



OBSERVATOIRE CÔTE AQUITAINE

Document à accès différé

Rapport final

Typologie régionale des environnements côtiers aquitains et submersion marine

BRGM/RP-64218-FR
Mai 2017

Auteurs : F. Desmazes, C. Mallet et B. Millescamps



Typologie régionale des environnements côtiers aquitains et submersion marine

BRGM/RP-64218-FR
Mai 2017

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM
PSP15AQI15 et AP16AQI015

Vérificateur :

Nom : T. BULTEAU

Date : 06/02/2017

Signature :



Approbateur :

Nom : N. PEDRON

Date : 06/04/2017

Signature :



Auteurs : F. Desmazes, C. Mallet et B. Millescamps

Mots-clés : Risque naturel, Milieu littoral, submersion marine, géomorphologie, classification, Aquitaine

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

Desmazes F., Mallet C., Millecamps B. (2017) - Typologie régionale des environnements côtiers aquitains et submersion marine. Rapport final. BRGM/RP-64218-FR, 69 p., 43 fig., 1 tab.

Synthèse

Dans le cadre de ses missions pour l'Observatoire de la Côte Aquitaine, le BRGM a participé à l'élaboration de la « Stratégie régionale de gestion de la bande côtière » pilotée par le GIP Littoral Aquitain, en caractérisant l'aléa recul du trait de côte aux horizons 2020 – 2040 (Aubié *et al.*, 2011). Ce premier volet de la « stratégie régionale » était consacré à l'érosion marine.

Afin d'avoir une vision multi-aléas et assurer une gestion cohérente à l'échelle de la région, le GIP Littoral Aquitain a souhaité inscrire dans la « stratégie régionale », un deuxième volet consacré à la submersion marine. Pour cela, le BRGM a mis en œuvre une méthode qui vient en complément des travaux menés dans le cadre de la réalisation des PPRL (Plan de Prévention des Risques Littoraux) ou de la cartographie des TRI (Territoires à Risques Important d'Inondation). Elle vise à élaborer à l'échelle de la région une approche pour qualifier la sensibilité du littoral à la submersion marine.

La méthode mise en œuvre pour la « stratégie régionale » se décline en deux étapes :

- Phase 1 : détermination d'une typologie géomorphologique de l'ensemble de la zone côtière aquitaine vis-à-vis de son exposition à la submersion marine ;
- Phase 2 : évaluation du risque potentiel de submersion marine pour 13 stations réparties le long de la côte aquitaine et qui ne font pas l'objet d'un PPRL ni d'un TRI (Bulteau *et al.*, 2016).

Le présent rapport restitue les résultats de la phase 1, qui s'est déroulée essentiellement en 2013.

La première étape du travail consiste à définir une typologie régionale des environnements littoraux par rapport à la submersion marine. Cette approche est basée sur une étude des caractéristiques géomorphologiques de la côte. Trois critères géomorphologiques ont été choisis pour établir la typologie :

- L'altitude relative des territoires par rapport à des niveaux d'eau extrêmes.
- La submersibilité directe, pour les zones basses en contact avec le trait de côte, ou indirecte, si la zone basse est protégée par une dune littorale.
- La nature morpho-sédimentaire du littoral : dunaire, sablo-vaseuse, embouchure, sablo-rocheuse ou rocheuse.

De plus, 6 hypothèses sur les phénomènes conduisant à la submersion ont été retenues pour relier les types géomorphologiques à une sensibilité relative à la submersion marine :

- La submersion par débordement.
- La submersion par des paquets de mer liés au déferlement des vagues.
- La submersion par débordement après propagation d'une surcote marine dans l'embouchure ou la lagune.
- La propagation de la submersion dans des zones basses. Cette hypothèse concerne des territoires qui sont morphologiquement connectés à des zones littorales basses.
- La submersion par des paquets de mer en cas d'érosion du littoral.
- La submersion par débordement en cas de forte érosion du littoral.

Ces deux dernières hypothèses concernent les littoraux dont la submersibilité sont qualifiées d'indirectes.

Sur ces bases, 12 types de littoraux ont été différenciés pour la côte aquitaine.

Les littoraux non exposés à la submersion sont :

- Dune relativement haute
- Littoral rocheux (relativement haut)
- Littoral sablo-rocheux (relativement haut)

Les littoraux exposés indirectement à la submersion sont :

- Dune (haute) et arrière-pays d'altitude intermédiaire
- Dune (haute) et arrière-pays relativement bas
- Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas

Les littoraux exposés directement à la submersion sont :

- Dune relativement basse
- Littoral sablo-rocheux relativement bas
- Littoral sablo-vaseux (relativement bas) et embouchure
- Dune et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure
- Dune d'altitude intermédiaire
- Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire

La seconde étape de travail consiste à tester cette typologie en cartographiant la côte aquitaine dans son ensemble. Pour cette approche de mise au point méthodologique, des données initiales simples et homogènes à l'échelle régionale ont été utilisées (BD Alti IGN à 25m et Trait de Côte Histolitt v2 notamment). Avant de mettre en œuvre le test de cartographie des types de côte, la définition des seuils d'altitude a été discutée lors du comité technique de juillet 2013. Le comité a validé l'hypothèse d'un seuil régional « relativement bas » à 5 m NGF prenant en considération une montée de 1 m du niveau marin à l'horizon 2100 et d'un seuil régional « relativement haut » à 8 m NGF qui considère que la submersion par paquets de mer ne peut dépasser cette altitude. Le choix des bases de données utilisées et les hypothèses de travail retenues pour cette étape de cartographie préliminaire ont été validés lors du comité technique d'octobre 2013.

Les résultats préliminaires de la cartographie à l'échelle régionale indiquent que :

Les littoraux qui ne sont pas exposés à la submersion marine (« **Dune relativement haute** », « **Littoral rocheux** » et « **Littoral sablo-rocheux** ») représentent près de 26% du trait de côte segmenté. Les « dunes relativement hautes » sont surtout présentes en Gironde, tandis que les littoraux rocheux et sablo-rocheux sont caractéristiques des Pyrénées-Atlantiques.

Les « **littoraux sablo-vaseux et embouchures** » sont des zones relativement basses directement exposées à la submersion. Le choix du trait de côte Histolitt v2 permet de bien prendre en compte tous ces secteurs en remontant très loin dans les estuaires (Adour), les courants landais et les lacs marins et les chenaux et étiers du Bassin d'Arcachon. En contrepartie, le linéaire cartographié selon ce type est très important et représente près de 40% du trait de côte segmenté.

Les autres littoraux qui sont directement exposés à la submersion marine selon les critères choisis pour cette étude représentent près de 9% du trait de côte segmenté. Ils correspondent en général à de petites sections du trait de côte et se retrouvent répartis tout au long du littoral aquitain.

Les littoraux qui sont indirectement exposés à la submersion marine, en cas d'érosion de la dune, représentent près de 25% du linéaire côtier selon les choix cartographiques pris pour ces premiers tests. Les secteurs de « **Dune et arrière-pays d'altitude intermédiaire** » et « **Dune et arrière-pays relativement bas** » se retrouvent essentiellement dans les Landes.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Introduction | 9 |
| 2. Proposition d’une typologie régionale | 11 |
| 2.1. METHODE | 11 |
| 2.1.1. Critères géomorphologiques | 11 |
| 2.1.2. Hypothèses de submersion | 12 |
| 2.2. PRESENTATION DE LA TYPOLOGIE | 13 |
| 2.2.1. Dune relativement haute..... | 17 |
| 2.2.2. Littoral rocheux | 18 |
| 2.2.3. Littoral sablo-rocheux..... | 19 |
| 2.2.4. Dune relativement basse | 20 |
| 2.2.5. Littoral sablo-rocheux relativement bas | 21 |
| 2.2.6. Littoral sablo-vaseux et embouchure | 22 |
| 2.2.7. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas, proche d’une embouchure..... | 23 |
| 2.2.8. Dune d’altitude intermédiaire | 25 |
| 2.2.9. Littoral sablo-rocheux d’altitude intermédiaire..... | 26 |
| 2.2.10. Dune (haute) et arrière-pays d’altitude intermédiaire | 27 |
| 2.2.11. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas..... | 28 |
| 2.2.12. Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas..... | 29 |
| 3. Utilisation de la typologie pour la cartographie des littoraux aquitains..... | 31 |
| 3.1. METHODE | 31 |
| 3.1.1. Choix du type de littoral | 31 |
| 3.1.2. Inventaire des données utiles à la cartographie | 32 |
| 3.1.3. Etapes de réalisation des cartes | 35 |
| 3.2. ILLUSTRATION CARTOGRAPHIQUE DE LA TYPOLOGIE REGIONALE | 38 |
| 3.2.1. Dune relativement haute..... | 38 |
| 3.2.2. Littoral rocheux | 39 |
| 3.2.3. Littoral sablo-rocheux..... | 41 |
| 3.2.4. Dune relativement basse | 42 |
| 3.2.5. Littoral sablo-rocheux relativement bas | 42 |
| 3.2.6. Littoral sablo-vaseux et embouchure | 43 |
| 3.2.7. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas proche d’une embouchure..... | 45 |
| 3.2.8. Dune d’altitude intermédiaire | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.9. Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire..... | 46 |
| 3.2.10. Dune (haute) et arrière-pays d'altitude intermédiaire | 47 |
| 3.2.11. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas..... | 49 |
| 3.2.12. Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas..... | 49 |
| 4. Cartographie préliminaire à l'échelle régionale | 51 |
| 4.1. CARTOGRAPHIE DE LA COTE SABLEUSE | 52 |
| 4.1.1. Côte sableuse girondine | 52 |
| 4.1.2. Côte sableuse landaise | 53 |
| 4.1.3. Côte sableuse basque..... | 55 |
| 4.1.4. Bilan..... | 56 |
| 4.2. CARTOGRAPHIE DU BASSIN D'ARCACHON..... | 57 |
| 4.3. CARTOGRAPHIE DE LA COTE ROCHEUSE..... | 59 |
| 4.4. RESULTATS A L'ECHELLE REGIONALE | 61 |
| 5. Conclusion et perspectives | 65 |
| 6. Bibliographie | 69 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Profil transversal du type « Dune relativement haute ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 17 |
| Figure 2 : Profil transversal du type « Littoral rocheux ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 18 |
| Figure 3 : Profil transversal du type « Littoral sablo-rocheux ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 19 |
| Figure 4 : Profil transversal du type « Dune relativement basse ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 20 |
| Figure 5 : Profil transversal du type « Littoral sablo-rocheux relativement bas ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 21 |
| Figure 6 : Profil transversal du type « Littoral sablo-vaseux et embouchure ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 22 |
| Figure 7 : Représentation schématique en carte du type « Dune (haute) et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 23 |
| Figure 8 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 24 |
| Figure 9 : Profil transversal du type « Dune d'altitude intermédiaire ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 25 |
| Figure 10 : Profil transversal du type « Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 26 |

| | |
|---|----|
| Figure 11 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays d'altitude intermédiaire ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte..... | 27 |
| Figure 12 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays relativement bas ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte. | 28 |
| Figure 13 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte..... | 29 |
| Figure 14 : Les 4 étapes nécessaires à la détermination du type de côte selon des critères géomorphologiques. | 31 |
| Figure 15 : Arbre de décision présentant l'ensemble des choix possibles pour les 4 critères de détermination du type de côte. | 32 |
| Figure 16 : Carte de niveaux extrêmes de pleine mer (période de retour 100 ans). Source : SHOM-CETMEF, 2012. ... | 33 |
| Figure 17 : Etapes de réalisation d'une cartographie des environnements côtiers aquitains par rapport à la submersion marine. Les données employées pour chaque étape et les résultats attendus sont détaillés. | 37 |
| Figure 18 : Carte d'un secteur de « Dunes relativement hautes » situé au nord de Hourtin Plage. | 38 |
| Figure 19 : Profil topographique G8 OCA caractéristique du secteur de Dune relativement haute situé au nord de Hourtin plage. | 39 |
| Figure 20 : Carte d'un secteur de « littoral rocheux » situé entre Ciboure et Hendaye. | 39 |
| Figure 21 : Profil topographique caractéristique du secteur de « littoral rocheux » de la Corniche Basque. | 40 |
| Figure 22 : Carte de secteurs de « littoraux sablo-rocheux », « littoraux sablo-rocheux d'altitude intermédiaire » et « littoraux sablo-rocheux relativement bas » situés entre Anglet et Biarritz. | 41 |
| Figure 23 : Carte d'un secteur de « Dunes relativement basses » situé au niveau de la pointe du Médoc au Verdon-sur-Mer. | 42 |
| Figure 24 : Carte d'un secteur de « littoral sablo-vaseux et embouchure » situé au nord du Bassin d'Arcachon. | 43 |
| Figure 25 : Profil topo-bathymétrique caractéristique du secteur de « littoral sablo-vaseux et embouchure » du Bassin d'Arcachon. | 44 |
| Figure 26 : Carte d'un secteur de « Dunes (hautes) et arrière-pays relativement bas proche d'une embouchure » situé au niveau de Vieux Boucau-les-Bains. | 45 |
| Figure 27 : Carte d'un secteur de « Dunes d'altitudes intermédiaires » situé à Montalivet..... | 46 |
| Figure 28 : Carte de secteurs de « Dunes (hautes) et arrière-pays d'altitude intermédiaire » situés au nord d'Hossegor | 47 |
| Figure 29 : Profil topographique L15 OCA caractéristique du secteur de dunes (hautes) et arrière-pays d'altitude intermédiaire situé au nord d'Hossegor. | 48 |
| Figure 30 : Carte de secteurs de « Dunes (hautes) et arrière-pays relativement bas » et « Dunes hautes et arrière-pays humide relativement bas » situés à Tarnos. | 49 |
| Figure 31 : Cartographie géomorphologique par rapport à la submersion marine des littoraux sableux de la côte Gironde. | 52 |
| Figure 32 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse girondine. . | 53 |
| Figure 33 : Cartographie géomorphologique par rapport à la submersion marine des littoraux sableux de la côte landaise. | 54 |
| Figure 34 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse landaise. ... | 55 |
| Figure 35 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse des Pyrénées-Atlantiques. | 56 |

| | |
|--|----|
| Figure 36 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse des Pyrénées-Atlantiques, sans prise en compte l'embouchure de l'Adour. | 56 |
| Figure 37 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour la côte sableuse aquitaine. | 57 |
| Figure 38 : Cartographie géomorphologique des littoraux du Bassin d'Arcachon. | 58 |
| Figure 39 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour le Bassin d'Arcachon. | 59 |
| Figure 40 : Cartographie géomorphologique des littoraux des Pyrénées-Atlantiques. | 60 |
| Figure 41 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour la Côte Rocheuse des Pyrénées-Atlantiques | 61 |
| Figure 42 : Histogramme des longueurs de trait de côte cumulés pour chaque type de littoral par rapport à la submersion, pour l'ensemble de la région Aquitaine. | 63 |
| Figure 43 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour la côte Aquitaine | 63 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Typologie régionale des environnements côtiers aquitains par rapport à la submersion marine. | 15 |
|---|----|

1. Introduction

La présente étude est réalisée par le BRGM dans le cadre des missions de l'Observatoire de la Côte Aquitaine. Inscrit dans le Contrat de Projet État-Région (CPER) 2007-2013, l'Observatoire de la Côte Aquitaine est un projet financé par l'Europe (FEDER), l'État, la Région Aquitaine, les Conseils généraux de la Gironde, des Landes, des Pyrénées Atlantiques, le Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon (SIBA), le BRGM et l'ONF.

La mission de l'Observatoire est de produire des éléments et des outils d'aide à la décision et à la gestion du littoral aquitain en améliorant la connaissance sur les processus côtiers. La problématique des risques naturels est donc au cœur des travaux de l'Observatoire.

Dans le cadre de ses missions pour l'Observatoire de la Côte Aquitaine, le BRGM a participé à l'élaboration de la « Stratégie régionale de gestion de la bande côtière » pilotée par le GIP Littoral Aquitain, en caractérisant l'aléa recul du trait de côte aux horizons 2020 – 2040 (Aubié *et al.*, 2011). Ce premier volet de la « stratégie régionale » était consacré à l'érosion marine.

Afin d'avoir une vision multi-aléas et assurer une gestion cohérente à l'échelle de la région, le GIP Littoral Aquitain a souhaité inscrire dans la « stratégie régionale », un deuxième volet consacré à la submersion marine. Dans un contexte régional où plusieurs Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) intégrant un volet submersion marine et Territoires à Risques Importants d'Inondations (TRI) ont été prescrits¹, l'objectif de ce volet est d'assurer une continuité dans la connaissance de l'aléa submersion marine à l'échelle régionale.

Pour cela, le BRGM, déjà chargé par l'État de caractériser cet aléa pour les PPRL et les TRI, a mis en œuvre une méthode cohérente avec ces études mais qui diffère sur certains aspects afin de ne pas générer de confusion avec les résultats PPRL et TRI et de ne pas se substituer aux textes réglementaires.

La méthode mise en œuvre pour la « stratégie régionale » se décline en deux phases :

1. **La détermination d'une typologie géomorphologique** de l'ensemble de la zone côtière aquitaine vis-à-vis de son exposition à la submersion marine (objet du présent rapport) ;
2. **Le calcul des niveaux marins au rivage** pour 13 sites identifiés le long de la côte sableuse, à l'aide de formules empiriques pour des conditions extrêmes au large (voir rapport Bulteau *et al.*, 2016).

Le travail mené dans la présente étude vise à apporter des éléments de connaissance pour initier une démarche d'étude stratégique de l'aléa submersion marine pour la côte aquitaine. Cette démarche

¹ Les secteurs soumis à un PPRL sont :

- En Gironde : les 11 communes du Bassin d'Arcachon (Andernos-Les-Bains, Arcachon, Arès, Audenge, Biganos, Gujan-Mestras, Lanton, La-Teste-de-Buch, Lège – Cap Ferret, Le-Teich, Mios).
- Dans les Landes : le secteur du courant de Soustons, le secteur de Mimizan et le secteur du Bourret–Boudigau.
- Dans les Pyrénées Atlantiques : le secteur d'Hendaye (baie et estuaire de la Bidassoa) et le secteur de Saint-Jean-de-Luz (comprenant également les communes de Ciboure et Urrugne ainsi que le quartier d'Erromardie).

Les secteurs soumis à un TRI sont :

- Le TRI du Bassin d'Arcachon : même emprise que le PPRL

Le TRI côtier Basque : même emprise que les PPRL des Pyrénées Atlantiques avec en plus la frange océanique des communes d'Urrugne, Ciboure, Biarritz, Bidart, Guéthary, Anglet, Boucau, Bayonne, Tarnos.

s'inscrit dans une stratégie globale de gestion de la bande côtière qui vise à assurer une cohérence régionale pour gérer les risques côtiers.

Le travail a été initié en 2013 sous le contrôle d'un Comité Technique mis en place par le GIP Littoral Aquitain pour suivre la thématique Submersion. Le comité technique, composé du GIP Littoral Aquitain, du SGAR, de la DREAL, des DDTM, du Conseil Régional, des Conseil Départementaux, collectivités locales et du SIBA, a suivi et validé la méthode mise en place et les hypothèses de travail.

Le rapport a pour but de présenter la méthode adoptée et les résultats préliminaires obtenus à l'issue de ce travail. Après avoir introduit le contexte, la deuxième partie présente la typologie proposée pour décrire les environnements côtiers par rapport à la submersion marine. Le troisième chapitre décrit l'utilisation de cette typologie dans une phase de cartographie de la bande côtière. La quatrième partie présente les résultats préliminaires de cartographie à l'échelle régionale.

2. Proposition d'une typologie régionale

2.1. METHODE

Le premier objectif de ce travail est d'établir une typologie régionale des environnements côtiers aquitains par rapport à la submersion marine. Le cadrage méthodologique de cette étude consiste à se baser en premier lieu sur des données géomorphologiques et sédimentaires. Mais cette approche relative à la submersion nécessite aussi la prise en compte de différents phénomènes d'inondation marine qui pourraient affecter la région Aquitaine. C'est le recoupement de différents critères morphologiques avec plusieurs processus hydrodynamiques pouvant conduire à des submersions marines qui permet d'établir une typologie compatible avec les environnements côtiers aquitains.

Les premières bases de cette approche ont été présentées et discutées lors de la réunion du groupe de travail technique et scientifique « Submersion », organisé par le GIP Littoral Aquitain le 10 juillet 2013. La méthode a ensuite été détaillée puis validée lors du comité réunissant le groupe de travail le 29 octobre 2013.

2.1.1. Critères géomorphologiques

Trois critères géomorphologiques ont été choisis pour établir la typologie régionale des environnements côtiers face à la submersion :

- L'altitude relative des territoires
- La submersibilité directe ou indirecte
- La nature morfo-sédimentaire du littoral.

Altitude relative

L'**altitude relative** consiste à définir si un territoire est « relativement haut », « intermédiaire » ou « relativement bas » par rapport à l'altitude atteinte par la mer et les vagues lors de phénomènes de submersion. Par définition, ce critère ne concerne pas l'estran, zone de balancement des marées et qui est submergé régulièrement. En revanche, il s'intéresse directement à l'altitude des secteurs terrestres situés au-delà du trait de côte. L'indicateur utilisé pour définir le trait de côte revêt donc une importance non négligeable dans la description, puis l'utilisation de la typologie.

Les territoires « **relativement haut** » sont potentiellement peu sensibles à la submersion, dans l'état actuel du milieu et de la connaissance des phénomènes de submersion.

Les territoires « **relativement bas** » sont potentiellement sensibles à la submersion marine.

Les territoires « **intermédiaires** » se situent à des altitudes qui pourraient être soumises à certains phénomènes de submersion.

La distinction entre les différentes classes d'altitudes nécessite de définir des seuils (relativement haut et relativement bas) qui dépendent des niveaux atteints localement par la mer et les vagues. La détermination de ces seuils de niveau d'eau ne fait pas l'objet du travail de définition de la typologie présenté dans ce chapitre. En revanche, l'approche cartographique présentée dans le chapitre 3 nécessite de définir ces seuils.

Submersibilité directe ou indirecte

La submersibilité est un terme qui désigne la potentialité d'un lieu à être submergé par l'eau.

La **submersibilité directe** permet de décrire des zones littorales relativement basses en contact direct avec le trait de côte. En cas de phénomènes entraînant un niveau marin particulièrement haut, ces territoires seront directement touchés par la submersion marine.

La **submersibilité indirecte** permet de caractériser des territoires d'altitude relativement basse ou intermédiaire, mais protégés de la mer par une barrière morphologique naturelle relativement haute. En Aquitaine, ce type de milieu se rencontre fréquemment derrière les dunes littorales.

Ce concept de submersibilité indirecte est adapté à certains environnements dunaires dont l'arrière-pays est bas. Ces milieux naturels sont constitués de matériaux meubles, dont la morphologie est susceptible d'évoluer plus ou moins rapidement dans le temps et de manière défavorable vis-à-vis de la submersion (brèche, ruine par exemple), ce qui explique le terme « indirect ». La prise en compte de ce critère pour les zones dunaires est en bonne adéquation avec le paragraphe traitant de la prise en compte des cordons naturels dans le nouveau guide méthodologique pour l'élaboration des PPRL (MEDDE, mai 2014). Il faut toutefois noter que cette étude n'a pas pour but d'établir des scénarios dit « de défaillance » des dunes pour cartographier un aléa, comme c'est le cas pour les PPRL. L'objectif premier de ce travail consiste à décrire et qualifier l'existence d'un environnement qui pourrait présenter une sensibilité particulière en cas de submersion. Un travail beaucoup plus complet pourrait permettre de qualifier voire quantifier la sensibilité des cordons dunaires de premier rang, sur la base, par exemple, de critères de largeur et de taux de recul. Cela n'est pas envisagé à ce stade. De plus, il ne semble pas opportun d'employer ce critère pour un secteur de digues entretenues et relativement hautes, spécifiquement établies pour protéger des zones littorales basses de la submersion marine.

Nature morfo-sédimentaire du littoral

Ce critère a pour but de préciser le contexte géomorphologique et morfo-sédimentaire du littoral. Une première liste très simple est établie en fonction des principales caractéristiques des littoraux de la côte aquitaine. On distingue :

- **Les dunes**, cet environnement majoritaire dans la région inclut l'arrière-dune (lette).
- **Les littoraux sablo-rocheux ou rocheux**, caractéristiques de la côte basque, avec un estran sableux (ou rocheux) et une falaise rocheuse.
- **Les littoraux sablo-vaseux**, caractéristiques du Bassin d'Arcachon, avec un estran vaseux et un trait de côte sableux.
- **Les embouchures et lagunes**, zones d'interface entre l'océan et le réseau hydrographique terrestre.

Dans un second temps, d'autres éléments géomorphologiques peuvent également influencer les phénomènes de submersion et d'inondation et sont pris en compte dans la typologie :

- La présence de zones humides ou d'un réseau hydrographique dans la frange littorale
- La connexion morphologique de zones relativement basses avec la mer.

2.1.2. Hypothèses de submersion

Les phénomènes et les processus pouvant conduire à un épisode de submersion marine qui ont été utilisés pour établir la typologie sont :

Submersion par débordement. Ce type de phénomène se produit lorsque le niveau marin dépasse l'altitude de la zone littorale terrestre.

Submersion par des paquets de mer liés au déferlement des vagues. Des paquets de mer générés par de fortes vagues atteignent l'altitude de la zone littorale terrestre.

