



OBSERVATOIRE DE LA CÔTE
NOUVELLE-AQUITAINE

Document public

Rapport final

Cartographie du trait de côte en Nouvelle-Aquitaine

Rapport BRGM/RP-71582-FR
Février 2022

Auteur(s) : Bernon N., Nicolae Lerma A., Ayache B., Bulteau T., Voix F.



Cartographie du trait de côte en Nouvelle-Aquitaine

Rapport BRGM/RP-71582-FR
Février 2022

Vérificateur :

Nom : Cyril Mallet

Date : 03/05/2022

Signature :



Approbateur :

Nom : Nicolas Pédrón

Date : 29/07/2022

Signature :

Le Directeur Régional
du BRGM Nouvelle - Aquitaine

Nicolas PÉDRON

Auteur(s) : Bernon N., Nicolae Lerma A., Ayache B., Bulteau T., Voix F.

Mots-clés : Trait de côte, cartographie, géomorphologie, environnement littoral, descripteur, dynamique côtière, Nouvelle-Aquitaine

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

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.

Synthèse

L'utilisation du terme « trait de côte » est très commune et généralisée dans les études sur le 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) ou en accrétion (où le trait de côte avance).

Le suivi des évolutions du trait de côte s'inscrit dans la "Problématique 1" du document cadre d'acquisition et de valorisation de données de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (Nicolae Lerma *et al.*, 2019) : « Comprendre et prévoir l'évolution du trait de côte ».

Pour ce faire, la cartographie du trait de côte est une étape incontournable. Elle doit être représentative de l'état du système littoral, à un instant donné, et suffisamment précise, pour rendre compte de ses évolutions spatiales et temporelles. Ces exigences nécessitent 1/ d'acquérir des données régulières pour le cartographe, selon des méthodes et outils maîtrisés, et 2/ de disposer d'un protocole de digitalisation strict, visant à déterminer la position du trait de côte le plus précisément possible, en s'affranchissant au maximum des potentielles erreurs d'interprétation de l'opérateur.

Dans le cadre de ses missions, l'OCNA organise et contrôle ainsi l'acquisition de données-socles nécessaires à la cartographie du trait de côte, sur l'ensemble de la région Nouvelle-Aquitaine : données topographiques locales au DGPS constituant la « vérité terrain », données photographiques (terrain, aériennes), orthophotographies et données topographiques lidar. Ces données peuvent être utilement complétées par des données tierces : images satellite, images par caméra disposées sur le littoral (webcam), produits topographiques locaux.

La cartographie du trait de côte correspond à la digitalisation d'objets géomorphologiques identifiables à partir des données précitées. Ces objets géomorphologiques sont appelés descripteurs du trait de côte, et correspondent aux interfaces terre-mer représentatives des différents environnements littoraux et de leurs évolutions. Le tableau ci-après expose ceux définis pour la région Nouvelle-Aquitaine (Tableau 1).

Environnements littoraux	Descripteurs du trait de côte*
Dune littorale	PDD, PDO, SDO
Falaise rocheuse	SDF, LDV, PDO
Marais maritime	LSS, PDO, SDO
Flèche sableuse et grande flèche sableuse	PDD, PDC, PDO, SDO
Cordon de galets et cordon sableux	PDC, PDO
Plage de poche	PDO
Polder et port	PDO, SDO

*PDD : pied de dune ; SDF : sommet de falaise ; PDC : pied de cordon sableux ou de galets ; LDV : limite de végétation ; LSS : limite supérieure du schorre ; PDO : pied d'ouvrage ; SDO : sommet d'ouvrage.

Tableau 1 - Environnements littoraux et descripteurs du trait de côte associés, en Nouvelle-Aquitaine

Une méthode d'identification de ces descripteurs, pour la majorité identifiables visuellement sur l'orthophotographie et/ou à partir des données lidar (MNT et dérivés), est proposée, répondant à des critères d'objectivité, mais aussi d'efficacité, nécessaire devant l'ampleur du linéaire régional. Elle comprend 5 principales étapes d'analyse :

- ① Etape 1 : Comparaison de l'orthophotographie et des dérivés lidar (courbure longitudinale et modèle de pentes) ;
- ② Etape 2 : Comparaison des dérivés lidar avec le MNT. À ce stade, si les informations sont cohérentes entre elles, le trait de côte peut être positionné. Dans le cas contraire, poursuite des investigations avec les étapes suivantes ;
- ③ Etape 3 : Analyse de profils topographiques localisés (DGPS ou extraits du MNT) ;
- ④ Etape 4 : Analyse des traits de côte et orthophotographies des deux années précédentes pour identifier une évolution géomorphologique récente ;
- ⑤ Etape 5 : En l'absence d'évolution identifiée, consultation des photographies obliques et *in situ*.

Sur la base de ce protocole mis en œuvre à l'échelle 1/1 500^{ème}, le trait de côte de la Nouvelle-Aquitaine de 2018 est de 838,5 km. Son caractère naturel est révélé par le linéaire majoritaire de descripteurs associés à des environnements naturels, couvrant 476,4 km (56,8 % du linéaire régional). Les dunes littorales (descripteur : pied de dune) de Gironde et des Landes, mais aussi de Charente-Maritime, constituent une part importante de ce linéaire (331,5 km). Les sommets de falaise et limites de végétation (environnement de falaises et versants rocheux), les pieds de cordons (cordons sableux ou de galets), et dans une moindre mesure les limites supérieures du schorre (marais maritime) sont les autres descripteurs représentatifs de ce linéaire côtier naturel.

Une part significative du linéaire côtier régional (362,2 km soit 43,2 % du total) est artificialisée. Les descripteurs associés aux ouvrages longitudinaux (sommets d'ouvrage et pieds d'ouvrage) sont présents sur l'ensemble du littoral de Nouvelle-Aquitaine. Seule la côte sableuse de Gironde et des Landes en comprend un linéaire côtier restreint.

Le protocole défini dans le présent rapport pour le littoral de Nouvelle-Aquitaine est opérationnel, pour la cartographie de l'interface terre-mer, mais aussi pour la réalisation d'études de l'évolution des littoraux néo-aquitains. Il est susceptible d'évoluer avec le développement d'outils d'acquisition de données et l'amélioration des méthodes de traitement des données numériques (évolution de la précision des données acquises, des vecteurs d'acquisition de données, des chaînes de traitement informatique, par exemple).

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	9
1.2. DEFINITIONS	9
2. Le trait de côte en Nouvelle-Aquitaine	11
2.1. ENVIRONNEMENTS LITTORAUX DE NOUVELLE-AQUITAINE	11
2.2. DESCRIPTEURS DU TRAIT DE COTE DE NOUVELLE-AQUITAINE.....	20
3. Données de référence utiles au tracé du trait de côte	23
3.1. PROFILS DE PLAGE LEVES AU DGPS.....	23
3.2. ORTHOPHOTOGRAPHIE	26
3.3. LEVE TOPOGRAPHIQUE HAUTE RESOLUTION AEROPORTE : LIDAR	28
3.4. PHOTOGRAPHIES <i>IN SITU</i> ET AERIENNES OBLIQUES.....	30
4. Cartographie de la position du trait de côte	33
4.1. OBJECTIFS DE LA CARTOGRAPHIE DU TRAIT DE COTE	33
4.2. METHODE D'IDENTIFICATION DES DESCRIPTEURS DU TRAIT DE COTE.....	33
4.3. CARTOGRAPHIE DU TRAIT DE COTE DE NOUVELLE-AQUITAINE	35
4.3.1. Limites du trait de côte à l'intérieur des estuaires	35
4.3.2. Résultats	37
5. Conclusion	41
6. Bibliographie	43

Liste des illustrations

Illustration 1 - Conche de Saint-Georges-de-Didonne (2017).....	11
Illustration 2 - Cordons de galets à L'Houmeau (2021).....	12
Illustration 3 - Cordon sableux sur l'Île aux Oiseaux (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2020).....	13
Illustration 4 - Dune littorale dans le sud-des Landes (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2020).....	14
Illustration 5 - Marais maritime développé à l'abri de la Pointe de la Coubre, formant la baie de Bonne Anse (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021)	15
Illustration 6 - Pointe de la Coubre, presqu'île d'Arvert (17) (fond photographique ©IGN, 2014).	16
Illustration 7 - Pointe du Cap Ferret (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2019)	17

Illustration 8 - Falaises des flyschs de Socoa (au premier plan, photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2020)	18
Illustration 9 - Vieux-Port de La Rochelle (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021).....	19
Illustration 10 - Vue aérienne partielle du Fiers d’Ars (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021)	19
Illustration 11 - Vue aérienne partielle du domaine de Certes (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021)	20
Illustration 12 - Descripteurs du trait de côte de Nouvelle-Aquitaine appliqués au littoral charentais	22
Illustration 13 - Localisation des transects OCNA, à fin 2018	24
Illustration 14 - Diffusion en ligne des données DGPS acquises par l'OCNA (http://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/-Fiches-transect-)	25
Illustration 15 - Localisation des plages de Charente-Maritime faisant l'objet d'un suivi topographique au DGPS (Chaumillon et al., 2019)	26
Illustration 16 - Trait de côte digitalisé sur l’orthophotographie de 2018	27
Illustration 17 - Orthophotographie couleur RVB (à gauche) et Infrarouge (à droite) (OrthoExpress®IGN - Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ;en pointillé, le pied de dune issu des mesures DGPS de la mission de 2016)	27
Illustration 18 - Calcul de l’indice NDVI à partir de l’orthophotographie Couleur Infra-Rouge : à gauche, vue d’ensemble ; à droite : zoom sur le trait de côte (en pointillé rouge : trait de côte mesuré au DGPS lors de la mission 2016)	28
Illustration 19 - Le Verdon-sur-Mer : 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 DGPS lors de la mission de 2016	29
Illustration 20 - 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 DGPS lors de la mission de 2016	29
Illustration 21 - Altitude du pied de dune (en m NGF) correspondant à 5 % (percentile) des valeurs les plus basses des altitudes par tronçon côtier pour les années 2014, 2016 et 2017 confondues (Bulteau et al., 2019).....	30
Illustration 22 - Photographie in situ acquise lors de la mission annuelle de levé au DGPS, au printemps 2018, à Vielle-Saint-Girons (à gauche) et photographie aérienne oblique des falaises de Bidart (Erretegia, 2018) (à droite)	31
Illustration 23 - Processus décisionnel de digitalisation du trait de côte de l’OCNA	34
Illustration 24 - Identification de la transition entre le trait de côte et la berge de cours d'eau, à l’aide des données géomorphologiques et géologiques (carte géologique au 1/50 000, feuille n°681, BRGM)	36
Illustration 25 - Cartographie des environnements littoraux où évolue le trait de côte de Nouvelle-Aquitaine en 2018	38
Illustration 26 - Cartographie des descripteurs du trait de côte de Nouvelle-Aquitaine en 2018.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1 - Environnements littoraux et descripteurs du trait de côte associés, en Nouvelle-Aquitaine	3
Tableau 2 - Données acquises par l'OCNA utilisées pour la digitalisation du trait de côte	23
Tableau 3 - Environnements littoraux et descripteurs du trait de côte associés, en Nouvelle-Aquitaine	33
Tableau 4 - Linéaires du littoral de Nouvelle-Aquitaine en 2018, par environnement du trait de côte, à l'échelle 1/1 500	37
Tableau 5 - Linéaires du littoral de Nouvelle-Aquitaine en 2018, par secteurs géographiques et descripteurs du trait de côte, à l'échelle 1/1 500	39

1. Introduction

1.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

L'utilisation du terme « trait de côte » est très commune et généralisée dans les études sur le littoral. La notion de trait de côte est en effet utile dans plusieurs catégories d'études, prescriptives (type PPRL), 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) ou en accrétion (où le trait de côte avance).

Le suivi des évolutions du trait de côte s'inscrit dans la "Problématique 1" du document cadre d'acquisition et de valorisation de données de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (Nicolae Lerma *et al.*, 2019) : « Comprendre et prévoir l'évolution du trait de côte ». Les objectifs poursuivis sont de comprendre la dynamique du trait de côte à plusieurs échelles de temps et de prévoir son évolution future en prenant en compte notamment les impacts du changement climatique.

