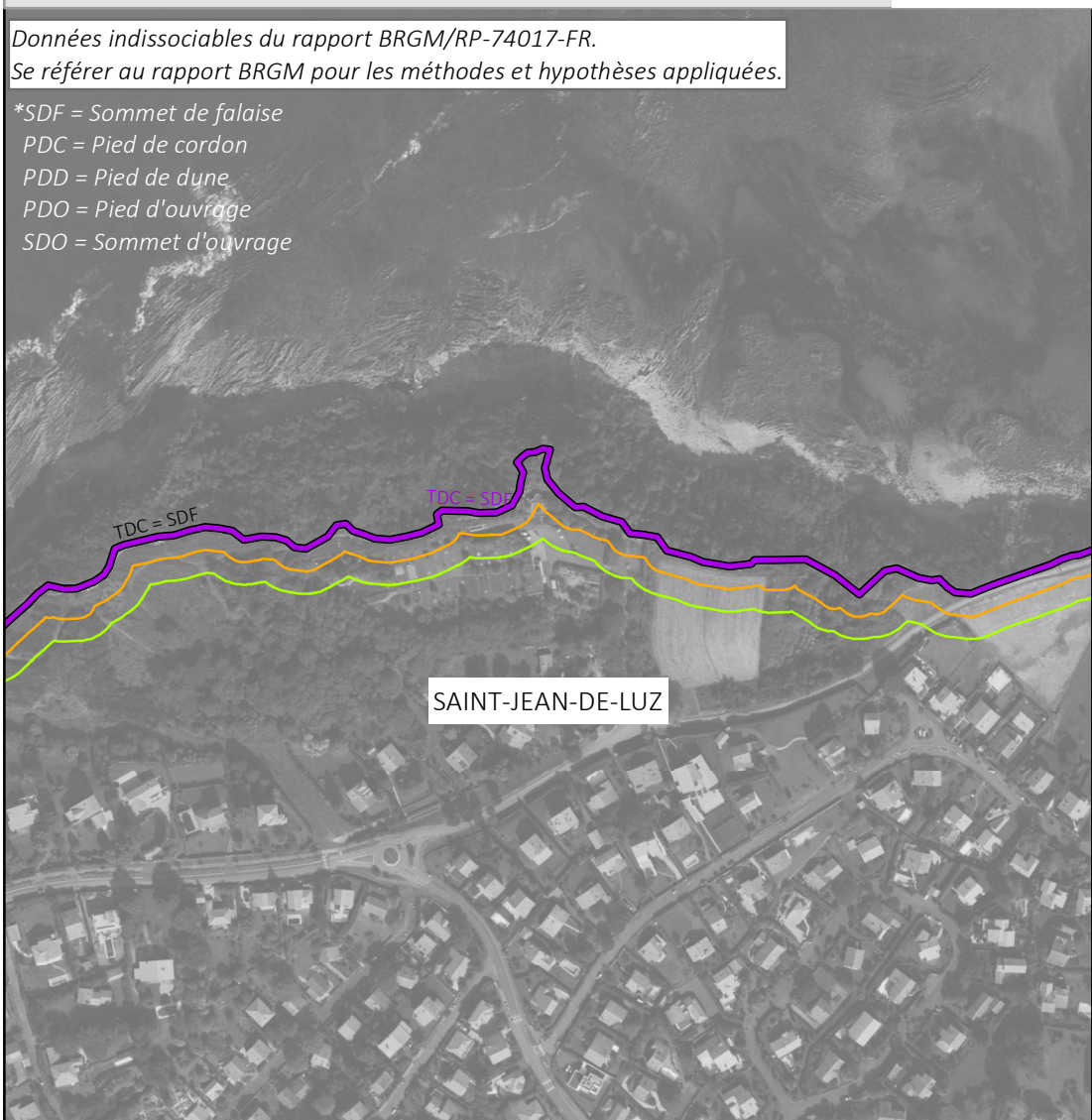
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

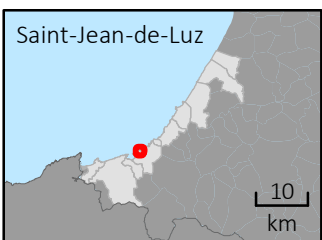
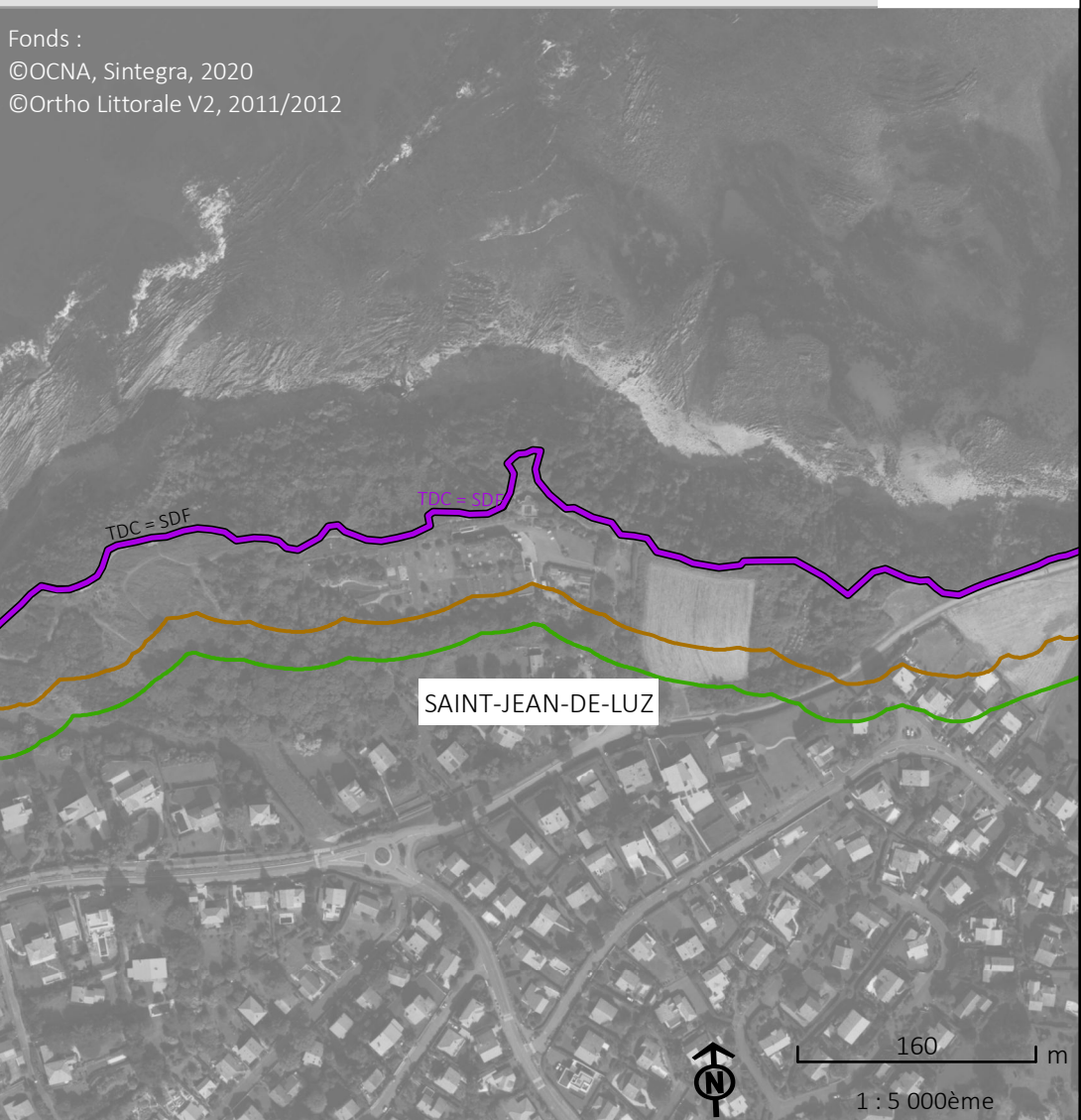
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

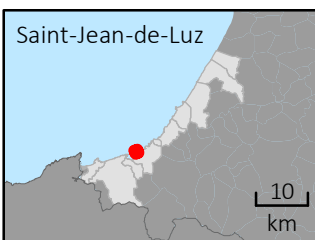
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



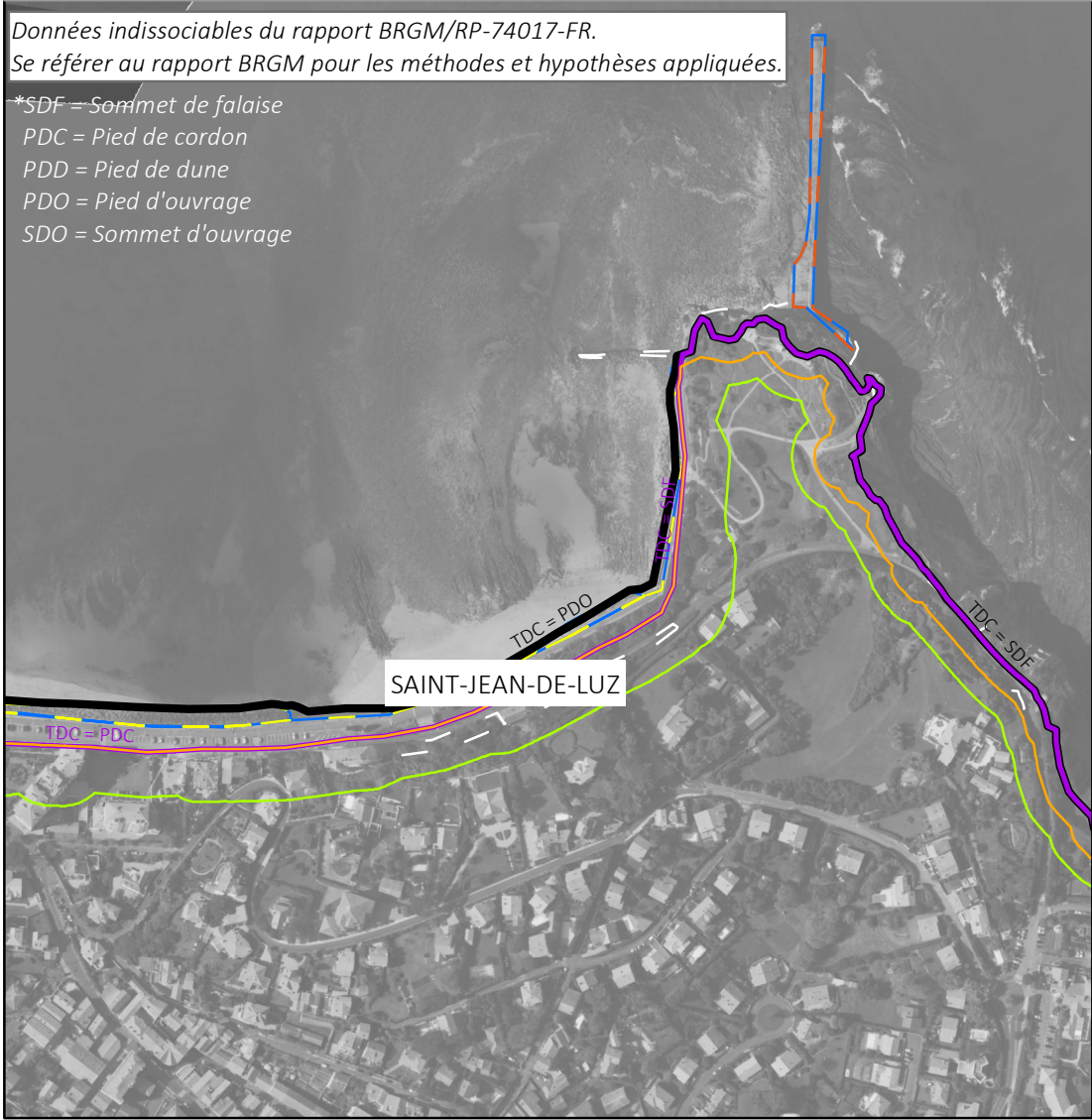
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à + 30 ans mais non pérenne à + 100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

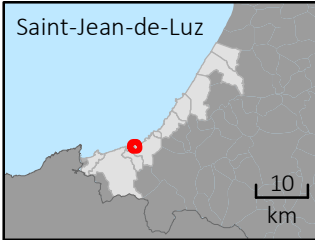
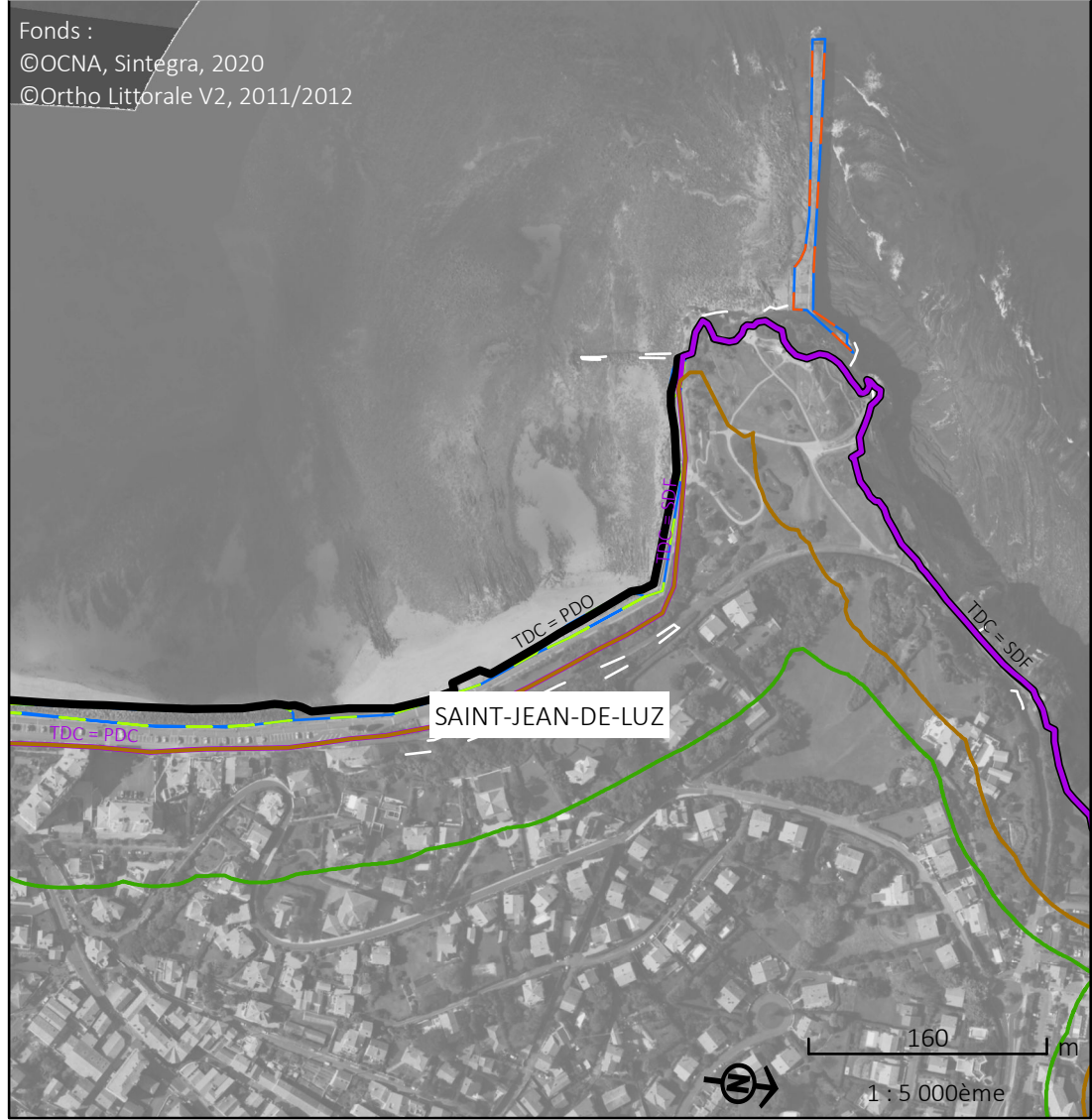
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



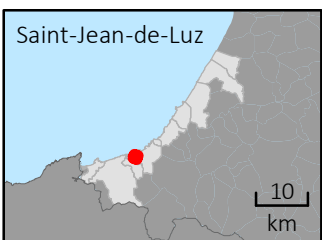
- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