Submersion par débordement après propagation d'une surcote marine dans l'embouchure ou la lagune. Ce phénomène permet de prendre en compte l'influence marine dans les territoires souvent bas, bordant les embouchures, estuaires ou lagunes. Il exclut les phénomènes strictement fluviaux, mais permet de considérer des évènements qui mêlent une crue fluviale et une surcote marine.

Propagation de la submersion dans des zones basses. Cette hypothèse concerne des territoires qui sont morphologiquement connectés à des zones littorales basses. Pour la région Aquitaine, il pourrait essentiellement concerner des secteurs relativement proches d'embouchures.

Submersion par des paquets de mer en cas d'érosion du littoral. Cette hypothèse prend en compte le caractère évolutif du littoral dans le temps. Si un territoire relativement haut est érodé (notamment pendant un évènement extrême), il pourra alors être atteint par des paquets de mer.

Submersion par débordement en cas de forte érosion du littoral. De la même façon, si un territoire relativement haut (ou d'altitude intermédiaire) est fortement érodé, il pourra alors être affecté par des phénomènes de débordement.

Ces différents phénomènes constituent des hypothèses de travail pour permettre de bâtir une typologie qui réponde à la problématique de l'aléa submersion marine dans la région Aquitaine.

2.2. PRESENTATION DE LA TYPOLOGIE

Sur la base des trois ensembles de critères géomorphologiques, des hypothèses sur les phénomènes de submersions marines et de la connaissance régionale du littoral acquise par l'Observatoire de la Côte Aquitaine, une typologie constituée de 12 classes est proposée.

Le tableau suivant présente les douze classes déterminées pour la côte aquitaine. Les classes sont regroupées en fonction de l'hypothèse de submersion marine principale pouvant affecter le milieu. Une hypothèse de submersion secondaire est également mentionnée. Les noms de chaque classe et leurs descriptions sont construits à partir des différents critères géomorphologiques et morpho-sédimentaires.

| Typologie | Description | Hypothèse de submersion n°1 | Hypothèse de submersion n°2 |
|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
| 1) Dune relativement haute | Dune et arrière pays relativement hauts (> au seuil relativement haut) | 0 | 5 |
| 2) Littoral rocheux | Zone rocheuse à falaise et arrière pays relativement haut | 0 | |
| 3) Littoral sablo-rocheux | Estran sableux, falaise rocheuse et arrière pays relativement haut | 0 | |
| 4) Dune relativement basse | Dune relativement basse (< au seuil relativement bas) jouxtant le trait de côte | 1 | 2 |
| 5) Littoral sablo-rocheux relativement bas | Littoral sablo-rocheux présentant une étendue relativement basse entre le trait de côte et la falaise | 1 | 2 |
| 6) Littoral sablo-vaseux et embouchure | Zone littorale relativement basse, sableuse ou vaseuse, bordant une embouchure fluviale ou lagunaire | 1 | 3 |
| 7) Dune et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure | Dune relativement haute et arrière pays relativement bas en connection possible avec une embouchure | 4 | 5 |
| 8) Dune d'altitude intermédiaire | Dune dont l'altitude est inférieure au seuil relativement haut et supérieur au seuil relativement bas | 2 | 6 |
| 9) Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire | Littoral sablo-rocheux dont l'altitude est inférieure au seuil relativement haut et supérieur au seuil relativement bas entre le trait de côte et la falaise | 2 | |
| 10) Dune et arrière-pays d'altitude intermédiaire | Dune relativement haute et arrière pays dont l'altitude est inférieure au seuil relativement haut et supérieur au seuil relativement bas | 5 | |
| 11) Dune et arrière-pays relativement bas | Dune relativement haute et arrière pays relativement bas (< seuil relativement bas) | 5 | 6 |
| 12) Dune et arrière-pays humide relativement bas | Dune relativement haute et arrière pays relativement bas et humide (< seuil relativement bas) | 5 | 6 |

| numéro | Hypothèse de submersion |
|--------|---|
| 0 | Non sensible à la submersion dans la situation actuelle |
| 1 | submersion par débordement |
| 2 | Submersion par paquets de mer |
| 3 | Submersion par débordement après propagation de la surcote dans l'embouchure ou la lagune |
| 4 | Propagation de la submersion dans des zones basses jouxtant une embouchure |
| 5 | Submersion par paquets de mer en cas d'érosion de la dune ou du haut de plage |
| 6 | Submersion par débordement en cas de forte érosion de la dune |

Tableau 1 : Typologie régionale des environnements côtiers aquitains par rapport à la submersion marine.

2.2.1. Dune relativement haute

Ce type de littoral est constitué d'une avant-côte et d'un estran sableux (la plage). Le trait de côte est généralement situé au pied d'une dune sableuse dont l'altitude de la crête dépasse le seuil « relativement haut » qui pourrait être atteint par la mer lors de phénomènes exceptionnels. Derrière la dune, l'altitude de l'arrière-pays se trouve également au-dessus de ce seuil. Ce type de côte n'est pas exposé à la submersion marine, sauf en cas d'une érosion de la dune qui permettrait l'arrivée de paquets de mer au-delà du trait de côte.

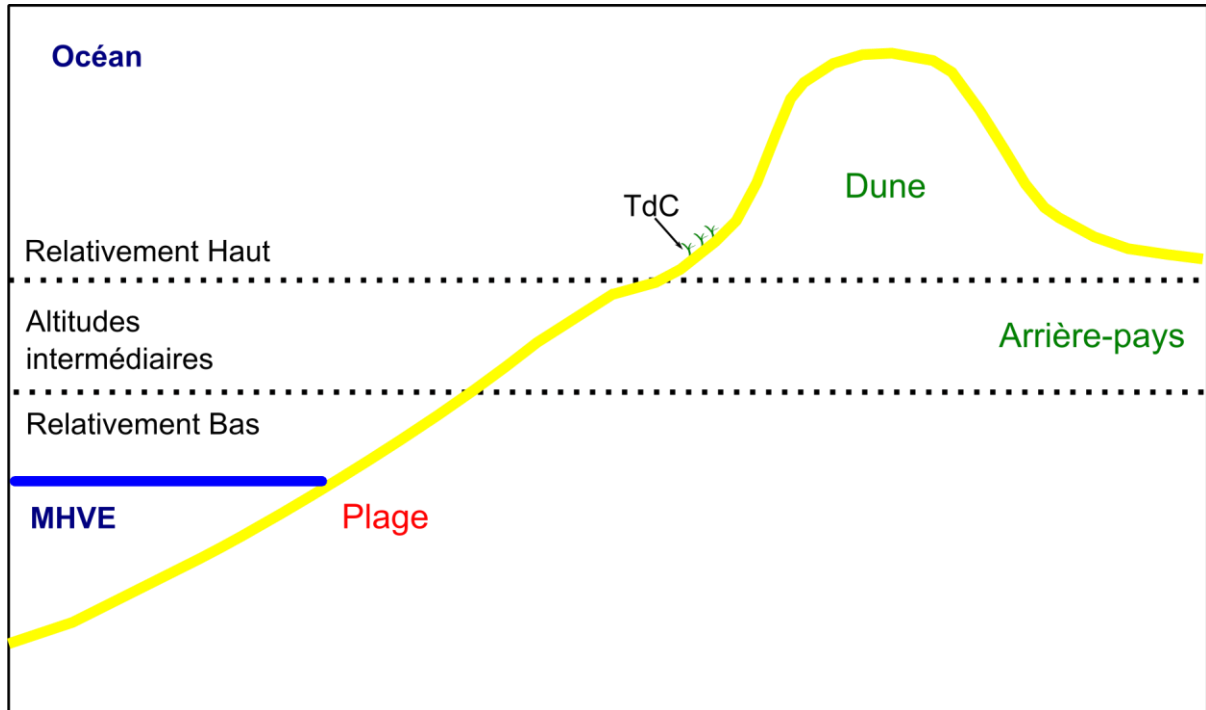


Figure 1 : Profil transversal du type « Dune relativement haute ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.2. Littoral rocheux

Ce type de littoral est formé par une avant-côte et un estran rocheux nommé platier. Le trait de côte est situé au pied d'une falaise rocheuse. Au-delà de la falaise, l'altitude de l'arrière-pays se situe au-dessus du seuil « relativement haut » qui pourrait être atteint par la mer lors de phénomènes exceptionnels. Ce type de côte n'est pas exposé à la submersion marine.

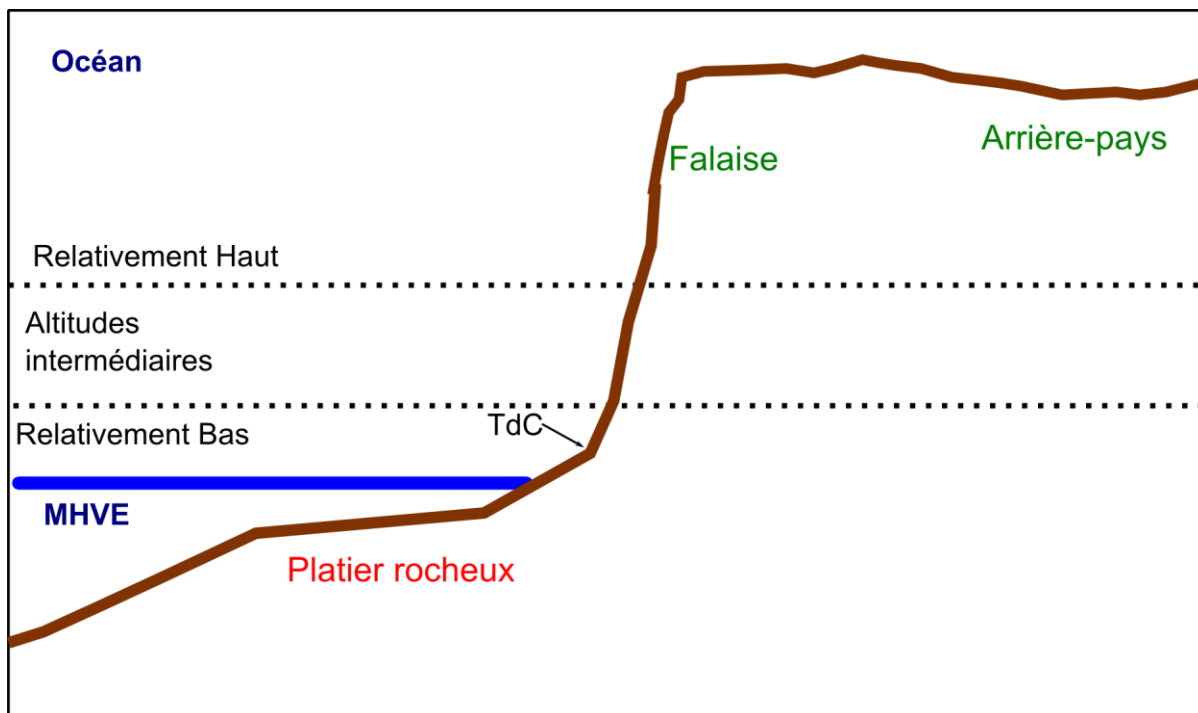


Figure 2 : Profil transversal du type « Littoral rocheux ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.3. Littoral sablo-rocheux

Ce type de littoral est formé par une avant-côte rocheuse ou sableuse et un estran majoritairement sableux. Le trait de côte est situé au pied d'une falaise rocheuse. Au-delà de la falaise, l'altitude de l'arrière-pays se situe au-dessus du seuil « relativement haut » qui pourrait être atteint par la mer lors de phénomènes exceptionnels. Ce type de côte n'est pas soumis à la submersion marine.

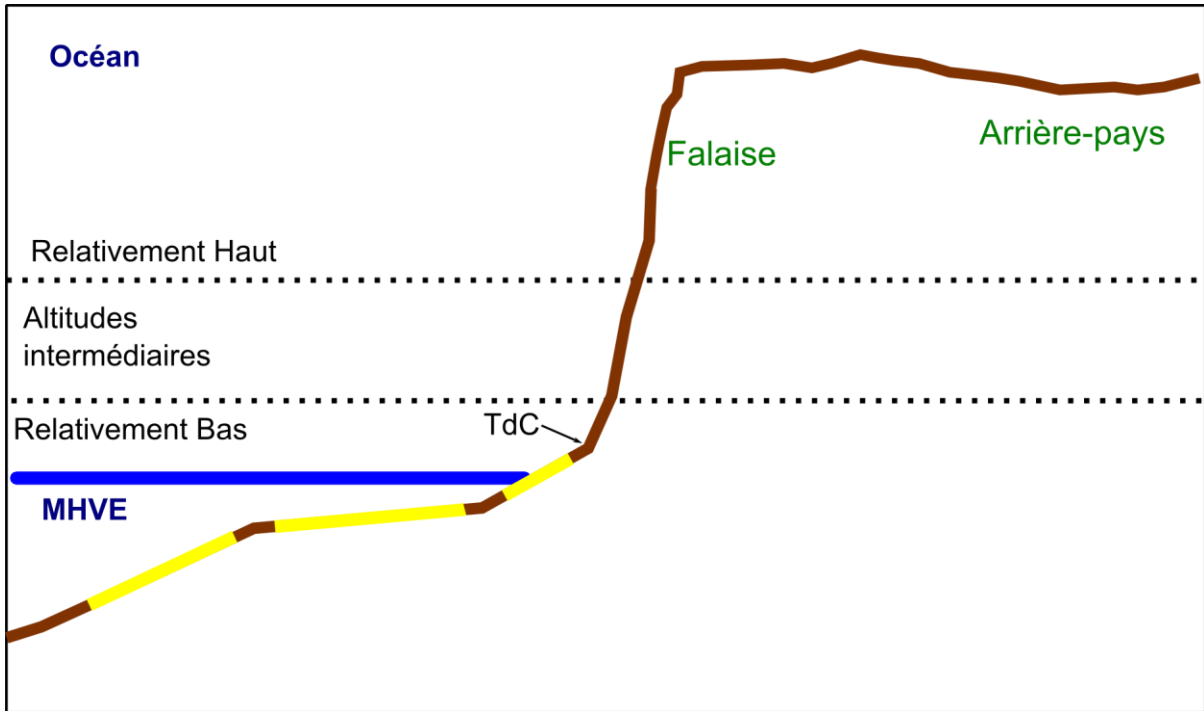


Figure 3 : Profil transversal du type « Littoral sablo-rocheux ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.4. Dune relativement basse

Ce type de littoral est formé d'une avant-côte et d'une plage sableuse. Le trait de côte peut être situé au pied d'une petite dune sableuse dont l'altitude de la crête est située sous le seuil « relativement bas ». Le trait de côte peut également correspondre à la limite de végétation qui distingue alors la plage et une étendue sableuse composée de petites dunes dont l'altitude ne dépasse pas le seuil « relativement bas ». Ce type de côte peut être soumis à des phénomènes de submersion marine par débordement et par paquets de mer.

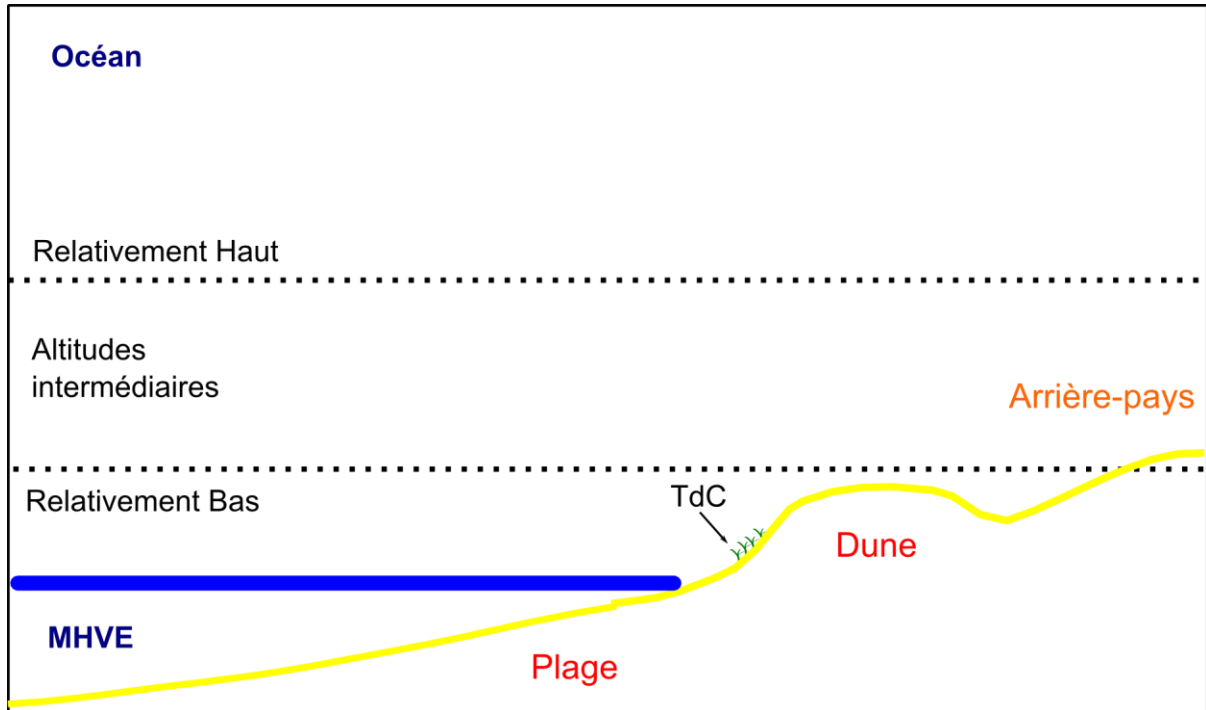


Figure 4 : Profil transversal du type « Dune relativement basse ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.5. Littoral sablo-rocheux relativement bas

Ce type de littoral est formé par une avant-côte rocheuse ou sableuse et un estran majoritairement sableux (plage). Le trait de côte est situé en haut de plage, au niveau d'une limite morphologique ou d'une limite de végétation terrestre. Entre le trait de côte et le pied de la falaise rocheuse, on trouve des terrains sablo-rocheux dont l'altitude se situe en-dessous du seuil « relativement bas ». Ces terrains peuvent être soumis à des phénomènes de submersion marine par débordement et par paquets de mer.

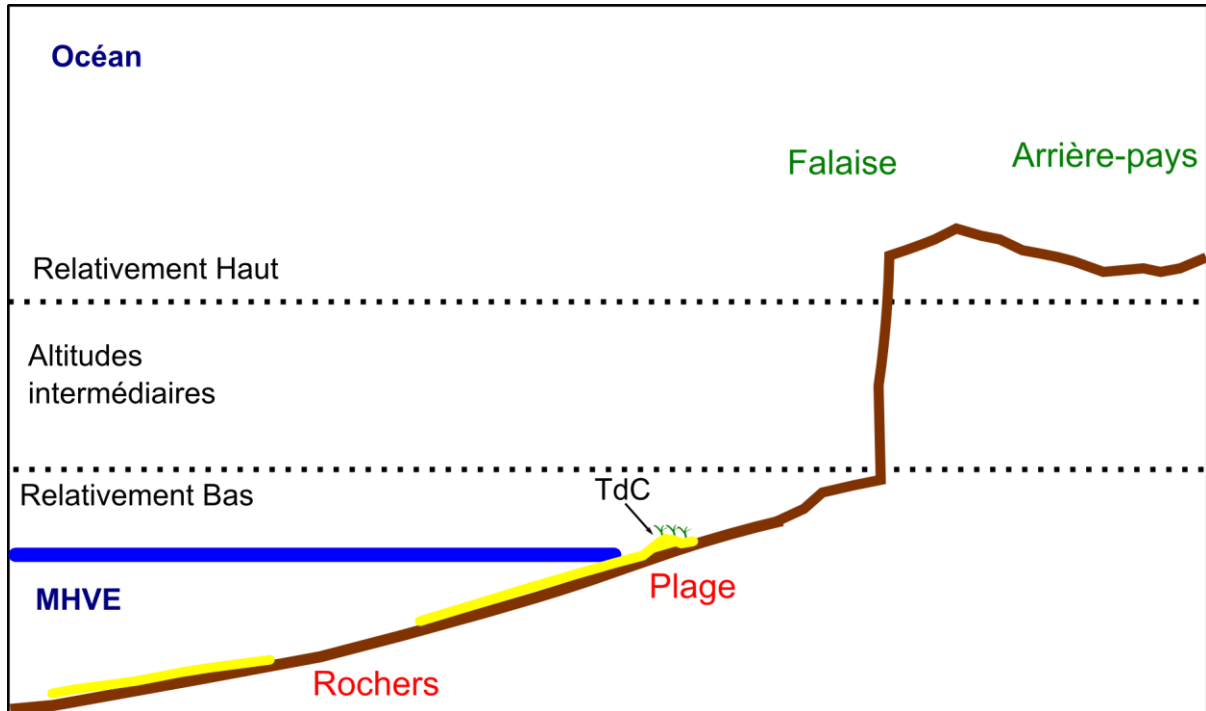


Figure 5 : Profil transversal du type « Littoral sablo-rocheux relativement bas ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.6. Littoral sablo-vaseux et embouchure

Ce type de littoral est formé par une avant-côte vaseuse (vasière) ou sableuse et un estran majoritairement sableux (plage). Le trait de côte est situé en haut de plage, au niveau d'une limite morphologique ou d'une limite de végétation terrestre. Au-delà du trait de côte, on trouve des terrains sablo-argileux dont l'altitude se situe en-dessous du seuil « relativement bas ». En Aquitaine, ce type de littoral se retrouve essentiellement au niveau des embouchures (estuaires et lagunes). Dans les secteurs d'embouchure en connexion immédiate avec l'océan, les terrains situés au-delà du trait de côte peuvent être soumis à des phénomènes de submersion marine par débordement et par paquets de mer. Dans les secteurs littoraux d'estuaire ou de lagune situés légèrement plus en amont, l'aléa de submersion intervient après la propagation des phénomènes marins dans l'embouchure et une éventuelle interaction avec le réseau hydrographique.

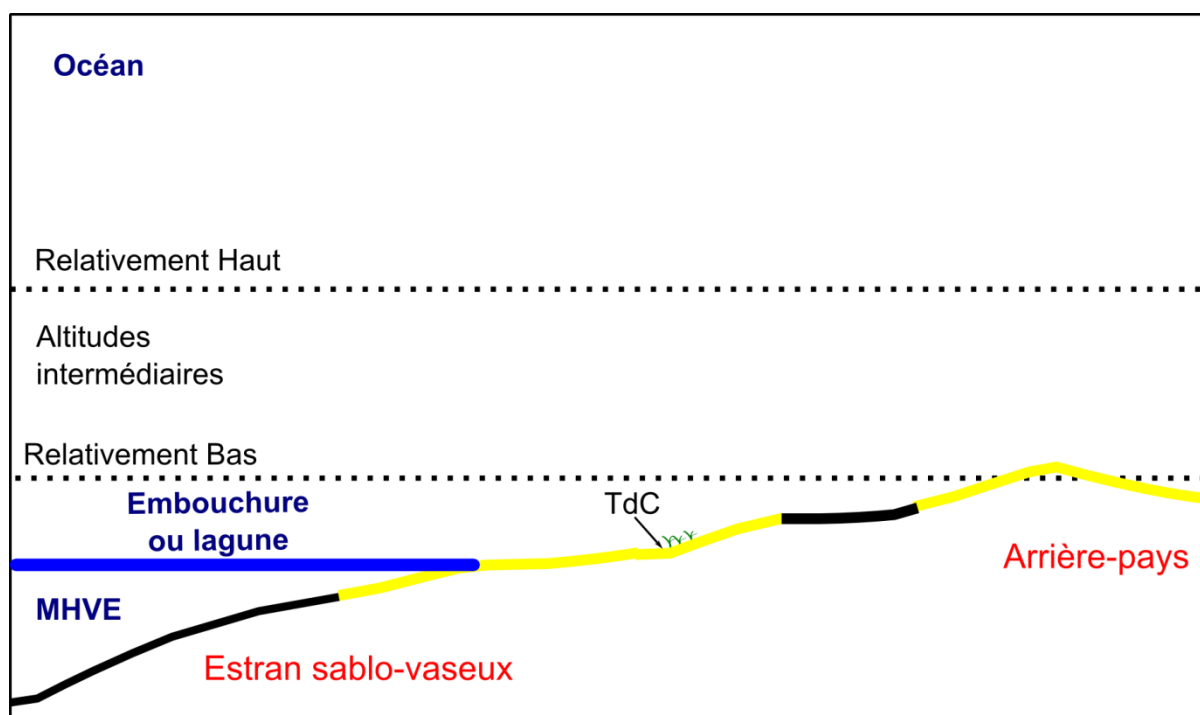


Figure 6 : Profil transversal du type « Littoral sablo-vaseux et embouchure ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.7. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure

Ce type de littoral est constitué d'une avant-côte et d'un estran sableux (la plage). Le trait de côte est généralement situé au pied d'une dune sableuse dont l'altitude de la crête dépasse le seuil « relativement haut ». Derrière la dune, l'altitude de l'arrière-pays se trouve sous le seuil « relativement bas », de plus, cette zone basse se trouve dans le prolongement d'un littoral sensible à la submersion marine par débordement, comme le type 6 « littoral sablo-vaseux et embouchure » (Figure 6). En cas de submersion marine sur le littoral adjacent, il est envisageable que l'arrière-pays soit submergé par un effet de propagation de l'inondation (submersibilité directe). La configuration particulière de ce type de littoral est représentée schématiquement sous forme cartographique sur la Figure 7.