Plus précisément, l'acquisition et l'analyse de données concernant l'identification du trait de côte ont pour finalités :

- la quantification de l'évolution du trait de côte et de sa variabilité le long de la côte de Nouvelle-Aquitaine, et notamment au droit des secteurs littoraux aménagés ;
- une meilleure compréhension des rythmes d'évolution aux échelles de temps événementielle, saisonnière, interannuelle, pluriannuelle et séculaire ;
- une meilleure caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" sur le littoral néo-aquitain, en lien avec les effets du réchauffement climatique.

La digitalisation du trait de côte doit par conséquent être réalisée en respectant un protocole strict, visant à créer au fil des années, un jeu de données inter-comparables. Pour répondre à cet objectif et dans le cadre de ses missions, l'Observatoire détermine ainsi, selon les données disponibles et au mieux chaque année, la position du trait de côte sur tout ou partie de la façade littorale néo-aquitaine.

Après une présentation des environnements littoraux de Nouvelle-Aquitaine, ce rapport fait état du protocole, créé et mis en œuvre par l'Observatoire, pour cartographier le trait de côte. Il expose enfin les enseignements de son application sur les données de 2018, à l'échelle de la côte de Nouvelle-Aquitaine.

1.2. DEFINITIONS

Le présent chapitre rappelle les définitions employées par l'OCNA, explicitées dans le document cadre d'acquisition et de valorisation des données de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (Nicolae Lerma *et al.*, 2019).

Un descripteur est défini comme un objet physique observable et/ou mesurable sur le terrain. Il est observé ou mesuré selon des protocoles et des outils adaptés à l'environnement littoral et aux processus que l'on cherche à caractériser.

Le suivi de l'évolution d'un descripteur constitue un indicateur, sous-entendu, un indicateur d'évolutions spatio-temporelles, à mettre en relation avec les processus agissant sur le milieu.

Sans être exhaustifs, les descripteurs peuvent être classés en cinq grands types :

- ① les descripteurs de milieux (permettent d'identifier un compartiment du littoral, caractérisé par un lien entre morphologie et particularité de faune et/ou de flore, e.g. dune blanche, dune grise...);
- ① les descripteurs morphologiques (concernent uniquement la forme, la géométrie, ou une caractéristique ponctuelle du milieu, e.g. ouvrage, berme, marque d'érosion...);
- ① les descripteurs environnementaux ou biologiques (sont en lien avec les communautés faune/flore, e.g. arthropodes, gravelot à collier interrompu, lézard ocellé...);
- ① les descripteurs hydrologiques et hydrodynamiques (concernent les caractéristiques et les paramètres physiques associés aux agents dynamiques et aux processus marins et hydrologiques, e.g. hauteur significative des vagues, niveau de marée, débits...);
- ① les descripteurs d'activité humaine (concernent les actions de gestion, d'implantation ou de fréquentation du littoral).

Frontière entre la terre et la mer, et valable pour tous les types d'environnements de la côte néo-aquitaine, le trait de côte peut se définir de plusieurs manières, selon les analyses thématiques envisagées (Boak and Turner, 2005 ; Mallet *et al.*, 2012). L'objet du présent rapport est donc de restreindre ces définitions au contexte néo-aquitain, par la définition des environnements littoraux existants et des descripteurs du trait de côte associés. Il repose sur l'expérience acquise par l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine quant à l'acquisition et l'exploitation de données pour le suivi spatial et temporel de l'évolution du trait de côte.

2. Le trait de côte en Nouvelle-Aquitaine

La côte de Nouvelle-Aquitaine est riche d'une grande diversité environnementale, s'inscrivant dans plusieurs contextes géologiques. S'étendant sur près de 840 km, elle peut être divisée géographiquement et simplement en quatre entités : la Charente-Maritime, la côte sableuse de Gironde et des Landes, le Bassin d'Arcachon et la Côte basque. En première approche, ce découpage géographique se justifie par une dynamique d'évolution et l'expression des agents dynamiques, qui sont globalement homogènes au droit de ces quatre territoires, ou au contraire très variables sur de faibles linéaires. Toutefois, il ne saurait rendre compte de la complexité du littoral néo-aquitain et de ses évolutions. Pour ce faire, l'identification des environnements littoraux en présence est indispensable. Cette identification a été réalisée dans le cadre d'études menées par le BRGM, notamment dans le cadre de l'OCNA (Bernon *et al.*, 2017 & 2021).

Dix environnements géomorphologiques littoraux composent le linéaire côtier de Nouvelle-Aquitaine, possédant leur propre dynamique d'évolution, qui peut être appréhendé par sept descripteurs du trait de côte. Ces environnements et descripteurs néo-aquitains sont décrits ci-après.

2.1. ENVIRONNEMENTS LITTORAUX DE NOUVELLE-AQUITAINE

Plage de poche

Les plages de poche sont des plages sableuses ou vaso-sableuses, formées entre deux caps rocheux (Illustration 1). Cette configuration particulière entraîne une diminution de l'énergie de la houle et favorise ainsi le dépôt de sédiments charriés par la dérive littorale. D'une manière générale, chaque plage de poche possède sa propre dynamique hydro-sédimentaire en raison de son isolement géomorphologique, et de l'absence de transport sédimentaire perpendiculairement au rivage. Il s'agit particulièrement des conches situées dans l'estuaire de la Gironde, bordées par des falaises aussi bien sur les bordures qu'en fond de baie.



Illustration 1 - Conche de Saint-Georges-de-Didonne (2017)

Cordon de galets

Les cordons de galets se sont formés, sous l'action des vagues, au fond d'anciens golfes, au fur et à mesure de la remontée du niveau marin au cours de la dernière transgression marine, au Flandrien (Holocène). Ils forment généralement un bourrelet topographique d'une puissance¹ et d'une largeur limitées à quelques mètres. Ils isolent le plus souvent des zones de marais de l'océan (Illustration 2). Il est également possible de trouver des accumulations de galets au pied de falaises rocheuses. Toutefois, l'évolution du littoral au droit de ces cordons reste généralement liée à l'évolution de la falaise.

Les cordons de galets se déplacent à la faveur des épisodes d'agitation océanique suffisamment énergétiques pour les mobiliser. Le cordon effectue alors un « roulement » vers les terres. Ils sont alimentés par des matériaux anciens et récents issus du démantèlement des falaises ou des dalles calcaires de l'avant-côte présentes au sein de la même cellule hydro-sédimentaire.



Illustration 2 - Cordons de galets à L'Houmeau (2021)

Cordon sableux

De la même manière que les cordons de galets, les cordons sableux se sont formés à la faveur de la remontée du niveau marin, par accumulation dans les anciens golfes. Ils se développent préférentiellement dans les zones abritées de l'énergie générée par les agents dynamiques météo-marins, et occupent ainsi une partie importante du linéaire en Charente-Maritime (zones inter-pertuis) et dans le Bassin d'Arcachon. Généralement étroits et peu puissants, les cordons sableux possèdent une dynamique d'évolution comparable à celle des cordons de galets. Déplacé sous l'action des vagues, le sable peut également être repris par le vent et emporté vers les terres.

¹ En géologie, la puissance est l'épaisseur d'une couche ou d'une série de couches mesurée perpendiculairement à la stratification.



Illustration 3 - Cordon sableux sur l'Île aux Oiseaux (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2020)

Dune littorale

L'environnement de dunes littorales est un milieu de cordon sableux qui se distingue du précédent par ses dimensions, sa localisation en façade océanique ouverte et sa dynamique d'évolution plus active que les cordons sableux précités. En Nouvelle-Aquitaine, les dunes littorales forment le cordon dunaire de la façade océanique, depuis le sud-ouest de l'Île d'Oléron jusqu'au nord de la Côte basque (Anglet). La largeur du cordon dunaire littoral, d'est en ouest, est généralement de plusieurs dizaines à centaines de mètres (Illustration 4). Sporadiquement, elles constituent également l'interface terre-mer au sein du Bassin d'Arcachon, à la faveur de la présence de dunes littorales anciennes.

L'accumulation des sables sur la côte est due au vent, qui, depuis la fin de la dernière ère glaciaire (il y a environ 18 000 ans BP), associé à la remontée du niveau marin, pousse ces sédiments vers la côte. C'est à la fin de cette remontée, lorsque le niveau marin s'est globalement stabilisé autour de sa position actuelle, il y a environ 6 000 ans BP, que les plages contemporaines se sont formées. Sous les actions conjuguées de l'océan (houle, courants) et du vent, les sables se déplacent et modèlent la morphologie du littoral. Ce transport peut se faire perpendiculairement (transport *cross-shore*) ou parallèlement à la côte (transport *longshore* avec notamment la dérive littorale, globalement orientée vers le sud sur le littoral néo-aquitain).



Illustration 4 - Dune littorale dans le sud-des Landes (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2020)

Marais maritime

Les marais maritimes constituent des étendues littorales basses, très faiblement inclinées, périodiquement submergées, dues à des accumulations récentes de vase dans les secteurs abrités des côtes (Paskoff, 2006). D'un point de vue morphologique, la partie inférieure du marais maritime, dépourvue de végétation, est dénommée la *slikke*. Elle est inondée à chaque marée haute et de pente faible (1 à 3 ‰). La partie supérieure correspond au *schorre*, de pente très faible (inférieure à 1 ‰), colonisée par une végétation herbacée et inondée seulement lors des grandes marées.

Les marais maritimes se développent dans des secteurs globalement abrités de l'énergie de la houle, où la profondeur est faible, et dépendent essentiellement des courants de marée. Les secteurs de marais maritimes les plus étendus se trouvent en Charente-Maritime (Seudre, Brouage, Moëze, Fiers d'Ars, les salines de l'Île d'Oléron pour n'en citer que quelques-uns) et dans le Bassin d'Arcachon. Ils ont été largement artificialisés et exploités depuis plusieurs siècles pour la conchyliculture, la production de sel et l'élevage ; ils se prolongent sur plusieurs centaines de mètres à l'intérieur des terres et forment des polders (cf. infra). Enfin, l'environnement de marais maritime occupe également les littoraux situés en arrière des flèches sableuses (ex : Pointe de la Coubre) et dans l'estuaire de la Gironde (Illustration 5, Illustration 6).



Illustration 5 - Marais maritime développé à l'abri de la Pointe de la Coubre, formant la baie de Bonne Anse (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021)

Flèche sableuse

Les flèches sableuses se forment sous l'action d'un transport sédimentaire significatif, résultant d'une dérive littorale établie et d'une bonne disponibilité en sédiments, en amont du courant de dérive. La faible profondeur autorise alors l'atterrissement des matériaux transportés.

Parmi les flèches sableuses les plus représentatives du littoral charentais existe la Pointe de la Coubre (Illustration 6). Toutefois, de nombreuses petites flèches sont aussi présentes sur le littoral de Charente-Maritime : au sud du port de la Perrotine, Pointe de Bellevue, Pointe du Galon d'Or par exemple. En Gironde, la flèche du Mimbeau, située sur la façade interne du Bassin d'Arcachon, dans la commune de Lège-Cap Ferret, est également remarquable. Les flèches sableuses se développent généralement à la faveur de changements marqués de l'orientation du trait de côte, et où les trois conditions précitées sont réunies. Elles ont une dynamique d'évolution particulièrement rapide en raison de leur extrémité en aval de la dérive, généralement libre (non rattachée au littoral).

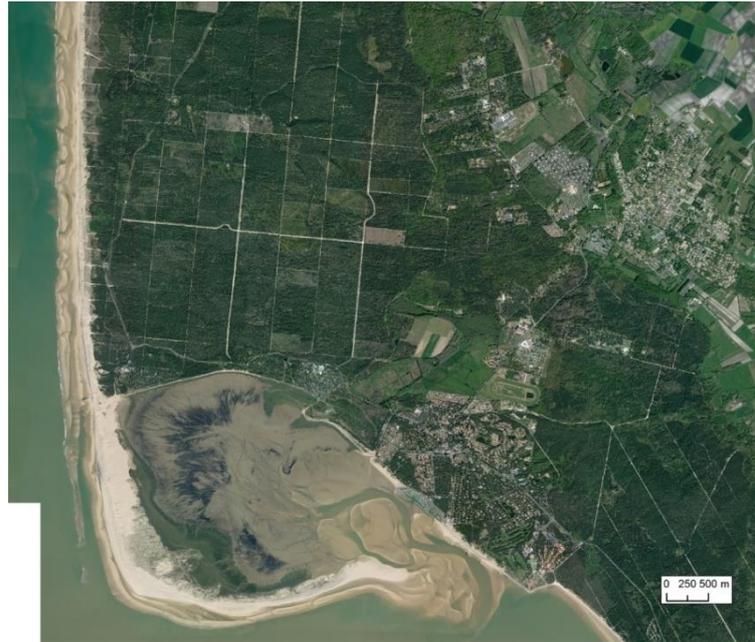


Illustration 6 - Pointe de la Coubre, presqu'île d'Arvert (17) (fond photographique ©IGN, 2014). La baie de Bonne Anse abritée entre la pointe et le continent forme un marais maritime.