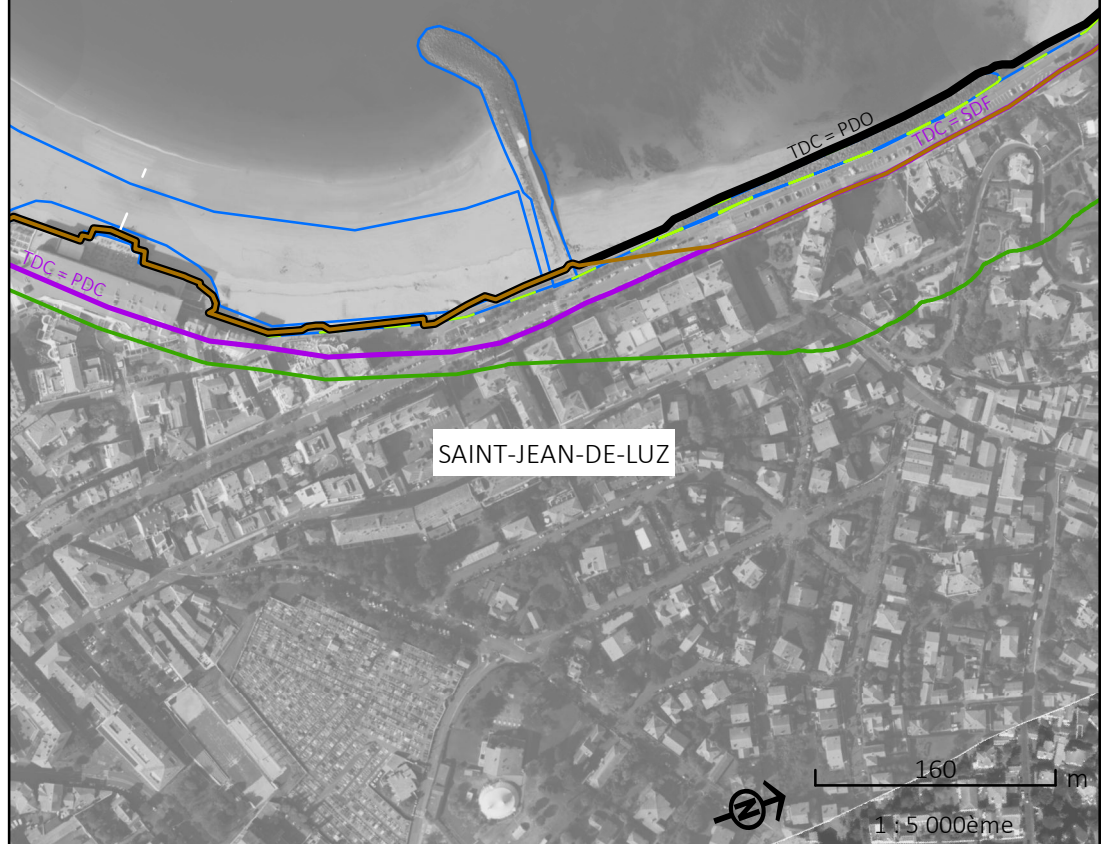
*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



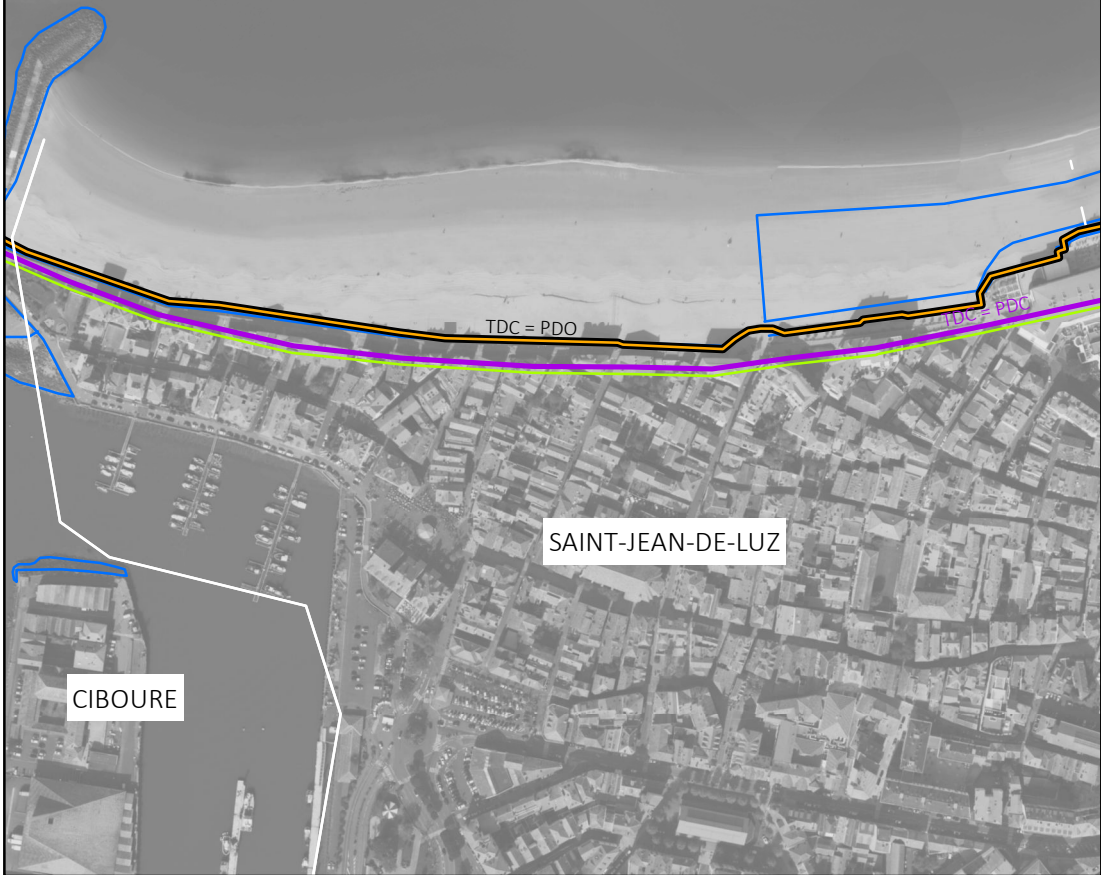
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

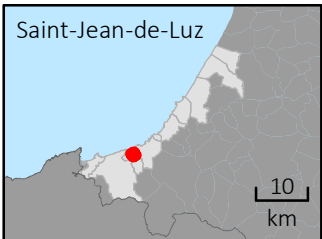
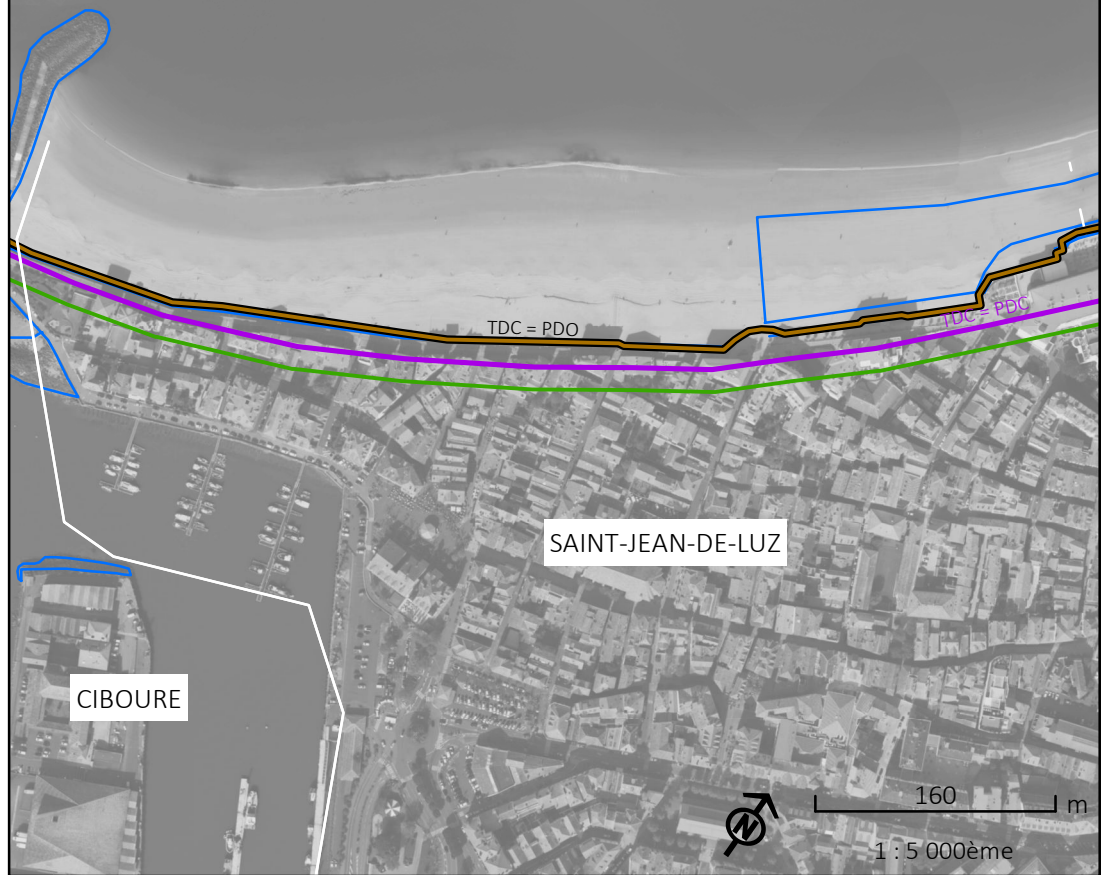
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

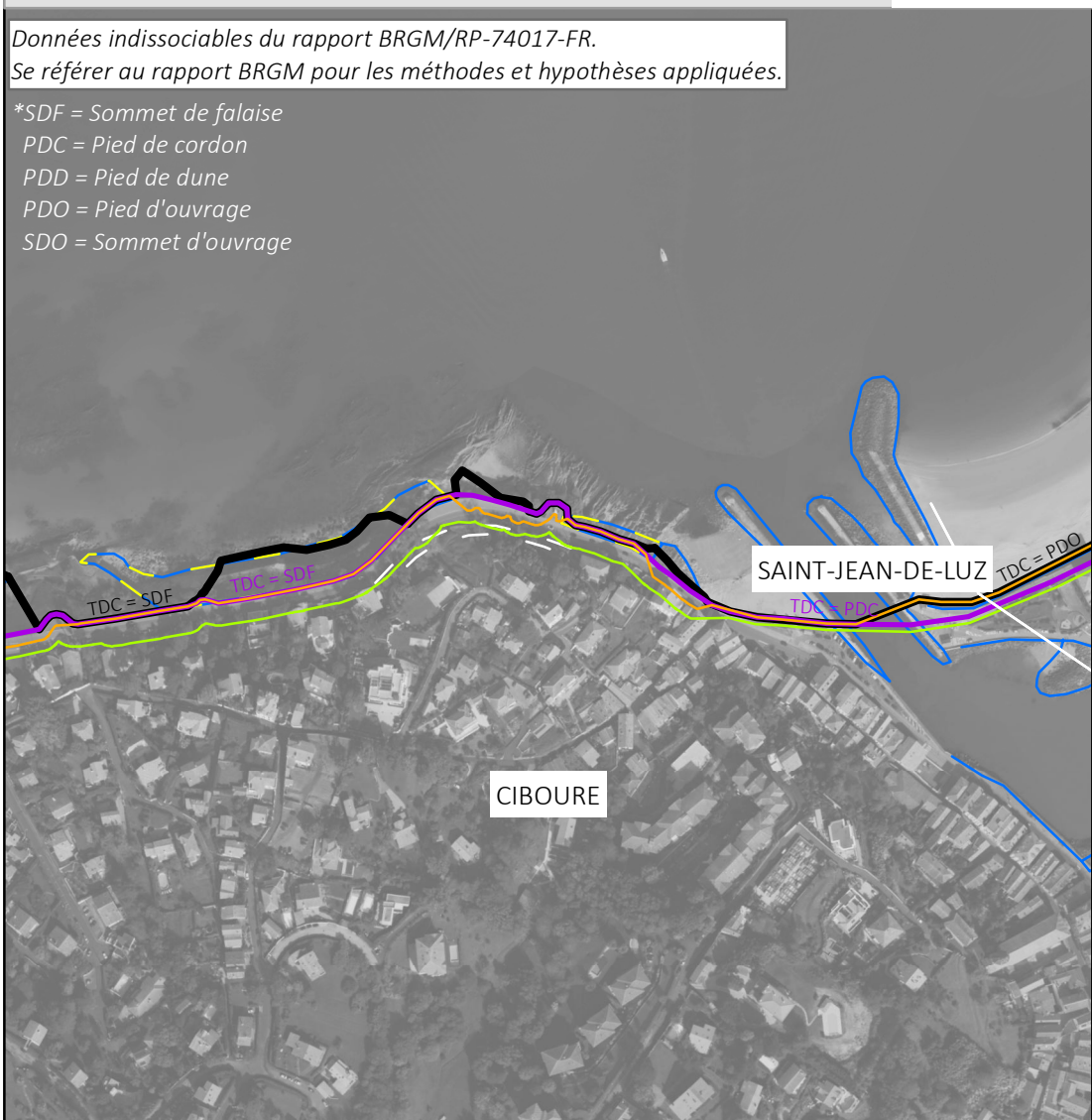
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

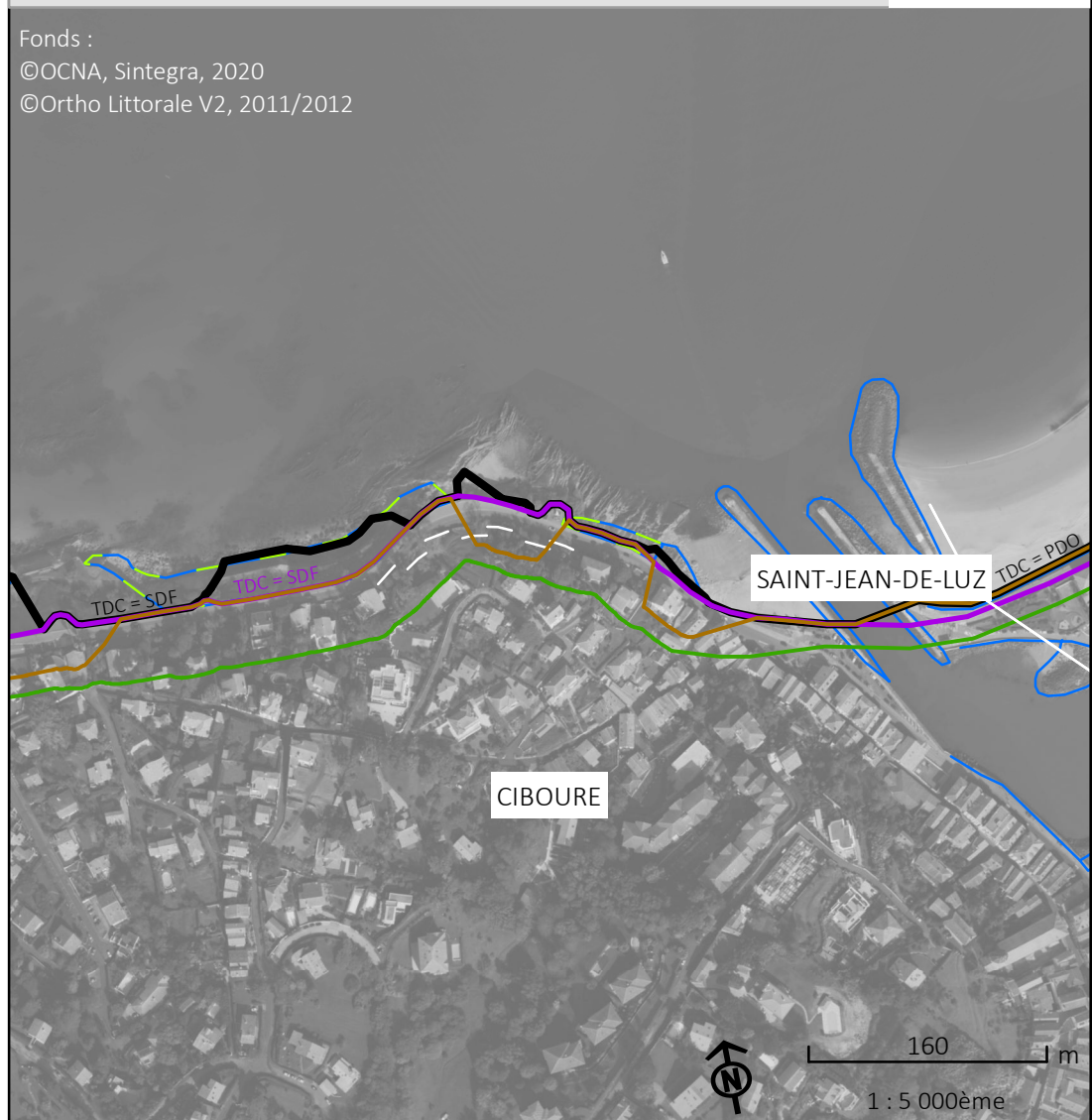
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