La deuxième hypothèse de submersibilité (i.e. submersibilité indirecte) nécessite l'érosion de la dune sous le seuil « relativement haut ». Si cela se produit, la dune et l'arrière-pays pourraient être submergés par des paquets de mer. De plus, en cas de forte érosion de la dune sous le seuil « relativement bas », la dune et l'arrière-pays pourraient alors être submergés par débordement.

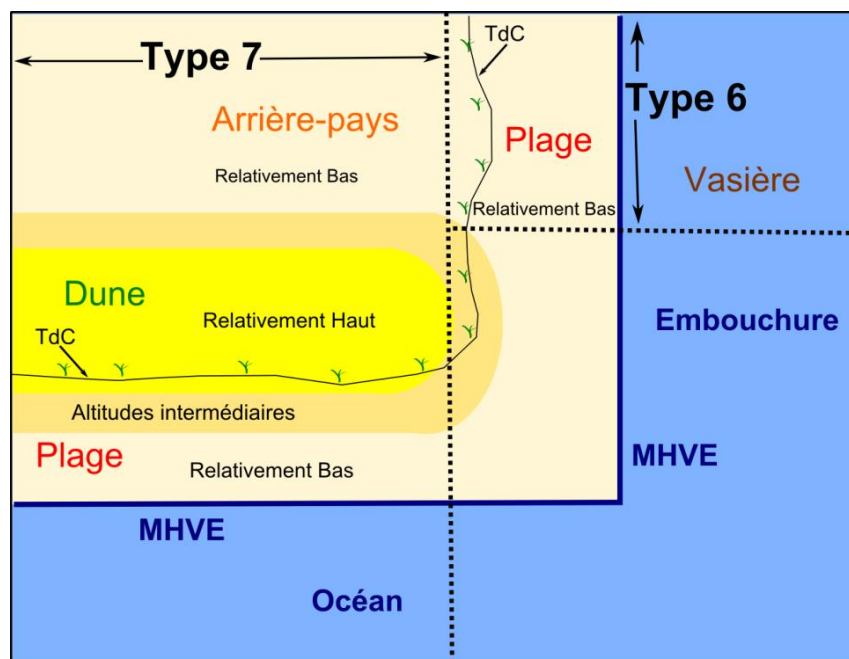


Figure 7 : Représentation schématique en carte du type « Dune (haute) et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

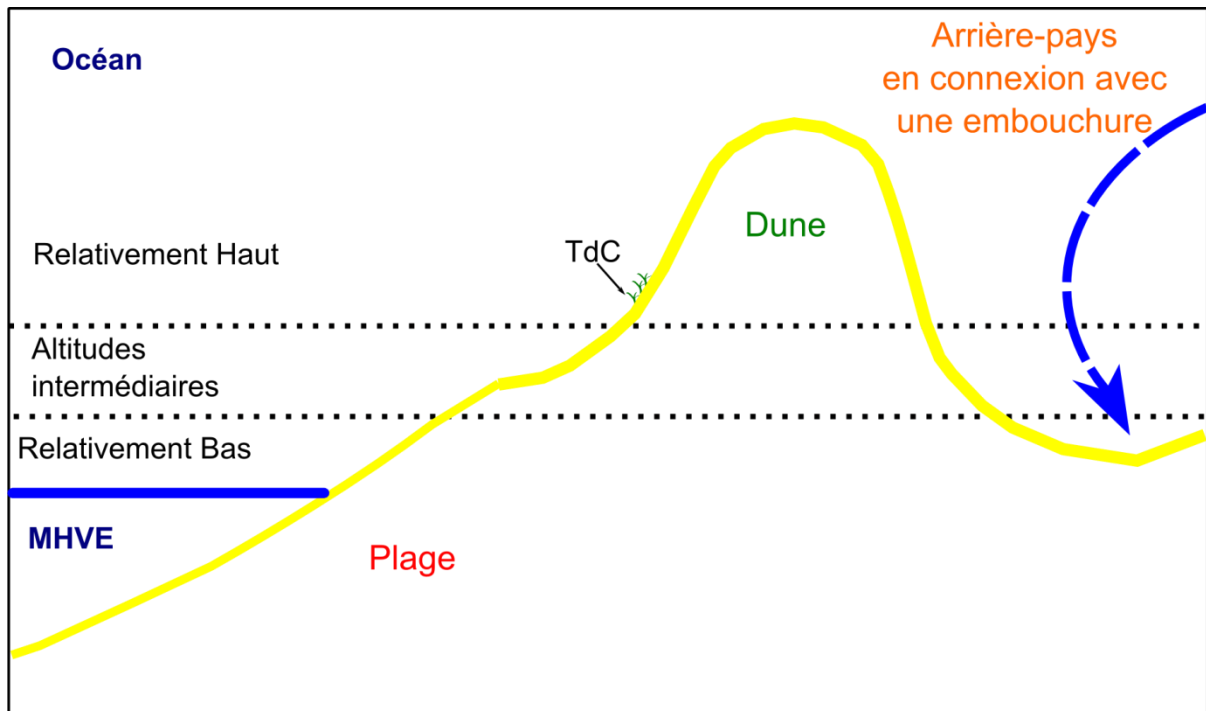


Figure 8 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.8. Dune d'altitude intermédiaire

Ce type de littoral est formé d'une avant-côte et d'une plage sableuse. Le trait de côte peut être situé au pied d'une dune sableuse dont l'altitude de la crête est située entre le seuil « relativement bas » et le seuil « relativement haut ». Le trait de côte est situé au pied de la dune ou au niveau de la limite de végétation. Ce type de côte peut être soumis à des phénomènes de submersion marine par paquets de mer et, en cas de forte érosion de la dune, à des phénomènes de submersion par débordement. Pour ce type de côte, l'altitude de l'arrière-pays n'est pas le critère déterminant, même si un arrière-pays relativement bas peut considérablement renforcer l'impact potentiel d'un événement de submersion en cas d'érosion de la dune et de débordement.

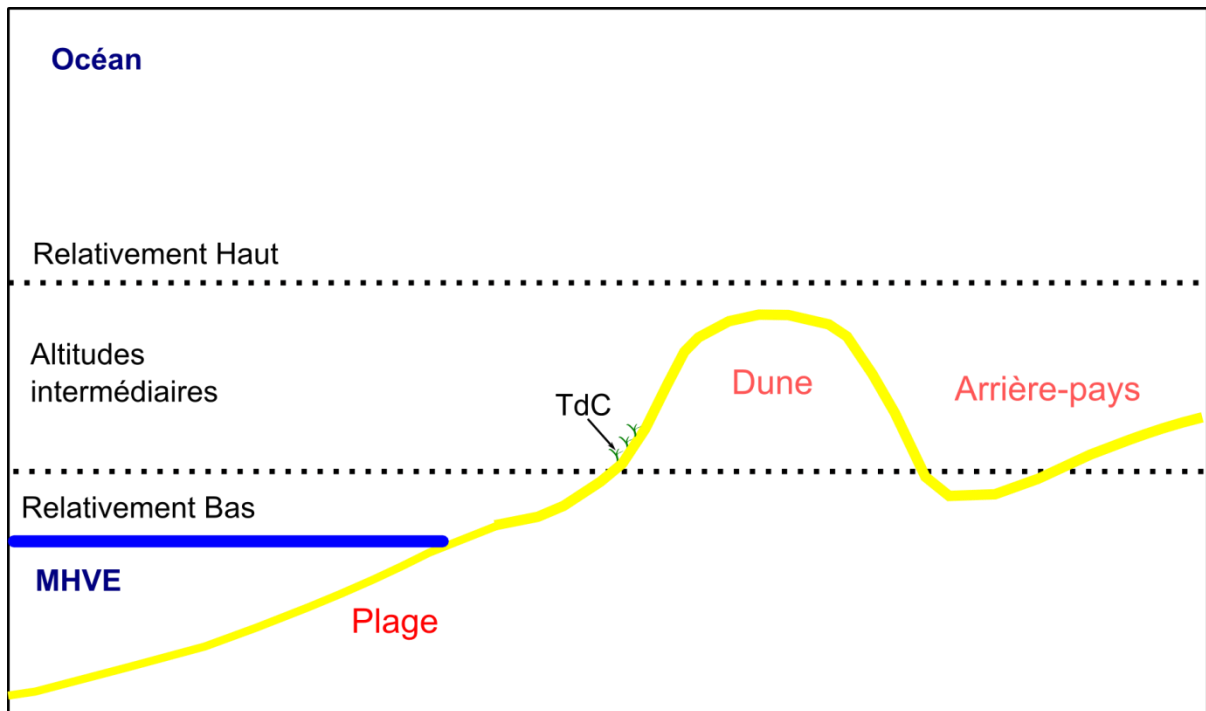


Figure 9 : Profil transversal du type « Dune d'altitude intermédiaire ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.9. Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire

Cette classe de littoral est formée par une avant-côte rocheuse ou sableuse et un estran majoritairement sableux (plage). Le trait de côte est situé en haut de plage, au niveau d'une limite morphologique ou d'une limite de végétation terrestre. Entre le trait de côte et le pied de la falaise rocheuse, on trouve des terrains sablo-rocheux dont l'altitude se situe entre le seuil « relativement bas » et le seuil « relativement haut ». Ces terrains peuvent être soumis à des phénomènes de submersion marine par paquets de mer.

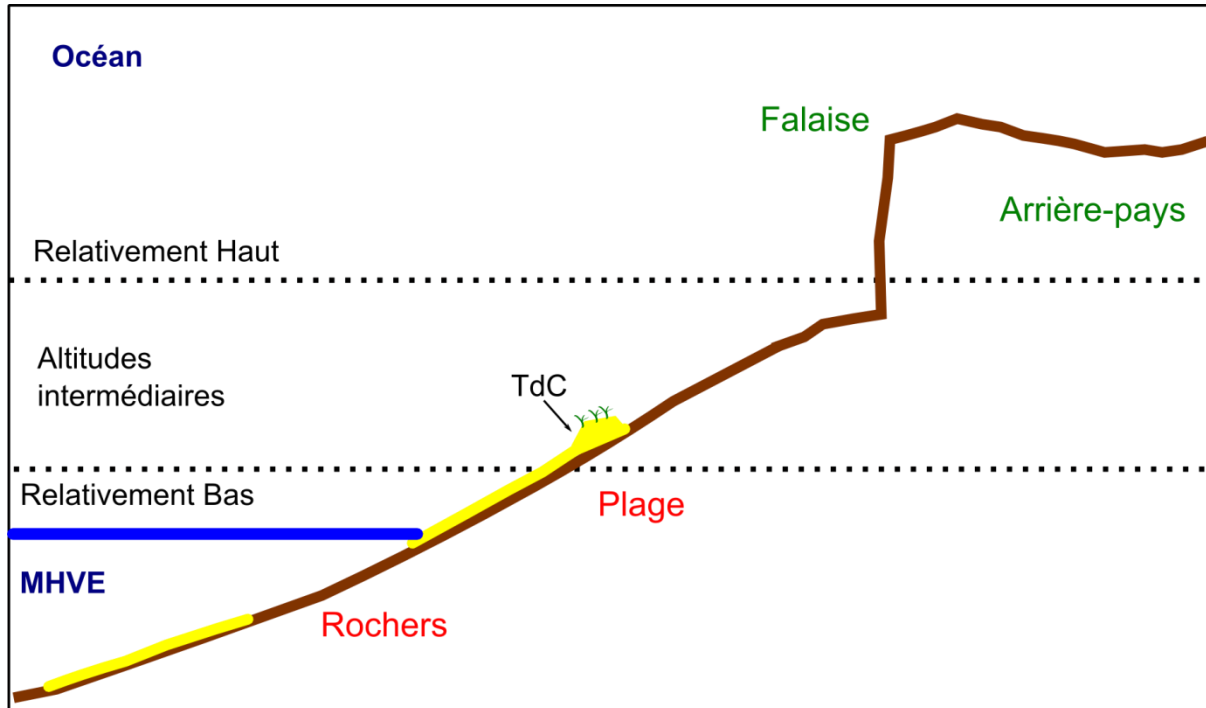


Figure 10 : Profil transversal du type « Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.10. Dune (haute) et arrière-pays d'altitude intermédiaire

Cette classe de littoral est constituée d'une avant-côte et d'un estran sableux (la plage). Le trait de côte est généralement situé au pied d'une dune sableuse dont l'altitude de la crête dépasse le seuil « relativement haut » qui pourrait être atteint par la mer lors de phénomènes exceptionnels. Derrière la dune, l'altitude de l'arrière-pays se trouve entre le seuil « relativement haut » et le seuil « relativement bas ». Dans cette configuration, ce type de côte incluant l'arrière-pays n'est pas soumis directement à des phénomènes de submersion marine, mais en cas d'érosion de la dune sous le seuil « relativement haut », la dune et l'arrière-pays pourraient être submergés par des paquets de mer.

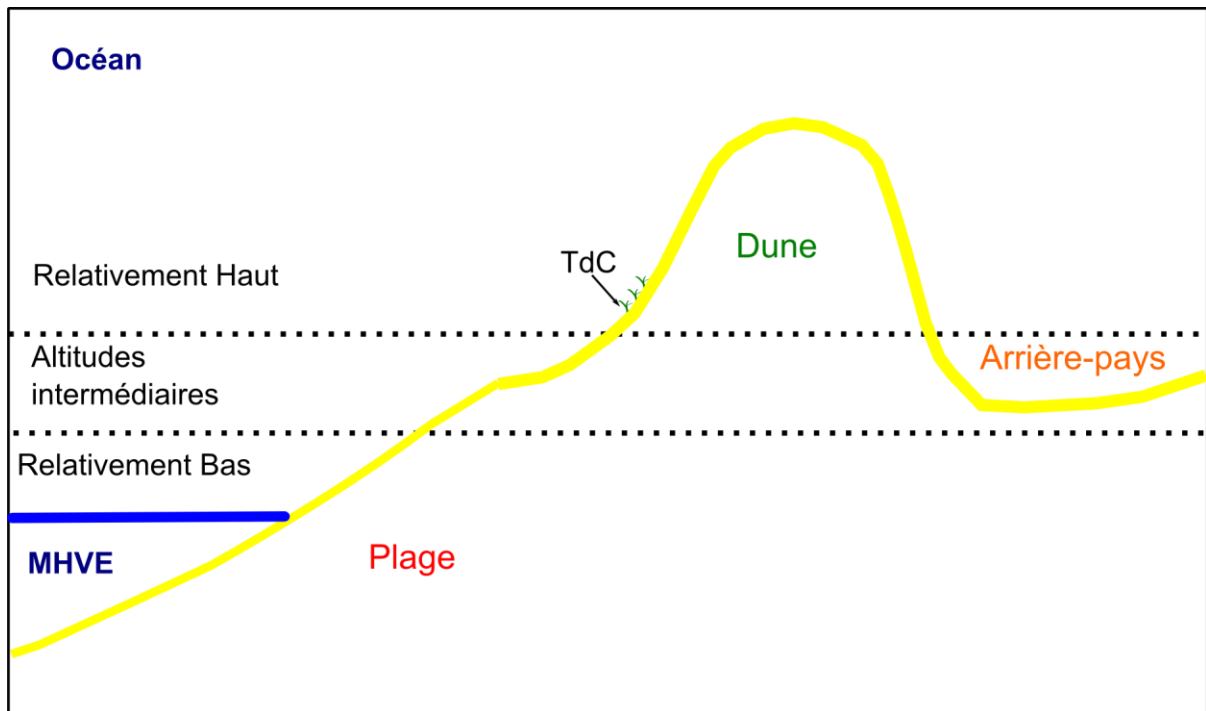


Figure 11 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays d'altitude intermédiaire ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.11. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas

Ce type de littoral est constitué d'une avant-côte et d'un estran sableux (la plage). Selon une représentation transversale cross-shore, cette classe est similaire au type « Dune (haute) et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure ». Le trait de côte est généralement situé au pied d'une dune sableuse dont l'altitude de la crête dépasse le seuil « relativement haut ». Derrière la dune, l'altitude de l'arrière-pays se trouve sous le seuil « relativement bas ». Dans cette configuration, ce type de côte incluant l'arrière-pays n'est pas soumis directement à des phénomènes de submersion marine, mais en cas d'érosion de la dune sous le seuil « relativement haut », la dune et l'arrière-pays pourraient être submergés par des paquets de mer. De plus, en cas de forte érosion de la dune sous le seuil « relativement bas », la dune et l'arrière-pays pourraient être submergés par débordement.

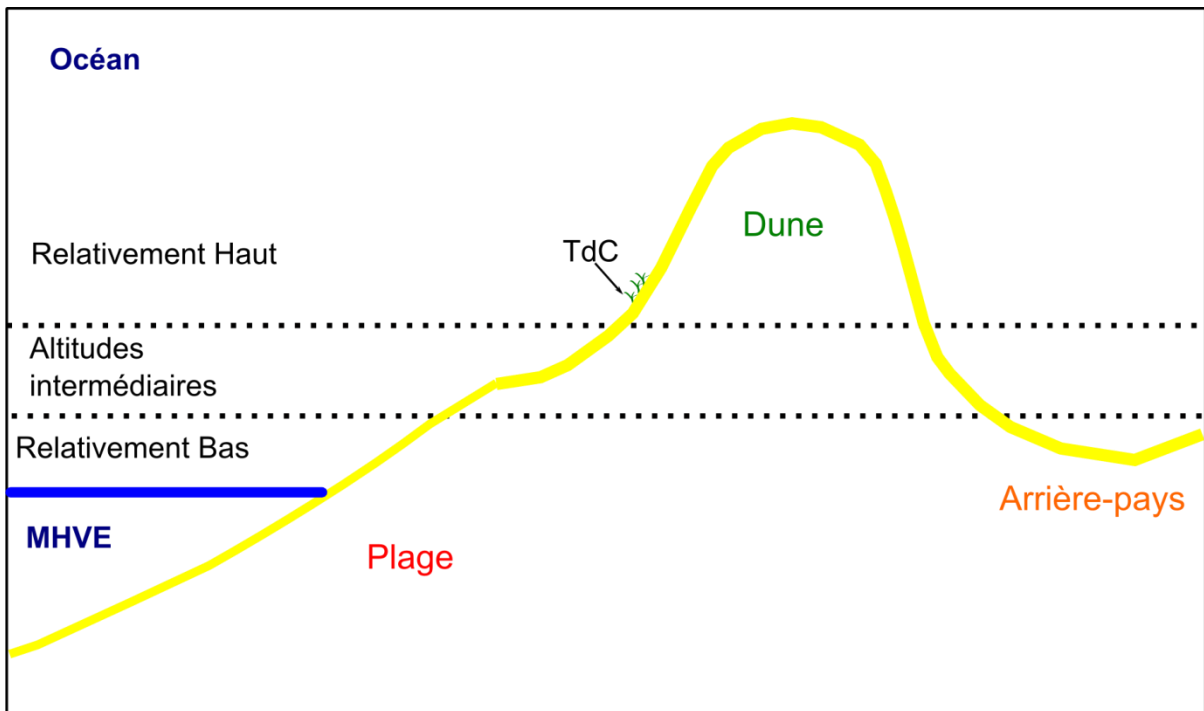


Figure 12 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays relativement bas ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

2.2.12. Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas

Ce type de littoral est similaire au précédent, constitué d'une avant-côte et d'un estran sableux (la plage). Le trait de côte est généralement situé au pied d'une dune sableuse dont l'altitude de la crête dépasse le seuil « relativement haut ». Derrière la dune, l'arrière-pays est humide, caractérisé par la présence du réseau hydrographique terrestre (cours d'eau, lac ou étang). Son altitude se trouve sous le seuil « relativement bas ». Dans cette configuration, ce type de côte incluant l'arrière-pays n'est pas soumis directement à des phénomènes de submersion marine, mais en cas d'érosion de la dune sous le seuil « relativement haut », la dune et l'arrière-pays pourraient être submergés par des paquets de mer. De plus, en cas de forte érosion de la dune sous le seuil « relativement bas », la dune et l'arrière-pays pourraient être submergés par débordement. La présence de zones humides est prise en compte comme un facteur qui pourrait être aggravant en cas de submersion marine.

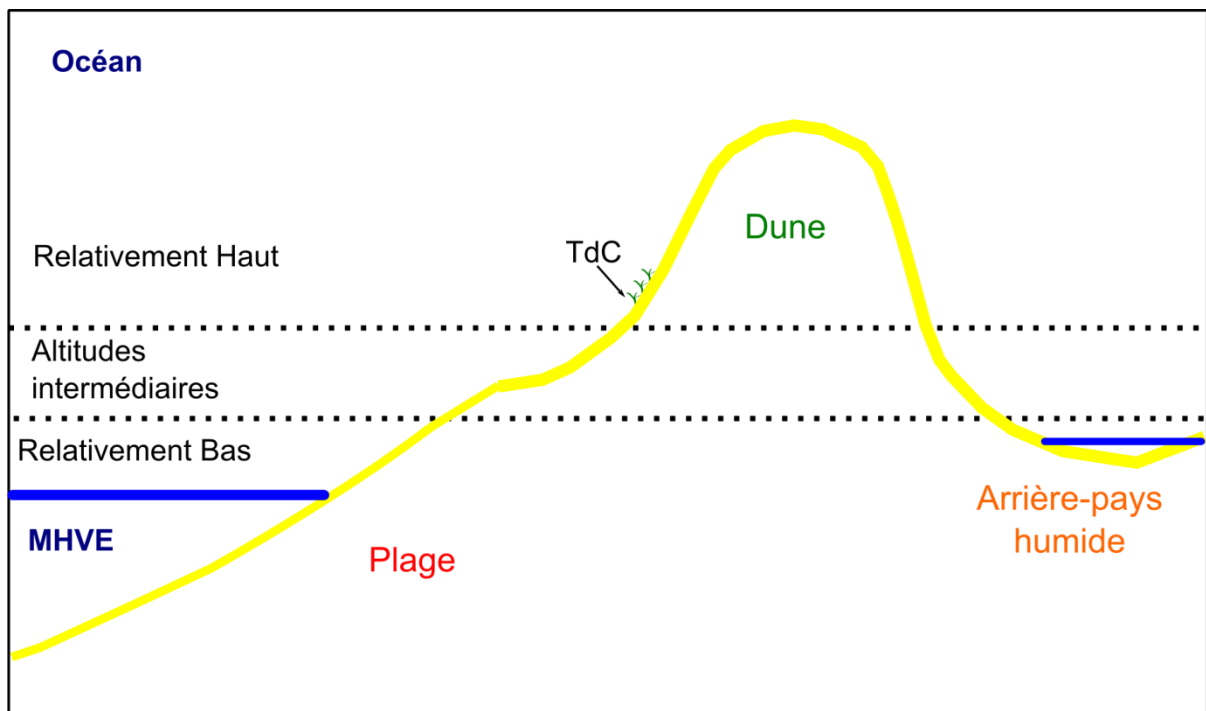


Figure 13 : Profil transversal du type « Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas ». MHVE : niveau de la mer lors de marée haute de vive-eau. TdC : Trait de côte.

3. Utilisation de la typologie pour la cartographie des littoraux aquitains

La détermination d'une typologie géomorphologique des littoraux aquitains par rapport à la submersion marine permet de décrire et d'appréhender la diversité des environnements présents sur le territoire face à l'aléa. Cette typologie peut ensuite être utilisée pour cartographier la côte et établir une représentation synthétique utile à l'élaboration d'une stratégie régionale de gestion du risque de submersion marine.

3.1. METHODE

La cartographie consiste à segmenter le littoral régional en fonction du type de côte. En chaque partie du littoral, le type de côte est déterminé selon les différents critères définis dans la partie 2.1.1 et les données géographiques utilisées. En ce sens, cette approche cartographique diffère grandement de la caractérisation des aléas pour les PPRL telle qu'elle est définie dans le guide MEDDE (2014). La mise en œuvre technique de la cartographie nécessite de faire des choix méthodologiques qui sont détaillés dans cette partie.

3.1.1. Choix du type de littoral

La prise en compte des critères géomorphologiques pour déterminer le type de côte s'effectue selon 4 étapes décrites dans l'illustration suivante (Figure 14). La détermination précise est réalisée suivant l'arbre de décision (Figure 15) qui détaille les choix possibles à chaque étape.

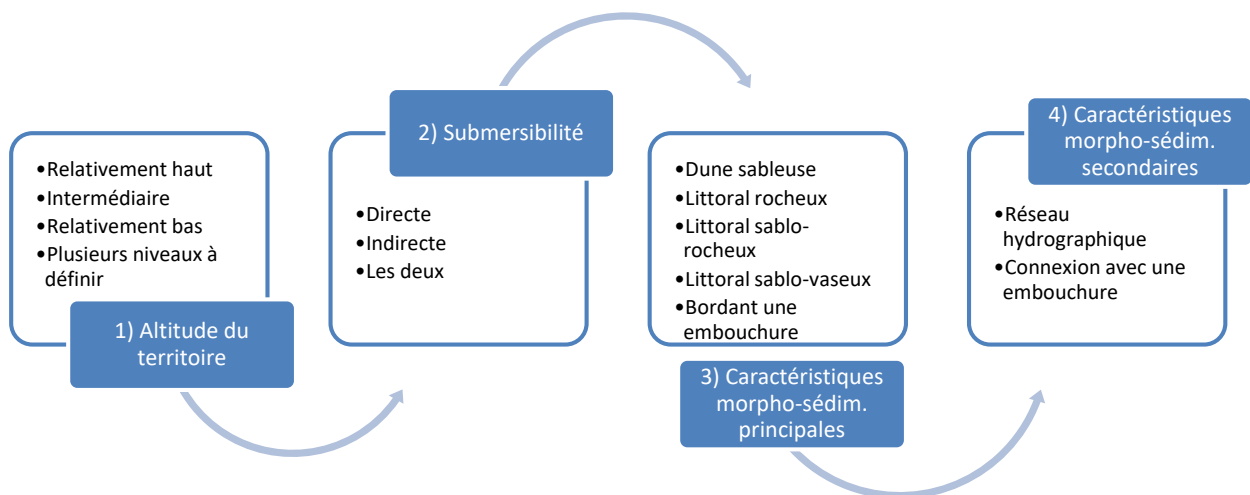


Figure 14 : Les 4 étapes nécessaires à la détermination du type de côte selon des critères géomorphologiques.