Grande flèche sableuse

Les grandes flèches sableuses ont été distinguées des flèches du chapitre précédent en raison d'une emprise spatiale et d'une dynamique d'évolution plus importantes. Elles se sont mises en place au cours de plusieurs centaines à milliers d'années, sous l'action d'une dérive littorale forte et d'une grande disponibilité en sédiments en amont de la dérive, dans un milieu océanique ouvert. Les mouvements de sédiments à l'origine de la dynamique des grandes flèches sableuses s'effectuent sur des linéaires de plusieurs centaines de mètres le long du littoral. Le trait de côte peut évoluer perpendiculairement à la côte sur plusieurs dizaines de mètres chaque année.

Deux grandes flèches sableuses sont présentes sur le littoral néo-aquitain : la Pointe de Gatseau, au sud de l'Île d'Oléron, et la Pointe du Cap Ferret, qui obstrue l'embouchure du Bassin d'Arcachon. Elles connaissent des évolutions littorales rapides de plusieurs mètres par an (Illustration 7).



Illustration 7 - Pointe du Cap Ferret (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2019)

Falaise rocheuse

Le contact entre l'océan et le continent s'effectue par des falaises et des versants rocheux lorsque les formations géologiques du littoral sont particulièrement compétentes². C'est le cas des formations calcaires, marneuses et gréseuses du Jurassique, du Crétacé et du Tertiaire, qui composent la majorité des falaises côtières de Charente-Maritime et de la Côte basque (Illustration 8).

La géologie conditionne pour partie l'apparition de nombreux phénomènes naturels (glissements de terrain, chutes de blocs, éboulements...), regroupés sous le terme générique de « mouvements de terrain ». De nombreux facteurs géologiques interviennent à des degrés divers dans la dynamique des mouvements de terrain : la nature des roches (lithologie), leur fracturation, leur altération et leur perméabilité y jouent notamment des rôles importants. L'action d'agents extérieurs favorise le déclenchement des mouvements de terrains (circulations d'eau, agents marins, secousse sismique par exemple).

Les côtes à falaises ont la particularité de ne posséder aucune résilience : leur évolution, généralement lente (généralement inférieure à $0,5 \text{ m.an}^{-1}$), est à sens unique : elles reculent.

² Caractérise les roches ou couches qui, dans des conditions données, sont plus aptes à rompre qu'à se déformer.



Illustration 8 - Falaises des flyschs de Socoa (au premier plan, photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, Olivier Chaldebas, ULM Sud Bassin, 2020)

Polder et port

Dans cette étude, deux aménagements humains modifiant la morphologie du trait de côte, voire s’y substituant, ont été retenus comme un type d’environnements artificiels : les ouvrages portuaires et la poldérisation des marais maritimes.

Les ouvrages portuaires consistent en la création d’un espace maritime abrité de la houle pour permettre l’amarrage de bateaux, navires et bâtiments, et l’exercice des activités associées (pêche, ostréiculture, plaisance, commerce, militaires...). De grands épis et quais, en béton et/ou en enrochements, sont ainsi érigés sur les fonds océaniques pour la construction de ports. Le trait de côte est alors fixé et n’évolue plus. Il existe un nombre significatif de ports à l’échelle de la Région, aux tailles et vocations variées (Illustration 9).



Illustration 9 - Vieux-Port de La Rochelle (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021)

Concernant les polders, la plupart ont été mis en place par l'Homme dans des environnements de marais maritime pour y développer des activités salicoles et agricoles : des vestiges de salines remontant à l'époque médiévale ont été révélées à Brouage (Chaumillon *et al.*, 2010). Ils se situent exclusivement dans les zones abritées des houles océaniques, estuariennes et inter-pertuis, ou encore dans le Bassin d'Arcachon. Des digues, levées de terre ou en enrochement d'une manière générale, isolent des bassins de l'océan. Ils sont uniquement connectés au travers d'écluses et de canaux qui permettent le renouvellement des eaux qu'ils contiennent. Ces actions favorisant l'accumulation des sédiments dans le marais, l'espace continental s'est alors étendu aux dépens de l'espace maritime. Plusieurs rangées de bassins depuis la mer vers la terre peuvent ainsi occuper le littoral sur des linéaires conséquents. C'est le cas par exemple du Fiers d'Ars sur l'Île de Ré (Illustration 10) ou encore du domaine de Certes et Graveyron dans le Bassin d'Arcachon (Illustration 11).



Illustration 10 - Vue aérienne partielle du Fiers d'Ars (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021)



Illustration 11 - Vue aérienne partielle du domaine de Certes (photographie ©Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, AirMarine, 2021)

2.2. DESCRIPTEURS DU TRAIT DE COTE DE NOUVELLE-AQUITAINE

Pour chacun des environnements littoraux décrits précédemment, la nature du trait de côte peut être différente. Sur la base des travaux de l'OCNA, sept descripteurs sont utilisés pour déterminer la position du trait de côte de Nouvelle-Aquitaine. Ils ont été définis en tenant compte :

- de la nécessité d'être représentatif de l'interface terre-mer ;
- de leurs capacités à révéler des évolutions passées et futures du système littoral ;
- de leurs potentiels d'identification à la fois sur le terrain et sur des supports cartographiques.

Ces sept descripteurs de la position du trait de côte sont présents sur le littoral de Charente-Maritime, ils sont exposés ci-après (extrait de Bernon *et al.*, 2021).

Descripteur	Environnement(s) littoral(aux)	Illustration sur le littoral du département de Charente-Maritime
Pied de dune (PDD)	Dune littorale	 <p>©BRGM</p> <p>La Tremblade</p>
Pied de cordon (PDC)	Cordon sableux et cordon de galets	 <p>©BRGM</p> <p>Saint-Froult</p>  <p>©BRGM</p> <p>L'Houmeau</p>
Limite supérieure du schorre (LSS)	Marais maritime	 <p>©GoogleMap</p> <p>La Perrotine, Saint-Georges-d'Oléron</p>

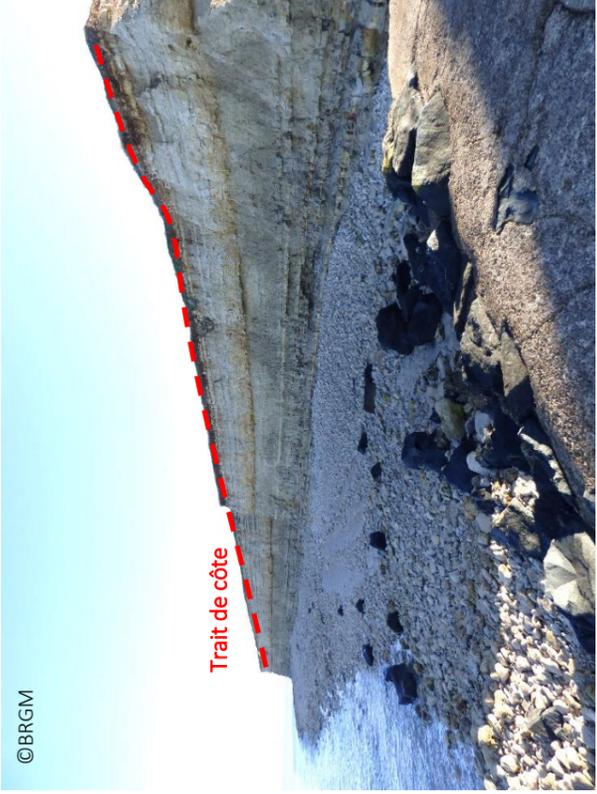
Descripteur	Environnement(s) littoral(aux)	Illustration sur le littoral du département de Charente-Maritime
Sommet de falaise (SDF)	Falaise rocheuse	 <p>©BRGM</p> <p>Trait de côte</p> <p>Nieul-sur-Mer</p>
Limite de végétation (LDV)	Falaise rocheuse	 <p>©GoogleMap</p> <p>Trait de côte</p> <p>Saint-Palais-sur-Mer</p>
Pied d'ouvrage longitudinal (PDO)	Tous environnements littoraux	 <p>©BRGM</p> <p>Trait de côte</p> <p>Saint-Clément-des-Baleines</p>
Sommet d'ouvrage longitudinal (SDO)	Portuaire	 <p>©https://www.portlarochelle.com</p> <p>Trait de côte</p> <p>La Rochelle</p>

Illustration 12 - Descripteurs du trait de côte de Nouvelle-Aquitaine appliqués au littoral charentais

3. Données de référence utiles au tracé du trait de côte

La cartographie du trait de côte et le suivi de ses évolutions mobilisent plusieurs outils, types de données et traitements, dont l'exploitation est complémentaire pour disposer d'une couverture spatiale et temporelle performante. La mise en place de protocoles dédiés à l'acquisition et au traitement de ces données garantissent une analyse pertinente et, *in fine*, la précision du positionnement du trait de côte. Certaines d'entre-elles sont ainsi directement acquises dans le cadre de l'OCNA (Tableau 2).

Outil	Opérateur	Type de données	Fréquence d'acquisition	Couverture	Usage OCA
Données topographiques DGPS	BRGM	X,Y,Z	Annuelle (printemps) Évènementielle	Régionale Locale	Vérité terrain
Orthophotographies aériennes	IGN, Prestataires	X,Y	Annuelle (automne)	Régionale	Analyse des tendances long terme
Lidars topographiques aéroportés et dérivés	IGN, Prestataires	X,Y,Z	Annuelle (automne)	Régionale	Détection semi-automatique du TDC
Photographies (terrestres et aériennes)	BRGM, ONF, Prestataire	qualitatif	Annuelle (printemps) Évènementielle	Régionale	Suivi qualitatif des évolutions du TDC

Tableau 2 - Données acquises par l'OCNA utilisées pour la digitalisation du trait de côte

Il s'agit, pour les trois premiers jeux de données, de données géoréférencées permettant de définir et de cartographier le trait de côte. Les outils de travail privilégiés pour la digitalisation du trait de côte sont des logiciels de type "systèmes d'information géographique" (SIG). Les photographies sont à l'inverse des données non géoréférencées et inexploitable dans ces logiciels, toutefois, elles offrent une vision d'ensemble (photographies aériennes obliques) ou locales (photographies prises sur le terrain) significativement pertinente, qualitative et complémentaire aux données cartographiques.

Notons que d'autres données, issues de l'imagerie spatiale, d'observations *in situ* (caméras), ou encore topographiques locales à portée opérationnelle, peuvent appuyer les informations acquises par l'OCNA. Les protocoles d'acquisition (techniques, méthodes, fréquences d'acquisition...) pouvant varier suivant les opérateurs et le matériel utilisé, l'utilisation de ces données reste opportuniste. Elles ne sont pas intégrées dans la méthode de digitalisation du trait de côte développée par l'OCNA.

3.1. PROFILS DE PLAGE LEVES AU DGPS

L'OCNA procède à des campagnes annuelles de levés topographiques et géomorphologiques au DGPS. 168 transects ont ainsi été levés en 2018, tout au long de la façade littorale aquitaine : 59 pour la côte sableuse (Gironde et Landes), 53 autour du Bassin d'Arcachon et 56 pour la côte rocheuse (Illustration 13). En 2021, le nombre de profils réalisés autour du Bassin d'Arcachon s'est élevé à 66.