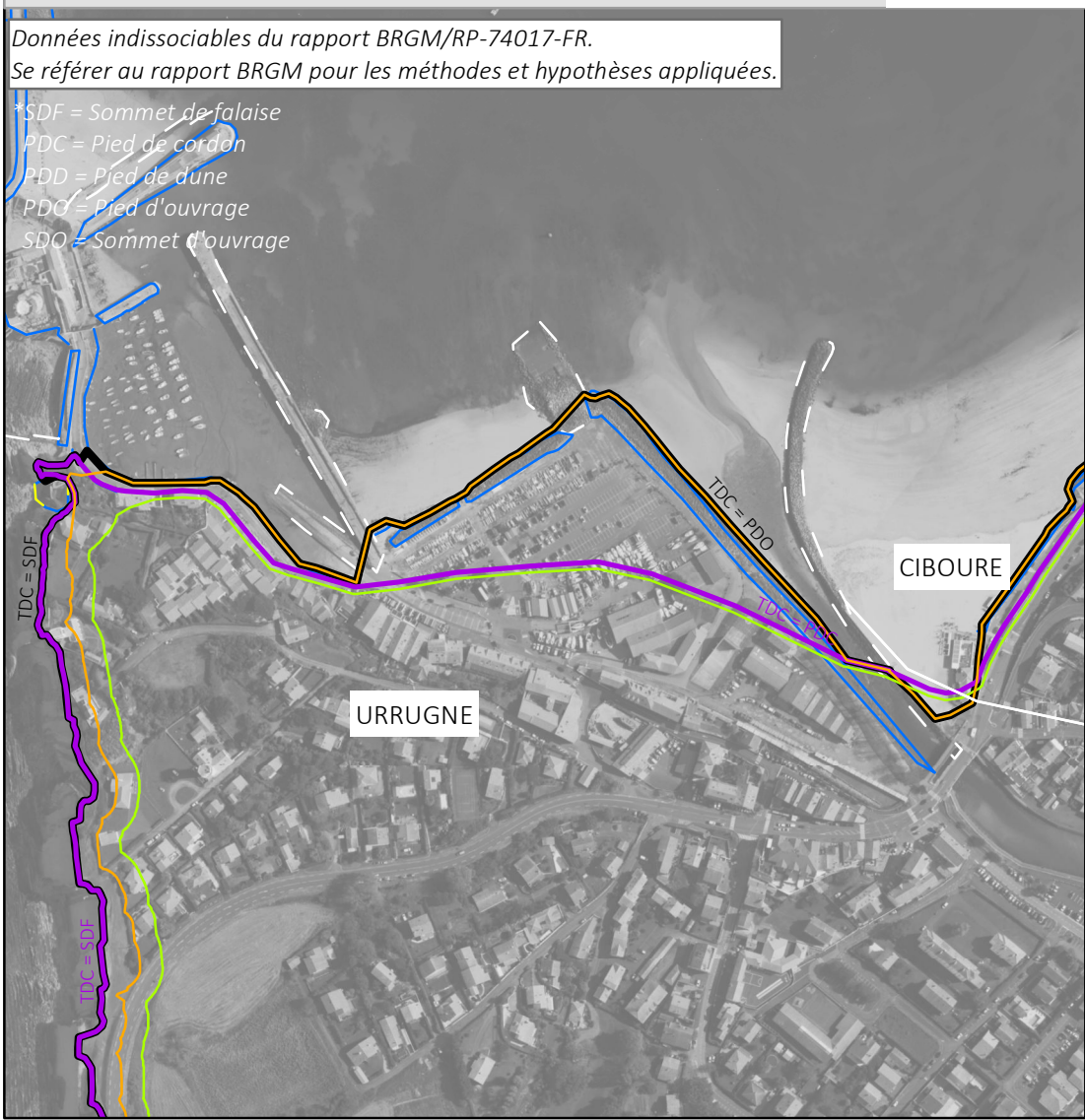
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à + 30 ans mais non pérenne à + 100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

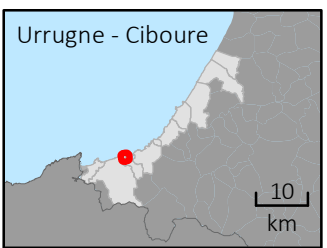
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

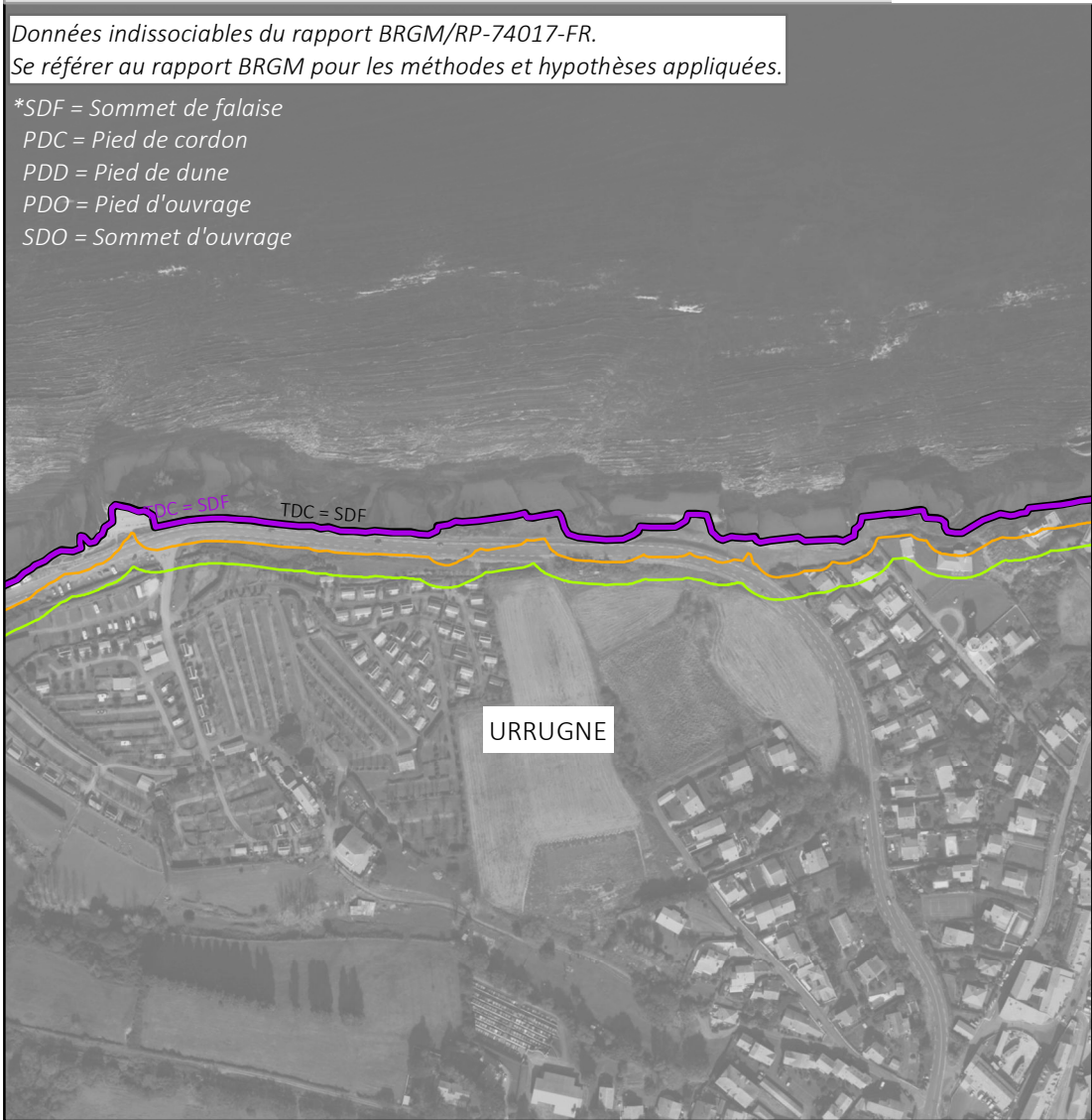
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

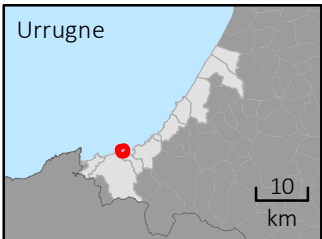
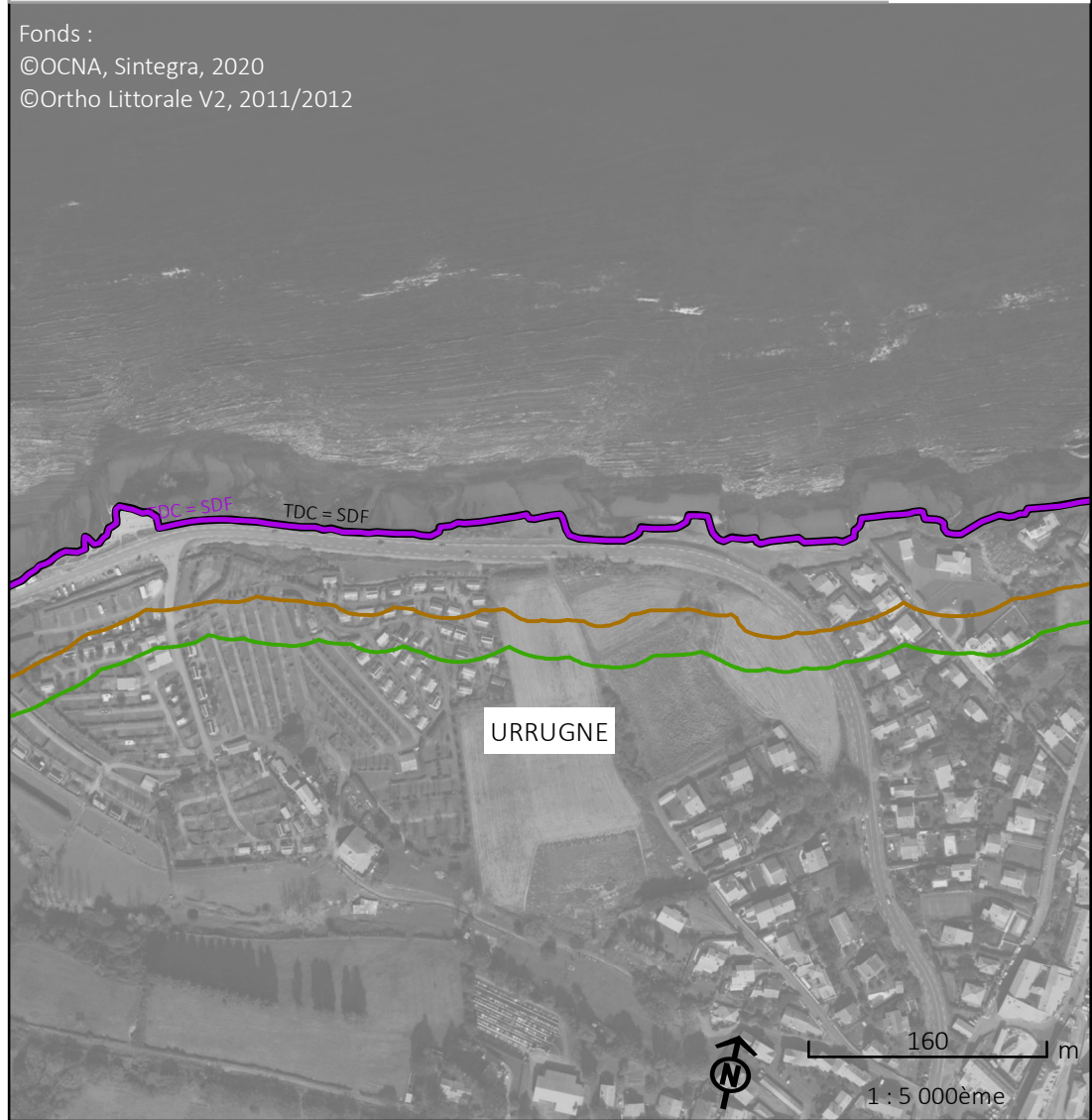
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

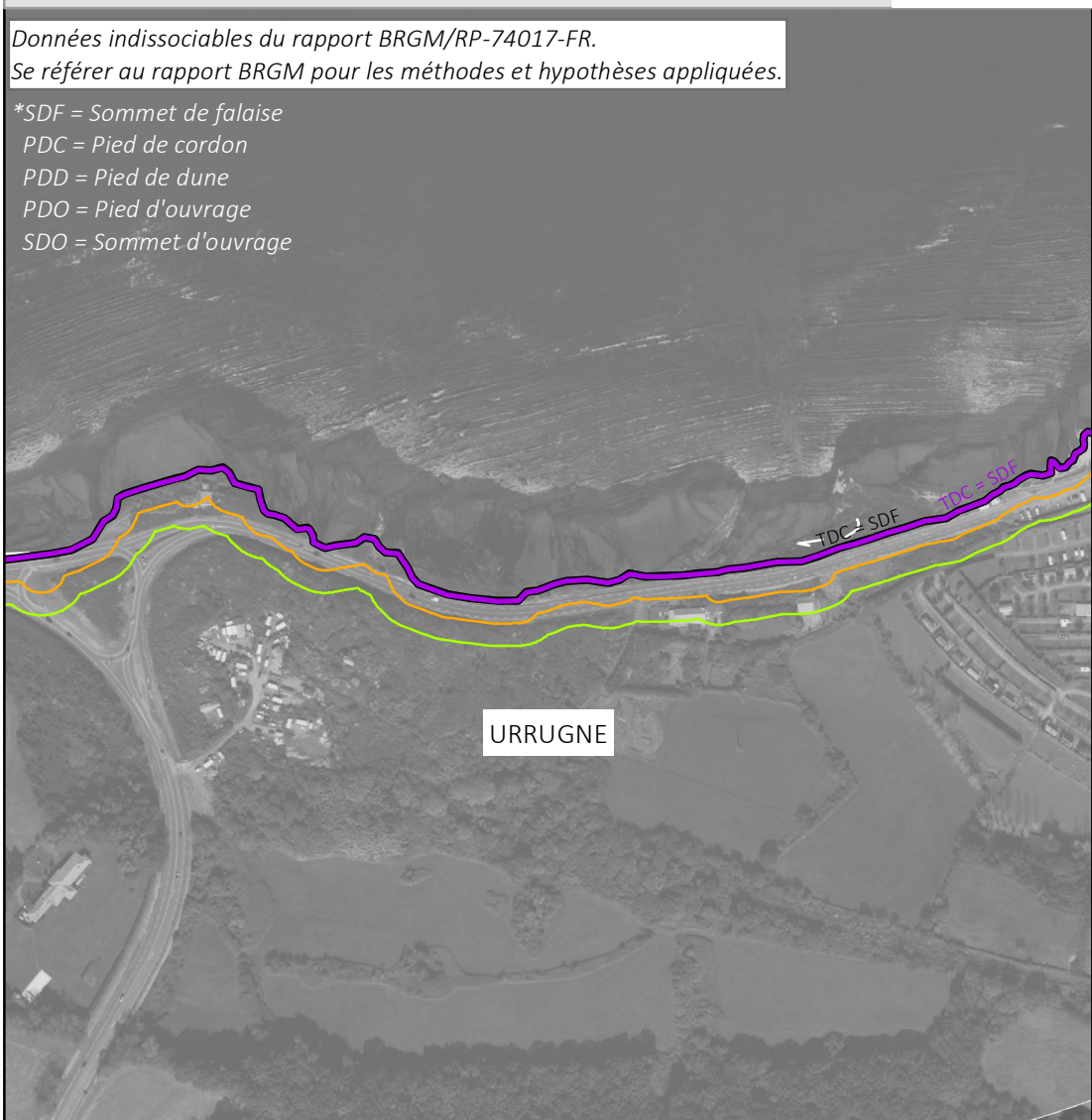
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