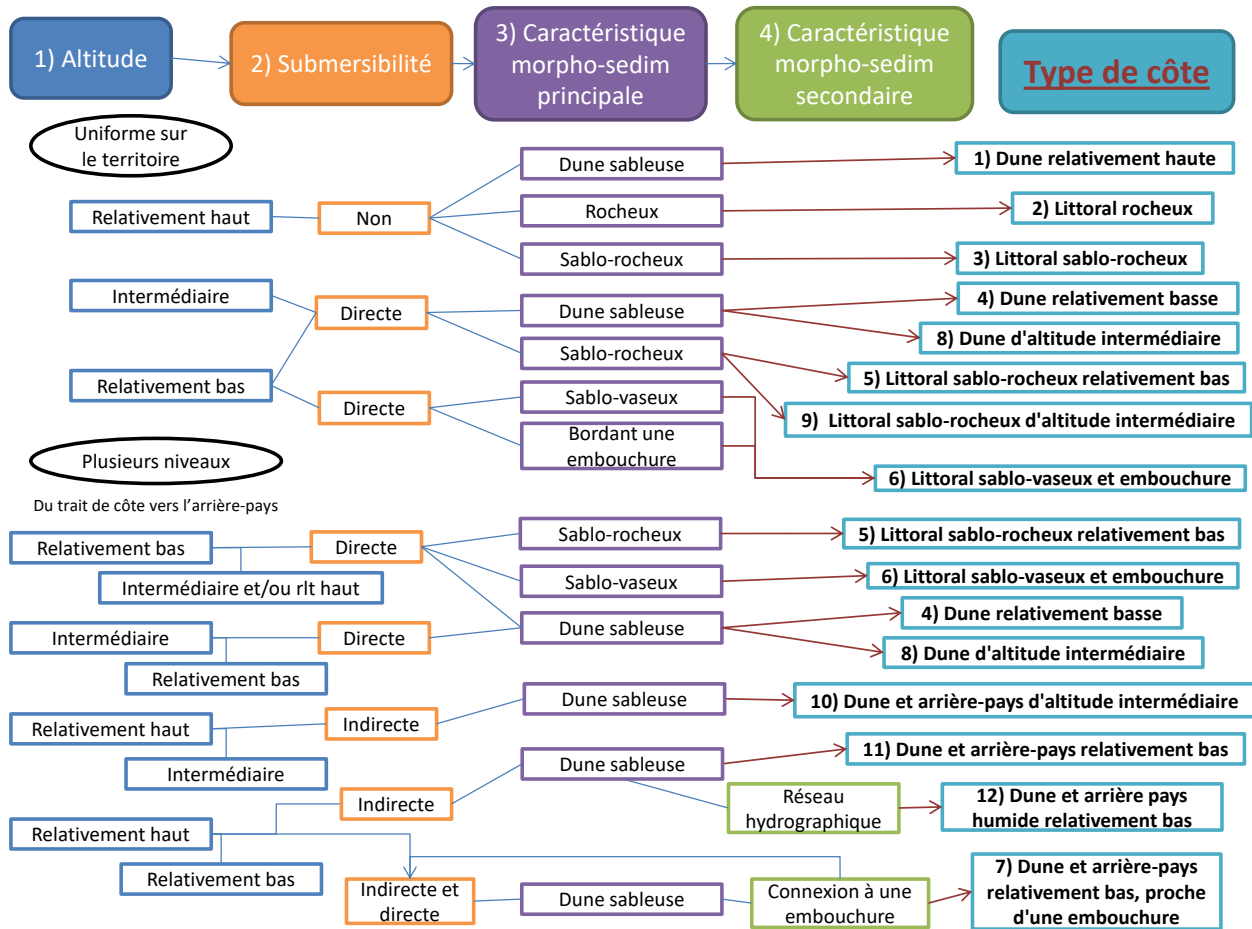


Figure 15 : Arbre de décision présentant l'ensemble des choix possibles pour les 4 critères de détermination du type de côte.

3.1.2. Inventaire des données utiles à la cartographie

Altitudes atteintes par la mer et les vagues lors d'évènements météo-marins

Pour qualifier l'altitude relative des territoires par rapport à l'aléa submersion, il est nécessaire de définir les seuils d'altitude « hydrodynamique », c'est-à-dire les seuils qui peuvent être atteints par la mer et par les vagues lors d'évènements météo-marins particuliers.

Dans le cas de la submersion par débordement, l'inondation est liée à l'altitude du niveau marin qui dépasse la cote des terrains littoraux. Le niveau marin est déterminé par des méthodes plus ou moins complexes, qui prennent en compte différentes composantes météo-marines (MEDDE, 2014 ; Garcin *et al.*, 2012). En Aquitaine, ces méthodes sont mises en œuvre localement dans le cadre d'expertise locale (CETE SO, 2010) ou lors la réalisation des PPRL et des TRI (Mugica *et al.*, 2013, Bulteau *et al.*, 2013). Mais actuellement, les seules données synthétiques pour l'ensemble de la région Aquitaine sont disponibles dans le rapport SHOM-CETMEF (2012) traitant des niveaux marins extrêmes. Les niveaux centennaux estimés dans ce document pour la façade océanique de la région sont compris entre 2,93m et 3,72m NGF (Figure 16). Il faut noter que ces statistiques ne prennent pas en compte l'ensemble des composantes météo-marines affectant le niveau (e.g. surcote liée au déferlement des vagues sur le littoral), ni les processus hydrodynamiques à l'échelle locale (courant landais, Bassin d'Arcachon par exemple).

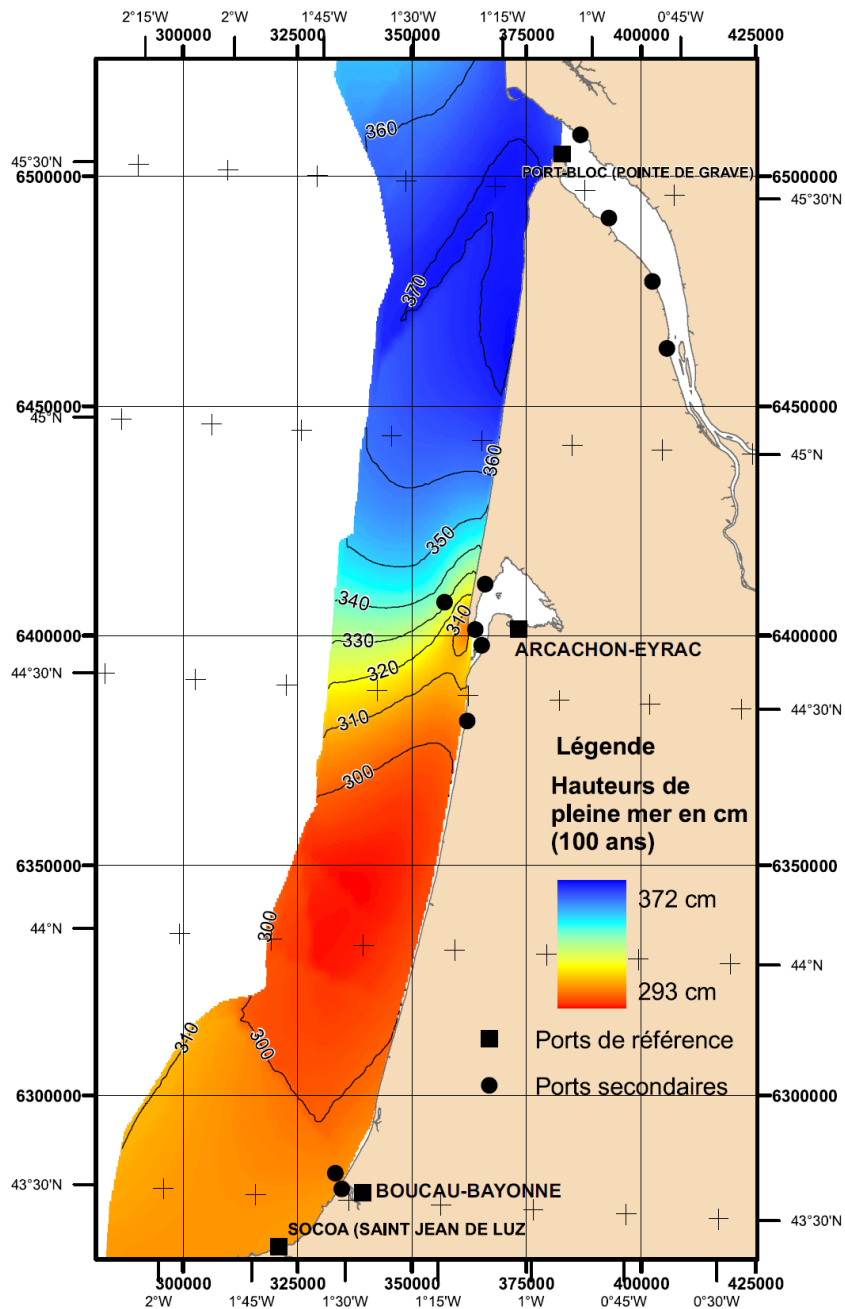


Figure 16 : Carte de niveaux extrêmes de pleine mer (période de retour 100 ans). Source : SHOM-CETMEF, 2012.

Dans le cas de la submersion par des paquets de mer, l'inondation est liée à la propagation de vagues déferlantes sur le domaine terrestre. Mais l'altitude maximale atteinte par les vagues (jet de rive) est un facteur très mal connu actuellement en Aquitaine (pas ou peu de mesures). Pour cette étude, il est considéré par hypothèse que les paquets de mer peuvent dépasser de 3 m l'altitude du niveau marin moyen lors d'un évènement de tempête.

De plus, une hypothèse de montée du niveau marin lié au changement climatique de 1 m à l'horizon 2100 est également prise en compte dans la définition des seuils.

Pour les tests préliminaires de cartographie des types de côte, la définition des seuils d'altitude a été discutée lors du comité technique de juillet 2013. Le comité a validé l'hypothèse d'un seuil régional « **relativement bas** » de 5 m NGF et d'un seuil régional « **relativement haut** » de 8 m NGF. Ces valeurs sont des estimations préliminaires qui nécessitent d'être précisées et améliorées par des études complémentaires.

Modèle Numérique de Terrain

Les données cartographiques d'élévation sont utilisées par recoupement avec les seuils d'altitudes atteintes par la mer pour identifier les territoires « relativement haut », « intermédiaire » ou « relativement bas ».

Pour les premiers tests de cartographie régionale, les territoires « relativement bas » sont situés sous 5 m NGF et sont susceptibles de subir une submersion par débordement en cas d'évènement météo-marin exceptionnel et/ou de montée du niveau marin.

Les territoires « d'altitudes intermédiaires » sont situés entre 5 et 8 m NGF. Ils sont susceptibles de subir une submersion par paquets de mer en cas d'évènement météo-marin exceptionnel et/ou de montée du niveau marin.

Les territoires « relativement haut » ont une altitude supérieure à 8m NGF et sont considérés comme non-sensibles à la submersion marine, même en cas de montée du niveau marin de 1m.

Pour ce travail réalisé en grande partie en 2013, les données de la BD Alti de l'IGN ont été utilisées. Ce MNT facilement exploitable présente en outre l'avantage d'une couverture régionale globale. La résolution au sol est de 25 m, ce qui signifie que chaque maille mesure 25 m de côté. La précision est métrique et l'altitude de chaque maille est exprimée en entier relatif. Ce produit IGN est aisément utilisable avec un SIG comme ArcGis® pour un traitement à l'échelle régionale. Il faut noter que la qualité globale de l'information géomorphologique du produit BD Alti n'a pas été estimée pour le domaine côtier dans le cadre de ce travail. De plus, la résolution et la précision de ce produit restent relativement limitées et ne permettent pas de représenter les formes avec une grande précision, mais elles apparaissent suffisantes pour établir un tout premier niveau d'information géographique pour l'Aquitaine. Pour avoir des résultats plus fins et plus précis dans le but d'une application de la méthodologie à une échelle locale, il est recommandé de remplacer les données de la BD Alti par des données LiDAR, si elles sont disponibles.

Trait de côte et largeur de la bande côtière étudiée

Le trait de côte est un élément primordial pour séparer les zones marines et le secteur terrestre sur lequel l'altitude relative du littoral sera évaluée par rapport aux seuils hydrodynamiques. Pour ce travail, il est convenu que le trait de côte officiel du SHOM Histolitt v2 (2009) soit utilisé. Ce produit ne permet pas de prendre en compte les évolutions récentes du littoral comme lors des levés annuels réalisés par l'OCA (Mallet *et al.*, 2012), mais il présente l'avantage d'une couverture complète de la région et d'une bonne prise en compte des estuaires, fleuves côtiers et lagunes.

Le trait de côte Histolitt est défini par le SHOM comme la laisse des plus hautes mers dans le cas d'une marée astronomique de coefficient 120 et dans des conditions météorologiques normales (pas de vent du large, pas de dépression atmosphérique susceptible d'élever le niveau de la mer). Théoriquement, il doit correspondre à la limite supérieure de l'estran et se situe donc forcément en zone « relativement basse ». Le repérage de ces zones « relativement basses » situées au niveau du trait de côte Histolitt ne présente pas d'intérêt particulier, surtout en considérant la faible résolution du MNT utilisé (BDAlti à 25m). Il est alors apparu raisonnable de définir une zone tampon de 50 m vers la terre entre le trait de côte et la bande côtière étudiée.

De fait, le trait de côte employé pour les travaux de cartographie constitue l'élément de référence pour délimiter la zone d'étude vers la mer (zone tampon de 50m), mais également vers l'intérieur des terres. Pour les premiers essais de cartographie, la limite à terre de la zone d'étude a été arbitrairement choisie à 1000 m du trait de côte. Cette largeur peut être discutée car elle doit à la fois englober l'évolution érosive du littoral dans le temps et la propagation d'une submersion à l'intérieur des terres (en zones basses). Une largeur de 1000 m semble suffisante (et vraisemblablement sécuritaire) à l'horizon 2100. Mais localement, il est envisageable d'augmenter cette bande d'étude dans le cas de zones basses connectées à une embouchure fluviale ou un estuaire.

Enfin, le trait de côte est aussi utilisé pour la représentation de la typologie des côtes. En effet, le travail de cartographie par SIG permet de segmenter le trait de côte en parties qui synthétisent le type de côte de la bande littorale adjacente. Ce type de représentation de résultat au niveau du trait de côte est similaire à ce qui a été produit pour représenter l'aléa « érosion » à l'horizon 2020-2040 dans le cadre de la stratégie régionale menée par le GIP Littoral Aquitain (Aubié *et al.*, 2011). De plus, ce mode de représentation permet de bien distinguer cette démarche amont globale à l'échelle régionale et les travaux de cartographie des zones d'aléa mis en œuvre localement dans le cadre des PPRL et des TRI.

Nature morpho-sédimentaire du littoral

Les données utiles pour définir les critères morpho-sédimentaires d'un segment de côte sont diverses. On distingue les informations cartographiques qui peuvent être superposées aux couches MNT et trait de côte dans le SIG et les informations non géoréférencées dans le SIG qui peuvent également apporter une aide précieuse à la classification.

Les données géographiques employées sont :

- Orthophotographie littorale
- Scan 25 IGN
- Couche type de front dunaire (ONF/OCA)
- Carte littorale, assemblage des cartes marines du Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) et des cartes terrestres de l'IGN, service en ligne Geolittoral.

Les autres informations utilisées :

- Base de données de photographies obliques, OCA
- Atlas « type de côte », base de données OCA.

3.1.3. Etapes de réalisation des cartes

La réalisation d'une carte représentant la classification régionale des environnements côtiers aquitains par rapport à la submersion marine peut se décomposer en 7 étapes de travail illustrées sur la Figure 17.

La première étape consiste à découper dans le MNT initial (BDAlti IGN), la bande côtière qui sera étudiée. Cette étape est réalisée à partir du trait de côte de référence (Histolitt v2 pour cette étude) et des limites définies pour la bande côtière (arbitrairement entre 50 et 1000 m du trait de côte pour les premiers essais de cartographie).

La seconde étape vise à appliquer au MNT découpé les seuils hydrodynamiques définis, afin d'établir les limites des zones « relativement basses », « intermédiaires » ou « relativement hautes ».

La troisième étape est une analyse de la morphologie pour repérer les limites de submersibilité indirecte des secteurs relativement bas ou intermédiaires situés derrière une barrière relativement haute.

La quatrième étape utilise un ensemble de données élargi pour établir la nature morpho-sédimentaire du littoral, selon les critères définis dans le paragraphe 2.1.1 : dunes sableuses, littoral rocheux, sablo-rocheux, sablo-vaseux ou proche d'une embouchure.

La cinquième étape se concentre sur la détection des critères morpho-sédimentaires secondaires : présence du réseau hydrographique ou connexion de l'arrière-pays avec un littoral relativement bas ou une embouchure.

La sixième étape permet de synthétiser l'ensemble des analyses préalables. Il s'agit de segmenter le trait de côte pour délimiter les différents types de côte du littoral aquitain. Le type de côte est établi selon l'arbre de décision présenté dans la Figure 15. L'échelle de travail est de l'ordre du 1/5000^{ème}, mais peut nécessiter d'être raffinée selon les secteurs segmentés.

La septième étape consiste à compléter la table attributaire jointe au fichier de forme SIG. Il s'agit d'attribuer à chacun des segments l'un des 12 types de côtes prédéfinis.

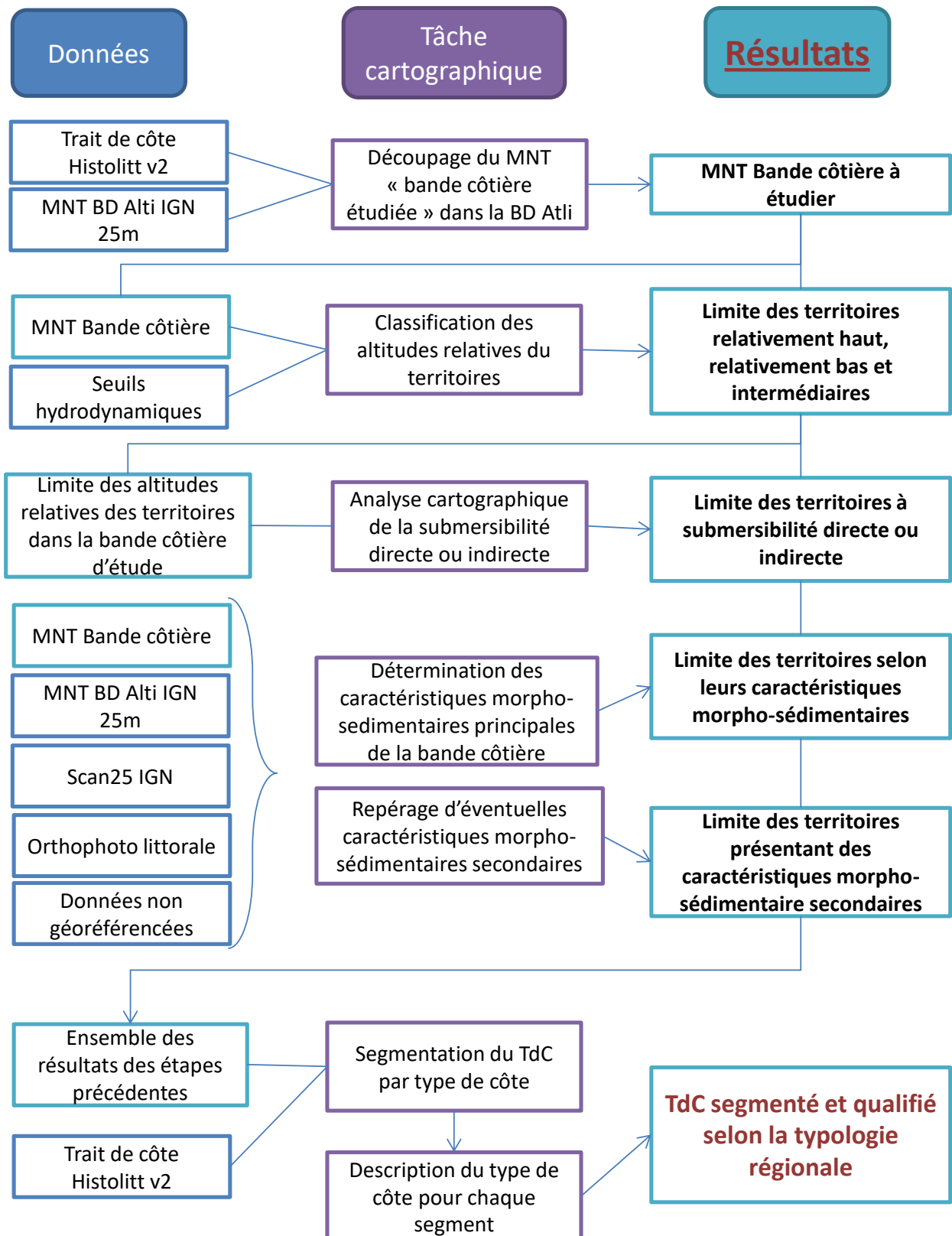


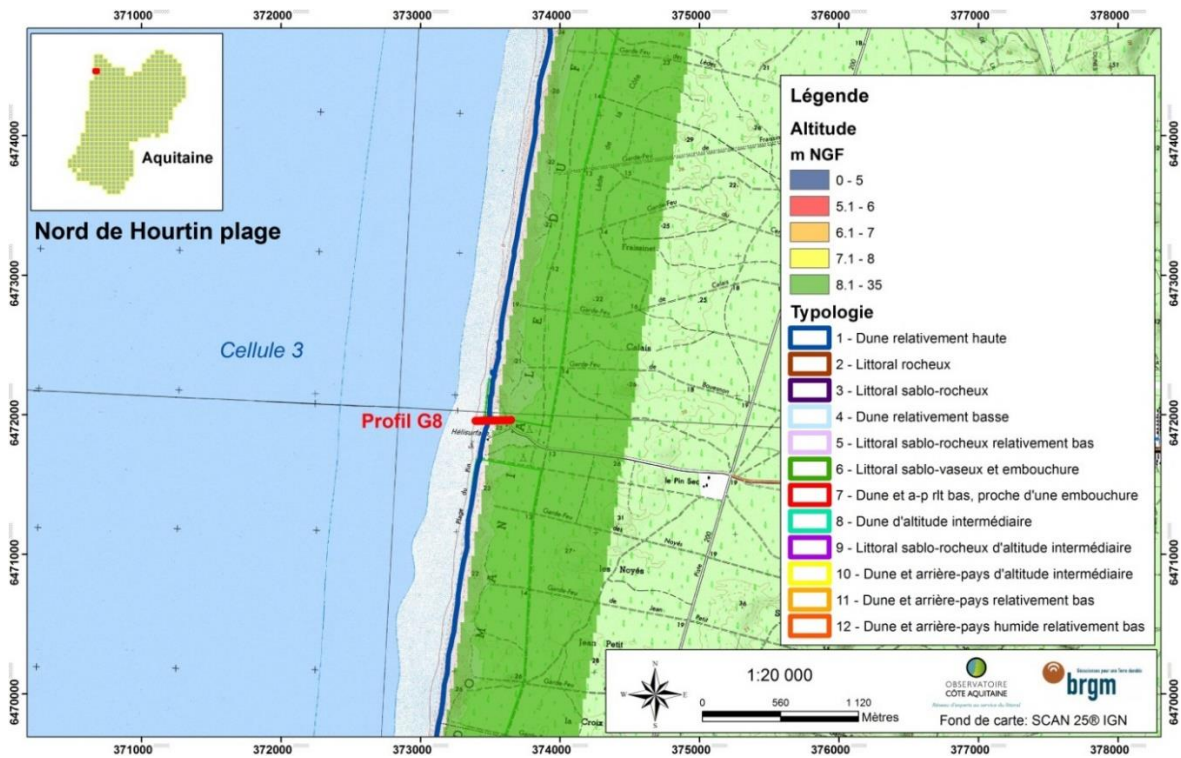
Figure 17 : Etapes de réalisation d'une cartographie des environnements côtiers aquitains par rapport à la submersion marine. Les données employées pour chaque étape et les résultats attendus sont détaillés.

3.2. ILLUSTRATION CARTOGRAPHIQUE DE LA TYPOLOGIE REGIONALE

Cette partie a pour but d'illustrer la typologie définie pour la côte aquitaine par des cartes et des profils topographiques caractéristiques, quand ils sont disponibles.