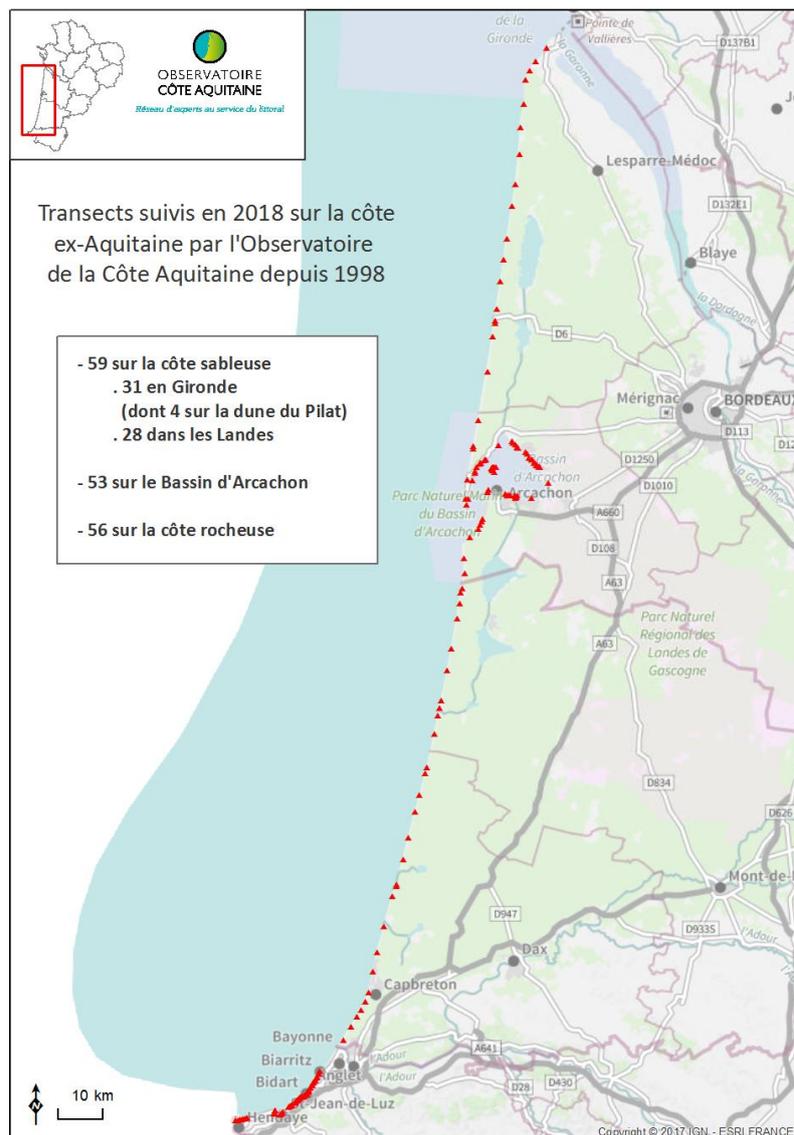


Illustration 13 - Localisation des transects OCNA, à fin 2018

Ces transects, espacés de 5 à 10 kilomètres sur la côte sableuse, permettent d'établir localement un profil topographique et géomorphologique perpendiculaire au trait de côte, précis au centimètre près. La position du trait de côte y est systématiquement identifiée, ce qui constitue « la vérité terrain » à la date du levé. Les levés DGPS des transects ont lieu tous les ans, entre les mois d'avril et de juin. Au droit de chaque profil, des photographies prises sur le terrain complètent et illustrent ces données DGPS.

Lors de la digitalisation du trait de côte avec des outils cartographiques SIG, l'opérateur dispose ainsi de l'information la plus précise, actuellement disponible, sur un ensemble de profils de la côte de l'ex-Aquitaine.

Dans un objectif de diffusion et de valorisation des données acquises, ces levés au DGPS sont mis en ligne sur le site internet de l'OCNA (<http://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/-Fiches-transect->). Ils sont consultables et téléchargeables gratuitement ; des outils d'analyse simples sont également proposés.



Fiche Transect

G2 - L'Amelie Sud (commune de Soulac-sur-Mer)

Côte sableuse aquitaine

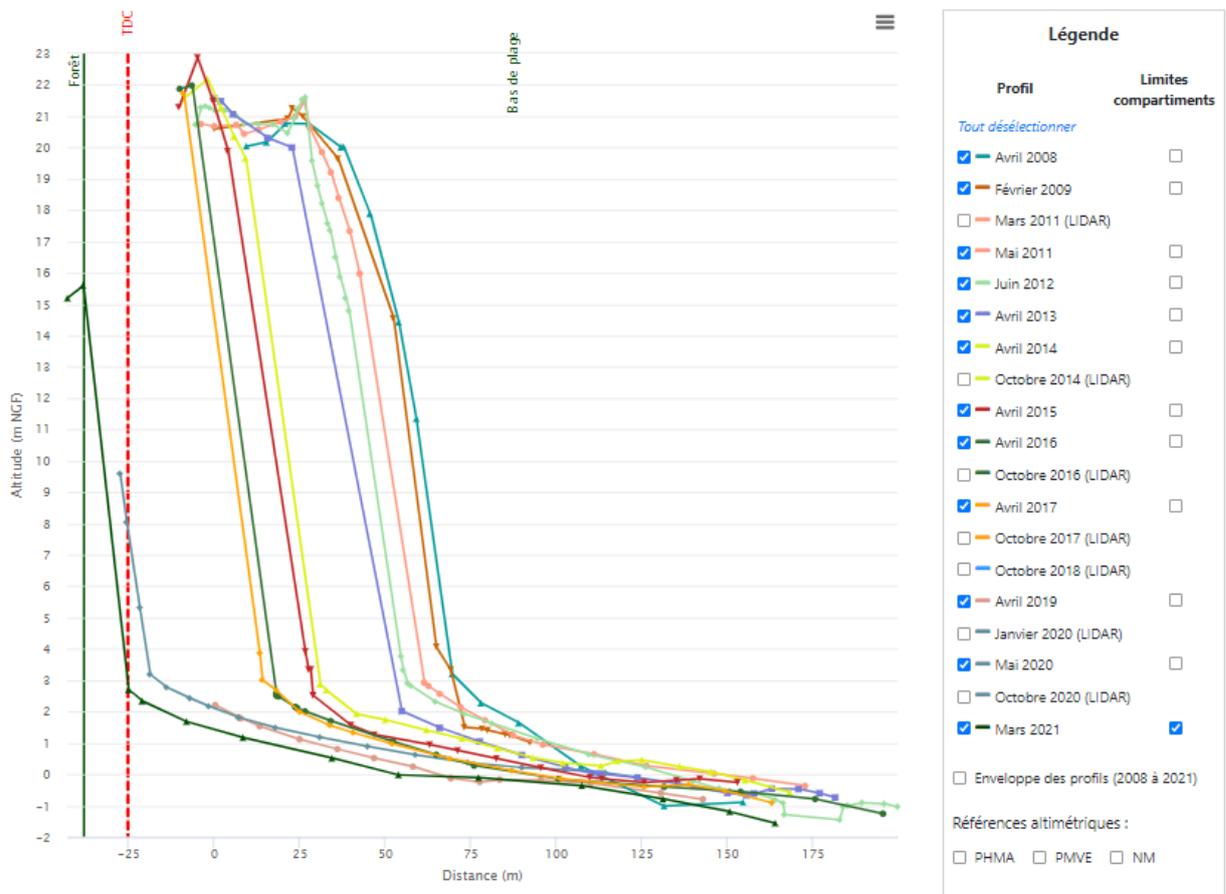
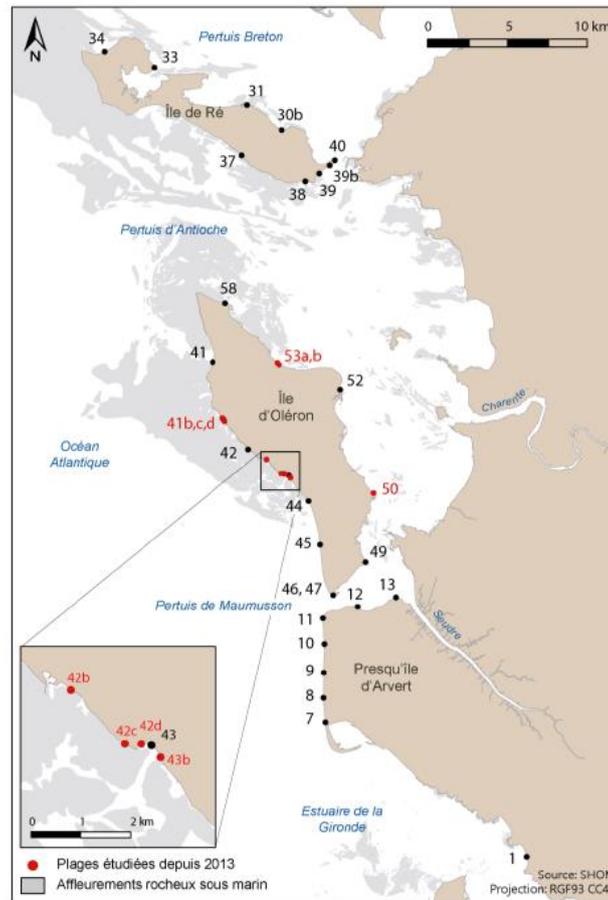


Illustration 14 - Diffusion en ligne des données DGPS acquises par l'OCNA (<http://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/Fiches-transect->)

Des profils DGPS sont également acquis en Charente-Maritime, dans le cadre d'une collaboration entre le Conseil Départemental (CD 17) et l'Université de La Rochelle (laboratoire LIENSs) (Illustration 15). A terme, il est envisagé que la mise en œuvre de ces levés suive un protocole d'acquisition harmonisé avec celui de l'ex-Aquitaine, visant à couvrir de façon homogène l'ensemble de la façade littorale régionale.



Numéro et noms des plages

Estuaire de la Gironde	Île de Ré	Île d'Oléron	
1 - St Georges de Didonne	30b - La Flotte	41 - Chaucre	45 - St Trojan les Bains
Presqu'île d'Arvert	31 - St Martin en Ré	41b,c,d - La Menouinière	46 - La Pointe de Gatseau E/W
7 - La Coubre (Le Phare)	33 - Trousse Chemise W/E	42 - La Côtinière Nord	47 - La Pointe de Gatseau N/S
8 - Ligne 43 (ONF)	34 - La Conche des Baleines	42b - Matha	49 - La Pointe de Manson
9 - La Bouverie	37 - Bois Plage	42c - St Pierre d'Oléron	50 - Le Château d'Oléron
10 - ligne 21 (ONF)	38 - La Pointe de Chauveau	42d - La Perroche	52 - La Perrotine Nord
11 - La Pointe espagnole	39 - Rivedoux Plage	43 - La Côtinière Sud	53a,b - Plaisance
12 - Le Galon d'Or	39b - Sablanceau Sud	43b - La Remigeasse	58 - Saint Denis
13 - Ronces les Bains	40 - Sablanceau Est (Pont)	44 - Vert Bois	

Illustration 15 - Localisation des plages de Charente-Maritime faisant l'objet d'un suivi topographique au DGPS (Chaumillon et al., 2019)

3.2. ORTHOPHOTOGRAPHIE

L'orthophotographie aérienne express est acquise à l'automne de chaque année, simultanément aux données topographiques lidar (cf. chapitre 3.3). Une grande résolution (pixel de 10 cm à 50 cm selon la performance des capteurs) fournit une image en couleur (Rouge-Vert-Bleu : RVB) d'excellente qualité et orthogonale à la côte. Son géoréférencement dans l'espace offre un support cartographique couvrant l'intégralité de la côte : il s'agit du principal support de digitalisation du trait de côte (Illustration 16). Les autres compartiments géomorphologiques du littoral sont également identifiables : plage sableuse, cordon dunaire, estran vaseux, versant rocheux, espace supratidal urbanisé par exemple.

Chaque année, l'orthophotographie est analysée pour déterminer l'erreur planimétrique associée à la donnée. Depuis 2014, cette erreur est de l'ordre de 20 à 30 centimètres (Ayache, 2020 - NT_BDX-2020-13).



Illustration 16 - Trait de côte digitalisé sur l'orthophotographie de 2018

En complément de l'orthophotographie classique en couleurs (RVB), le spectre « proche infrarouge » peut également être enregistré. Par combinaison et traitement avec la couleur rouge (calcul de l'indice NDVI³), ce spectre permet de révéler la présence de végétation. Cette dernière constitue un marqueur pouvant être utile pour délimiter le trait de côte, en tant qu'élément associé au descripteur du trait de côte (Illustration 17 et Illustration 18). Il n'est cependant pas systématiquement relevé.