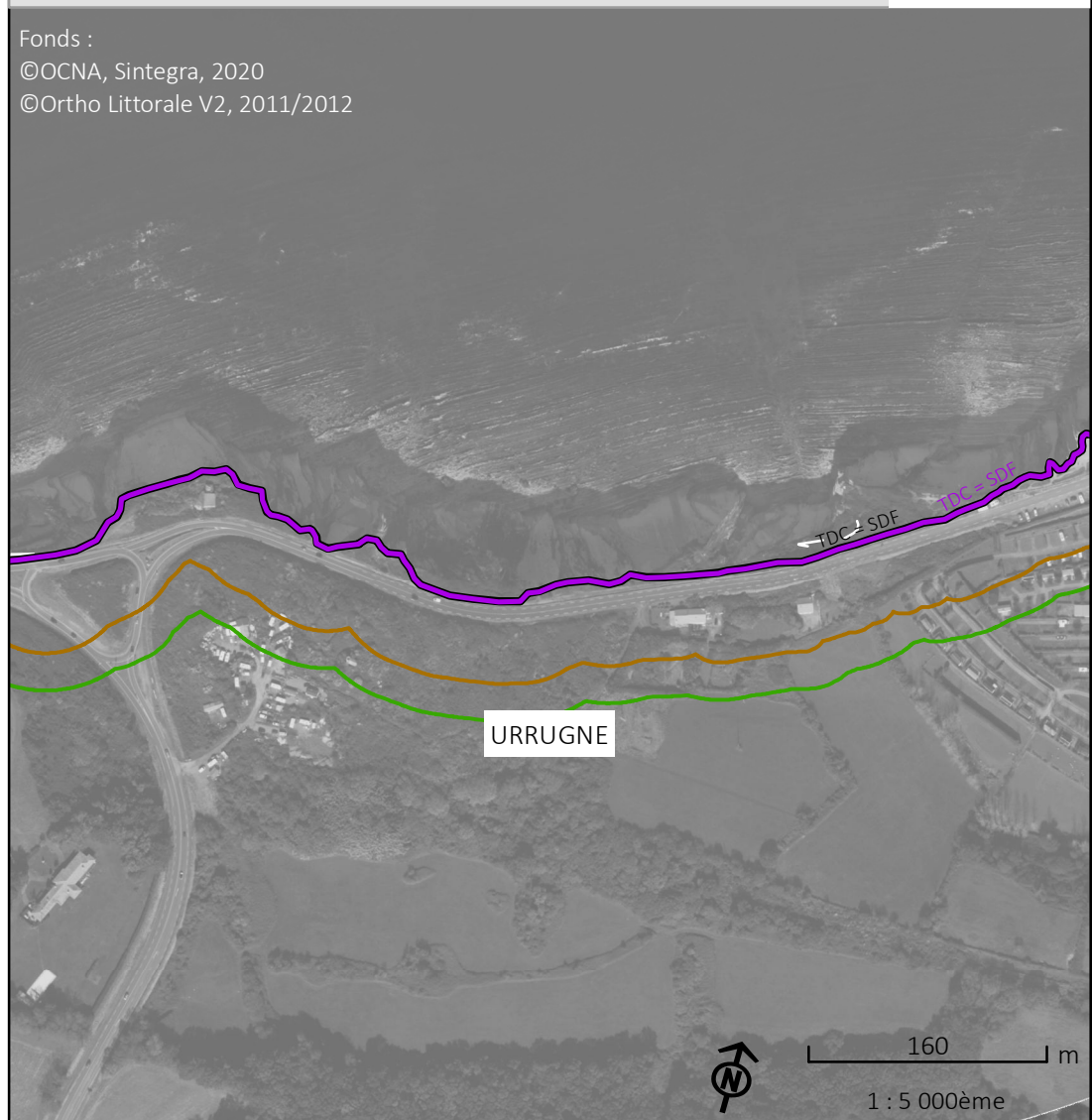
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

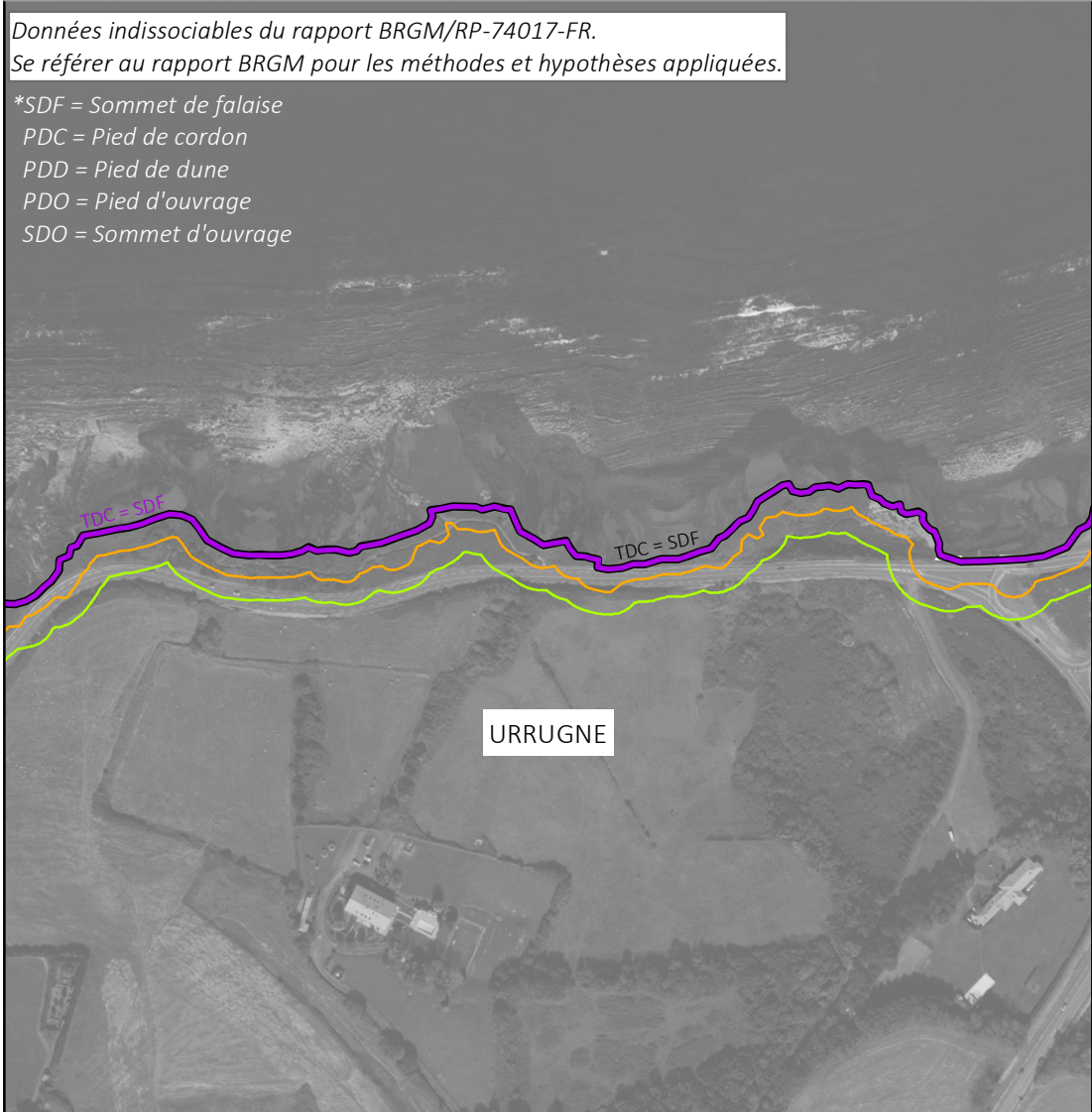
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

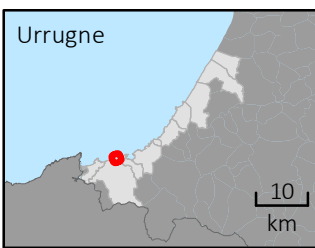
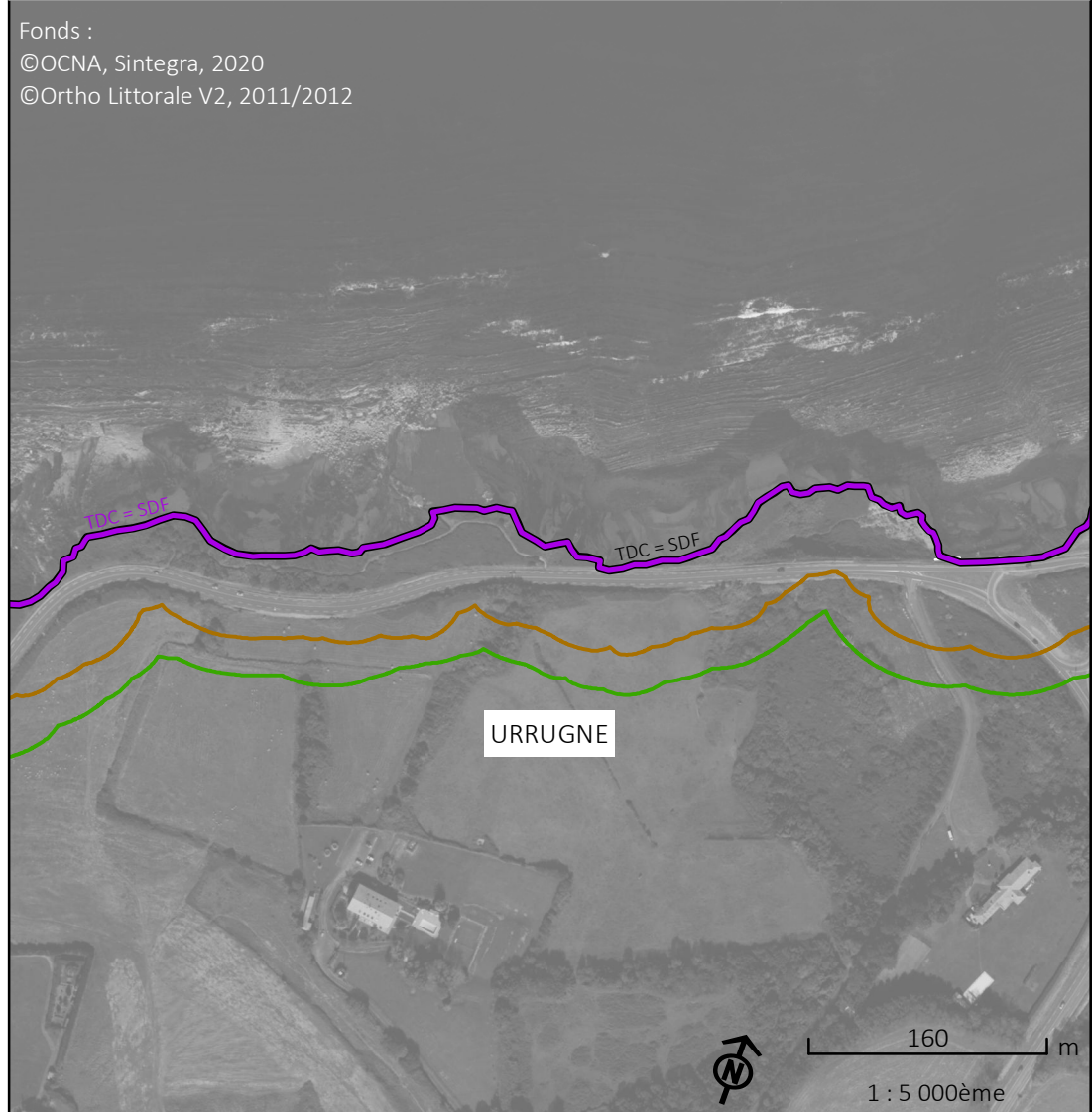
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

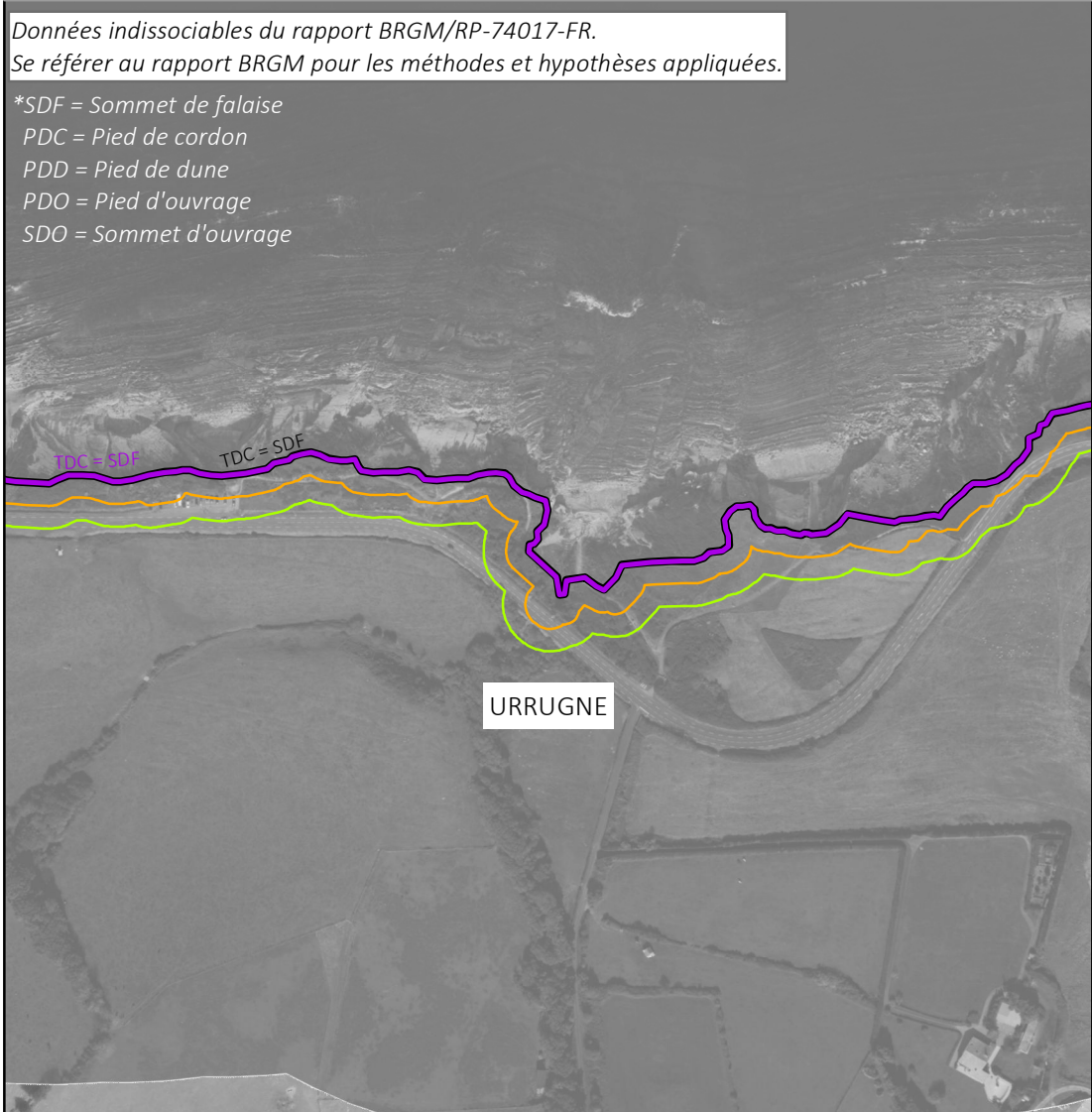
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à + 30 ans mais non pérenne à + 100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