3.2.1. Dune relativement haute

La carte suivante (Figure 18) illustre un environnement de dunes relativement hautes, peu exposées à la submersion marine. Il s'agit d'un secteur situé au nord d'Hourtin plage, au niveau d'un profil topographique régulièrement suivi par l'OCA. La bande côtière située entre 50 m et 1000 m du trait de côte Histolitt est caractérisée par des altitudes supérieures à 8 m NGF selon la BDAlti de l'IGN. Le profil topographique OCA (Figure 19) permet la comparaison avec le modèle schématisé du type de côte (Figure 1). La photo oblique (Figure 19) illustre bien la nature morfo-sédimentaire du littoral.



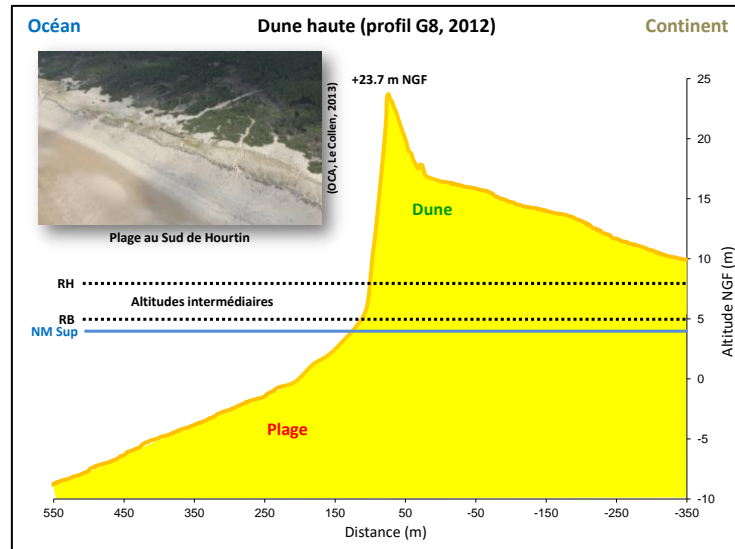


Figure 19 : Profil topographique G8 OCA caractéristique du secteur de Dune relative haute situé au nord de Hourtin plage.

3.2.2. Littoral rocheux

La carte suivante (Figure 20) illustre l'environnement de côte rocheuse caractéristique de la Corniche Basque. Cet environnement littoral n'est pas exposé à la submersion marine, le trait de côte, matérialisé par le pied de falaise, se situant déjà au-dessus du seuil relativement haut, comme le schématise la Figure 21.

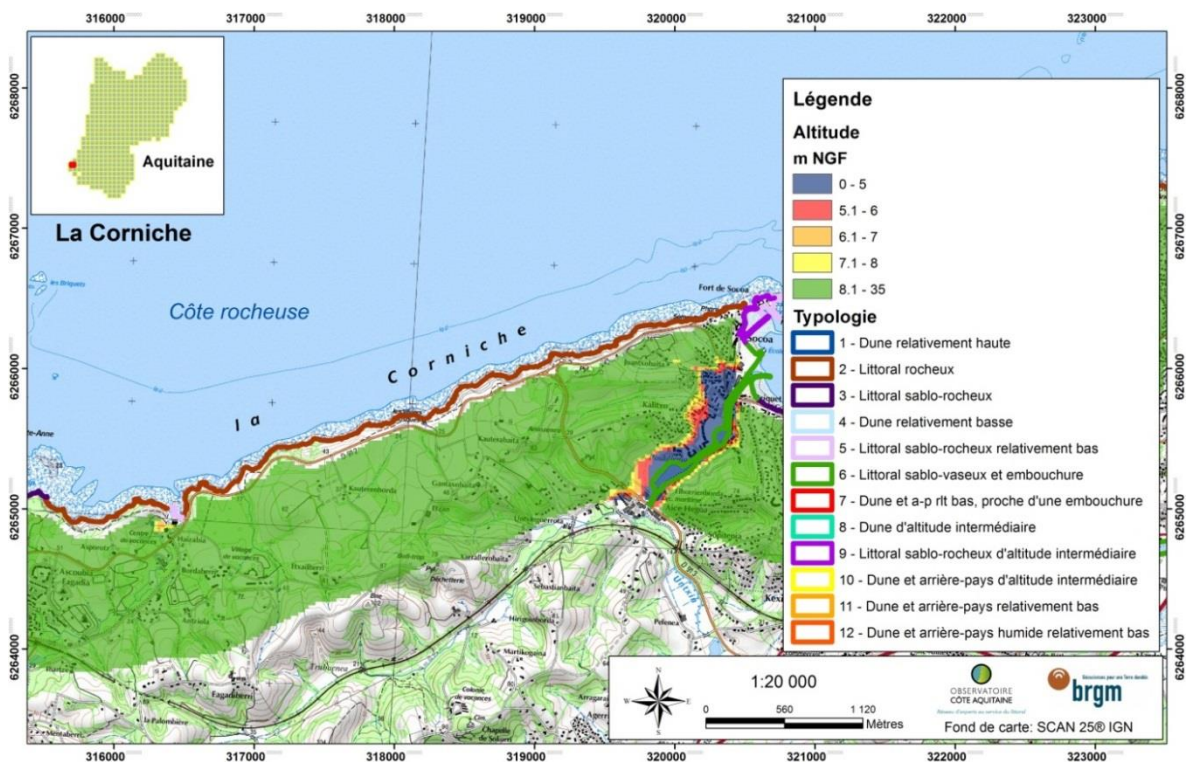


Figure 20 : Carte d'un secteur de « littoral rocheux » situé entre Ciboure et Hendaye.

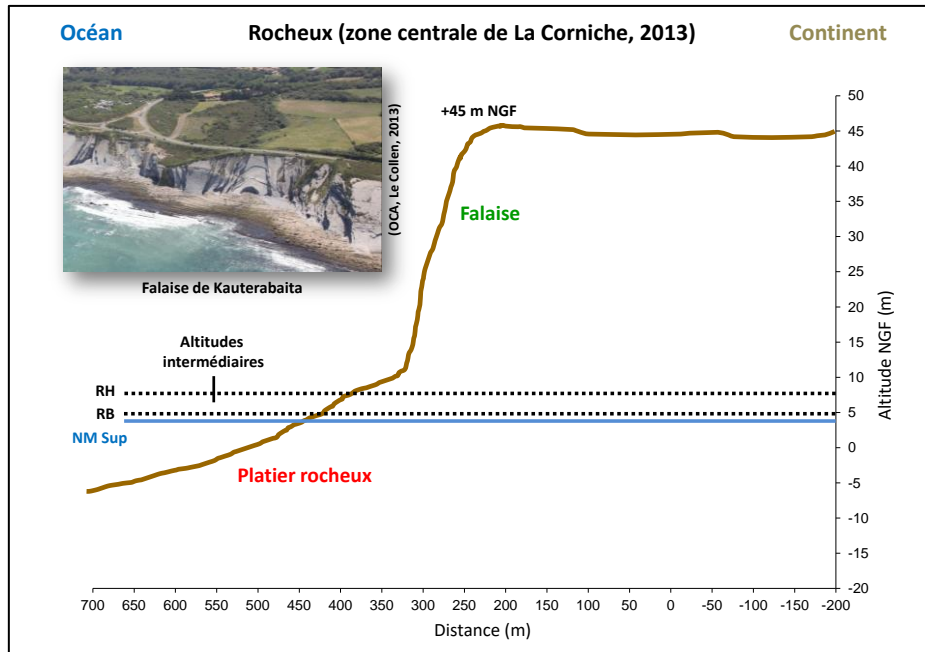


Figure 21 : Profil topographique caractéristique du secteur de « littoral rocheux » de la Corniche Basque.

3.2.3. Littoral sablo-rocheux

Ce type de littoral se retrouve par exemple au niveau des plages d'Anglet et de Biarritz. La carte suivante (Figure 22) montre la présence des différents types de littoraux sablo-rocheux pour ces secteurs, en fonction de l'altitude relativement haute, basse ou intermédiaire des terrains situés entre le trait de côte Histolitt et le pied de la falaise rocheuse. Dans ce secteur, il apparait que les données de la BDALti 25m ne sont pas bien adaptées à la cartographie fine, c'est pourquoi elles ne sont pas représentées sur la carte en exemple. Cette carte est fournie ici à titre informatif : les limites proposées et la classification associée ne doivent pas être utilisées pour une analyse locale. L'utilisation de données LiDAR et/ou d'autres données topographiques récentes et à haute résolution (non visibles sur la carte) peuvent permettre de définir plus précisément l'altitude des zones littorales situées entre le trait de côte et la falaise.

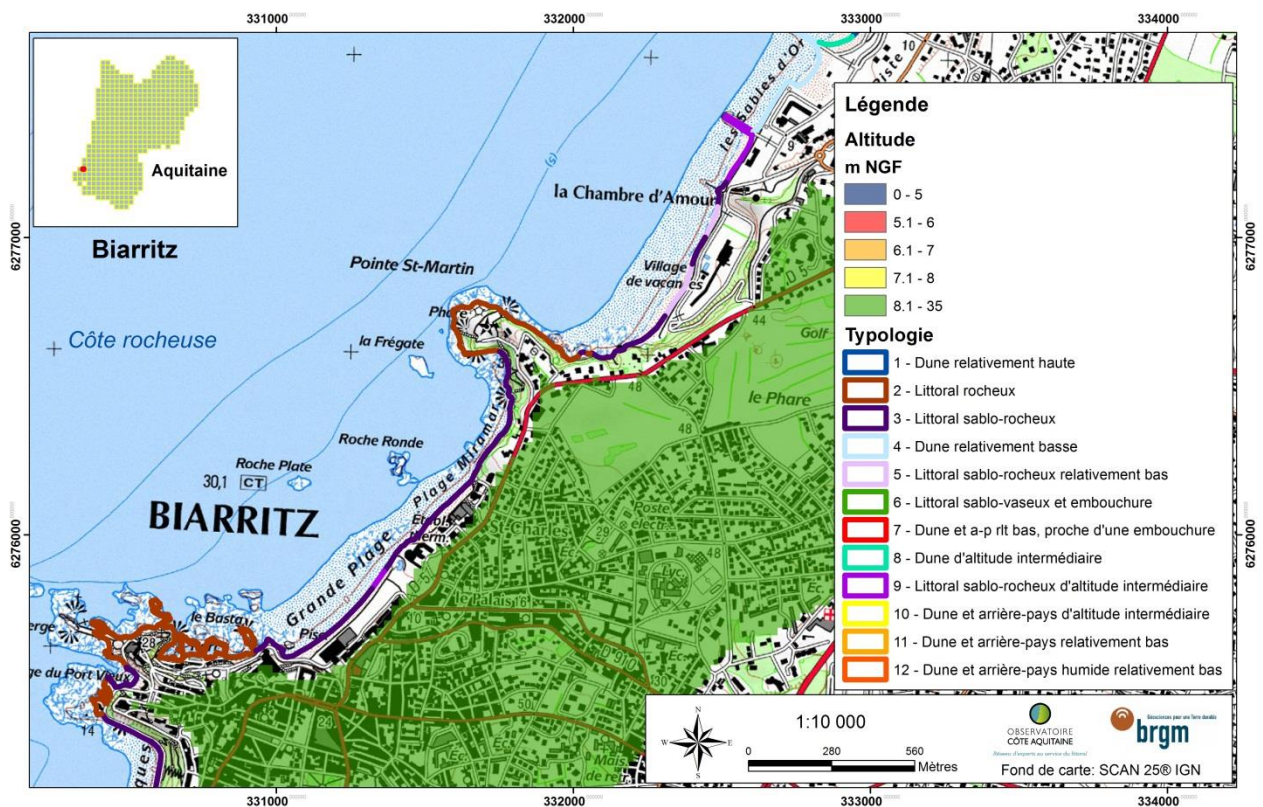
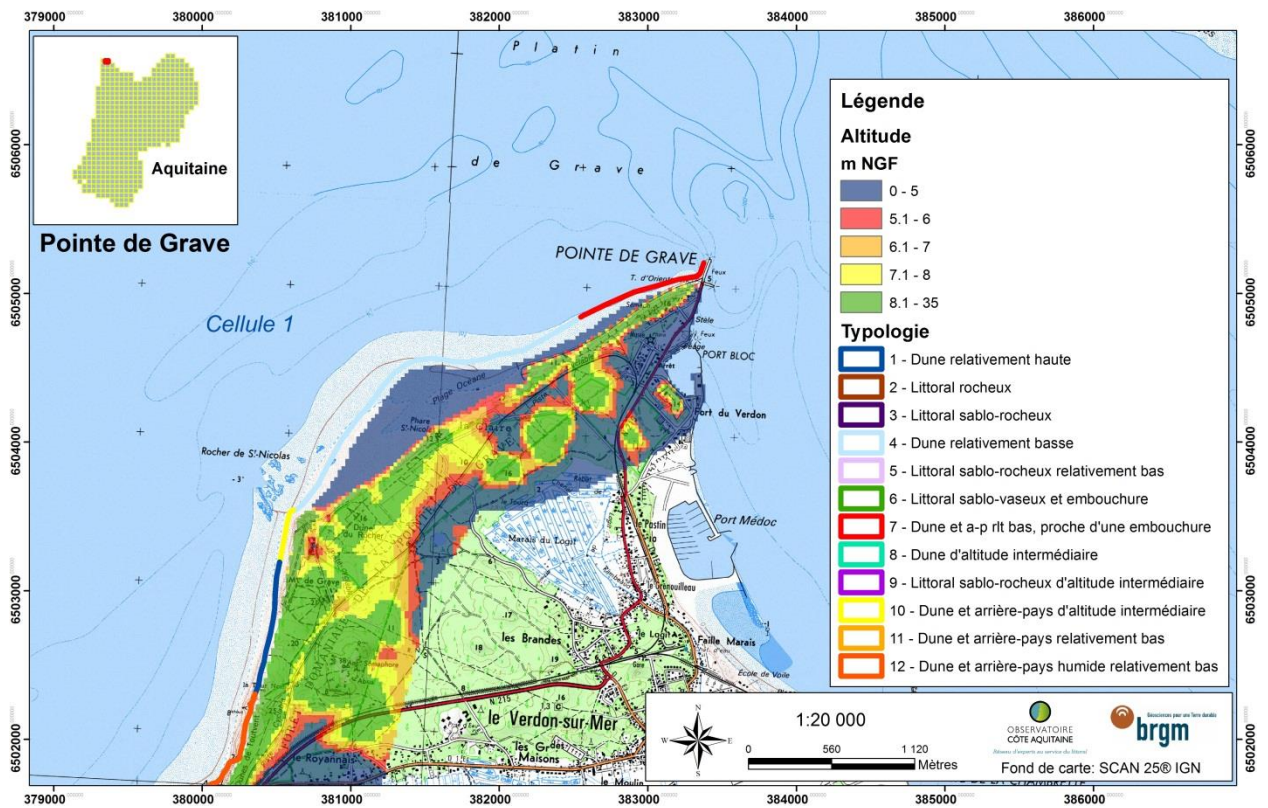


Figure 22 : Carte de secteurs de « littoraux sablo-rocheux », « littoraux sablo-rocheux d'altitude intermédiaire » et « littoraux sablo-rocheux relativement bas » situés entre Anglet et Biarritz.

3.2.4. Dune relativement basse

La carte suivante (Figure 23) représente la pointe du Médoc. Un certain nombre d'environnements côtiers potentiellement exposés à la submersion ont été cartographiés dans ce secteur. La Pointe de St Nicolas est constituée d'une vaste étendue sableuse peu élevée qui illustre bien le type « dunes relativement basses ».



3.2.5. Littoral sablo-rocheux relativement bas

Ce type de côte a été cartographié au niveau de la Chambre d'Amour à Anglet (Figure 22). Les limites d'utilisation des informations de cette carte, formulées précédemment (§3.2.3), restent valables pour ce type de côte.

3.2.6. Littoral sablo-vaseux et embouchure

Ce type de côte exposé à la submersion marine est caractéristique du littoral bordant le Bassin d’Arcachon (Figure 24). Le profil morpho-sédimentaire et la photographie aérienne de la Figure 25 illustrent l’anse du Sangla située au sud de Claouey, en bordure sud de la carte.

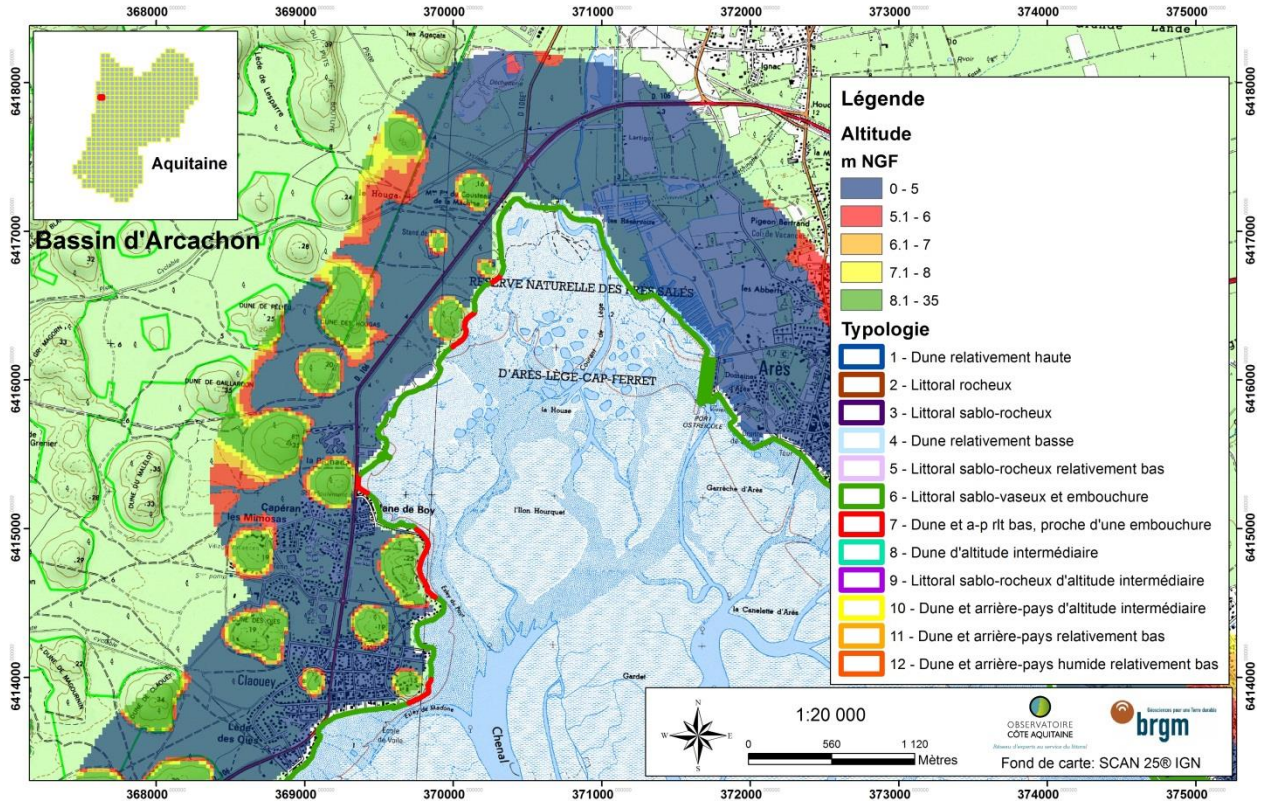


Figure 24 : Carte d'un secteur de « littoral sablo-vaseux et embouchure » situé au nord du Bassin d’Arcachon.

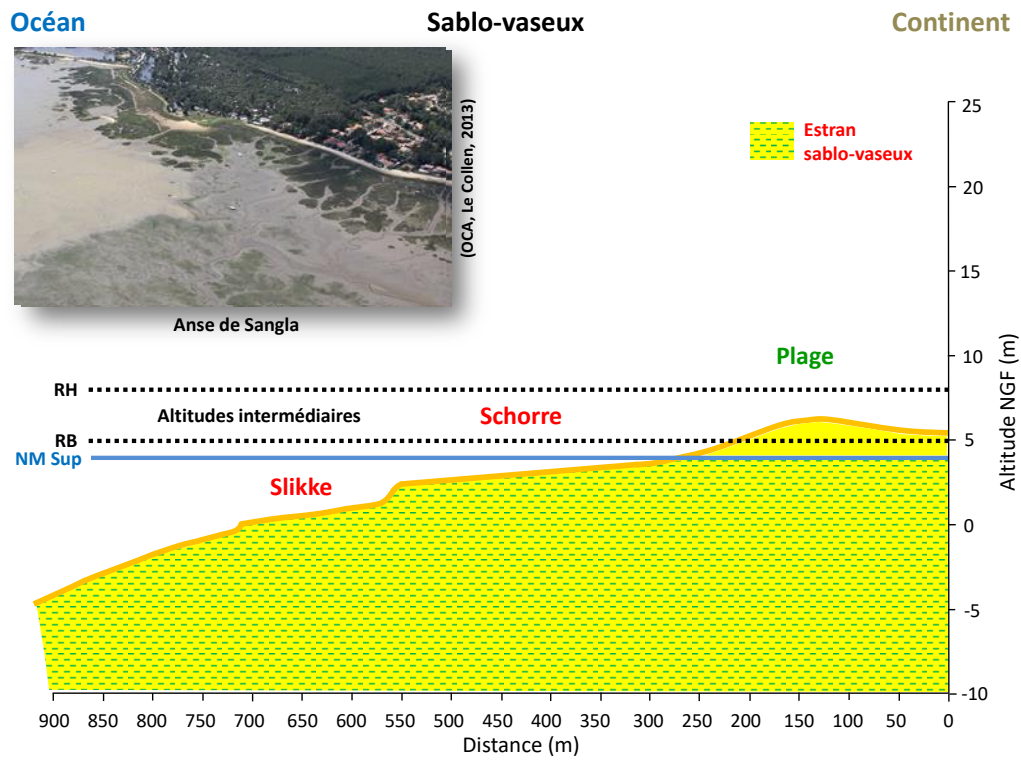


Figure 25 : Profil topo-bathymétrique caractéristique du secteur de « littoral sablo-vaseux et embouchure » du Bassin d'Arcachon.

3.2.7. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas proche d'une embouchure

Ce type d'environnement sensible à la submersion se retrouve notamment à proximité de l'embouchure des Courants landais, comme l'illustre la carte suivante (Figure 26) située à Vieux-Boucau. La Figure 24 montre également que ce type de côte se retrouve autour du Bassin d'Arcachon. Sa détermination implique la recherche d'une connexion morphologique de l'arrière-pays avec des zones relativement basses. Cette connexion explique une sensibilité potentielle à la submersion en cas de propagation de l'inondation depuis l'embouchure. En cas de très vastes zones basses connectées, les limites de ce type de côte sont choisies de façon arbitraire dans le cadre de cette étude, comme c'est le cas au nord de Vieux-Boucau (Figure 26). La détermination de ces limites nécessite une étude historique et/ou la mise en place de modélisation qui simule la propagation de la submersion marine, ce qui n'est pas envisageable dans le cadre de cette étude.

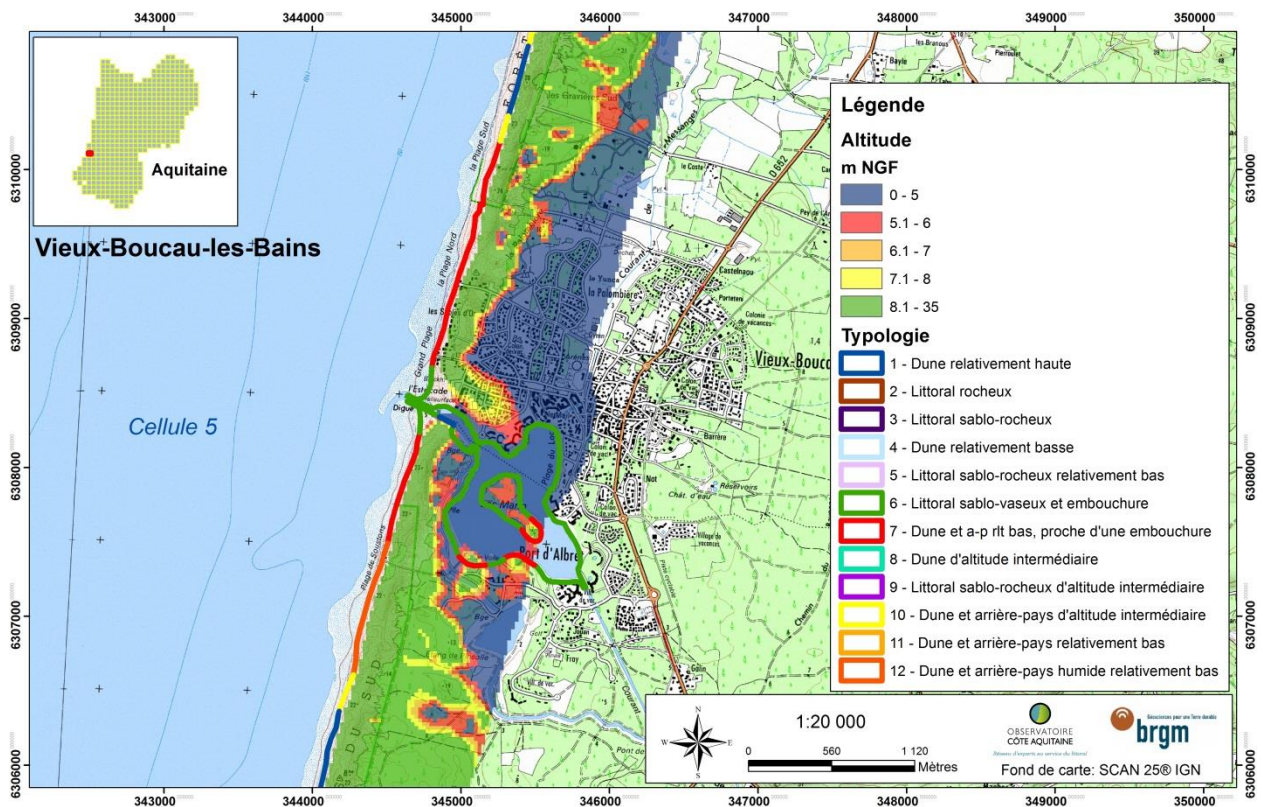


Figure 26 : Carte d'un secteur de « Dunes (hautes) et arrière-pays relativement bas proche d'une embouchure » situé au niveau de Vieux Boucau-les-Bains.