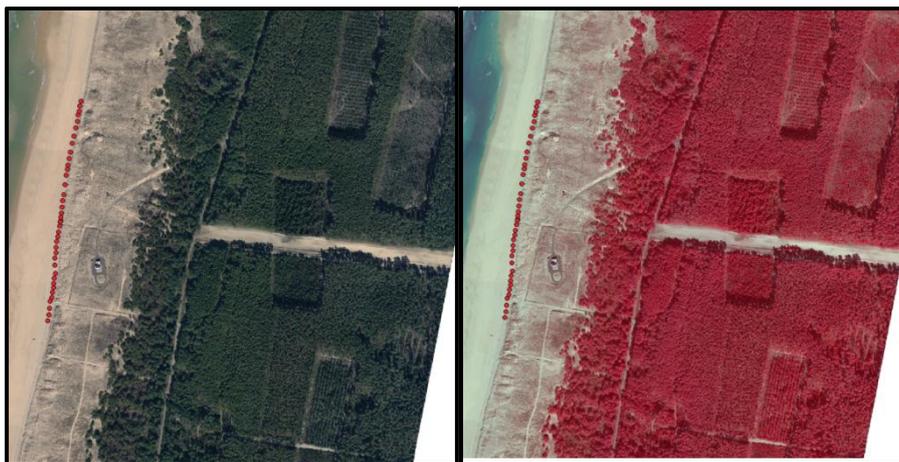


Illustration 17 - Orthophotographie couleur RVB (à gauche) et Infrarouge (à droite) (OrthoExpress®IGN - Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ; en pointillé, le pied de dune issu des mesures DGPS de la mission de 2016)

³ NDVI : indice de végétation par différence normalisée ; $NDVI = (PIR-R / PIR+R)$

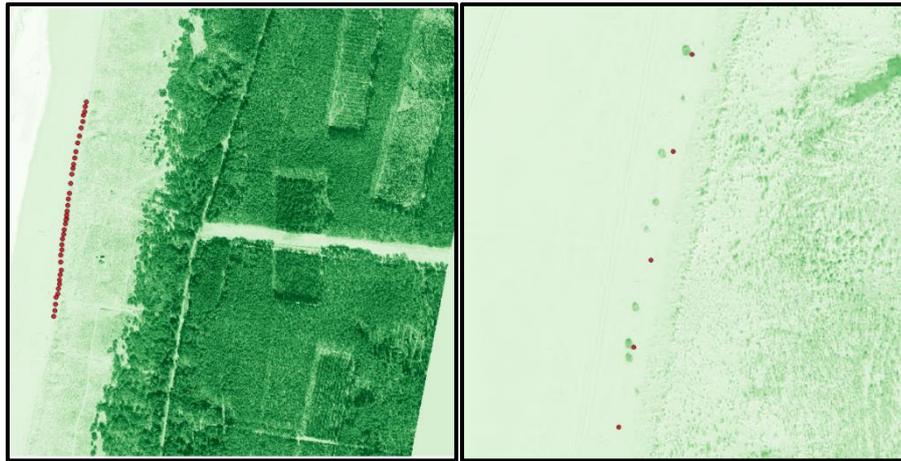


Illustration 18 - Calcul de l'indice NDVI à partir de l'orthophotographie Couleur Infra-Rouge : à gauche, vue d'ensemble ; à droite : zoom sur le trait de côte (en pointillé rouge : trait de côte mesuré au DGPS lors de la mission 2016)

3.3. LEVE TOPOGRAPHIQUE HAUTE RESOLUTION AEROPORTE : LIDAR

En tant qu'interface terre-mer, le trait de côte est souvent associé à une rupture topographique. Les données topographiques permettent donc d'identifier les différents descripteurs du trait de côte : pied de dune, sommet de falaise, pied d'ouvrage, sommet d'ouvrage et pied de cordon sableux et de galets.

Les données topographiques lidar sont acquises simultanément à l'orthophotographie (annuellement à l'automne) avec une couverture spatiale identique. Egalement géoréférencées, elles constituent donc un support cartographique essentiel pour la digitalisation du trait de côte à l'échelle régionale.

Ces levés produisent un nuage de points, géoréférencés dans les trois dimensions spatiales (planimétriques et altimétrique), également restitué sous la forme d'un MNT⁴ au pas de 1 mètre. L'analyse "qualité" opérée par l'Observatoire sur ces données indique une précision en altitude de 10 cm, et de l'ordre 20 cm en planimétrie pour les millésimes les plus récents, tant sur le MNT que sur le nuage de points (Ayache, 2020 - NT_BDX-2020-13). Les fiches "transects", mises à disposition sur le site internet de l'Observatoire (cf. chapitre 3.1), intègrent les différents millésimes lidar disponibles acquis par l'OCNA. Les logiciels SIG disposent également d'outil permettant d'interroger les MNT localement, ponctuellement ou par profil, sur l'ensemble du levé.

A partir du MNT, deux produits dérivés peuvent par ailleurs être calculés et s'avèrent particulièrement utiles pour mettre en évidence les changements de relief : le modèle numérique de pentes (dérivée première du MNT) et les courbures longitudinales et transversales (dérivée seconde du MNT). Le premier fournit donc la valeur de la pente en tout point du MNT, et les secondes indiquent les variations de pente dans une direction donnée. Parallèle à la pente, les courbures longitudinales négatives correspondent à des surfaces convexes, tandis que les courbures positives correspondent à des formes concaves. Plus les valeurs sont fortes, plus elles renvoient à l'existence d'une rupture de pente. Ces deux produits dérivés du lidar sont exposés au droit de la dune de Le Verdon-sur-Mer et des falaises de Bidart sur les Illustration 19 et Illustration 20, où figurent également l'orthophotographie et les mesures effectuées au DGPS. Ces données sont particulièrement pertinentes pour identifier les variations marquées de la topographie.

⁴ MNT : Modèle Numérique de Terrain

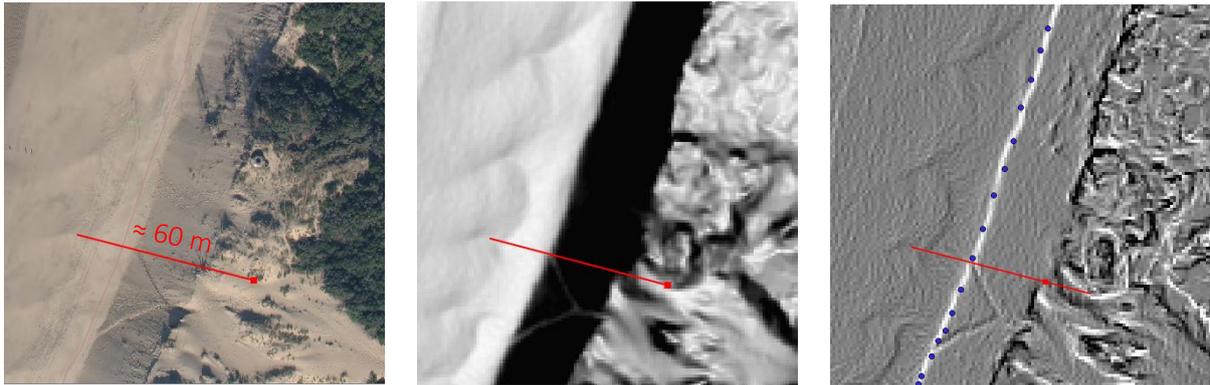


Illustration 19 - Le Verdon-sur-Mer : orthophotographie couleur RVB (à gauche), pentes issues du MNT lidar (au centre) et courbure longitudinale (à droite) ; OrthoExpress®IGN - Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ; pointillés bleus = pied de dune mesuré au DGPS lors de la mission de 2016

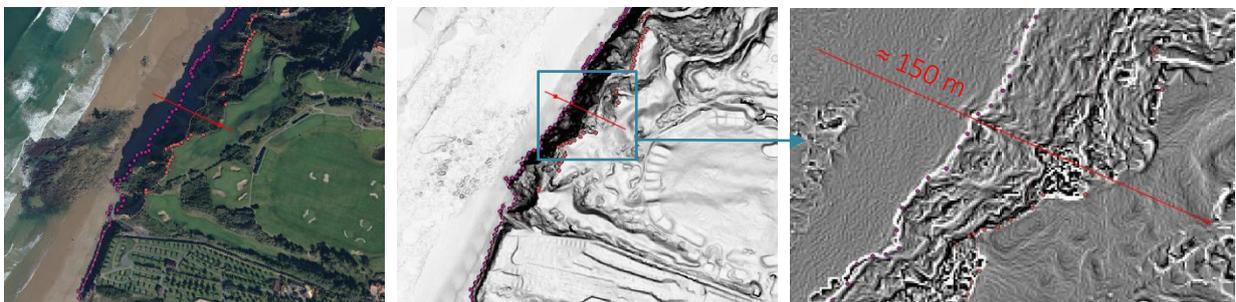


Illustration 20 - Bidart : orthophotographie couleur RVB (à gauche), pentes issues du MNT lidar (au centre) et courbure longitudinale (à droite) ; OrthoExpress®IGN - Observatoire de la Côte Aquitaine, 2016 ; pointillés violets = pied de falaise et pointillés rouges = sommet de falaise, mesurés au DGPS lors de la mission de 2016

Des traitements géomatiques ou en programmation peuvent être localement menés pour extraire de façon semi-automatique le trait de côte, sur la base de valeurs-seuils d'altitude, de pente et de courbure longitudinale. Ces traitements sont difficilement réalisables à l'échelle régionale, du fait du linéaire important, et des fortes variations de ces paramètres à cette échelle.

Enfin, les données topographiques lidar et les traits de côte associés des millésimes 2014 à 2017 ont été exploités le long du linéaire de la côte sableuse de l'ex-région Aquitaine, dans le cadre du réseau "Tempête" de l'OCNA (Bulteau *et al.*, 2019). Des statistiques descriptives sur l'altitude du trait de côte ont été produites par tronçons de 5 km. Ils fournissent une indication précieuse pour l'identification du trait de côte (cf. chapitre 4) (Illustration 21).

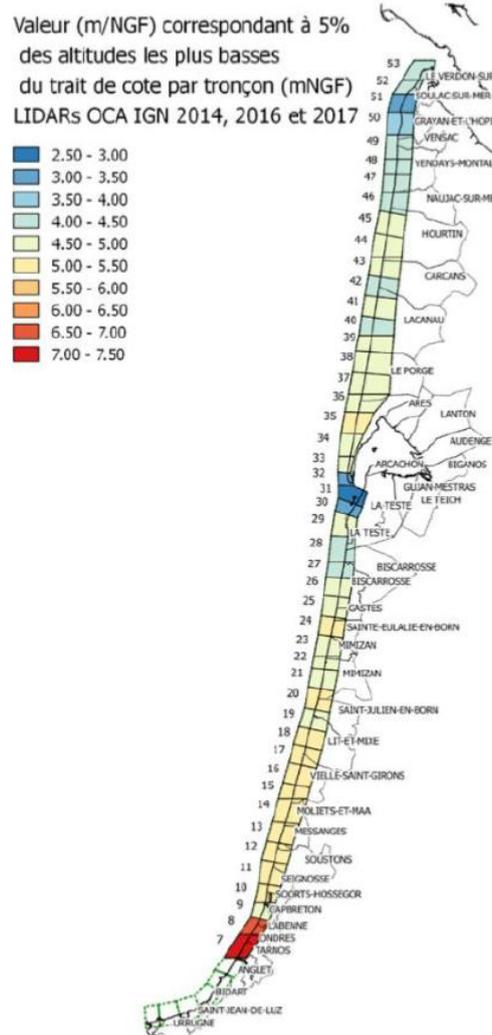


Illustration 21 - Altitude du pied de dune (en m NGF) correspondant à 5 % (percentile) des valeurs les plus basses des altitudes par tronçon côtier pour les années 2014, 2016 et 2017 confondues (Bulteau et al., 2019)

3.4. PHOTOGRAPHIES *IN SITU* ET AERIENNES OBLIQUES

À chaque sortie sur le terrain (mission annuelle ou expertise ponctuelle), les agents de l’OCNA archivent leurs photos sur le serveur informatique, ce qui alimente une base de photographies très importante : en 2019, près de 90 000 photos sont bancarisées dans la photothèque de l’Observatoire. Celles-ci sont précieuses pour les expertises, pour compléter les analyses des évolutions géomorphologiques du littoral, et dans le cas présent, pour affiner la position du trait de côte (Illustration 22, à gauche).