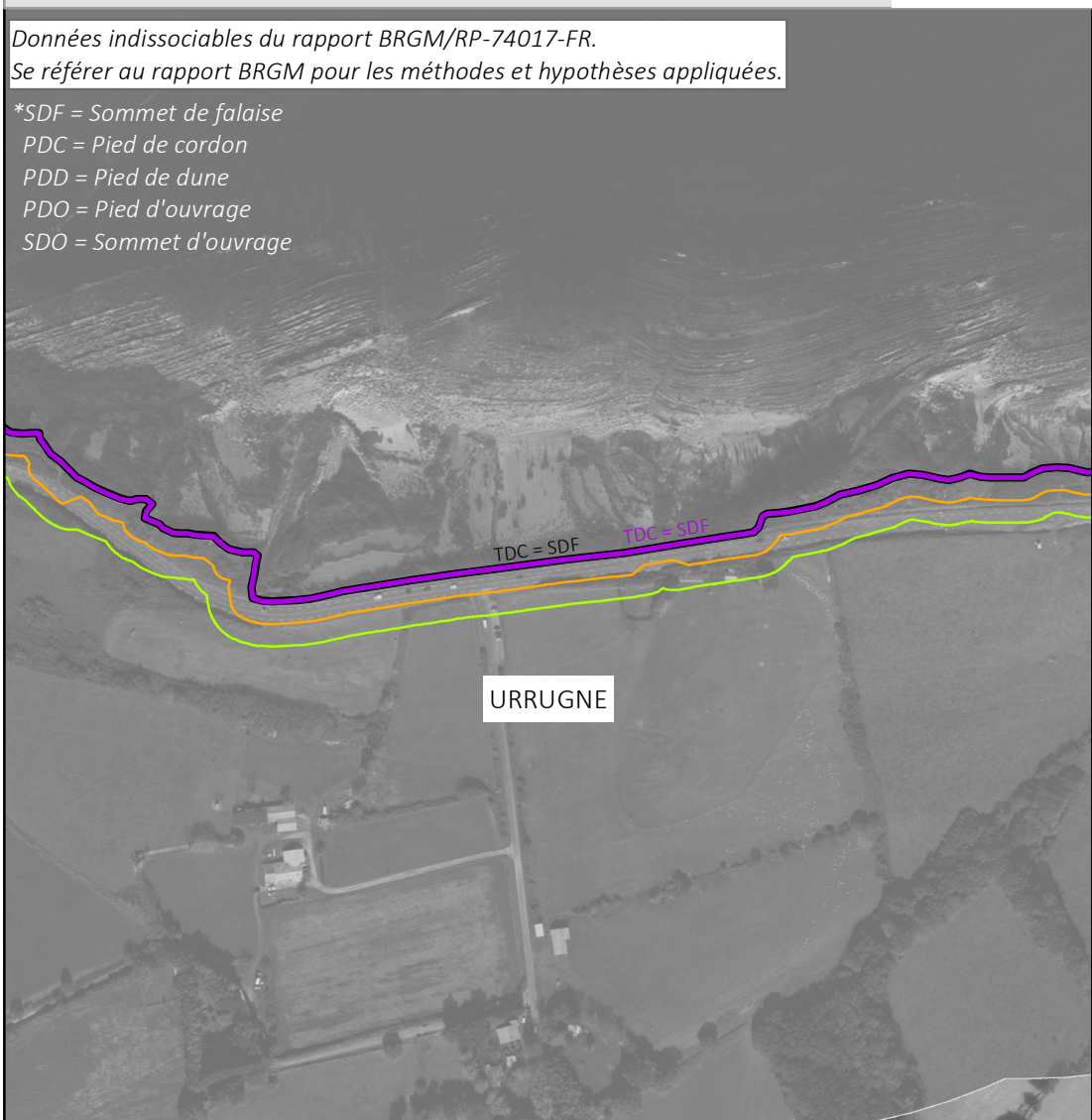
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

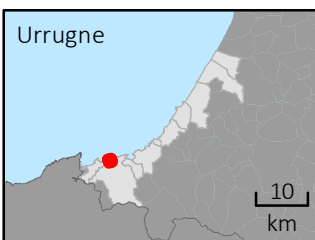
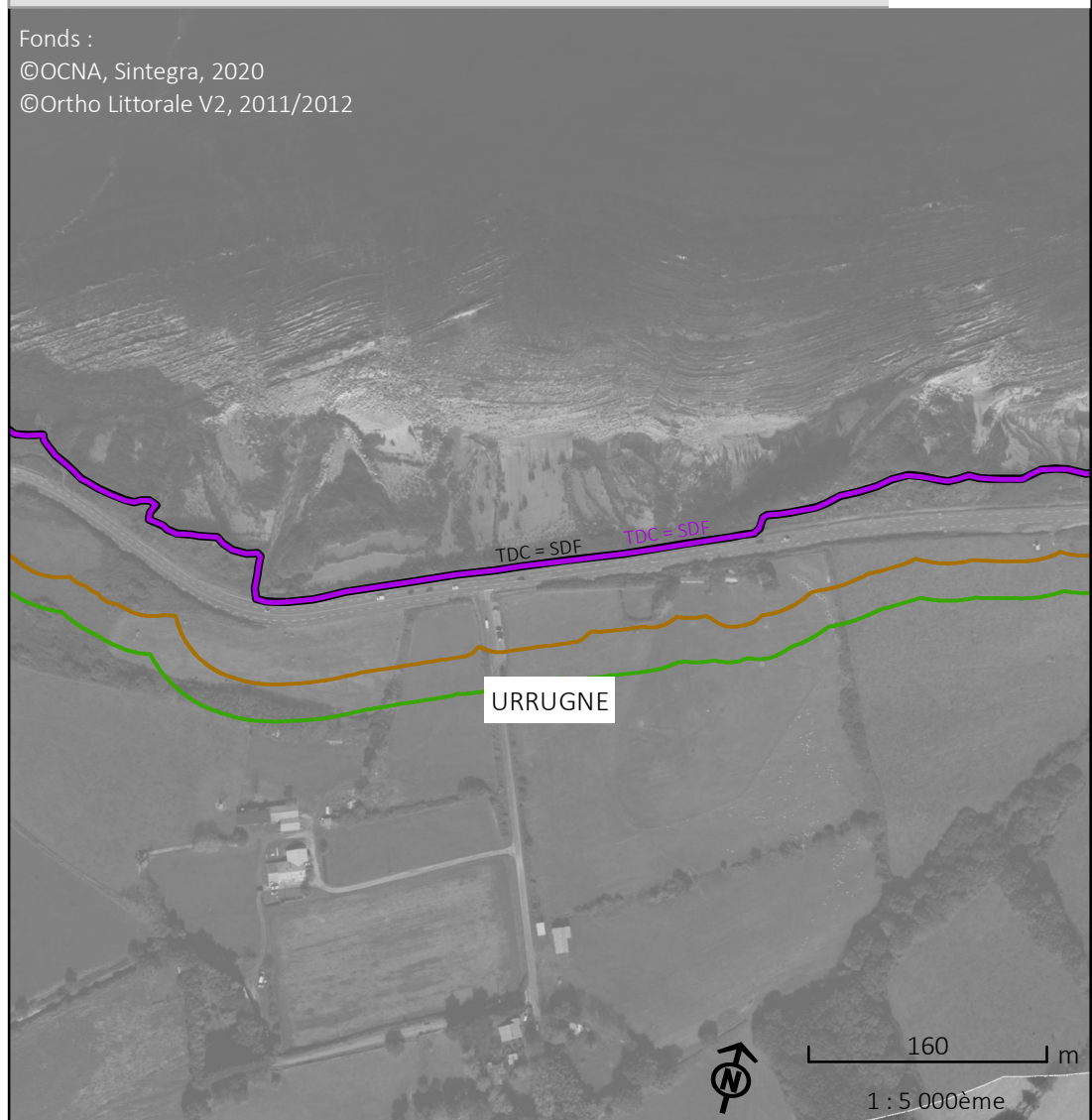
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

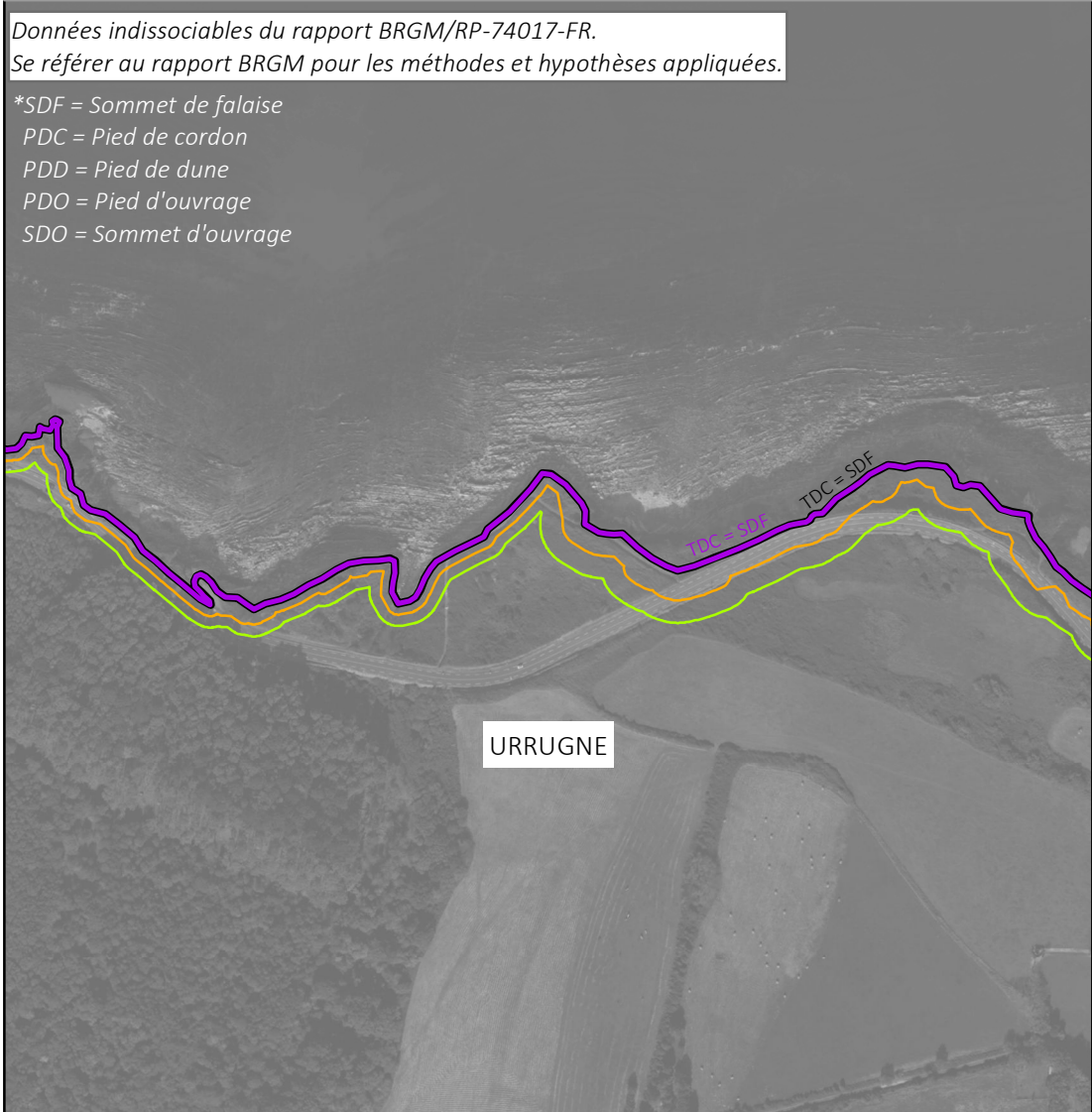
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

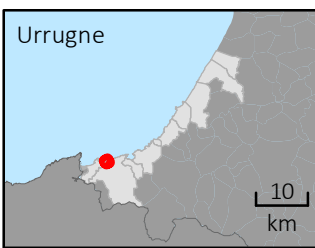
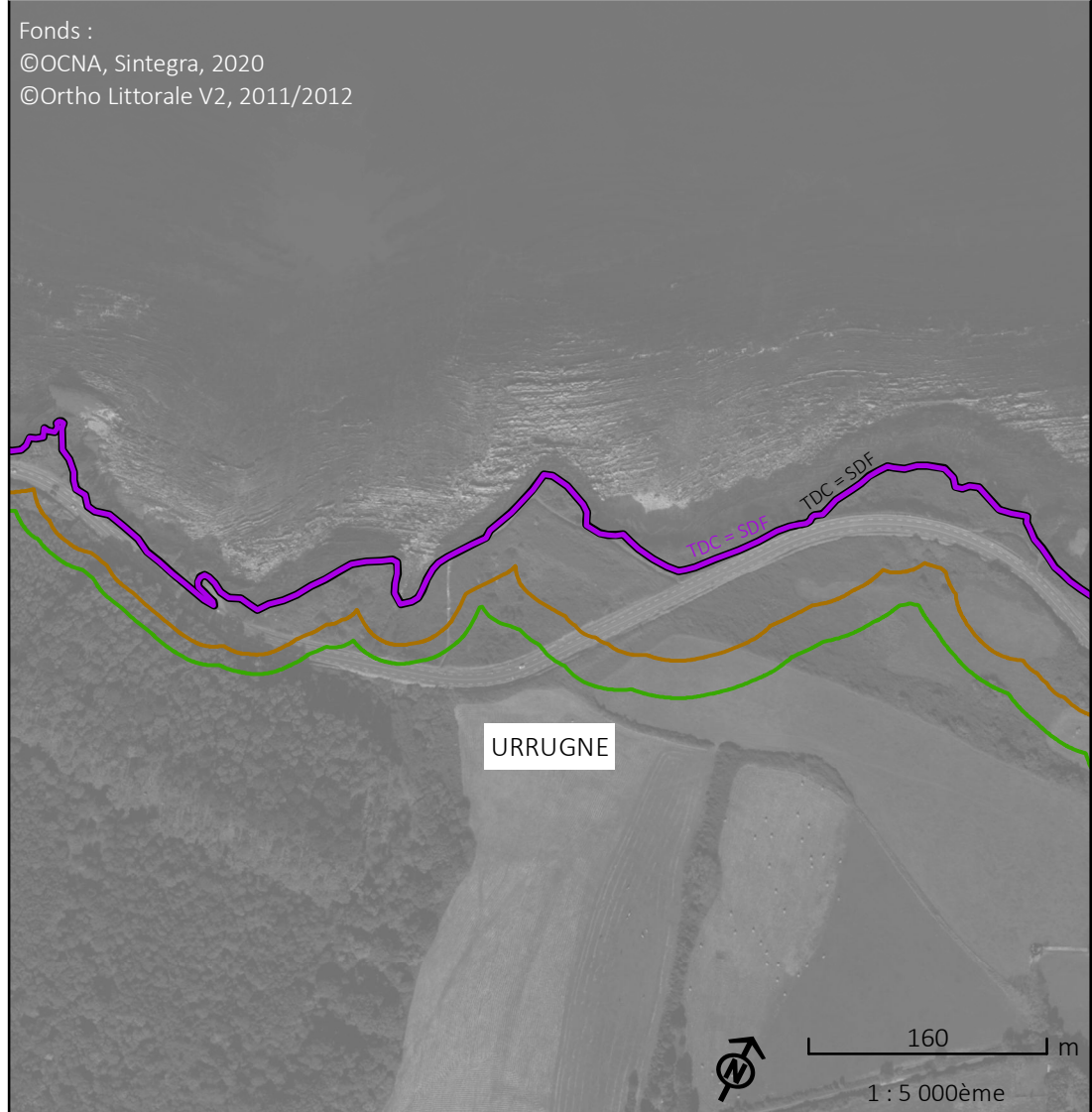
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