3.2.8. Dune d'altitude intermédiaire

Ce type de côte est illustré ici par un petit secteur situé au sud de Montalivet (Figure 27). La BDAlti montre que quelques mètres de dune, positionnés en dehors de la zone « tampon » située à 50 m du trait de côte, se trouvent à des altitudes intermédiaires. En cas de submersion par paquets de mer, on peut faire l'hypothèse qu'une faible surface de dune sera concernée, toutefois, une estimation précise de l'aléa sur ce secteur nécessite la prise en compte de données nettement plus précises et mises à jour que celles employées pour cette approche à l'échelle régionale. Ce type d'environnement est également présent dans le secteur de Tarnos (Figure 30).

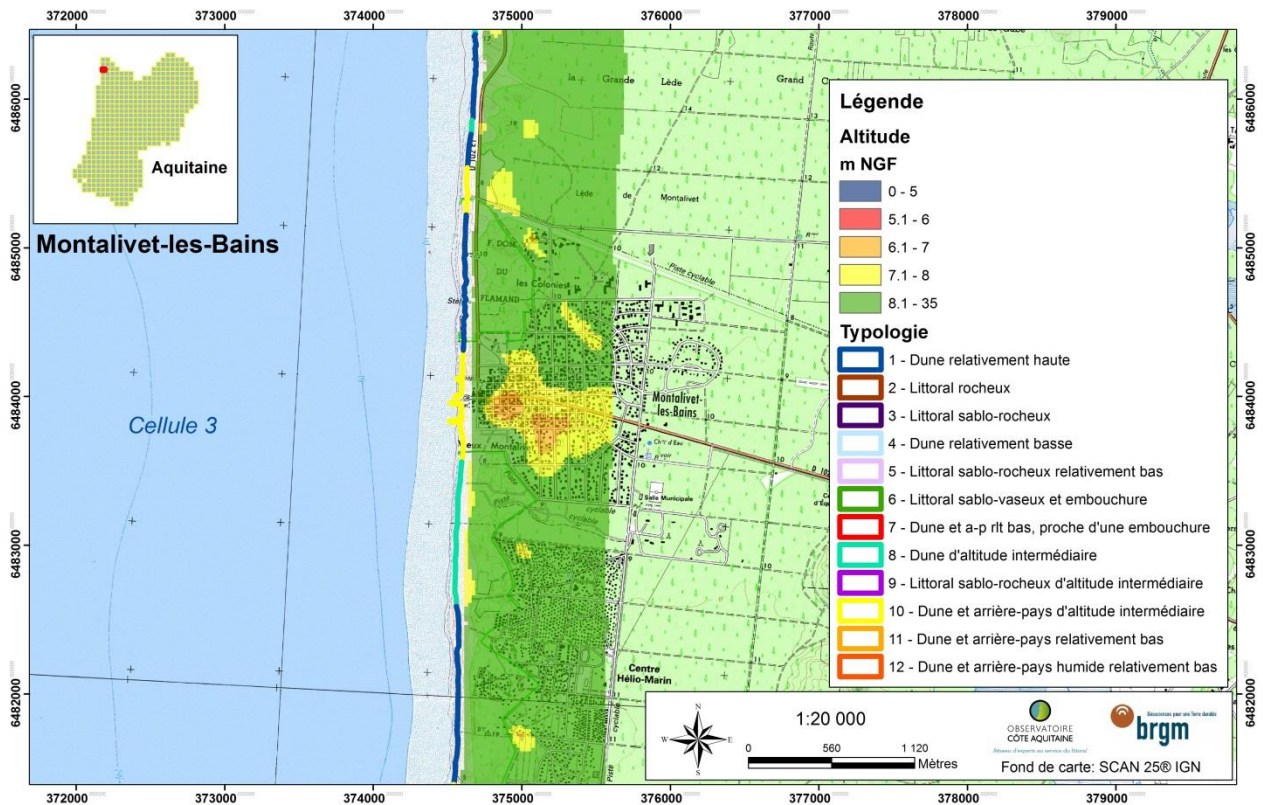


Figure 27 : Carte d'un secteur de « Dunes d'altitudes intermédiaires » situé à Montalivet.

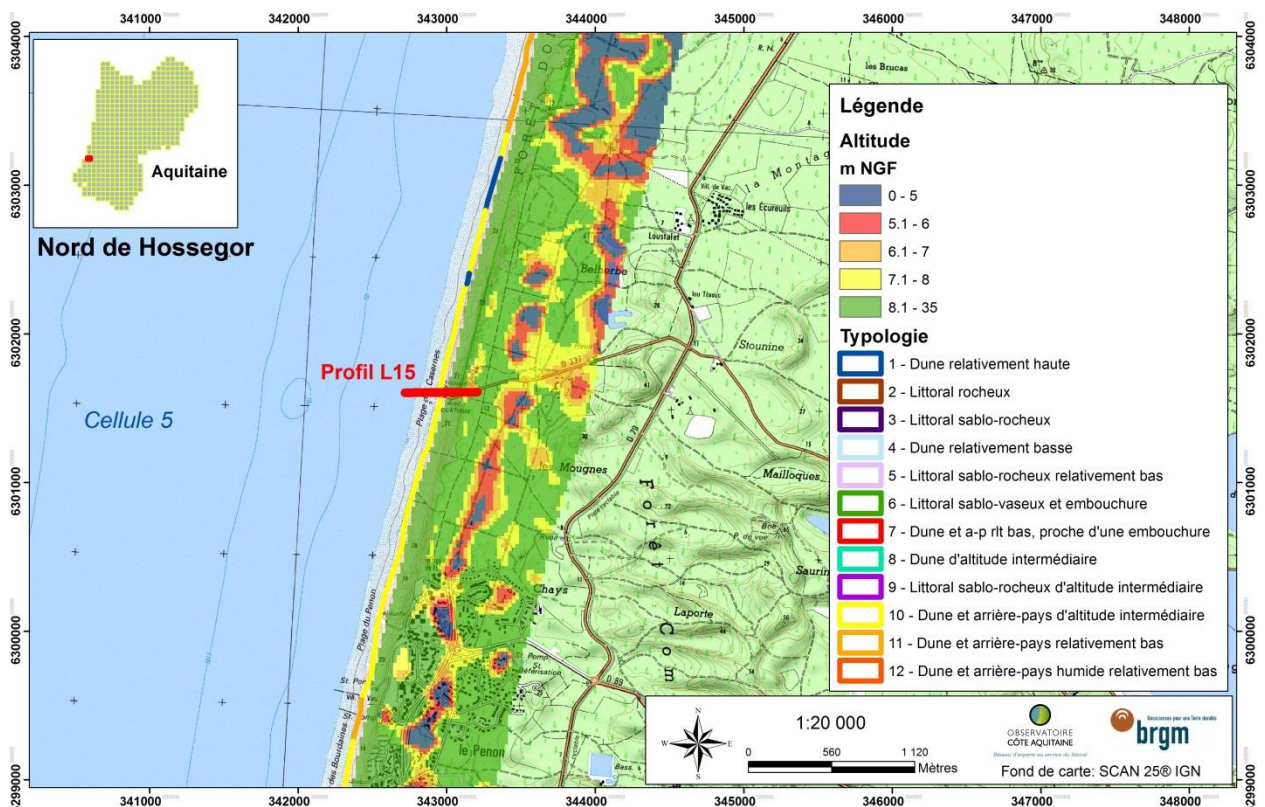
3.2.9. Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire

Ce type de côte a été cartographié au niveau d'Anglet et de la Grande Plage de Biarritz (Figure 22). Les limites d'utilisation des informations de cette carte, formulées précédemment, restent valables pour ce type de côte.

3.2.10. Dune (haute) et arrière-pays d'altitude intermédiaire

Ce type de côte est caractéristique du secteur cartographié au nord d'Hossegor (Figure 28) et se retrouve également au niveau de Montalivet (Figure 27). Sur la carte du nord d'Hossegor, on constate qu'un certain nombre de zones d'arrière-dunes est situé sous le seuil relativement bas. Ces secteurs étant peu étendus, et le niveau marin centennal étant moins élevé dans les Landes qu'en Gironde, il a été choisi arbitrairement de ne pas prendre en compte dans la cartographie les petits secteurs relativement bas d'altitudes très proches de 5 m NGF. Ce type de choix cartographique, à dire d'expert, illustre la part de subjectivité inhérente à une cartographie préliminaire à l'échelle régionale.

Le profil topographique OCA (Figure 29) permet la comparaison avec le modèle schématisé du type de côte (Figure 11). Il montre que l'arrière-dune se situe à la limite du seuil relativement bas.



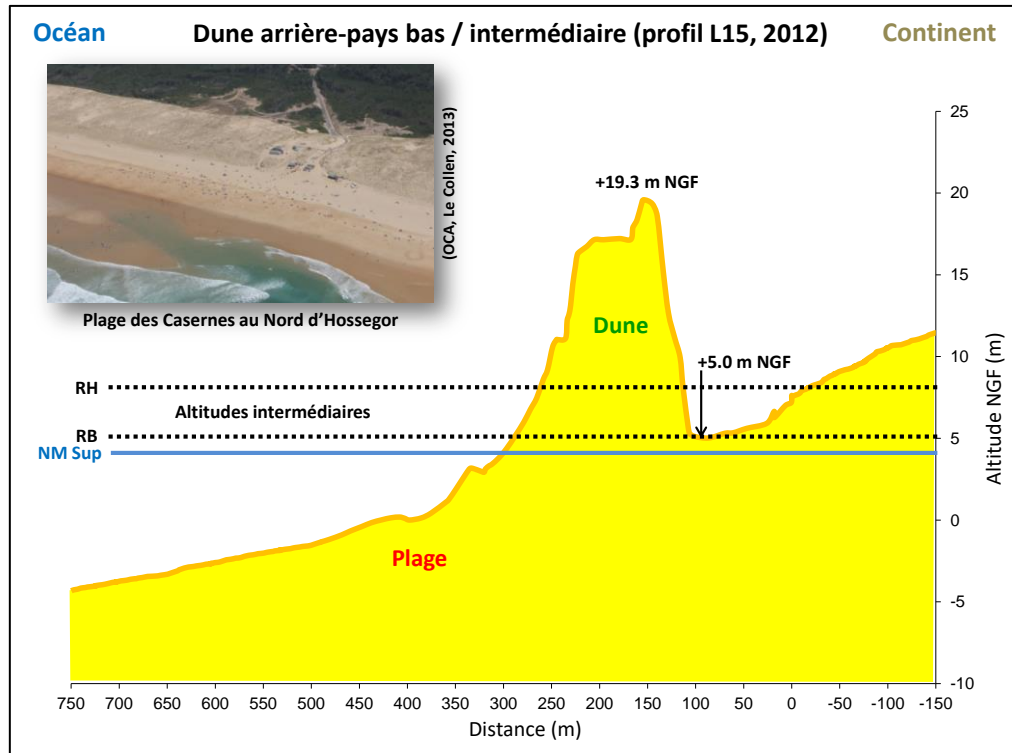


Figure 29 : Profil topographique L15 OCA caractéristique du secteur de dunes (hautes) et arrière-pays d'altitude intermédiaire situé au nord d'Hossegor.

3.2.11. Dune (haute) et arrière-pays relativement bas

Le secteur de Tarnos illustre bien le type de côte « Dune et arrière-pays relativement bas ». La carte (Figure 30) permet de constater que le caractère relativement bas de l'arrière-dune est nettement plus marqué à Tarnos qu'au nord d'Hossegor (Figure 28). L'exposition de ce type de côte à la submersion est ici très corrélée avec l'évolution des dunes et leur capacité à résister à des événements érosifs majeurs.

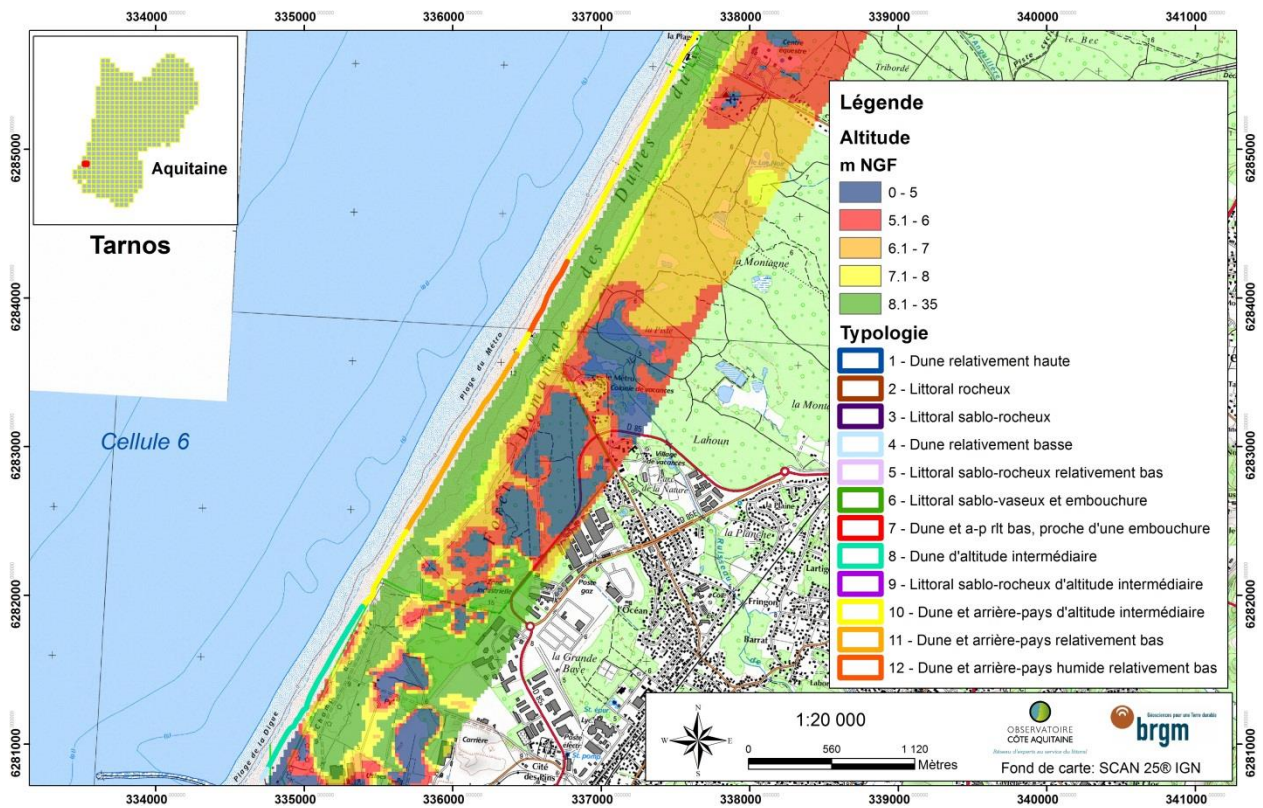


Figure 30 : Carte de secteurs de « Dunes (hautes) et arrière-pays relativement bas » et « Dunes hautes et arrière-pays humide relativement bas » situés à Tarnos.

3.2.12. Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas

La zone de Tarnos dans les Landes permet également d'illustrer la classe « Dune et arrière-pays humide relativement bas » (Figure 30). Ainsi, le scan TOPO25 IGN et les orthophographies littorales permettent de détecter la présence d'étangs et de petites connexions hydrographiques situés derrière les dunes, dans des secteurs d'altitudes relativement basses.

4. Cartographie préliminaire à l'échelle régionale

Le chapitre précédent a permis d'illustrer les différents types de côte déterminés à partir d'exemples cartographiques locaux. Mais le travail de segmentation du trait de côte décrit dans la partie 3.1.3 a été réalisé pour l'ensemble de la région Aquitaine. Ce chapitre propose une cartographie préliminaire des typologies des littoraux par rapport à la submersion marine à l'échelle régionale, sur la base d'hypothèses et de données régionales qui mériteraient d'être approfondies dans une étude spécifique. Elle repose notamment sur une segmentation du trait de côte Histolitt v2, qui présente des caractéristiques différentes des données couramment utilisées en matière de trait de côte en Aquitaine. Toutefois, le trait de côte Histolitt v2 permet de représenter des environnements littoraux particulièrement sujets à la submersion, qui ne sont pas toujours retranscrits dans les autres traits de côtes disponibles. Les données utilisées et hypothèses fortes retenues pour la cartographie des secteurs du littoral ont été validées lors du comité technique d'octobre 2013 et jugées suffisantes pour cette étude qui vise à fournir des éléments de réponse préliminaires sur ce sujet. La présentation des résultats est réalisée selon les grandes entités géomorphologiques littorales (côte sableuse, Bassin d'Arcachon, côte rocheuse), puis sous forme de synthèse globale.

4.1. CARTOGRAPHIE DE LA COTE SABLEUSE

4.1.1. Côte sableuse girondine

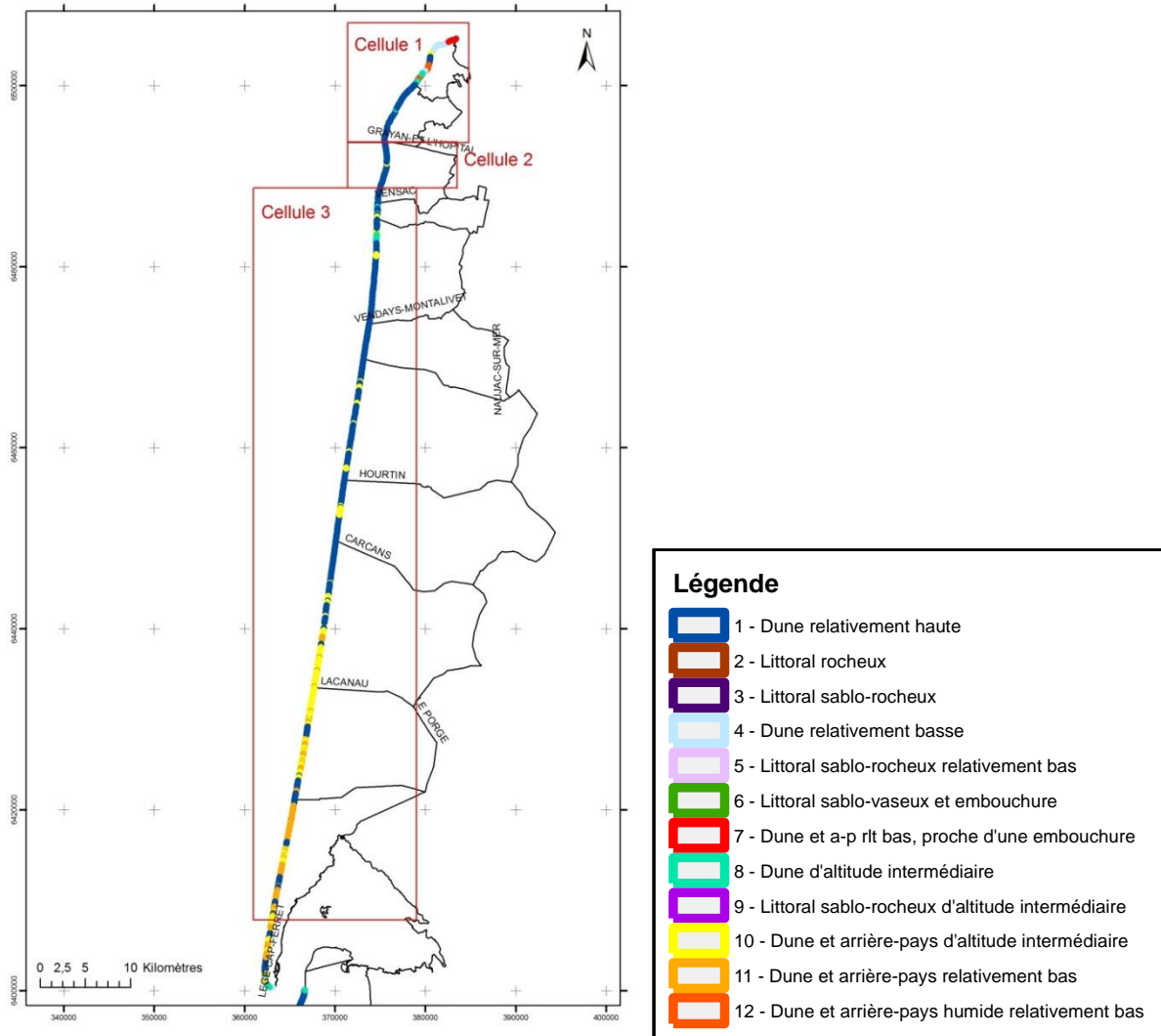


Figure 31 : Cartographie géomorphologique par rapport à la submersion marine des littoraux sableux de la côte Girondine.

La segmentation réalisée sur les 3 cellules sédimentaires littorales de la côte sableuse nord-girondine (Figure 31) montre que la zone nord-médoc, au niveau de la pointe de Graves, est composée de dunes relativement basses et de secteurs d'arrière-pays bas très proches de l'embouchure de la Gironde. Au sud du Verdon-sur-Mer, le littoral est constitué très majoritairement de dunes hautes, qui caractérisent des environnements peu exposés à la submersion marine. A partir de Lacanau, la typologie évolue avec l'apparition d'arrière-pays d'altitudes intermédiaires dans la bande littorale étudiée. Plus au sud, au niveau de Lège Cap-Ferret, des secteurs relativement bas sont observés en arrière de la dune. La cellule littorale n°4, située au sud du Bassin d'Arcachon, est représentée sur la Figure 38 ci-dessous, dans le paragraphe 4.2 « Cartographie du Bassin d'Arcachon ». Elle est caractérisée par des dunes hautes (Dune du Pilat) et un secteur de dunes basses situé au niveau de la pointe de la Salie.

Ces informations cartographiques linéaires issues de la segmentation du trait de côte sont synthétisées en pourcentages sur la Figure 32. Elle montre que les « dunes relativement hautes » sont nettement majoritaires (59%). Les dunes hautes et arrière-pays relativement bas ou intermédiaires représentent 36%. Les dunes potentiellement exposées à la submersion marine (relativement basses ou intermédiaires) représentent 6% du linéaire côtier, selon ces premières cartographies.

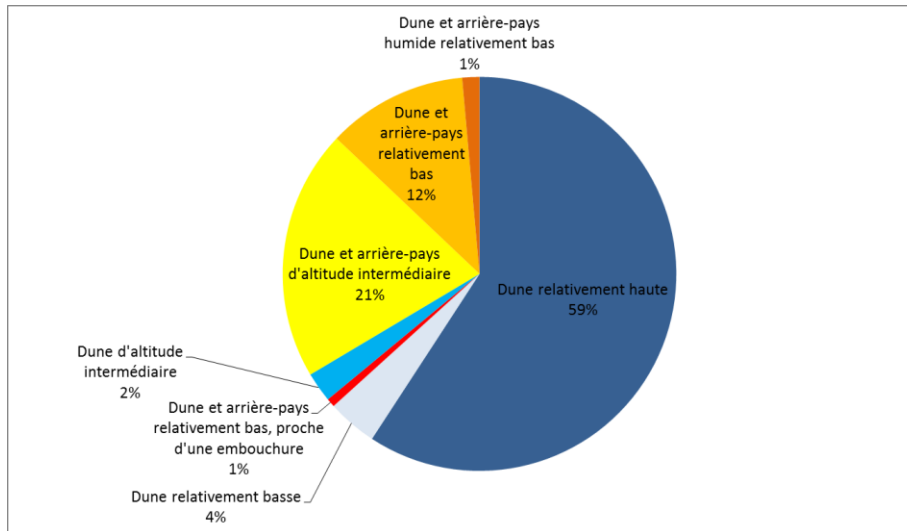


Figure 32 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse girondine.

4.1.2. Côte sableuse landaise

La Figure 33 représente la segmentation géomorphologique des différents types de côte des Landes. La différence de typologie avec la côte girondine est flagrante. Le littoral des Landes apparaît essentiellement constitué de « dunes hautes et d'arrière-pays d'altitude intermédiaire ». Les embouchures des Courants Landais marquent aussi la côte du type « littoral sablo-vaseux et embouchure ». A proximité de ces courants, les secteurs de dunes hautes et arrière-pays bas proches d'une embouchure sont observés.