Des acquisitions photographiques obliques aériennes sont également réalisées dans le cadre de l’OCNA, à raison d’une campagne par an depuis 2008, et se poursuivent aujourd’hui (2021). Cette campagne couvre l’ensemble de la façade maritime de la côte aquitaine et du Bassin d’Arcachon. Depuis 2021, le linéaire de Charente-Maritime a été intégré à cette campagne. Elles permettent, par observation visuelle indirecte, de distinguer des modifications de la morphologie du linéaire côtier et de mettre en évidence, par exemple, les entailles d’érosion, les instabilités rocheuses d’ampleur significative, les évolutions importantes de stocks sédimentaires, ou encore, des interventions de gestion tels que l’implantation d’ouvrages ou certains déplacements artificiels de sable (Illustration 22, à droite).

L'opérateur en charge de la digitalisation du trait de côte pourra ainsi s'appuyer sur ces photographies *in situ* et obliques pour conforter son choix de positionnement du trait de côte.



Illustration 22 - Photographie in situ acquise lors de la mission annuelle de levé au DGPS, au printemps 2018, à Vielle-Saint-Girons (à gauche) et photographie aérienne oblique des falaises de Bidart (Erretegia, 2018) (à droite)

4. Cartographie de la position du trait de côte

4.1. OBJECTIFS DE LA CARTOGRAPHIE DU TRAIT DE COTE

Devant la richesse et la complexité des environnements littoraux de la côte de Nouvelle-Aquitaine, le recours à une combinaison des données, présentées dans le chapitre précédent, s'avère indispensable pour déterminer la position du trait de côte. En effet, en pratique, aucune de ces données ne permet à elle seule d'analyser correctement l'ensemble des configurations littorales en présence, dans un objectif d'identification des descripteurs du trait de côte. Par ailleurs, au regard de l'important linéaire côtier de Nouvelle-Aquitaine (≈ 840 km), la digitalisation du trait de côte est une opération fastidieuse et chronophage.

Grâce à son expérience, l'OCNA a défini une méthode destinée à faciliter la prise de décision de l'opérateur quant au positionnement du trait de côte. Elle est basée sur une hiérarchisation des données disponibles dans l'objectif d'identifier le plus précisément possible les descripteurs du trait de côte (chapitre 2.2), à l'échelle du littoral régional, tout en optimisant le temps nécessaire à cette opération. L'échelle de restitution recherchée de la cartographie du trait de côte est le 1/1 500^{ème}.

Il s'agit donc d'exploiter rigoureusement, dans un ordre déterminé, les données photographiques et topographiques pour digitaliser les sept descripteurs du trait de côte présents en Nouvelle-Aquitaine : le sommet de falaise (SDF), le pied de dune (PDD), le pied de cordon de galets ou sableux (PDC), la limite de végétation (LDV), la limite supérieure du schorre (LSS), le pied d'ouvrage (PDO), le sommet d'ouvrage (SDO). Pour ces deux derniers, seuls les ouvrages longitudinaux sont considérés ; les ouvrages transversaux ne se substituant pas à la morphologie du trait de côte. Enfin, ces considérations impliquent que plusieurs descripteurs soient susceptibles d'être présents dans un même environnement littoral (Tableau 3).

Environnements littoraux	Descripteurs du trait de côte*
Dune littorale	PDD, PDO, SDO
Falaise rocheuse	SDF, LDV, PDO
Marais maritime	LSS, PDO, SDO
Flèche sableuse et grande flèche sableuse	PDD, PDC, PDO, SDO
Cordon de galets et cordon sableux	PDC, PDO
Plage de poche	PDO
Polder et port	PDO, SDO

*PDD : pied de dune ; SDF : sommet de falaise ; PDC : pied de cordon sableux ou de galets ; LDV : limite de végétation ; LSS : limite supérieure du schorre ; PDO : pied d'ouvrage ; SDO : sommet d'ouvrage.

Tableau 3 - Environnements littoraux et descripteurs du trait de côte associés, en Nouvelle-Aquitaine

4.2. METHODE D'IDENTIFICATION DES DESCRIPTEURS DU TRAIT DE COTE

Les descripteurs du trait de côte se matérialisent, pour la plupart, par la présence d'une rupture topographique marquée et/ou par des objets physiques présents sur le littoral. Ainsi, l'orthophotographie et les données lidar constituent le socle d'informations prioritaire à utiliser. Dès lors que ces données ne permettent pas à l'opérateur de positionner le trait de côte, les données issues des années précédentes, les photographies et les données topographiques localisées apportent des éléments d'aide à la décision considérables. Les étapes de réflexion et d'exploitation des différentes données pour conduire au positionnement des descripteurs du trait de côte sont proposées sur le logigramme suivant (Illustration 23).

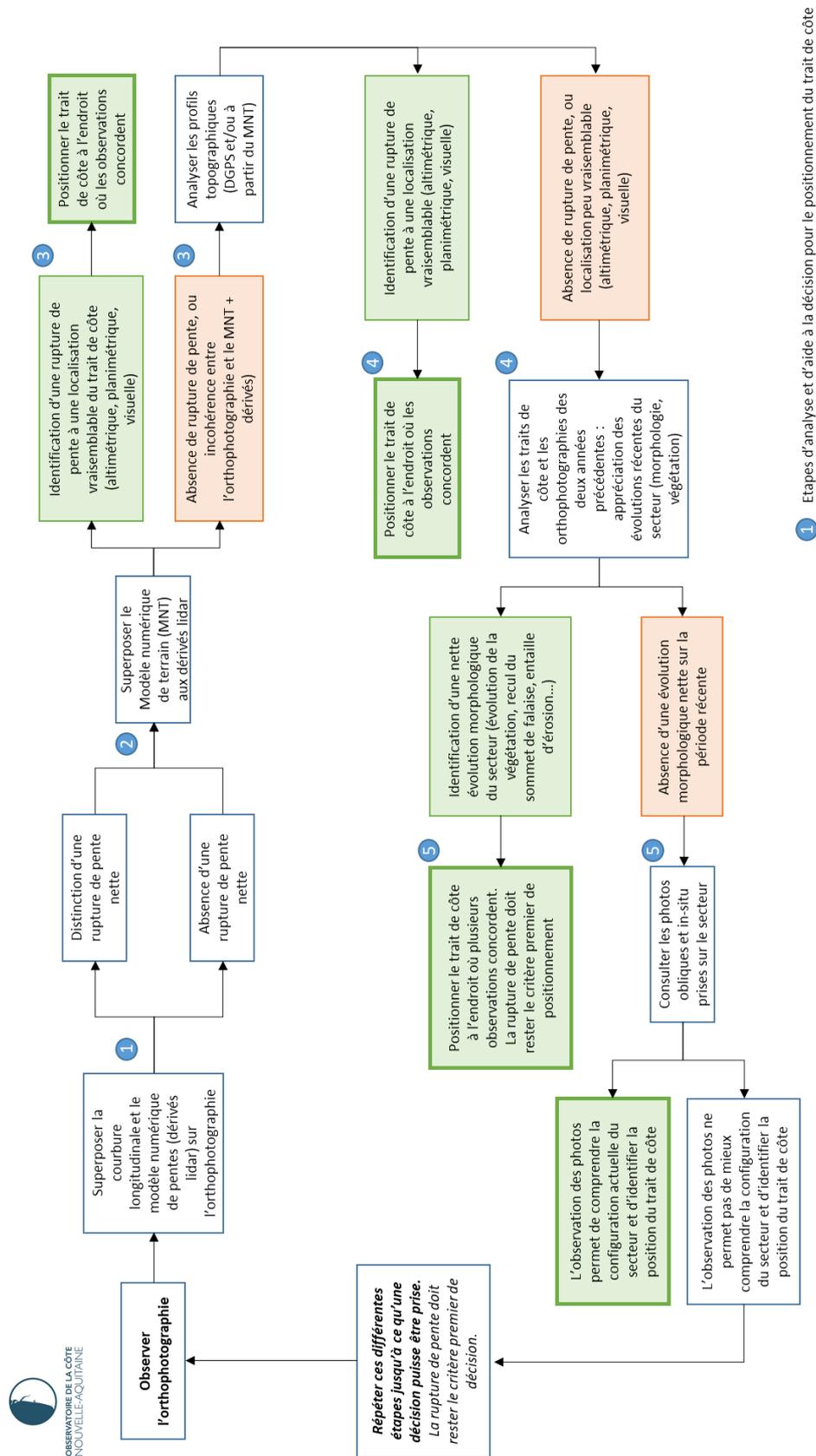


Illustration 23 - Processus décisionnel de digitalisation du trait de côte de l'OCNA

La méthode comprend cinq principales étapes d'analyse :

- ① étape 1 : comparaison de l'orthophotographie et des dérivés lidar (courbure longitudinale et pentes) ;
- ② étape 2 : comparaison des dérivés lidar avec le MNT. À ce stade, si les informations sont cohérentes entre elles, le trait de côte peut être positionné. Dans le cas contraire, l'analyse se poursuit avec les étapes suivantes ;
- ③ étape 3 : analyse de profils topographiques localisés (DGPS ou extraits du MNT) ;
- ④ étape 4 : analyse des traits de côte et orthophotographies des deux années précédentes pour identifier une évolution géomorphologique récente ;
- ⑤ étape 5 : en l'absence d'évolution identifiée, consultation des photographies obliques et *in situ*.

Si le processus décisionnel n'apparaît pas conclusif à l'issue de la 5^{ème} étape, il est nécessaire de réitérer les étapes en suivant le cheminement proposé.

4.3. CARTOGRAPHIE DU TRAIT DE COTE DE NOUVELLE-AQUITAINE

Cette méthode a été déployée sur l'ensemble du littoral de Nouvelle-Aquitaine, à partir des données précitées. Toutefois, seule l'orthophotographie de 2018 est disponible à cette échelle. Avant l'extension du périmètre régional au littoral de la Charente-Maritime, les données topographiques et photographiques du littoral acquises sur ce département et en ex-Aquitaine suivaient un programme d'acquisition distinct. D'autres données ont été mobilisées localement pour compléter la cartographie du trait de côte de 2018, en Charente-Maritime : lidar de 2010 (Litto3D), GoogleEarth. A terme, les acquisitions de données sur le littoral de Nouvelle-Aquitaine seront harmonisées et homogènes.

4.3.1. Limites du trait de côte à l'intérieur des estuaires

La distinction entre le trait de côte, interface terre-mer (ou océan), et une berge en tant qu'interface terre-cours d'eau a été définie sur la base de critères géologiques et géomorphologiques. La frontière entre le trait de côte et la berge d'un cours d'eau a été définie comme la limite du trait de côte à l'intérieur des estuaires, exception faite de l'estuaire de la Gironde (cf. infra). L'identification de ces limites d'influence à dominante marine ou fluviale avait déjà été réalisée dans le cadre de l'étude de cartographie de la « vulnérabilité du littoral au recul du trait de côte, en lien avec le changement climatique dans le bassin de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne » (Bernon *et al.*, 2017) (Illustration 24) :

« L'évolution des côtes et des morphologies littorales est conditionnée par des agents dynamiques météorologiques, également appelés facteurs de forçage (Cowell et Thom, 1994). Ils sont notamment responsables de l'érosion, du transport et du dépôt des sédiments présents sur le littoral. Ce sont eux qui façonnent les morphologies côtières. Ces facteurs de forçage sont le vent, la marée, les vagues et plus globalement les variations du niveau de l'eau à différentes échelles temporelles (de la marée aux variations climatiques séculaires).

Dans le cas des estuaires, il a été recherché, pour cette étude, la limite d'influence des facteurs météorologiques, lorsque la dynamique fluviale devient dominante sur l'interface terre-eau. A partir des données disponibles, deux critères permettent de la reconnaître : un critère géomorphologique et un critère géologique. Le recours à l'expertise, étayée par des visites de terrain, a parfois été nécessaire.

La nature des sédiments, mobilisés par les agents dynamiques, peut être considérée comme un indicateur de la transition entre le « trait de côte » et la « berge d'un cours d'eau ». La limite de pénétration des sables marins dans une embouchure par exemple, a permis d'identifier le passage d'une dynamique marine dominante à une dynamique fluviale dominante.