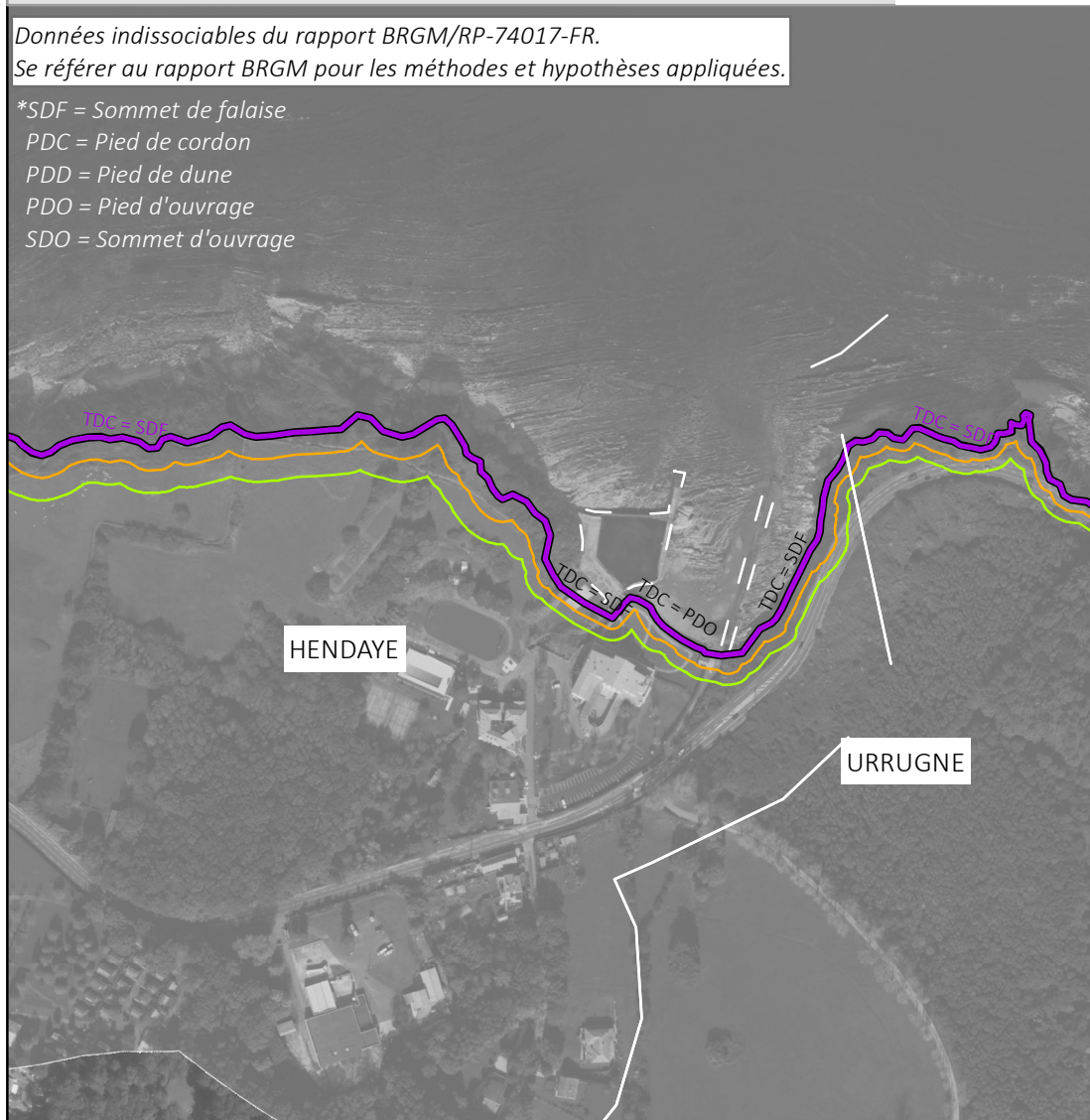
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

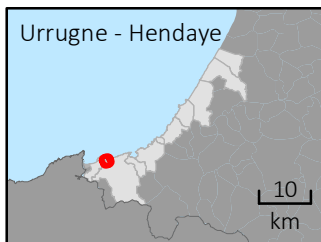
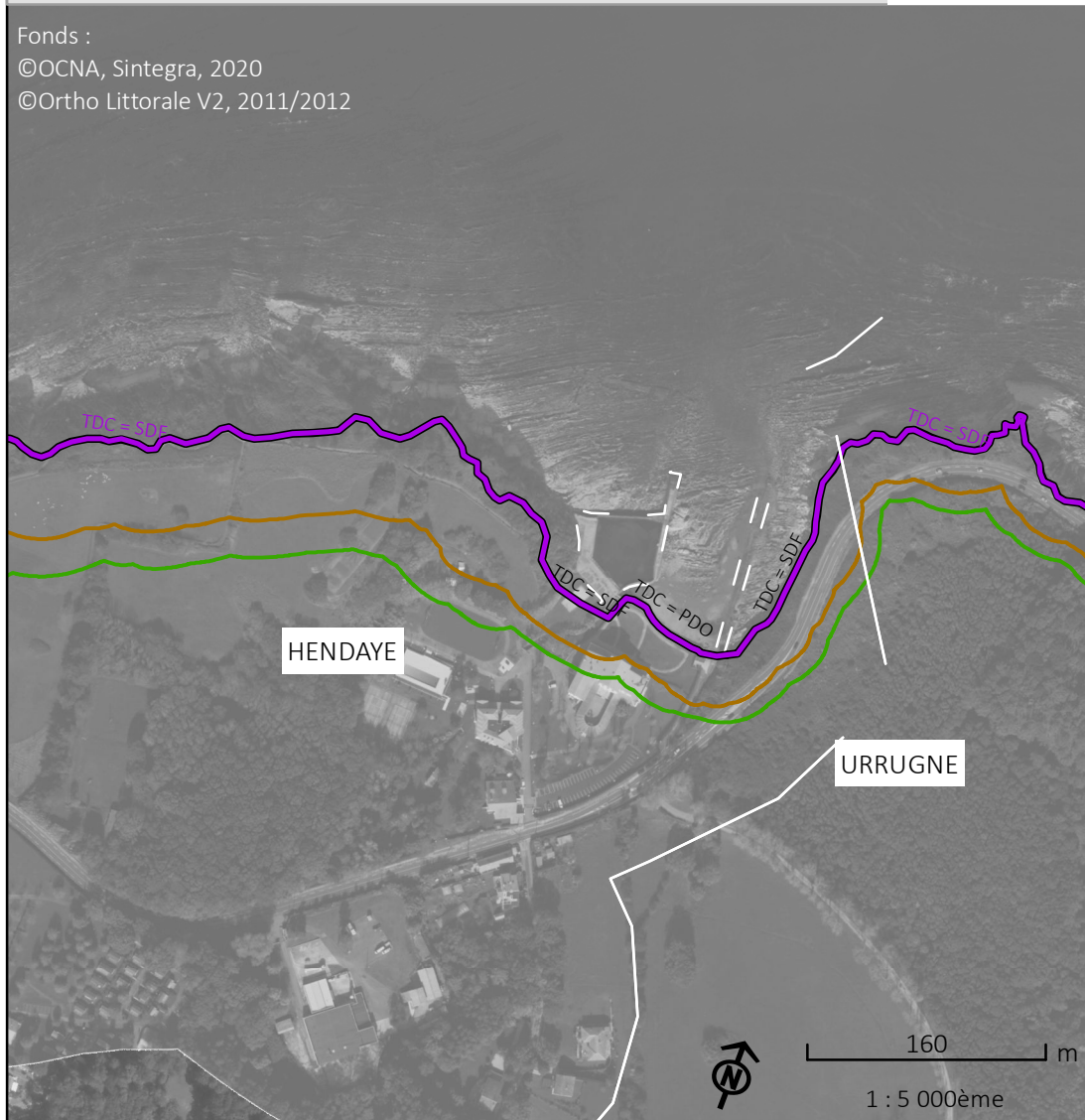
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



Trait de côte

- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- projeté en 2050, selon un scénario "médian"
- projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
- projeté en 2120, selon un scénario "médian"
- projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments

- Non pérenne à +30 ou +100 ans
- Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
- Pérenne à +30 et +100 ans

Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :

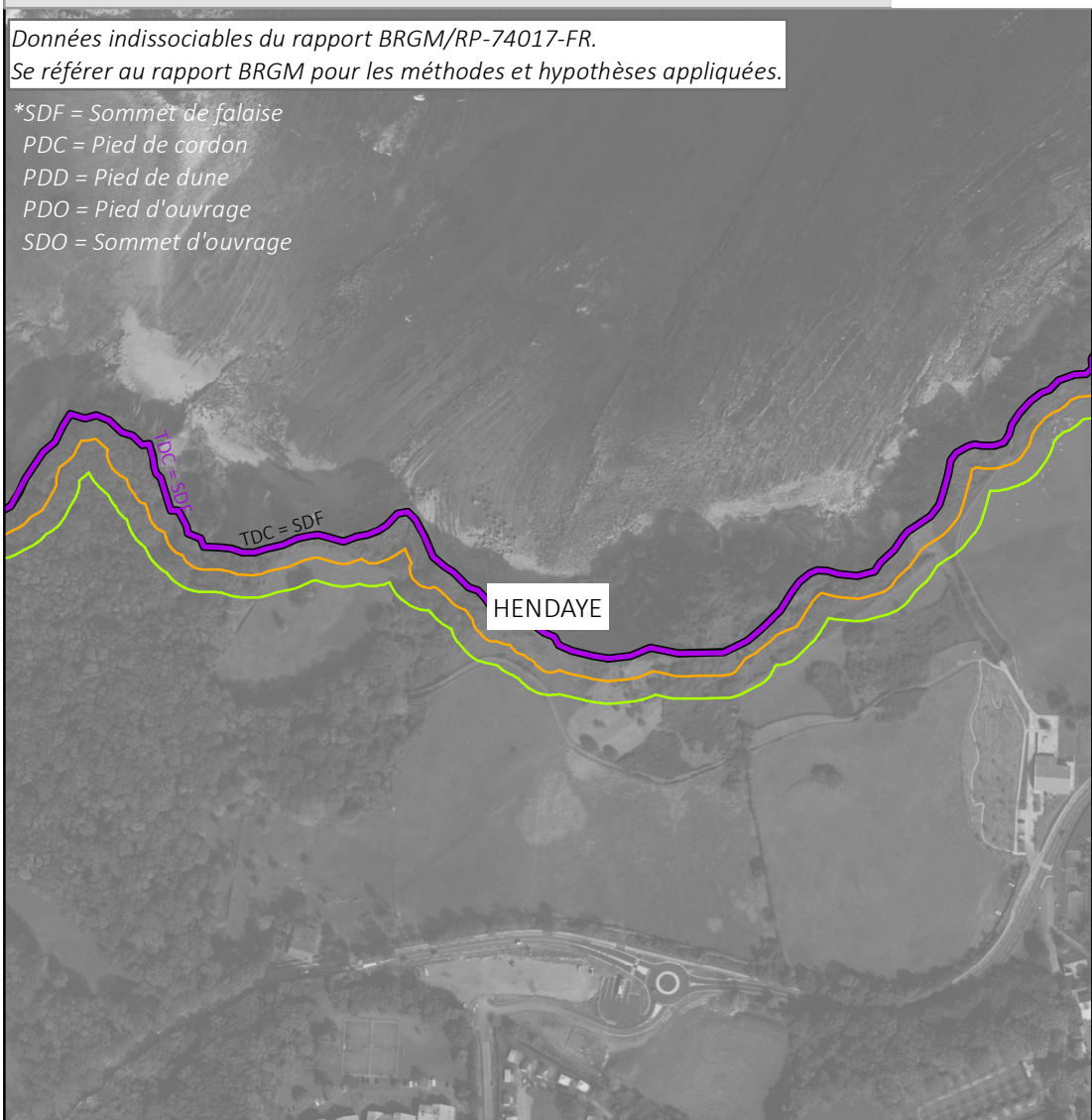
- Totale
- Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

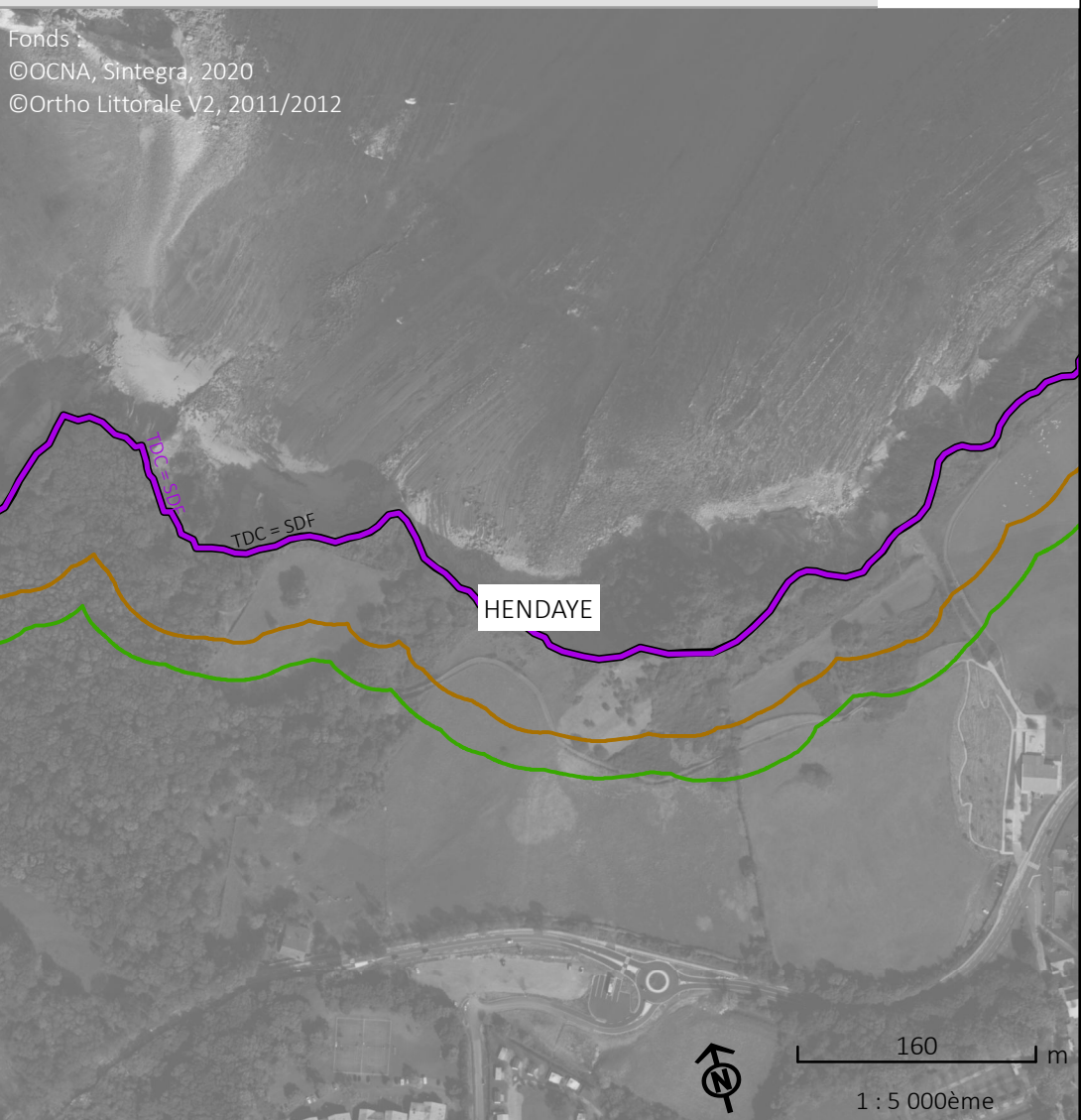
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



Trait de côte

- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- projeté en 2050, selon un scénario "médian"
- projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
- projeté en 2120, selon un scénario "médian"
- projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments

- Non pérenne à +30 ou +100 ans
- Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
- Pérenne à +30 et +100 ans

Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :

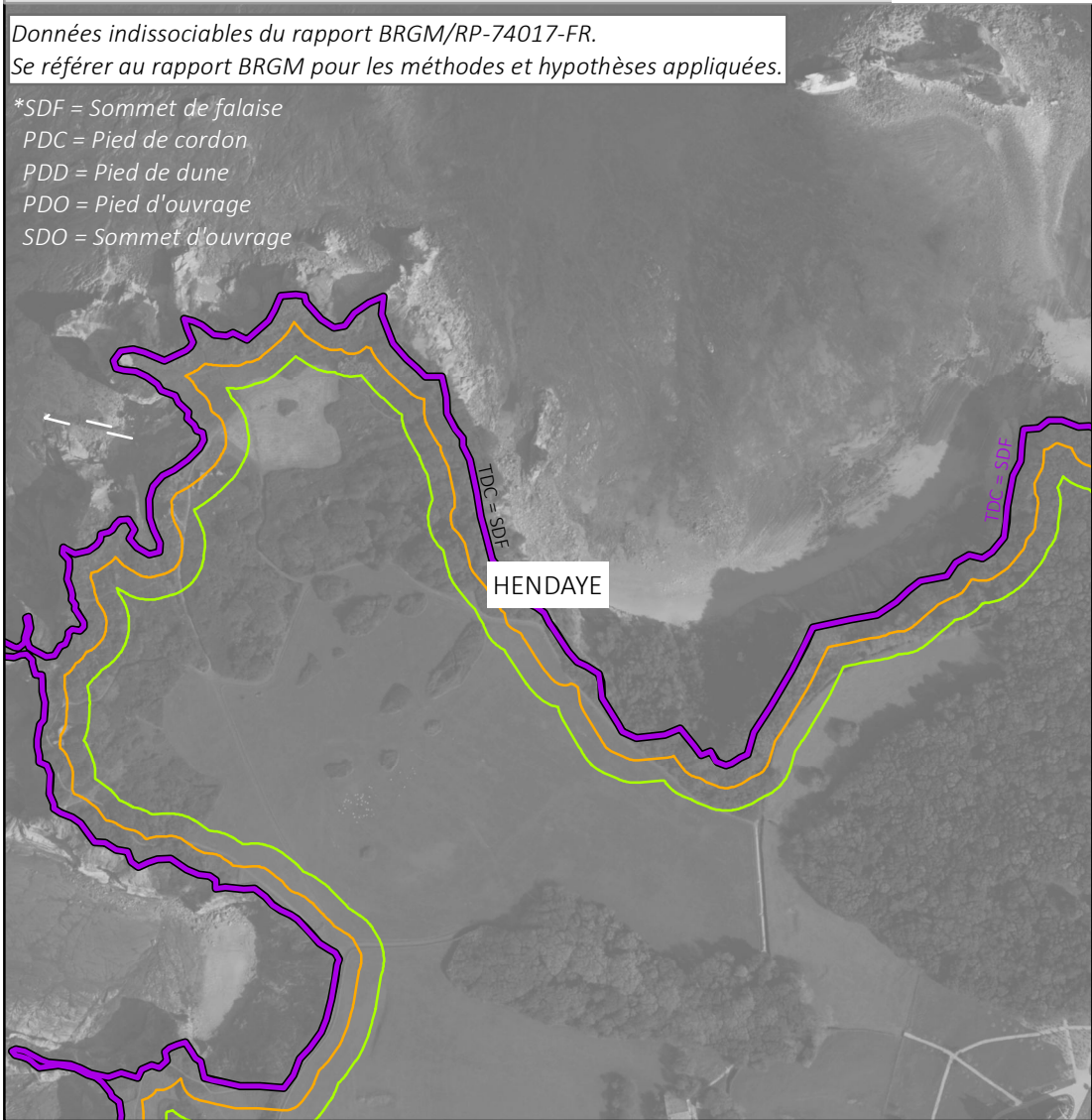
- Totale
- Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

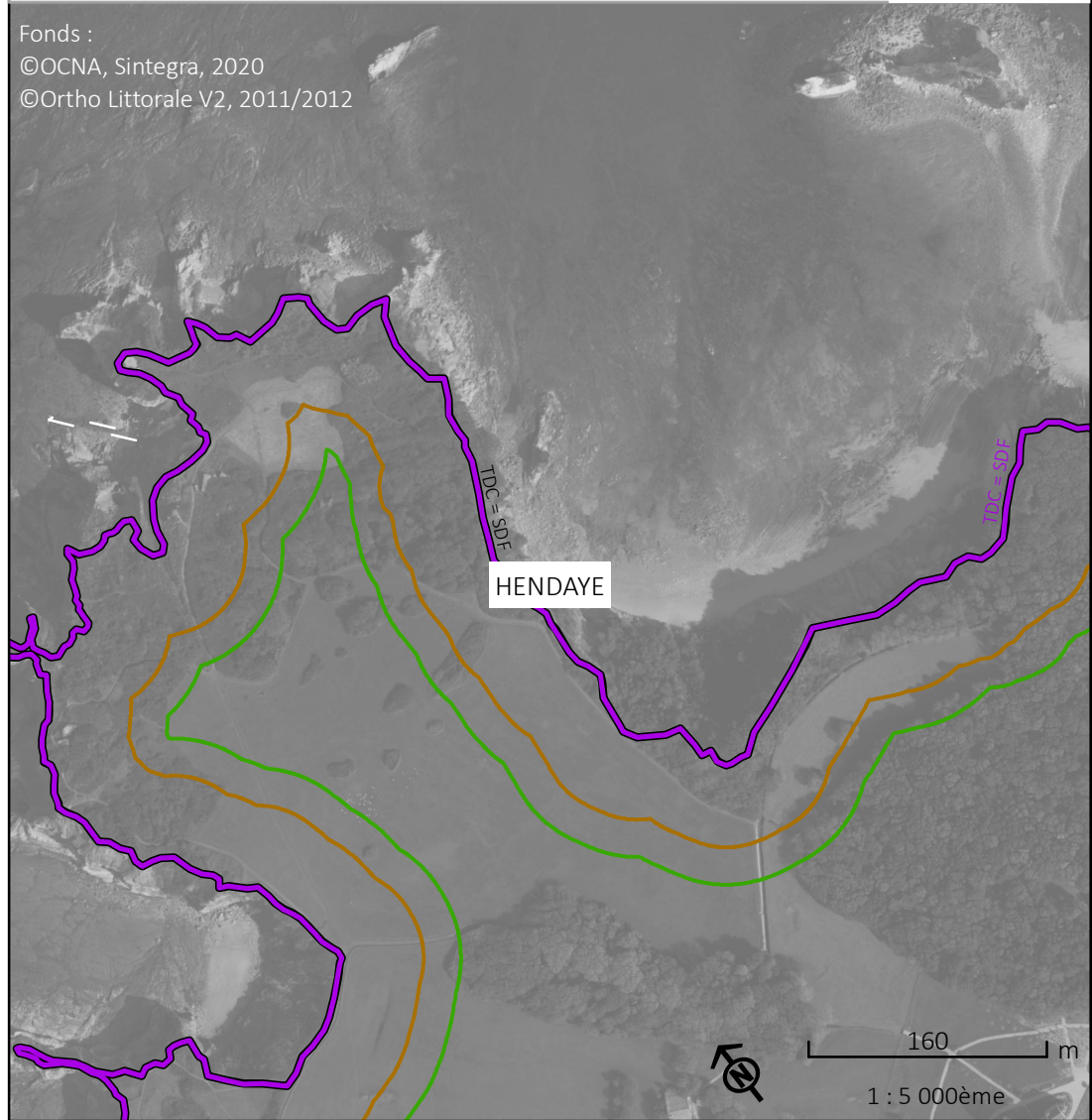
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



Trait de côte

- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- projeté en 2050, selon un scénario "médian"
- projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
- projeté en 2120, selon un scénario "médian"
- projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments

- Non pérenne à +30 ou +100 ans
- Pérenne à + 30 ans mais non pérenne à + 100 ans
- Pérenne à +30 et +100 ans

Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :

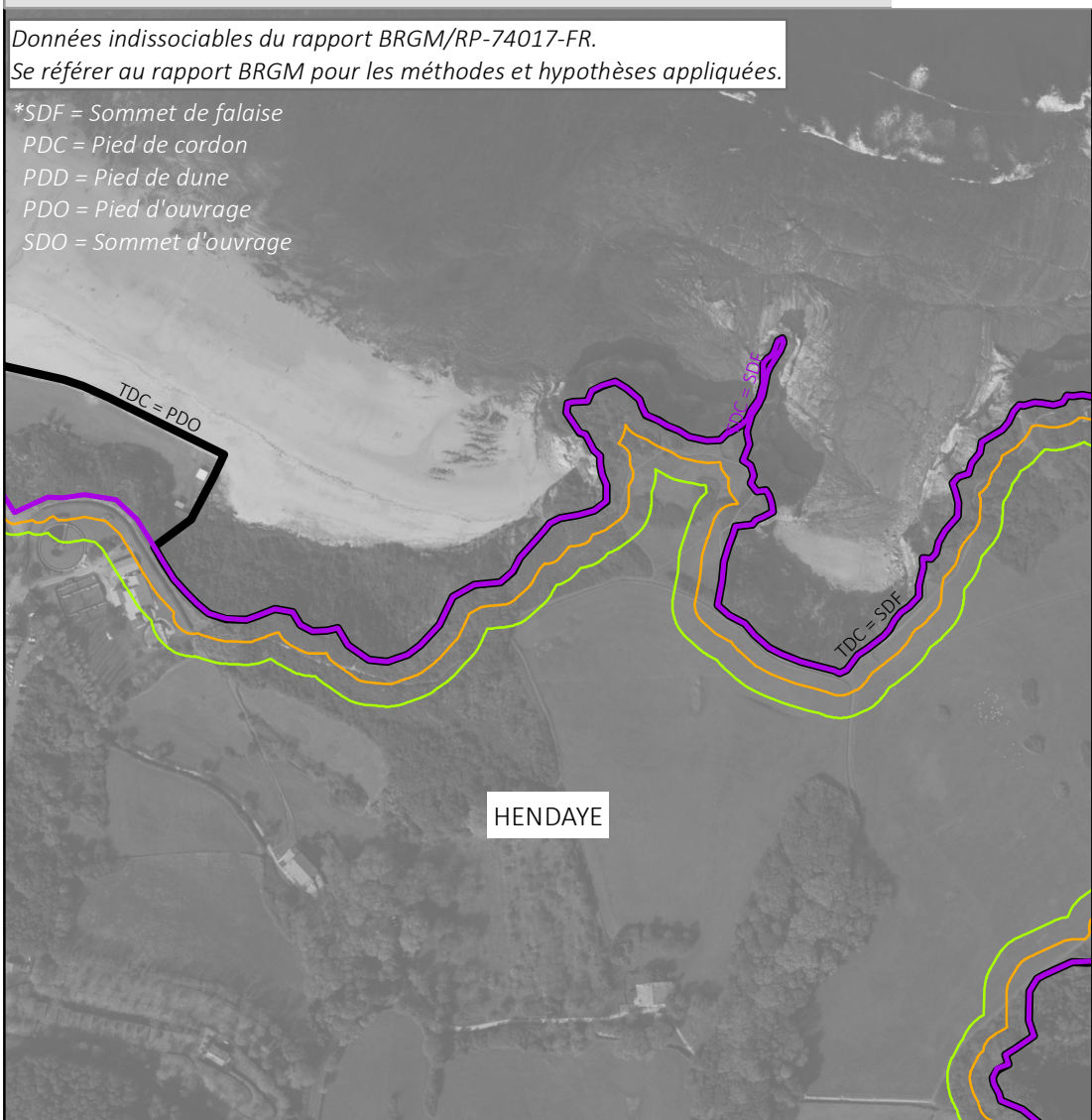
- Totale
- Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

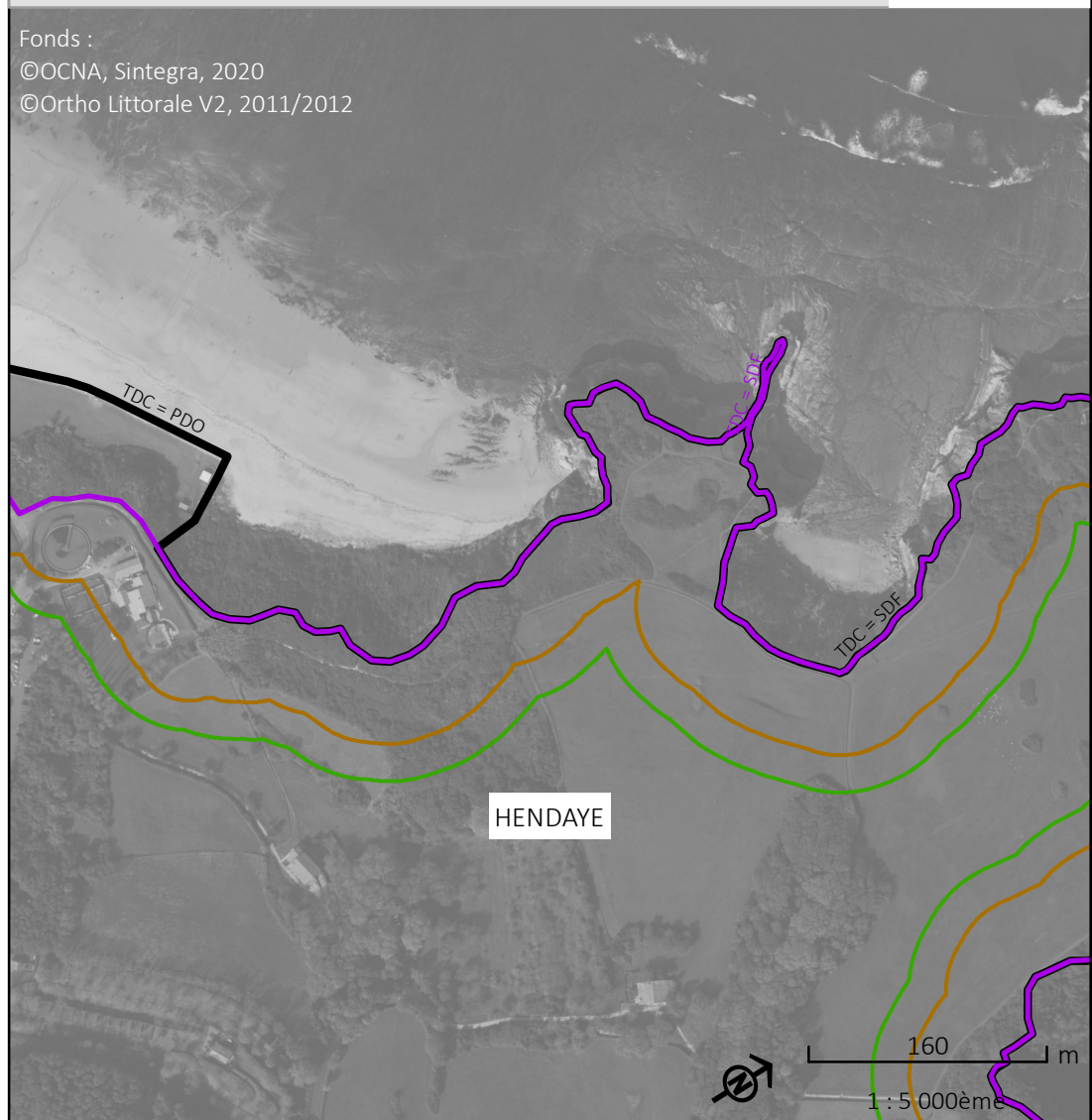
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



Trait de côte

- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
- projeté en 2050, selon un scénario "médian"
- projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
- projeté en 2120, selon un scénario "médian"
- projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments

- Non pérenne à +30 ou +100 ans
- Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
- Pérenne à +30 et +100 ans

Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :

- Totale
- Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

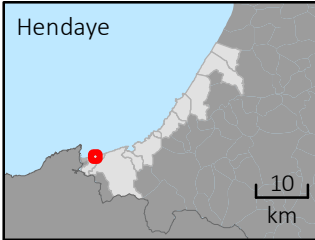
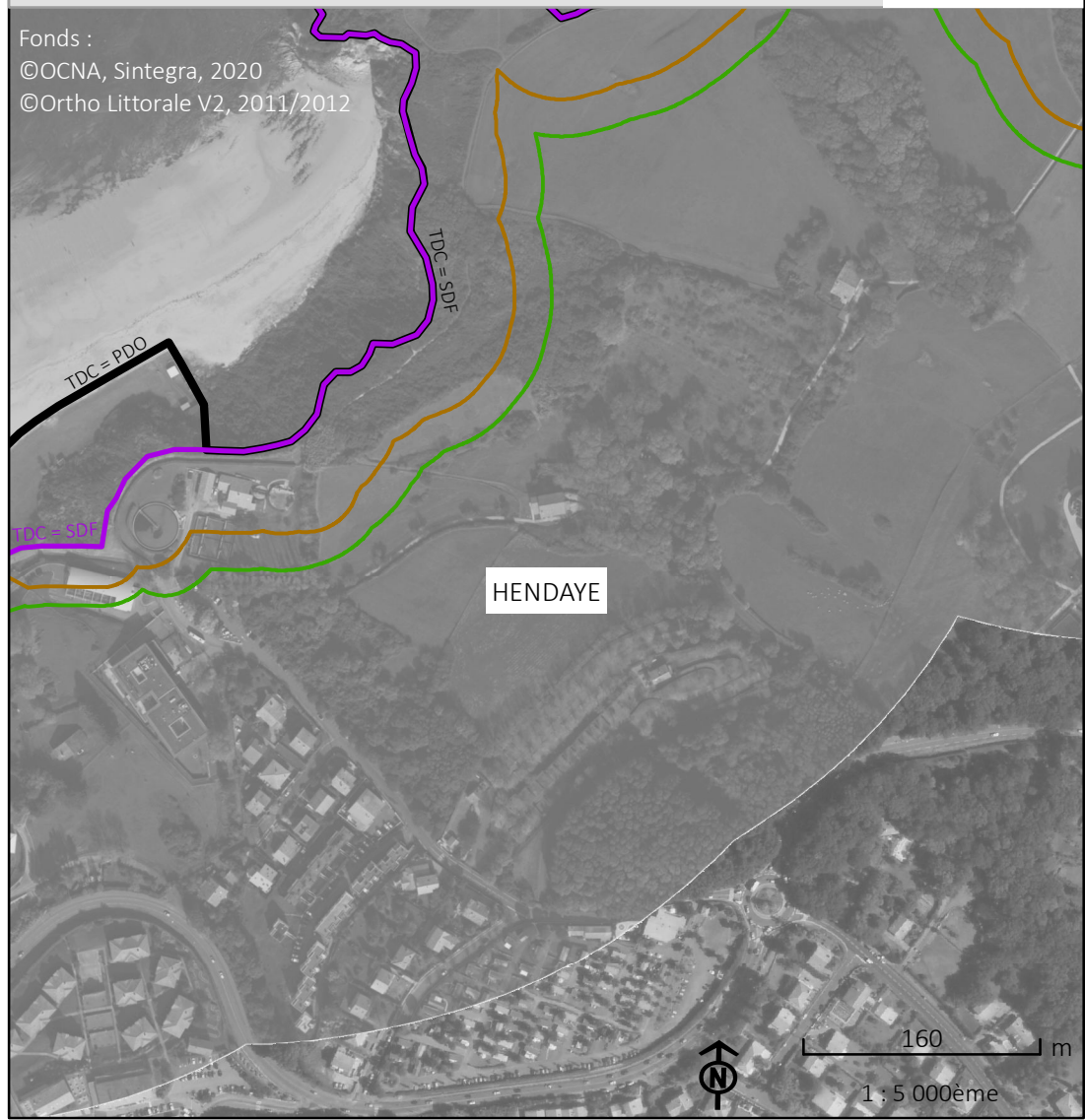
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

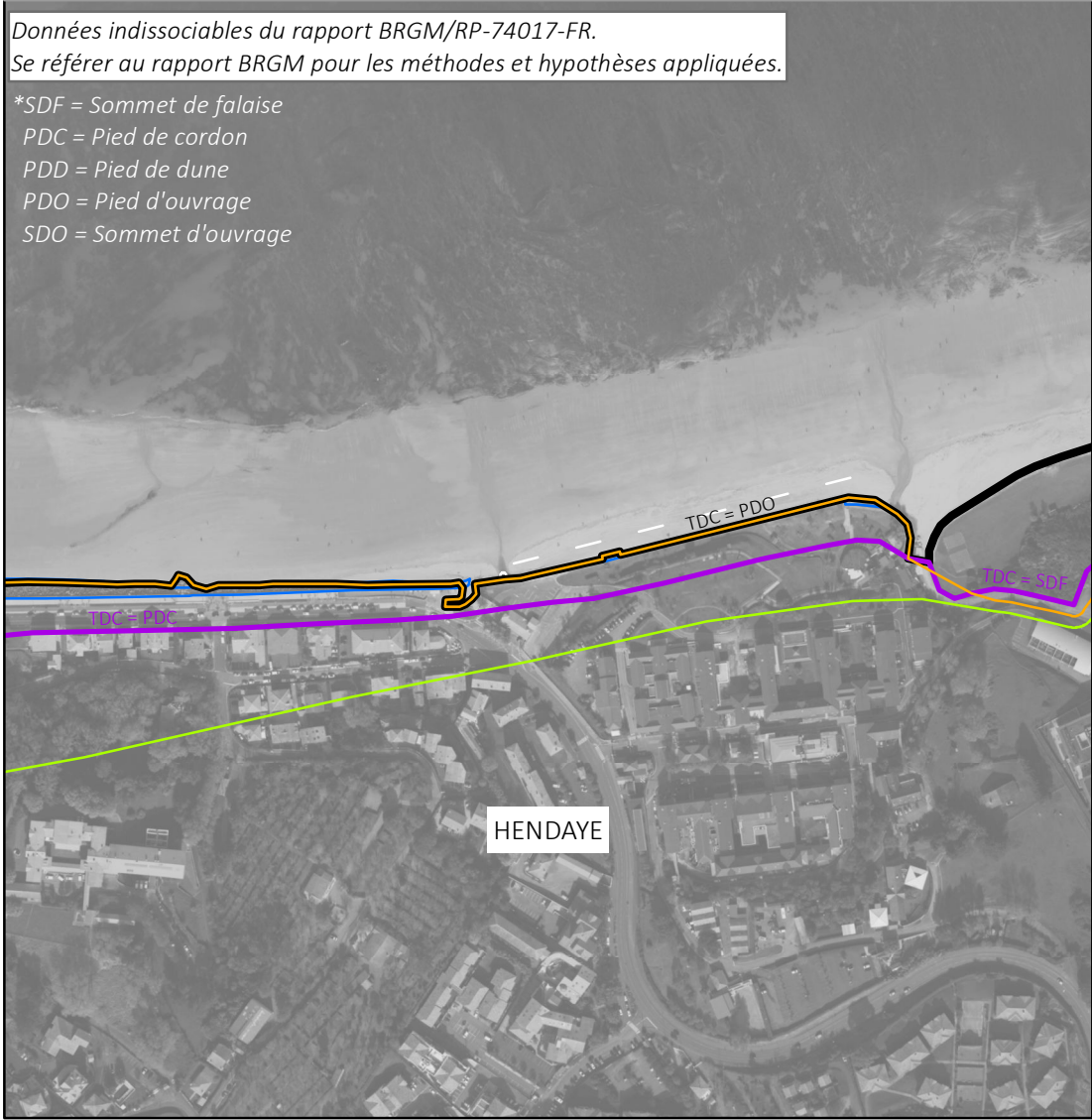
- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

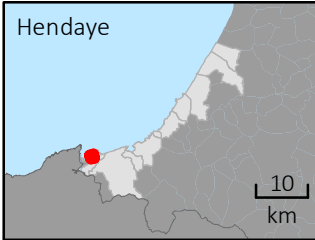
Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012

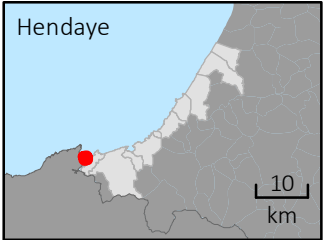
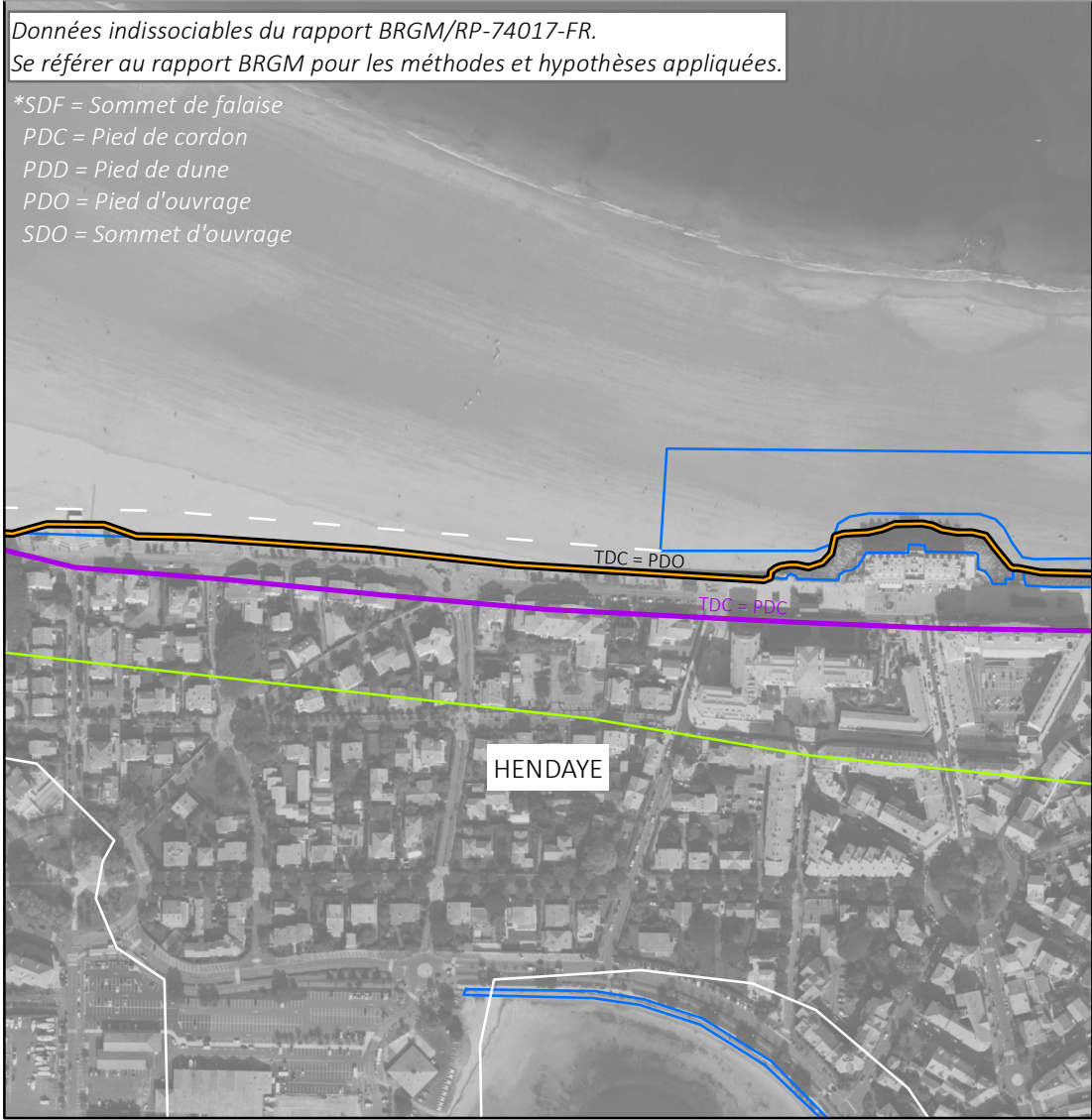


- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
 Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
 PDC = Pied de cordon
 PDD = Pied de dune
 PDO = Pied d'ouvrage
 SDO = Sommet d'ouvrage



- Trait de côte
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignanx à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
 ©OCNA, Sintegra, 2020
 ©Ortho Littorale V2, 2011/2012

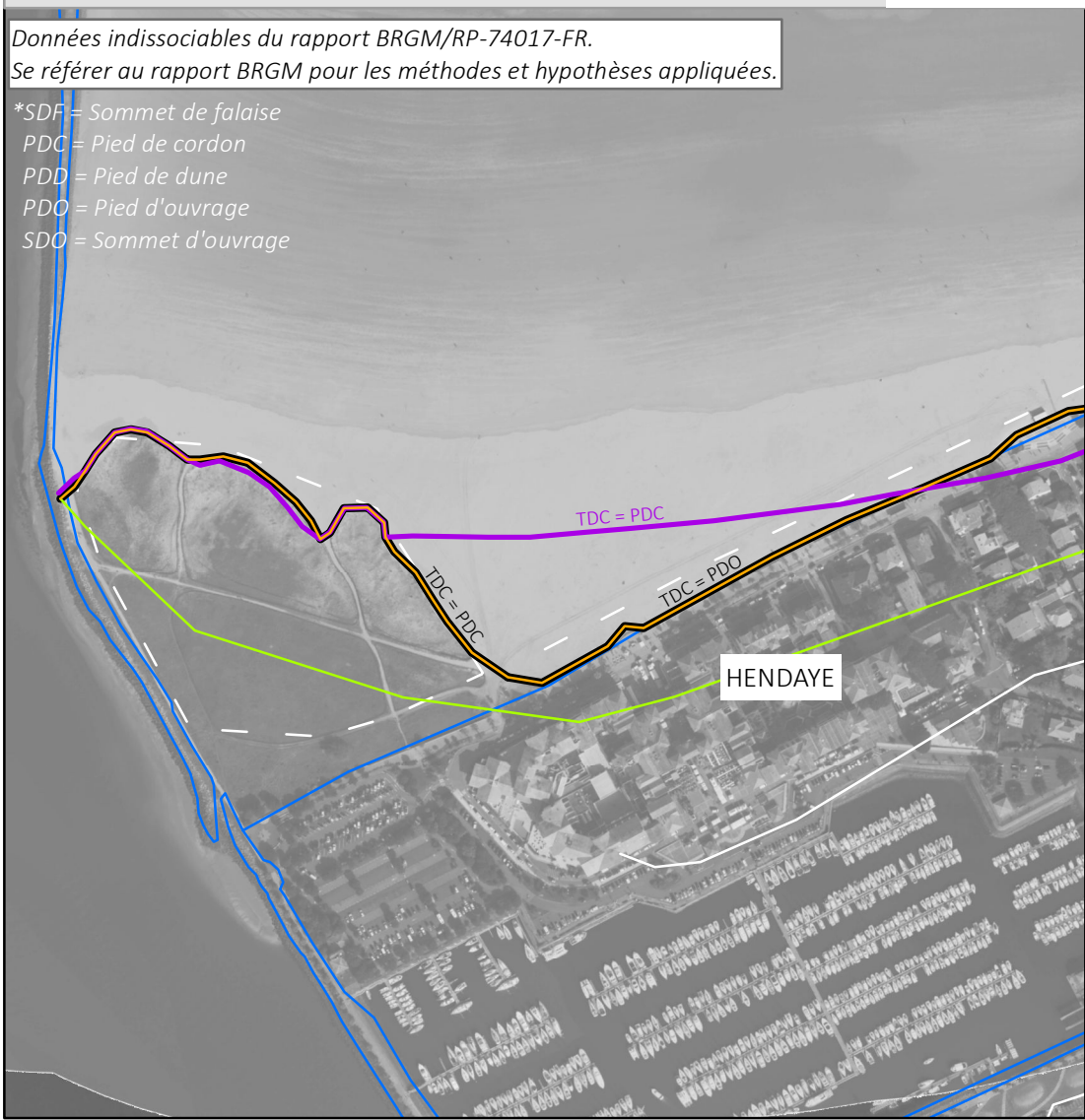


- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :
- Totale
 - Partielle

Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +30 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

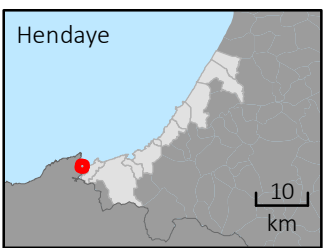
Données indissociables du rapport BRGM/RP-74017-FR.
Se référer au rapport BRGM pour les méthodes et hypothèses appliquées.

*SDF = Sommet de falaise
PDC = Pied de cordon
PDD = Pied de dune
PDO = Pied d'ouvrage
SDO = Sommet d'ouvrage



Cartographie de l'exposition au recul du trait de côte sur les littoraux du Pays basque et du Seignaux à l'échéance +100 ans, selon les scénarios médian et sécuritaire

Fonds :
©OCNA, Sintegra, 2020
©Ortho Littorale V2, 2011/2012



- Trait de côte**
- de 2020 avec prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - de 2020 sans prise en compte des ouvrages et actions de gestion*
 - projeté en 2050, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2050, selon un scénario "sécuritaire"
 - projeté en 2120, selon un scénario "médian"
 - projeté en 2120, selon un scénario "sécuritaire"

- Hypothèses de pérennité des ouvrages et actions de gestion de sédiments**
- Non pérenne à +30 ou +100 ans
 - Pérenne à +30 ans mais non pérenne à +100 ans
 - Pérenne à +30 et +100 ans
- Ouvrages pérennes dont la protection du versant est :**
- Totale
 - Partielle



Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale de Nouvelle-Aquitaine - site de Bordeaux

Parc Technologique Europarc
24 avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70

www.brgm.fr