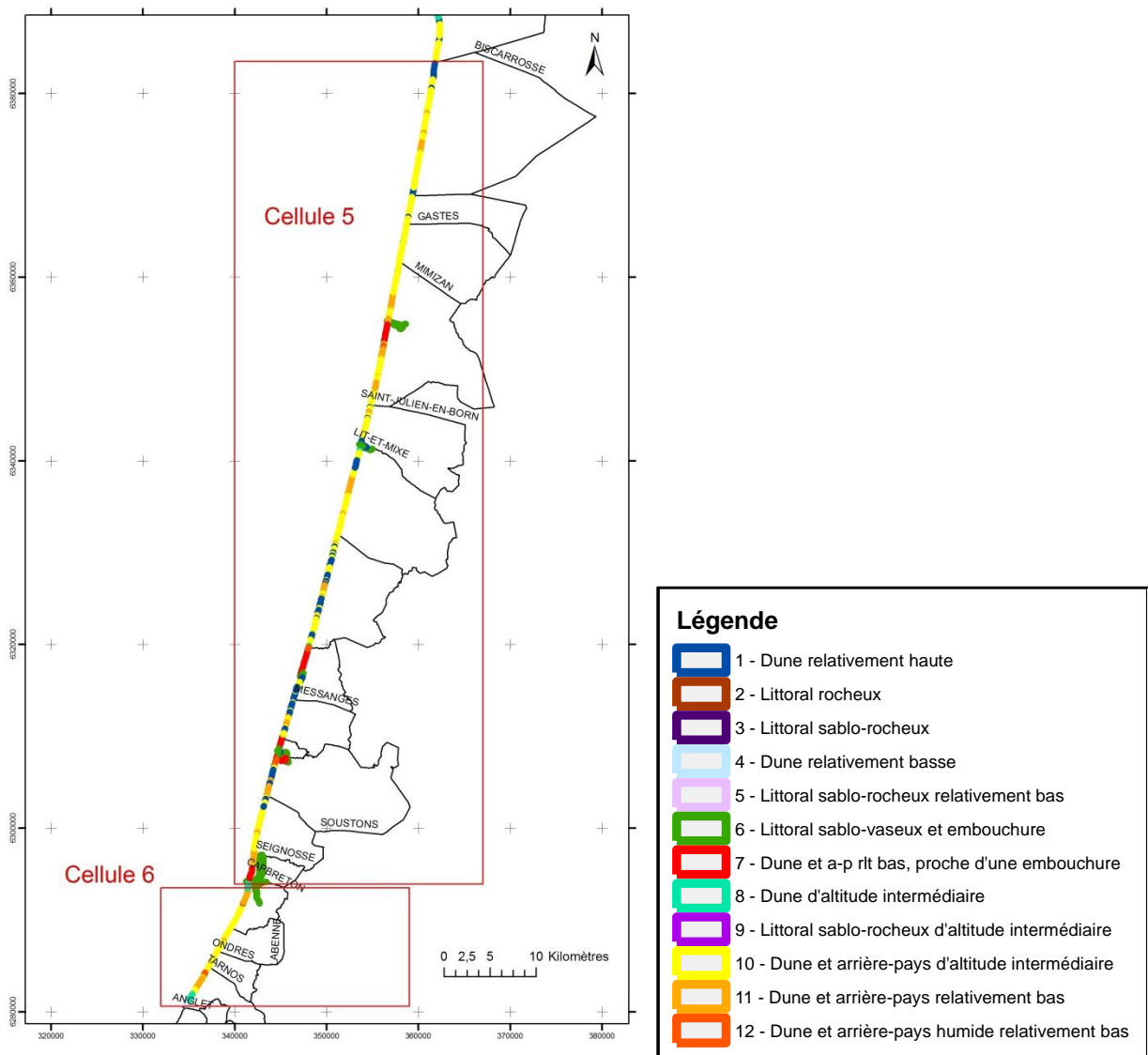


Figure 33 : Cartographie géomorphologique par rapport à la submersion marine des littoraux sableux de la côte landaise.

Les informations cartographiques linéaires issues de la segmentation du trait de côte sont synthétisées en pourcentages dans la Figure 34. Elle montre que les « dunes hautes et arrière-pays intermédiaire » (39%) et « les dunes hautes et arrière-pays relativement bas » (15%) sont majoritaires (56%, en ajoutant les « dunes hautes et arrière-pays humide »). Les « dunes relativement hautes » qui étaient majoritaires en Gironde ne représentent ici que 11%. Il faut noter toutefois que la largeur de la bande littorale étudiée (1000m dans ce cas) peut influencer considérablement ces résultats. Les typologies reliées au Courants landais (« littoral sablo-vaseux et embouchures » et « dunes hautes et arrière-pays relativement bas proche d'une embouchure ») s'étendent sur 31% du linéaire côtier.

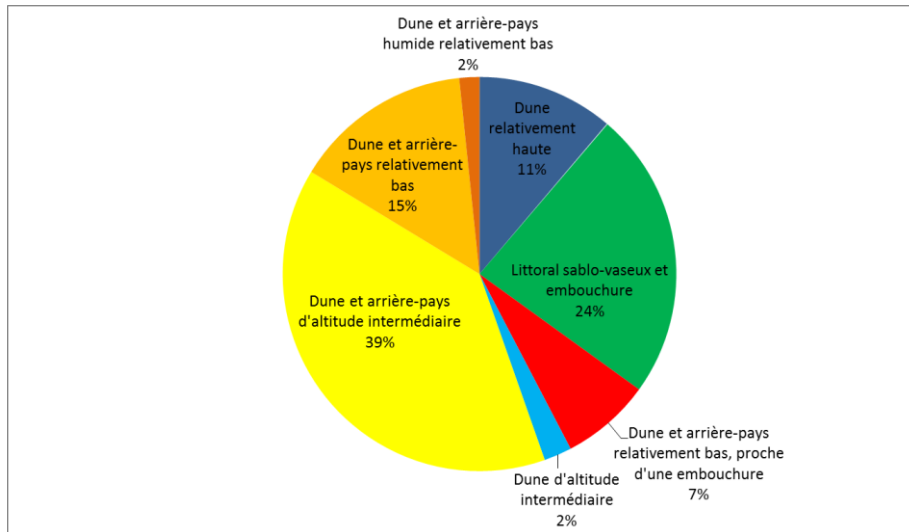


Figure 34 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse landaise.

4.1.3. Côte sableuse basque

La Figure 40 présente la segmentation géomorphologique des différents types de côte des Pyrénées-Atlantiques. Elle est affichée ci-dessous, dans le paragraphe 4.3 « Cartographie de la côte rocheuse ». Les plages de cette petite cellule littorale sont situées à Anglet. Mais le linéaire côtier apparaît très fortement marqué par l'estuaire de l'Adour, car le trait de côte de référence Histolitt v2 employé pour ce travail remonte bien en amont de l'embouchure. C'est pourquoi l'histogramme synthétique en pourcentage de la Figure 35 indique un linéaire côtier composé à 87% de littoraux sablo-vaseux et d'embouchure. En ne prenant pas en compte l'estuaire de l'Adour, l'histogramme de répartition des types de côte (Figure 36) montre une répartition typologique bien différente des côtes landaises et girondines. Pour les plages d'Anglet, les types sont diversifiés et équilibrés : 25% de « dunes hautes », 21% de « dunes et arrière-pays bas proche d'une embouchure », d'après ces éléments, 32% du littoral est constitué de dunes potentiellement exposées à la submersion (17% « dune d'altitude intermédiaire » et 15% « dune relativement basse »). Les « dunes hautes avec un arrière-pays relativement bas » (4%) ou « intermédiaire » (13%) forment 17% du linéaire, tandis que le reste est constitué de littoral sablo-rocheux (5%) qui se montrera bien plus présent sur le reste du linéaire côtier du Pays Basque.

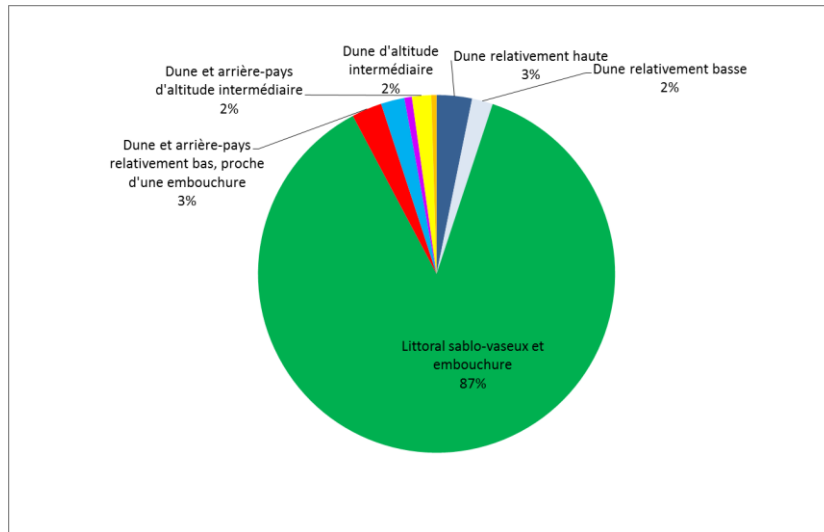


Figure 35 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse des Pyrénées-Atlantiques.

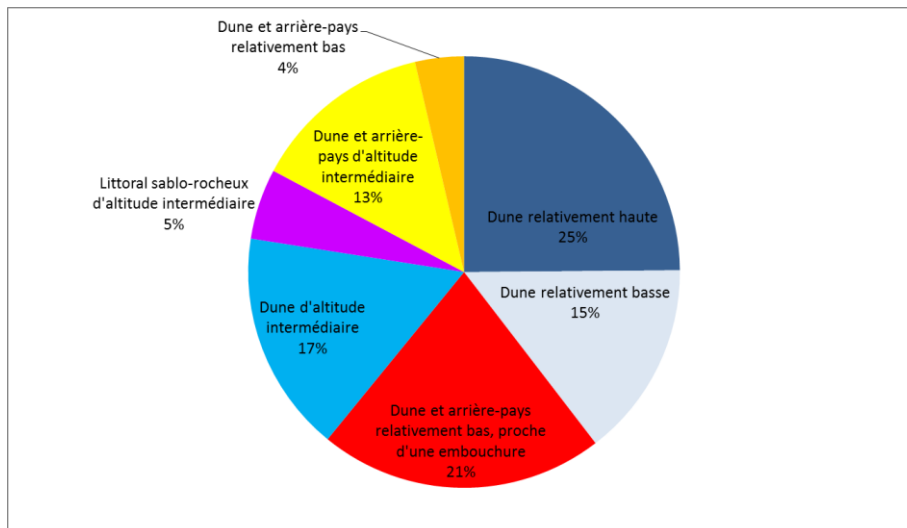


Figure 36 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion pour la côte sableuse des Pyrénées-Atlantiques, sans prise en compte l'embouchure de l'Adour.

4.1.4. Bilan

L'analyse des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour la côte sableuse aquitaine a montré des différences nettes entre les trois départements de la région.

En Gironde, les dunes relativement hautes sont majoritaires. A priori, cette catégorie ne présente pas de sensibilité particulière à la submersion marine. Les dunes hautes et arrière-pays d'altitude intermédiaire apparaissent au sud de Lacanau. D'après cette analyse, les secteurs potentiellement sensibles à la submersion marine sont plutôt situés au nord du département, au niveau du Verdon-sur-Mer.

Dans les Landes, le littoral est majoritairement constitué de dunes hautes et d'arrière-pays d'altitude intermédiaire ou relativement bas. Cette catégorie pourrait présenter une sensibilité à la submersion marine en cas d'érosion de la dune. Mais à ce niveau d'analyse régionale simple, la connaissance du recul

dunaire régulier dû à l'érosion n'est pas intégrée : tout secteur d'altitude relativement basse ou intermédiaire situé dans la bande littorale analysée est pris en compte pour la classification. Les Landes sont également marquées par un linéaire non négligeable de littoral sablo-vaseux et embouchure qui pourrait être directement exposée à la submersion marine. Les principales zones d'embouchures des courants landais ont fait l'objet de travaux visant à caractériser l'aléa submersion marine dans le cadre de la mise en place des Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL).

Dans les Pyrénées Atlantique, l'étendue de la côte sableuse est relativement faible, mais les rives de l'estuaire de l'Adour représentent un linéaire très important de « littoral sablo-vaseux et embouchure » potentiellement exposé à la submersion. Il faut noter que la question de la propagation d'une surcote marine à l'intérieur d'un estuaire n'est pas traitée à ce niveau d'étude. En dehors de l'estuaire de l'Adour, les plages d'Anglet présentent une grande diversité de types de côte.

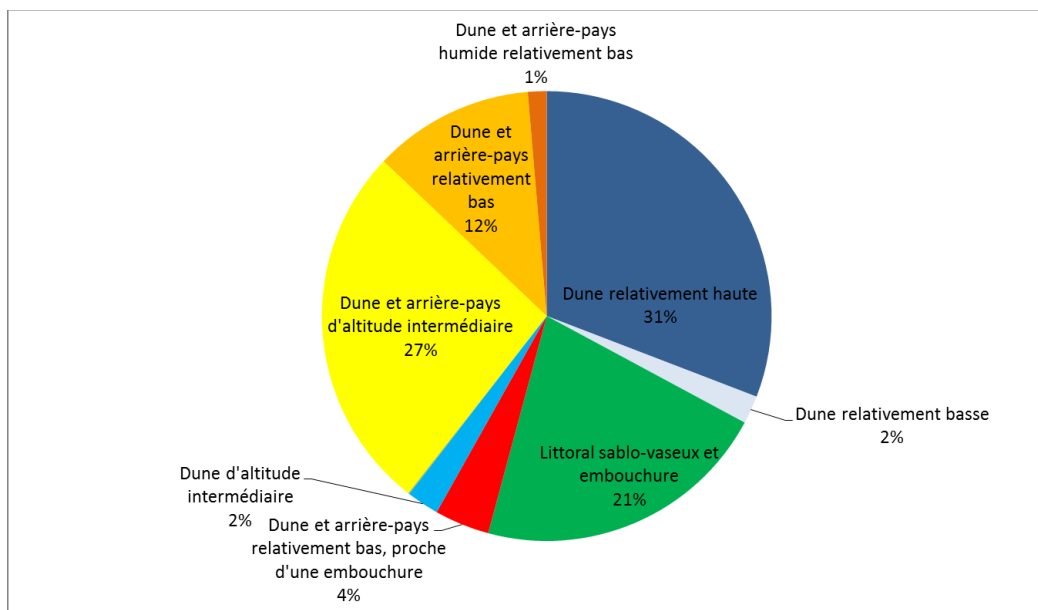


Figure 37 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour la côte sableuse aquitaine.

4.2. CARTOGRAPHIE DU BASSIN D'ARCACHON

Le Bassin d'Arcachon est un domaine lagunaire. Il est situé à l'interface entre le continent, les cours d'eau et le domaine océanique ouvert et forme donc un secteur d'embouchure. C'est un domaine potentiellement exposé à la submersion marine et constitué à 90% par le type « littoral sablo-vaseux et embouchure » (Figure 39), selon les critères simples définis pour ces premiers essais de cartographie. Cette sensibilité particulière, ainsi qu'une urbanisation relativement importante du littoral, justifient les travaux actuels de mise en place du TRI et de PPRL. Sur la cartographie établie (Figure 38), la typologie de la côte ouest apparaît moins uniforme que le fond du Bassin : au niveau de la flèche du Cap Ferret, quelques dunes marquent un secteur de « dunes hautes et arrière-pays relativement bas proche d'une embouchure » qui représentent 4% du linéaire côtier du Bassin. A partir des données et des critères définis, la côte du Pilat est caractérisée par une succession de petits secteurs de dune hautes (1%), intermédiaires (2%) ou relativement basses (2%).

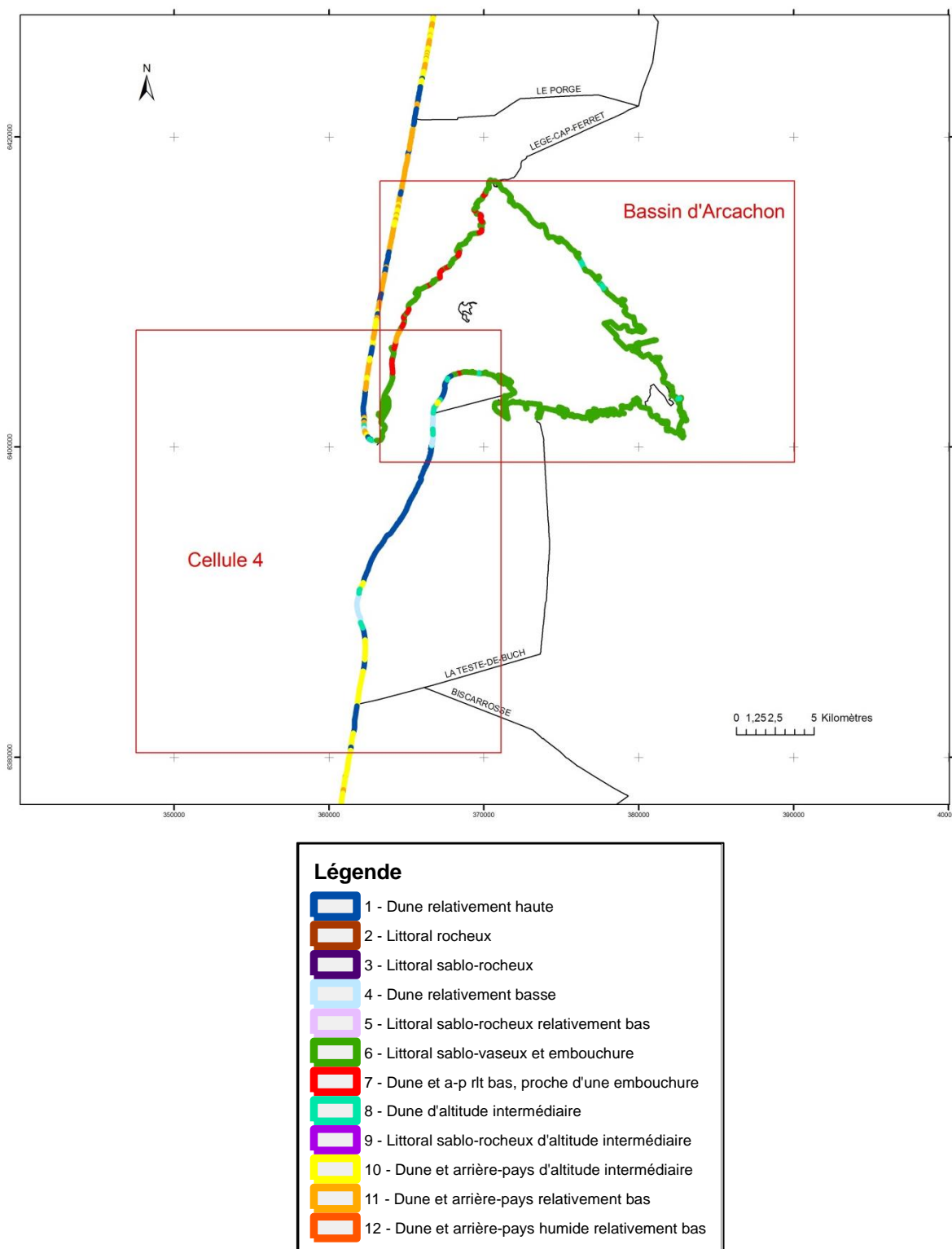


Figure 38 : Cartographie géomorphologique des littoraux du Bassin d'Arcachon.

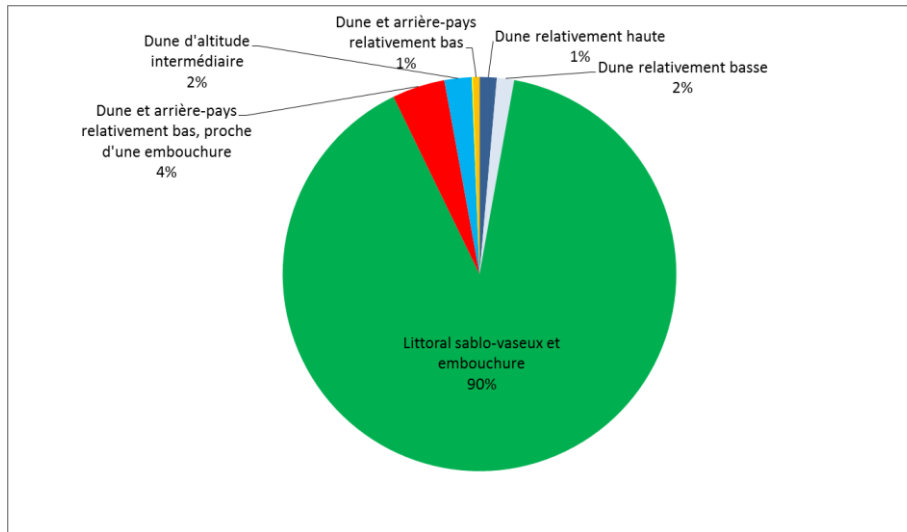


Figure 39 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour le Bassin d'Arcachon.

4.3. CARTOGRAPHIE DE LA CÔTE ROCHEUSE

La Figure 40 représente la segmentation géomorphologique des différents types de côte des Pyrénées Atlantique. La cellule 7 constitue la dernière cellule du littoral sableux de la côte Aquitaine et a été présentée dans le paragraphe 4.1.3 « Côte sableuse basque ». Le reste de la côte basque est marquée entre Anglet et Saint-Jean-de-Luz par un « littoral sablo-rocheux » majoritairement peu exposé à la submersion, parfois interrompus de caps de type « littoral rocheux ». Il faut noter toutefois que l'ensemble de la côte Basque est inclus dans le périmètre d'un TRI, car localement, certains secteurs à fort enjeux sont sensibles. Entre Saint-Jean-de-Luz et Hendaye, la côte est majoritairement de type « littoral rocheux » très peu exposé à l'aléa submersion marine, mais cette côte est interrompue par des baies où la classification du littoral devient plus complexe et marque une exposition accrue aux submersions marines. Les baies basques sont caractérisées par des littoraux de types « sablo-rocheux » relativement hauts, intermédiaires ou relativement bas, des secteurs sableux de « dunes d'altitude intermédiaire » et des « littoraux sablo-vaseux et embouchure ».

Ces informations cartographiques linéaires issues de la segmentation du trait de côte sont synthétisées en pourcentages dans la Figure 41. Elle montre un équilibre relatif entre les trois principaux types de littoraux du secteur :

- Littoraux sablo-rocheux (35%), dont 28% relativement haut, 3% d'altitude intermédiaire et 4% relativement bas.
- Littoral rocheux (28%)
- Littoral sablo-vaseux et embouchure (31%)

Ce fort pourcentage de littoraux identifiés comme « embouchure » s'explique par la résolution du trait de côte Histolitt v2 qui pénètre loin à l'intérieur des estuaires.

Enfin, il faut noter que 4% du linéaire de la côte rocheuse basque est constitué, selon les données et critères de cette cartographie préliminaire, par un littoral sableux de dunes d'altitudes intermédiaires ou relativement basses qui sont potentiellement exposées directement à la submersion marine. Les secteurs de baies où l'on retrouve ce type de littoral font actuellement l'objet d'une caractérisation fine de l'aléa submersion marine dans le cadre de la mise en place des TRI et des PPRL.