D'un point de vue géomorphologique, il est possible de repérer les secteurs où la dynamique fluviale est prépondérante à partir de la morphologie du lit du cours d'eau. Il a été considéré que des berges qui forment le lit mineur (par exemple parallèles au lit mineur) révèlent un milieu où l'hydraulique fluvial est le principal agent qui façonne l'interface terre-eau. »

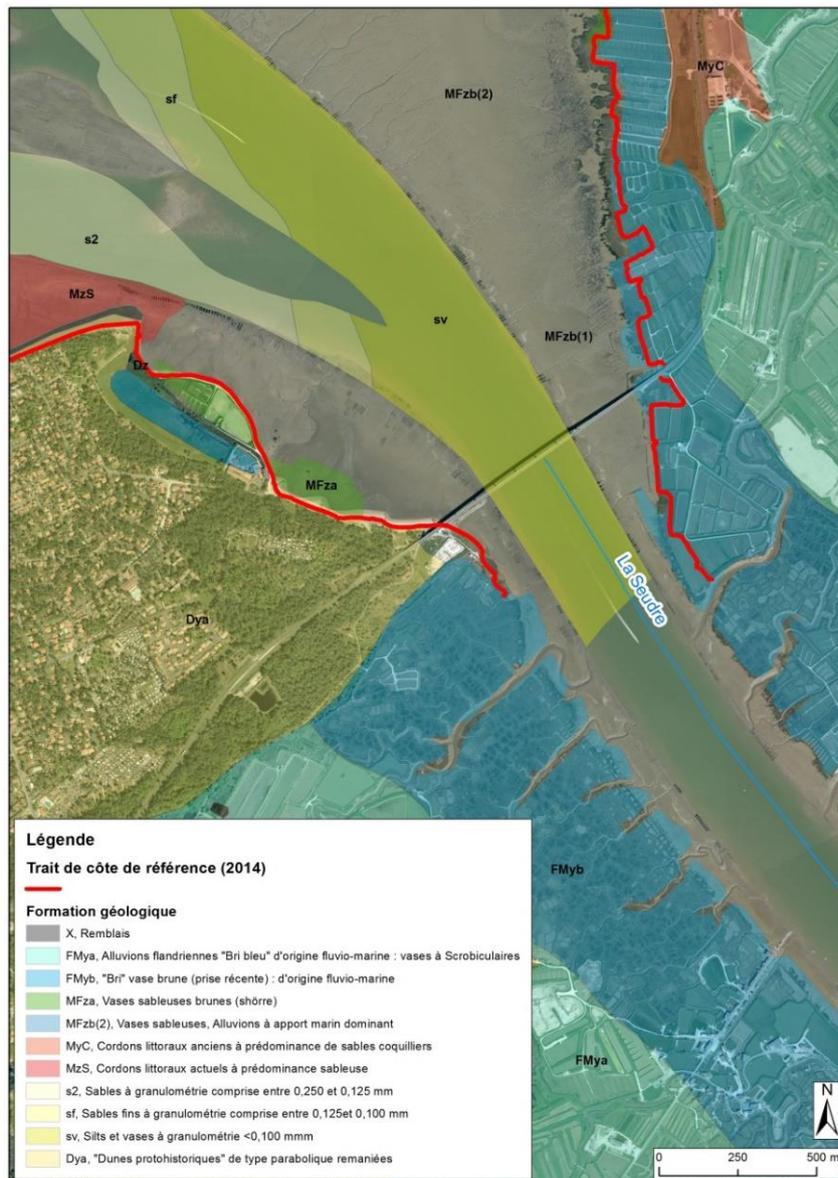


Illustration 24 - Identification de la transition entre le trait de côte et la berge de cours d'eau, à l'aide des données géomorphologiques et géologiques (carte géologique au 1/50 000, feuille n°681, BRGM) Ici, le trait de côte est arrêté lorsqu'il recoupe des formations fluvio-marines et lorsque les berges sont parallèles à la direction d'écoulement de La Seudre.

Pour l'estuaire de la Gironde, le linéaire côtier considéré a été prolongé dans l'estuaire jusqu'à la commune de Floirac (17), en lien avec le périmètre considéré dans l'étude de « caractérisation de l'aléa recul du trait de côte en Charente-Maritime à l'échéance 2050 » (Bernon *et al.*, 2021).

4.3.2. Résultats

Réalisé à l'échelle du 1/1 500^{ème}, le trait de côte de la Nouvelle-Aquitaine mesure 838,5 km. Il évolue pour près de la moitié du linéaire régional dans un environnement de dunes littorales (45,0 % soit 377,5 km), pour 14,5 % dans des environnements de falaises et de versants rocheux, puis de façon plus réduite, au sein de cordons littoraux (sableux : 70,6 km soit 8,4 %, de galets : 41,4 km soit 4,9 %). Les environnements de marais maritimes, de flèche sableuse et de grande flèche sableuse sont relativement peu représentés, comparativement à ceux précités, mais sans pour autant être négligeables, cartographiés respectivement sur 56,4 km (6,7 % du littoral régional), 19,9 km (2,4 %) et 10,3 km (1,2 %). Les plages de poche, uniquement présentes dans l'estuaire de la Gironde, comprennent par conséquent un linéaire de trait de côte très restreint de 2,0 km, soit 0,2 % du linéaire régional. Enfin, le trait de côte parcourt les environnements de polders et de ports sur respectivement 71,8 km et 66,7 km (8,6 % et 8,0 %) au sein du littoral néo-aquitain. Ces chiffres sont reportés dans le Tableau 4. L'illustration 25 expose la distribution géographique de ces différents environnements au droit du trait de côte à l'échelle régionale.

Environnement littoral	Linéaire (km)	% du total
Dune littorale	377,5	45,0
Falaise rocheuse	121,9	14,5
Cordon sableux	70,6	8,4
Cordon de galets	41,4	4,9
Marais maritime	56,4	6,7
Flèche sableuse	19,9	2,4
Grande flèche sableuse	10,3	1,2
Plage de poche	2,0	0,2
Polder	71,8	8,6
Port	66,7	8,0
Total	838,5	100,0

Tableau 4 - Linéaires du littoral de Nouvelle-Aquitaine en 2018, par environnement du trait de côte, à l'échelle 1/1 500

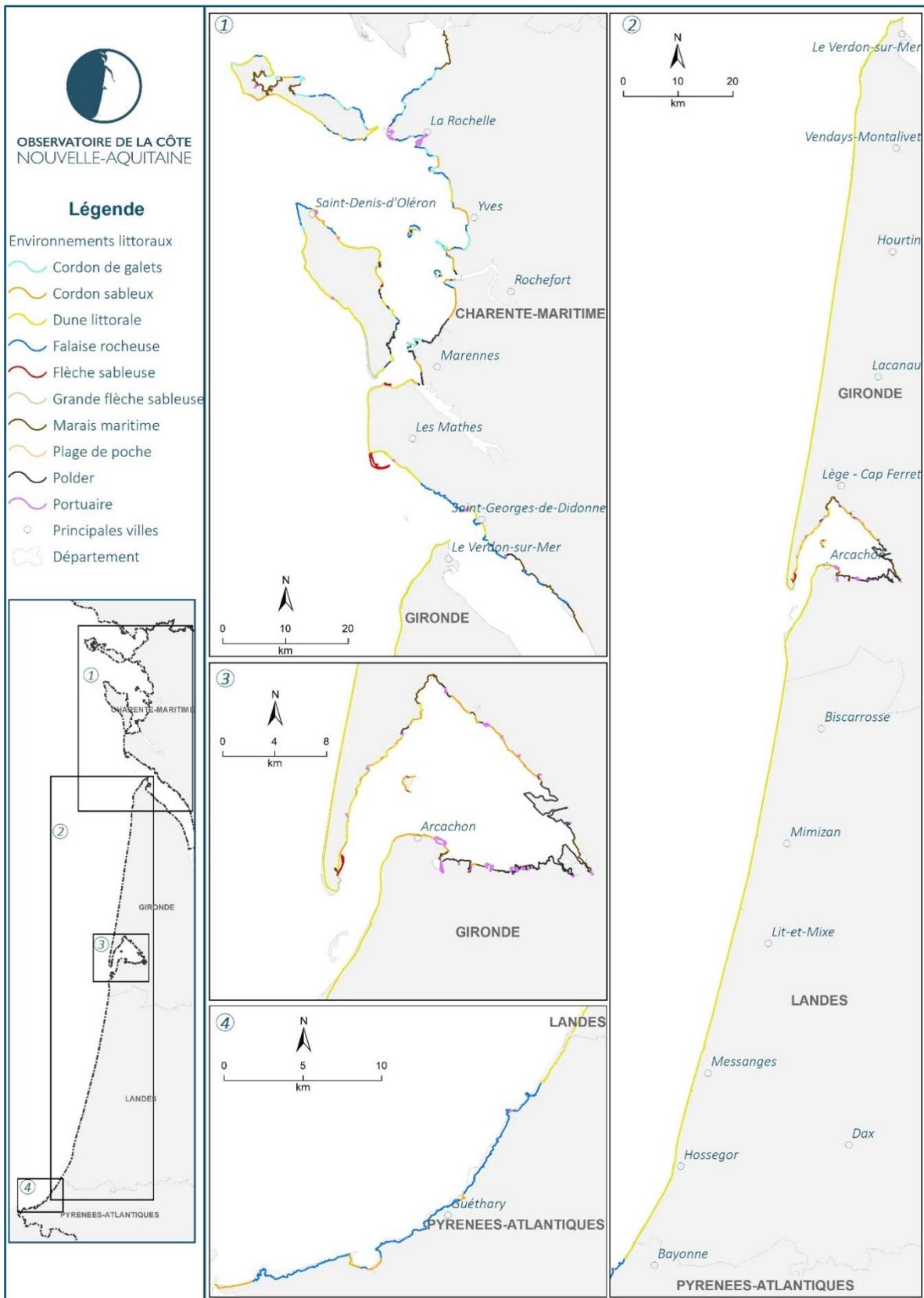


Illustration 25 - Cartographie des environnements littoraux où évolue le trait de côte de Nouvelle-Aquitaine en 2018

Les descripteurs du trait de côte relatifs aux ouvrages (pied et sommet d'ouvrage) couvrent une part significative du littoral régional, à hauteur de 43,2 %, soit 362,2 km. Ils reflètent l'artificialisation et l'aménagement du trait de côte, particulièrement présents en Charente-Maritime du fait notamment des nombreux polders et ports existants dans le département, mais aussi dans le Bassin d'Arcachon et le long de la Côte basque.

De fait, la façade littorale régionale compte une légère majorité d'environnements littoraux où le trait de côte n'est pas aménagé (56,8 % soit 476,4 km). Au sein de ce linéaire, les dunes littorales (descripteur : pied de dune) prédominent largement, représentant le trait de côte sur 331,5 km (39,5 %) du linéaire côtier régional, depuis l'Île de Ré jusqu'au nord des Pyrénées-Atlantiques (Anglet), et formant la quasi-totalité des côtes de Gironde et des Landes. Le linéaire de falaises et de versants rocheux naturels (descripteurs : sommet de falaise et limite de végétation) constitue près de 10 % (82,7 km soit 9,9 %) du total régional, situés exclusivement sur les littoraux de Charente-Maritime et des Pyrénées-Atlantiques. Les pieds des cordons sableux et de galets non aménagés forment 6,0 % du linéaire soit 50,6 km, figurant très majoritairement en Charente-Maritime et au sein du Bassin d'Arcachon. Enfin, la limite supérieure du schorre constitue le trait de côte naturel de marais maritimes situés dans le Bassin d'Arcachon, et très localement, à l'abri de flèches sableuses de Charente-Maritime, à hauteur de 11,6 km soit 1,4 % du linéaire régional. Ces chiffres et la cartographie des descripteurs du trait de côte à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine sont présentés dans le Tableau 5 et l'illustration 26.