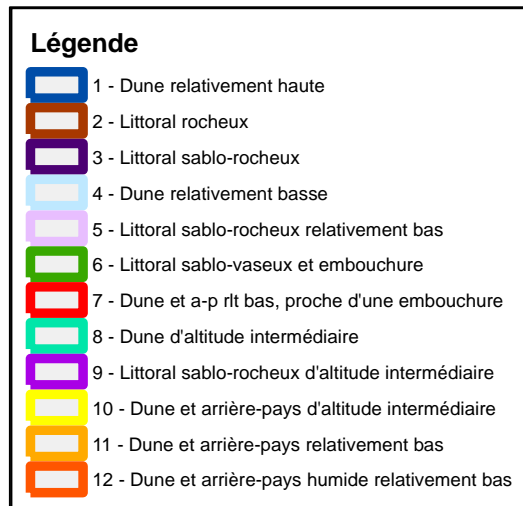
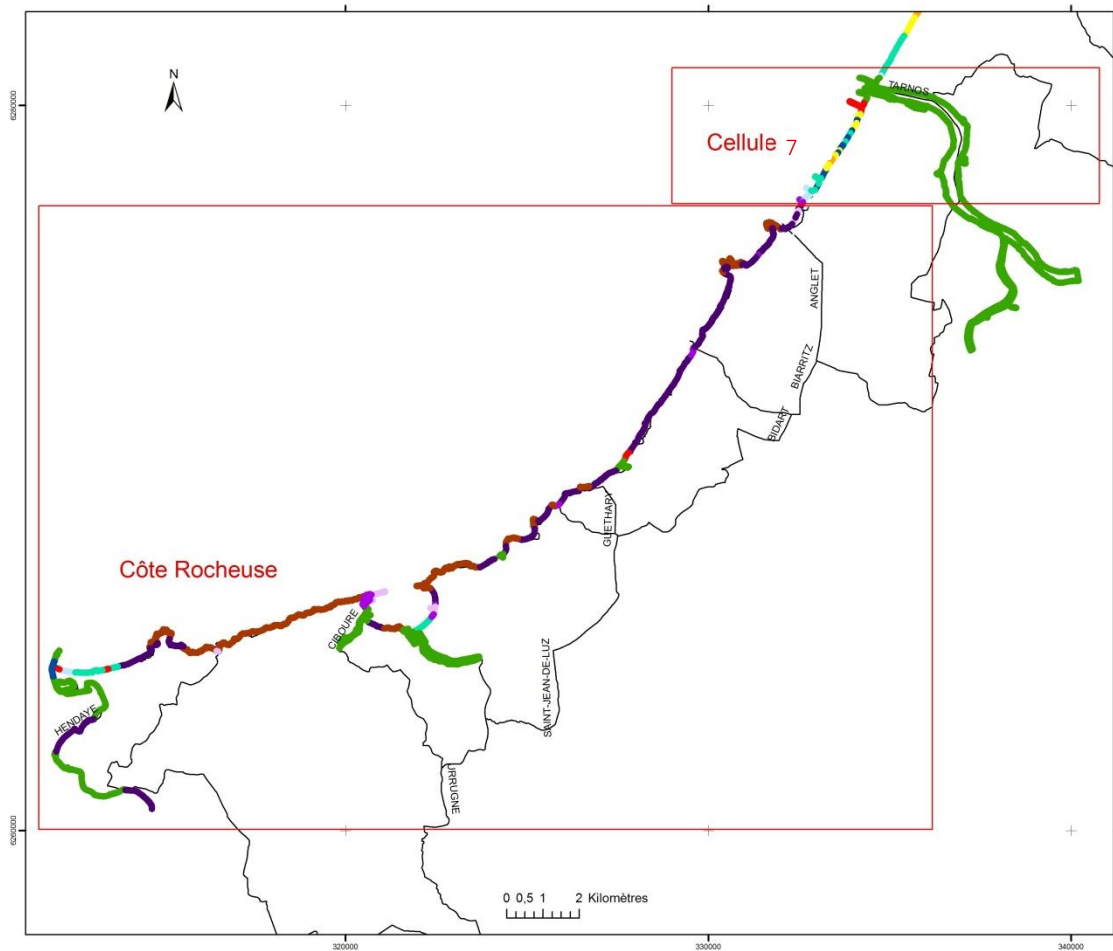


Figure 40 : Cartographie géomorphologique des littoraux des Pyrénées-Atlantiques.

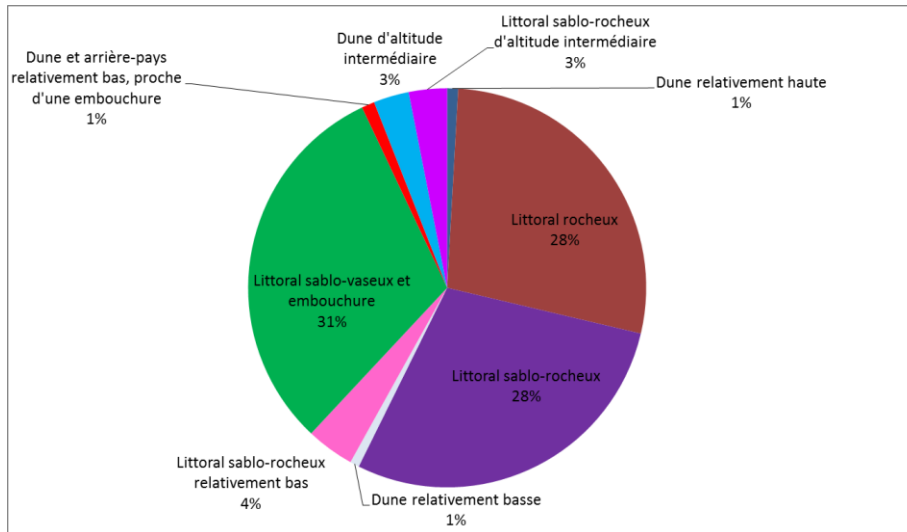


Figure 41 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour la Côte Rocheuse des Pyrénées-Atlantiques.

4.4. RESULTATS A L'ECHELLE REGIONALE

La détermination d'une typologie des littoraux par rapport à la submersion, puis les tests préliminaires de segmentation du trait de côte et de cartographie à l'échelle régionale doivent permettre d'apporter une vision synthétique de la situation du littoral face à la submersion marine. Les résultats présentés précédemment en fonction des grandes caractéristiques du littoral sont assemblés pour produire une synthèse régionale. A terme, cette approche a pour but d'alimenter des études stratégiques de gestion des zones côtières régionales exposées à l'aléa submersion marine. Mais la qualité des résultats dépend des choix effectués aux différentes phases de l'élaboration de la cartographie (voir chapitre 3 « Utilisation de la typologie pour la cartographie des littoraux aquitains ») et de la qualité des données initiales (voir partie 3.1.2). Dans le cadre de ce travail méthodologique, la qualité des résultats est celle d'essais préliminaires basés sur un niveau d'information et de données perfectibles. C'est une base de travail et de réflexion. Les résultats apparaissent significatifs à l'échelle régionale, mais ils ne doivent en aucun cas être utilisés à l'échelle locale.

La Figure 42 est un histogramme qui présente les longueurs cumulées de trait de côte pour chaque type de côte. Ces longueurs sont traduites en pourcentage dans la Figure 43.

Les « **littoraux sablo-vaseux et embouchures** » représentent le kilométrage le plus important et atteignent 196 km cumulés, soit 40% du trait de côte segmenté. Entre le Bassin d'Arcachon, les courants et lacs marins landais et l'estuaire de l'Adour, le trait de côte Histolitt v2 prend en compte un trait de côte particulièrement détaillé pour ces environnements et remonte très loin en amont dans les estuaires, ce qui explique en partie le résultat. Ainsi, si l'ensemble des rivages cartographiés de la sorte ne sont pas strictement marins, ils correspondent cependant à des zones basses influencées par le domaine océanique et potentiellement sensibles à la submersion. Un travail spécifique pour étudier la propagation des submersions marines à l'intérieur des embouchures régionales serait nécessaire pour limiter l'extension du trait de côte à l'intérieur des estuaires.

Le type « **Dune relativement haute** » représente plus de 97 km de littoral, soit 20% du trait de côte segmenté. Ce type de littoral sableux n'apparaît pas exposé aux submersions marines.

Le type « **Dune haute et arrière-pays d'altitude intermédiaire** » est cartographié pour 81 km de littoral, soit 17% du trait de côte segmenté. A l'heure actuelle, la sensibilité de cet environnement à la submersion marine est faible et indirecte. Il est nécessaire que la dune soit érodée pour envisager une submersion par paquets de mer. Déterminée dans une bande littorale très large et sans prise en compte de l'érosion régulière ou maximale de la côte, la cartographie de ce type de côte mériterait d'être améliorée par une étude plus détaillée.

Les types « **Dune haute et arrière-pays relativement bas** » et « **Dune haute et arrière-pays humide relativement bas** » sont cartographiés respectivement pour 36 km et 4 km de littoral, soit 7% et 1% du trait de côte segmenté. Ces types de côte sont proches du type « **Dune haute et arrière-pays d'altitude intermédiaire** » précédemment commenté, bien que potentiellement plus sensibles à la submersion par débordement en cas d'érosion de la dune.

Le type « **Dune haute et arrière-pays relativement bas proche d'une embouchure** » est cartographié sur 18 km de littoral, soit 4% du trait de côte segmenté. La sensibilité à la submersion pour ce type de côte augmente significativement, car elle passe en premier lieu par la propagation d'une submersion marine par des terrains bas bordant une embouchure. La connaissance de cette propagation est un élément nécessaire pour préciser la cartographie de cette classe.

Les types « **Littoral sablo-vaseux** » et « **Littoral rocheux** » sont cartographiés chacun sur environ 17 km de trait de côte (soit 3 à 4% du linéaire cumulé). Ces types sont spécifiques au littoral du Pays Basque et n'apparaissent pas exposés aux submersions marines.

Les types « **Dune d'altitude intermédiaire** » et « **Dune relativement basse** » sont cartographiés respectivement pour 12 km et 8 km de littoral, soit environ 2% chacun du trait de côte segmenté. Ces environnements sont exposés directement à la submersion par paquets de mer ou par débordement, mais les surfaces concernées ne sont pas forcément très importantes. Pour ces linéaires d'extension limitée, il serait intéressant d'améliorer la qualité des données topographiques traitées et d'identifier si des enjeux sont concernés dans les secteurs qui ne sont pas traités par ailleurs dans les démarches actuelles de TRI et PPRL.

Les derniers types sont « **Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire** » et « **Littoral sablo-rocheux relativement bas** » qui sont cartographiés chacun sur environ 17 km de trait de côte (soit moins de 1% du linéaire cumulé). Ces types sont spécifiques au littoral du Pays Basque. Comme pour les « dunes basses et intermédiaires », ces environnements sont exposés directement à la submersion par paquets de mer ou par débordement. Le même commentaire que précédemment s'applique pour ces milieux, si la connaissance de l'aléa n'est pas traitée par ailleurs dans les démarches actuelles de TRI et PPRL.

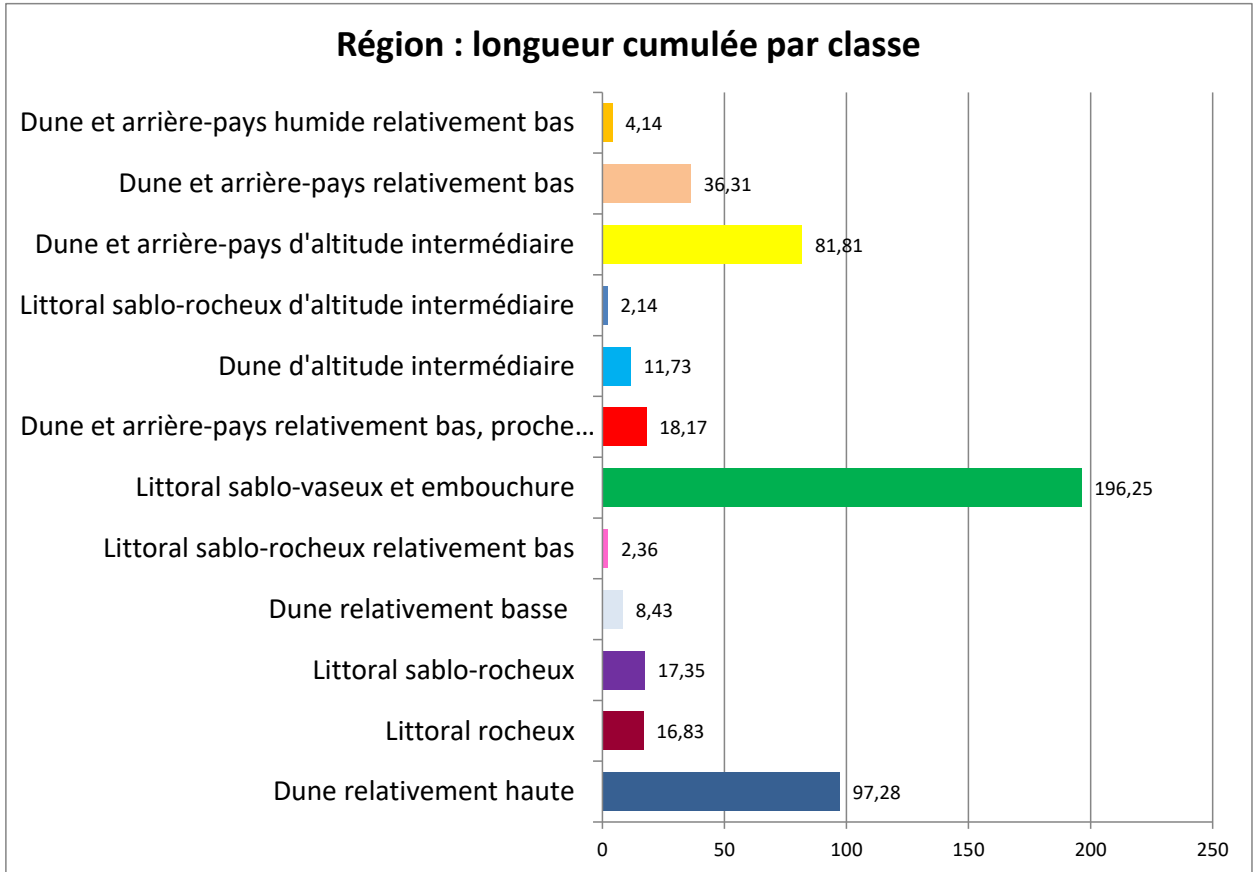


Figure 42 : Histogramme des longueurs de trait de côte cumulés pour chaque type de littoral par rapport à la submersion, pour l'ensemble de la région Aquitaine.

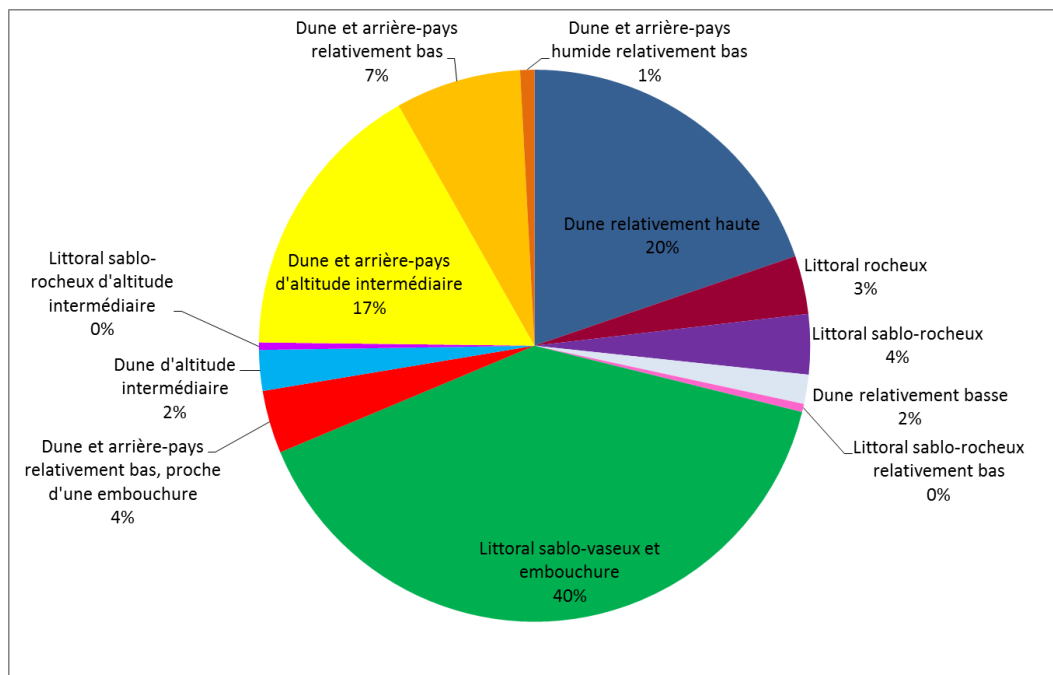


Figure 43 : Histogramme en % des types de littoraux par rapport à la submersion marine pour la côte Aquitaine.

5. Conclusion et perspectives

Le travail mené dans cette étude vise à apporter des éléments de connaissance pour initier une démarche d'étude stratégique de l'aléa submersion marine pour la côte aquitaine. Cette démarche, complémentaire des travaux menés dans le cadre de la réalisation des PPRL (Plan de Prévention des Risques Littoraux) ou de la cartographie des TRI (Territoires à Risques Importants d'Inondation), s'inscrit dans une stratégie globale de gestion de la bande côtière qui vise à assurer une cohérence régionale pour gérer les risques côtiers.

La première étape du travail consistait à définir une typologie régionale des environnements littoraux par rapport à la submersion marine. Cette approche est basée sur une étude des caractéristiques géomorphologiques de la côte. Trois critères géomorphologiques ont été choisis pour établir la typologie :

- L'altitude relative des territoires par rapport à des niveaux d'eau extrêmes
- La submersibilité directe, pour les zones basses en contact avec le trait de côte, ou indirecte, si la zone basse est protégée par une dune littorale.
- La nature morfo-sédimentaire du littoral : dunaire, sablo-vaseuse, embouchure, sablo-rocheuse ou rocheuse.

De plus, 6 hypothèses sur les phénomènes conduisant à la submersion ont été retenues pour relier les types géomorphologiques à une sensibilité relative à la submersion marine. Sur ces bases, 12 types de littoraux ont été différenciés pour la côte aquitaine.

Les littoraux non exposés à la submersion sont :

- Dune relativement haute
- Littoral rocheux (relativement haut)
- Littoral sablo-rocheux (relativement haut)

Les littoraux exposés directement à la submersion sont :

- Dune relativement basse
- Littoral sablo-rocheux relativement bas
- Littoral sablo-vaseux (relativement bas) et embouchure
- Dune et arrière-pays relativement bas, proche d'une embouchure
- Dune d'altitude intermédiaire
- Littoral sablo-rocheux d'altitude intermédiaire

Les littoraux exposés indirectement à la submersion sont :

- Dune (haute) et arrière-pays d'altitude intermédiaire
- Dune (haute) et arrière-pays relativement bas
- Dune (haute) et arrière-pays humide relativement bas

La seconde étape de travail consistait à tester cette typologie en cartographiant la côte aquitaine dans son ensemble. Des données initiales simples et homogènes à l'échelle régionale ont été utilisées (BDAlti IGN à 25m et Trait de Côte Histolitt v2 notamment). Avant de développer la méthode de cartographie des types de côte, la définition des seuils d'altitude et les bases de données utilisées ont été discutées lors

des comités techniques de juillet et octobre 2013. Pour la mise en place d'une cartographie régionale préliminaire, le comité a validé la méthode et l'hypothèse d'un seuil régional « relativement bas » de 5 m NGF prenant en considération une montée de 1 m du niveau marin à l'horizon 2100 et d'un seuil régional « relativement haut » de 8 m NGF qui considère que la submersion par paquets de mer ne peut dépasser cette altitude.

Les résultats de cartographie préliminaire à l'échelle régionale indiquent que :

Les « **littoraux sablo-vaseux et embouchures** » représentent le kilométrage le plus important, soit 40% du trait de côte segmenté. Cette prédominance d'un type de côte exposé à la submersion peut paraître étonnante pour la côte aquitaine qui est généralement perçue comme une côte majoritairement rectiligne et dunaire. Mais l'important kilométrage de cette typologie de côte s'explique par le choix d'utilisation du trait de côte Histolitt v2. Celui-ci prend bien en compte les zones d'embouchures soumises à la marée et remonte très loin dans les estuaires (en particulier l'Adour). De plus, la bonne précision du trait de côte augmente le kilométrage dans les secteurs complexes et indentés que l'on retrouve notamment au fond du Bassin d'Arcachon ou des lacs marins landais.

Les autres littoraux qui sont directement exposés à la submersion marine selon les critères choisis pour cette étude représentent près de 9% du trait de côte segmenté. Ils correspondent en général à de petites sections du trait de côte et se retrouvent tout au long du littoral aquitain.

Les littoraux qui sont indirectement exposés à la submersion marine, en cas d'érosion de la dune, représentent près de 25% du linéaire côtier selon les choix cartographiques pris pour ces premiers tests. Les secteurs de « **Dune et arrière-pays d'altitude intermédiaire** » et « **Dune et arrière-pays relativement bas** » se retrouvent essentiellement dans les Landes.

Les littoraux qui ne sont pas exposés à la submersion marine (« **Dune relativement haute** », « **Littoral rocheux** » et « **Littoral sablo-rocheux** ») représentent près de 26% du trait de côte segmenté. Les « dunes relativement hautes » sont surtout présentes en Gironde, tandis que les littoraux rocheux et sablo-rocheux sont caractéristiques des Pyrénées-Atlantiques.

Perspectives

La perspective immédiate de ce travail serait de confronter les premiers résultats de la cartographie avec l'emprise des territoires actuellement étudiés dans le cadre des démarches de PPRL et de TRI. En fonction des enjeux concernés, les zones cartographiées à l'échelle régionale comme relativement sensibles à la submersion marine, mais qui ne sont pas prises en compte actuellement par les travaux réglementaires, pourraient faire l'objet d'études spécifiques et complémentaires de l'aléa.

Toutefois, la qualité des données prises en compte pour les essais préliminaires de cartographie mériterait au préalable d'être améliorée pour renforcer le niveau de confiance dans la segmentation. Ainsi, plusieurs axes d'amélioration sont à envisager :

- Utilisation de données topographiques de meilleure qualité que la BDAlti, comme par exemple les données LiDAR disponibles et couvrant l'ensemble de la région.
- Raffinement des seuils d'altitude « relativement haute » et « relativement basse » en améliorant l'estimation des niveaux marins extrêmes et en prenant en compte la variation spatiale de ces niveaux d'eau à l'échelle de la région (voir Phase 2 des travaux du BRGM, rapport Bulteau *et al.*, 2016 pour des éléments de réponse).
- Adaptation de la largeur de la bande côtière étudiée en fonction du recul dunaire connu ou envisagé, dans le cas des hypothèses de submersion indirecte liée à une érosion dunaire.
- Adaptation de l'extension et de la résolution du trait de côte dans les estuaires en fonction de la propagation des submersions marines.

- Adaptation de la largeur de la bande côtière étudiée en fonction de la propagation à terre des submersions marines dans les zones basses terrestres.

Enfin, il faut également considérer que les travaux de définition d'une typologie régionale des environnements côtiers par rapport à la submersion et la mise en place d'une méthodologie de segmentation du trait de côte, fournissent avant tout des outils de synthèse et de diffusion de la connaissance. Si ces outils sont considérés comme des éléments d'aide à la décision, il doit être envisagé de mettre régulièrement à jour la cartographie régionale, en fonction des nouvelles données géomorphologiques et hydrodynamiques disponibles, de la progression de la connaissance des phénomènes de submersion et de l'évolution naturelle du littoral aquitain. L'actualisation régulière de cette cartographie et l'évaluation conjointe de la qualité des données synthétisées sont des éléments stratégiques utiles à la gestion régionale globale des risques littoraux liés à la submersion marine.

La phase 2 de la contribution du BRGM à la « stratégie régionale » sur le risque de submersion marine, réalisée essentiellement en 2016, a consisté à évaluer le risque potentiel pour 13 stations réparties le long de la côte aquitaine (non soumises à un PPRL ou TRI). Ce travail a pu bénéficier des acquisitions LiDAR récentes par l'Observatoire de la Côte Aquitaine. Les résultats ont permis de mettre en perspective la typologie régionale présentée dans le présent rapport. Le lecteur souhaitant davantage d'informations est invité à consulter le rapport de la phase 2, Bulteau *et al.*, 2016.

6. Bibliographie

- Aubié S., Mallet C. et Favennec J. en collaboration avec 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., 97p.
- Bulteau T., Mugica J., Paris F. et Pedreros R.** (2013) – Caractérisation de l'aléa submersion marine dans le cadre des PPRL dans les Landes. Détermination de l'évènement naturel de référence. Rapport « intermédiaire ». BRGM/RP-62043-FR, 62 p., 43 fig., 3 tabl., 1 ann.
- Bulteau T., Nicolae Lerma A. et Mugica J.** (2016) – Caractérisation de l'exposition du littoral aquitain à l'aléa submersion marine. Rapport final. BRGM/RP-63802-FR, 101 p., 54 fig., 5 tabl., 3 ann.
- CETE Sud-Ouest** (2010) – Etude relative au risque submersion marine. Courants côtiers de Mimizan, Contis, Soustons et Capbreton. 49p.
- Garcin M., Nicolae Lerma A., Pedreros R. avec la collaboration de F. Paris.** (2012) – Evaluation de la submersion marine maximale à l'échelle régionale. Rapport final. BRGM/RP-62259-FR, 97 p., 40 fig., 9 tabl., 4 ann.
- Mallet C., Prevotiaux B., Mugica J., Garnier C., Hoareau A., Ayache B.** (2012) – Observatoire de la Côte Aquitaine, Bilan des activités réalisées dans le cadre de la convention 2011-2012. BRGM/RP-62591-FR, 80 p., 27 ill., 2 tabl., 1 ann.
- MEDDE** (2014) Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux. 169 p.
- Mugica J., Bulteau T., Paris F. et Pedreros R., avec la collaboration de Delvallee E.** (2013) – Caractérisation de l'aléa submersion marine dans le cadre des PPRL du Bassin d'Arcachon (Gironde), Détermination de l'évènement naturel de référence. Rapport intermédiaire BRGM/RP-61408-FR, 82 p., 38 fig., 10 tabl., 1 ann.
- SHOM, CETMEF** (2012) – Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantiques). 160 p



OBSERVATOIRE CÔTE 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 Aquitaine

Véritable réseau d'experts au service du littoral, l'Observatoire de la Côte Aquitaine est chargé de suivre l'érosion et la submersion sur le littoral régional. Le BRGM ainsi que 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 et le Syndicat intercommunal du bassin d'Arcachon (SIBA). Le rôle de l'Observatoire est de mettre au service de l'ensemble des acteurs du littoral un outil scientifique et technique d'aide à la décision, à la gestion et à la prévention des risques côtiers. L'Observatoire de la Côte Aquitaine travaille en étroite collaboration avec le GIP Littoral Aquitain et les universités de Bordeaux (unité mixte de recherche EPOC) et de Pau et des Pays de l'Adour (laboratoire SIAME) ainsi que le Centre de la mer de Biarritz (programme ERMMA).

L'enjeu : 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... www.observatoire-cote-aquitaine.fr