Secteur	Descripteur du trait de côte	Linéaire (km)	% du total
Charente-Maritime	<i>Pied de dune</i>	85,4	10,2%
	<i>Sommet de falaise</i>	57,3	6,8%
	<i>Pied de cordon</i>	41,5	4,9%
	<i>Limite supérieure du schorre</i>	1,0	0,1%
	<i>Limite de végétation</i>	4,3	0,5%
	<i>Sommet d'ouvrage</i>	30,3	3,6%
	<i>Pied d'ouvrage</i>	199,4	23,8%
Côte sableuse (façade océanique ouverte de Gironde et des Landes)	<i>Pied de dune</i>	244,1	29,1%
	<i>Sommet de falaise</i>	-	-
	<i>Pied de cordon</i>	-	-
	<i>Limite supérieure du schorre</i>	-	-
	<i>Limite de végétation</i>	-	-
	<i>Pied d'ouvrage</i>	5,6	0,7%
Bassin d'Arcachon	<i>Pied de dune</i>	0,7	0,1%
	<i>Sommet de falaise</i>	-	-
	<i>Pied de cordon</i>	8,7	1,0%
	<i>Limite supérieure du schorre</i>	10,6	1,3%
	<i>Limite de végétation</i>	-	-
	<i>Pied d'ouvrage</i>	74,8	8,9%
Pyrénées-Atlantiques	<i>Pied de dune</i>	1,3	0,2%
	<i>Sommet de falaise</i>	21,2	2,5%
	<i>Pied de cordon</i>	0,4	0,1%
	<i>Limite supérieure du schorre</i>	-	-
	<i>Limite de végétation</i>	-	-
	<i>Pied d'ouvrage</i>	19,6	2,3%
Total		838,5	100%

Tableau 5 - Linéaires du littoral de Nouvelle-Aquitaine en 2018, par secteurs géographiques et descripteurs du trait de côte, à l'échelle 1/1 500

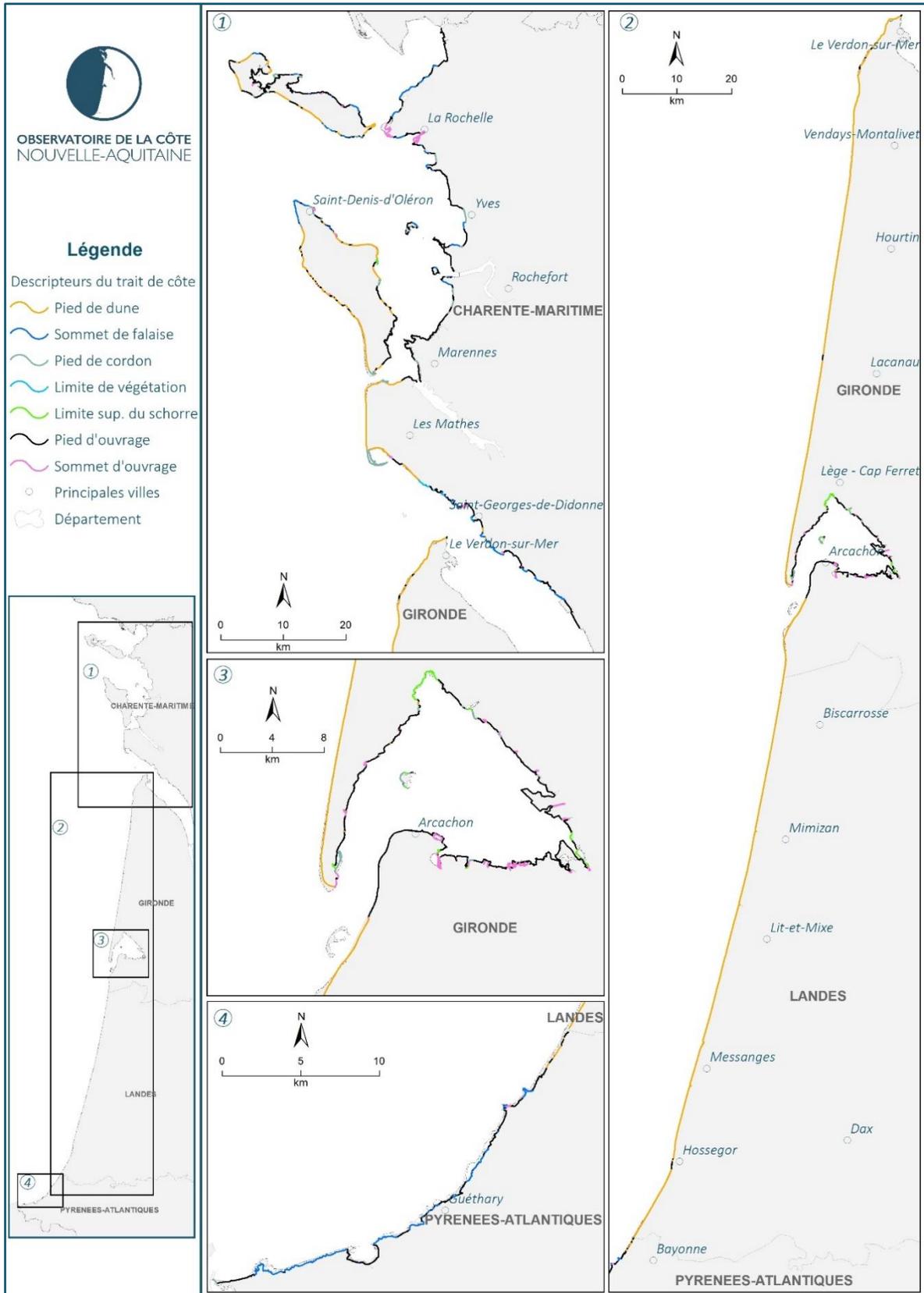


Illustration 26 - Cartographie des descripteurs du trait de côte de Nouvelle-Aquitaine en 2018

5. Conclusion

Le suivi des évolutions du trait de côte s'inscrit dans la "Problématique 1" du document-cadre d'acquisition et de valorisation de données de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine : « Comprendre et prévoir l'évolution du trait de côte ».

Pour ce faire, la cartographie du trait de côte est une étape incontournable. Elle doit être représentative de l'état du système littoral à un instant donné et suffisamment précise rendre compte de ses évolutions spatiales et temporelles. Ces exigences impliquent la nécessité 1/ d'acquérir des données régulières pour le cartographe selon des méthodes et outils maîtrisés, et 2/ de disposer d'un protocole de digitalisation strict visant à déterminer la position du trait de côte le plus précisément possible, en s'affranchissant au maximum des potentielles erreurs d'interprétation de l'opérateur.

Dans le cadre de ses missions, l'OCNA organise et contrôle ainsi l'acquisition de données-socles nécessaires à la cartographie du trait de côte sur l'ensemble de la région Nouvelle-Aquitaine : données topographiques locales au DGPS constituant la « vérité terrain », données photographiques (terrain, aériennes), orthophotographies et données topographiques lidar. Ces données peuvent être utilement complétées par des données tierces : images satellite, images par caméra disposées sur le littoral (webcam), produits topographiques locaux.

La cartographie du trait de côte correspond à la digitalisation d'objets géomorphologiques identifiables sur les données précitées. Ces objets géomorphologiques sont appelés descripteurs du trait de côte, et correspondent aux interfaces terre-mer représentatives des différents environnements littoraux et de leurs évolutions. Une méthode d'identification de ces descripteurs est proposée, pour la majorité observables visuellement sur l'orthophotographie ou à partir des données lidar (MNT et dérivés), répondant à des critères d'objectivité, mais aussi d'efficacité devant l'ampleur du linéaire régional. Ainsi, le trait de côte est déterminé essentiellement à partir de l'orthophotographie et des données lidar, d'autres données peuvent toutefois être mobilisées pour faciliter la prise de décision et optimiser la précision de sa localisation : profils topographiques, orthophotographies et données lidar des années antérieures, photographies aériennes obliques et *in situ*.

Le protocole défini dans le présent rapport pour le littoral de Nouvelle-Aquitaine est opérationnel, pour la cartographie de l'interface terre-mer, mais aussi pour la réalisation d'études de l'évolution des littoraux néo-aquitains. Il est susceptible d'évoluer avec le développement d'outils d'acquisition de données et l'amélioration des méthodes de traitement des données numériques (évolution de la précision des données acquises, des vecteurs d'acquisition de données, des chaînes de traitement informatique par exemple).

Sur la base de ce protocole mis en œuvre à l'échelle 1/1 500^{ème}, le trait de côte de la Nouvelle-Aquitaine de 2018 est égal à 838,5 km. Son caractère naturel est révélé par le linéaire majoritaire de descripteurs associés à des environnements naturels, couvrant 476,4 km (56,8 % du linéaire régional). Les dunes littorales (descripteur : pied de dune) de Gironde et des Landes, mais aussi de Charente-Maritime, constituent une part importante de ce linéaire (331,5 km). Les sommets de falaise et limites de végétation (environnement de falaises et versants rocheux), les pieds de cordons (cordons sableux ou de galets), et dans une moindre mesure les limites supérieures du schorre (marais maritime) sont les autres descripteurs représentatifs de ce linéaire côtier naturel.

Une part significative du linéaire côtier régional (362,2 km, soit 43,2 % du total) est artificialisée. Les descripteurs associés aux ouvrages longitudinaux (sommets d'ouvrage et pieds d'ouvrage) sont présents sur l'ensemble du littoral de Nouvelle-Aquitaine. Seule la côte sableuse de Gironde et des Landes en comprend un linéaire côtier restreint.

6. Bibliographie

- 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., MUGICA J., LE COZANNET G. et MASPATAUD A. (2017)** - Cartographie de la vulnérabilité du littoral au recul du trait de côte dans un contexte de changement climatique à l'échelle du bassin Adour-Garonne. Rapport final. BRGM/RP-67395-FR, 96 p., 57 ill., 8 tab, 1 ann.
- 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.
- BOAK E. H. and TURNER I. L. (2005)** – Shoreline definition and detection: a review. Journal of coastal research, 688-703
- BULTEAU T., PARIS F., NICOLAE LERMA A., MULLER H. (2019)** - Le réseau tempêtes de l'Observatoire de la Côte Aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-67418-FR, 72 p., 45 fig., 6 tabl., 6 ann.
- CHAUMILLON E., BERTIN X., POIRIER C., SAUZEAU T. (2010)** - Rivages inconstants : Interactions homme environnement. Du havre de Brouage à la baie de Marennes-Oléron. Colloque international « Les littoraux à l'heure du Changement Climatique.
- CHAUMILLON E., CANGE V., PIGNON C. (2019)** - Etude des évolutions morphologiques interannuelles et séculaires de 37 plages de Charente-Maritime. 39 p. 1 ann.
- COWELL P.J., THOM B.G. (1994)** - Morphodynamics of coastal evolution. In : R. W. G. Carter & C. D. Woodroffe (Eds), Coastal evolution, late quaternary shoreline morphodynamics. Cambridge : Cambridge University Press
- MALLET C., MICHAUD A. avec la collaboration de DE LA TORRE Y., LAFON V., ROBIEN M. et PREVOTEAUX B. (2012)** - Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte - Rapport BRGM/RP60616-FR, 162 p., 100 fig., 7 ann.
- NICOLAE LERMA, A., BULTEAU, T., AYACHE, B., GARNIER, C., BERNON, N., MALLET, C., MAUGARD, F., ROSEBERY, D. (2019)** - Acquisition et valorisation des données de l'Observatoire de la Côte Aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-69242-FR, 71 p., 26 fig., 11 tabl., 1 ann.



**OBSERVATOIRE DE LA CÔTE
NOUVELLE-AQUITAINE**
Réseau d'experts au service du littoral



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 - Orléans Cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

BRGM Nouvelle-Aquitaine

Parc Technologique Europarc
24, Avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70

A propos de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine

Véritable réseau d'experts au service du littoral, l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine est chargé de suivre l'érosion et la submersion sur le littoral régional. Le BRGM et l'ONF sont les porteurs techniques du projet, financé par l'Europe (FEDER), l'État, la Région Nouvelle-Aquitaine, les départements de la Gironde, des Landes, des Pyrénées-Atlantiques, le Syndicat intercommunal du bassin d'Arcachon (SIBA), le BRGM et l'ONF.

Le rôle de l'Observatoire est de mettre au service de l'ensemble des acteurs du littoral un outil scientifique et technique d'observation, d'aide à la décision et de partage de la connaissance pour la gestion et la prévention des risques côtiers.

L'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine travaille en étroite collaboration avec le GIP Littoral et les Universités de Bordeaux (unité mixte de recherche EPOC), de Pau et des Pays de l'Adour (laboratoire SIAME) et de La Rochelle (unité mixte de recherche LIENSs), ainsi que le Centre de la mer de Biarritz (programme ERMMA), le Conservatoire du littoral et le Cerema.

L'enjeu est d'accompagner les stratégies de développement durable, de manière à prendre en compte l'évolution morphologique du littoral et les richesses de son patrimoine naturel tout en s'adaptant au changement climatique.

Les actions de l'Observatoire sont multiples : mesures, suivis, expertises, diffusion des données et information vers le grand public... www.observatoire-cote-aquitaine.fr