



OBSERVATOIRE DE LA CÔTE
NOUVELLE-AQUITAINE

Document public

Rapport final

Diagnostic de la sensibilité régionale à l'érosion côtière en Nouvelle-Aquitaine - Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050

Rapport BRGM/RP-71334-FR
Décembre 2021

Auteur(s) : Bernon N.

avec la collaboration de Bulteau T., Mallet C., Ayache B. et Fauny C.



Diagnostic de la sensibilité régionale à l'érosion côtière en Nouvelle-Aquitaine - Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050

Rapport BRGM/RP-71334-FR
Décembre 2021

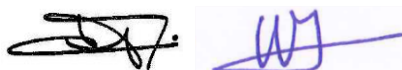
Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM
AP21BDX115

Vérificateur :

Noms : J. Mugica et C. Oliveros

Date : 22/11/2021 et 11/01/2022

Signatures :

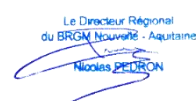


Approbateur :

Nom : N. Pédrón

Date : 20/01/2022

Signature :



Auteur(s) : Bernon N.

avec la collaboration de Bulteau T., Mallet C., Ayache B. et Fauny C.

Avertissement

La cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 en Charente-Maritime est dressée dans un but informatif, sur la base d'études et de données existantes. Ces cartes ont été réalisées à une échelle de 1/5 000, et ne peuvent être considérées à une échelle plus précise. Elles sont indissociables du support sur lequel elles ont été réalisées et ne sauraient être directement utilisées à des fins de zonage réglementaire.

Votre avis nous intéresse

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

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



Mots-clés : recul du trait de côte, érosion littorale, 2050, cartographie, Charente-Maritime, Nouvelle-Aquitaine

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

Bernon N., avec la collaboration de **Bulteau T., Mallet C., Ayache B. et Fauny C.** (2021) - Diagnostic de la sensibilité régionale à l'érosion côtière en Nouvelle-Aquitaine - Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050. Rapport final. BRGM/RP-71334-FR, 93 p., 58 Ill., 7 tab., 5 ann.

Synthèse

La caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 en Charente-Maritime s'inscrit dans le projet d'actualisation du diagnostic régional de sensibilité à l'érosion côtière, souhaité par les partenaires de l'Observatoire de la Côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA) et les membres du GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine. Ce dernier est chargé de l'animation du projet, composé de deux volets : la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, objet du présent rapport et mené par l'OCNA, et l'étude de la sensibilité des enjeux à ce phénomène, réalisée par le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine. Des comités techniques et scientifiques ont été créés pour suivre la réalisation de ces travaux. Six réunions des comités techniques et scientifiques, et plusieurs réunions techniques associant les acteurs du littoral charentais, ont été organisées entre septembre 2020 et octobre 2021. Ils ont permis une large concertation autour des méthodes mises en œuvre, et le partage des résultats.

La première partie de l'étude a consisté en une exposition du contexte physiographique du littoral de Charente-Maritime. Elle met en exergue la grande richesse environnementale du linéaire côtier du département, héritée de son histoire géologique, mais aussi l'expression variable des agents dynamiques météo-marins, responsables de son évolution actuelle. Ce contexte a conduit à retenir dix environnements littoraux distincts au droit des 419 kilomètres de côte formant le secteur d'étude : plage de poche, cordon de galets, cordon sableux, dune littorale, marais maritime, flèche sableuse, grande flèche sableuse, falaise rocheuse, polder et port. Chacun de ces environnements possède ainsi sa propre dynamique d'évolution, par sa nature, mais aussi en fonction de sa localisation sur le littoral du département.

La caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" a ensuite été réalisée selon 4 principales étapes, autour desquelles ont été traitées des questions-satellites, classiques de ce type d'exercice (Illustration 1).

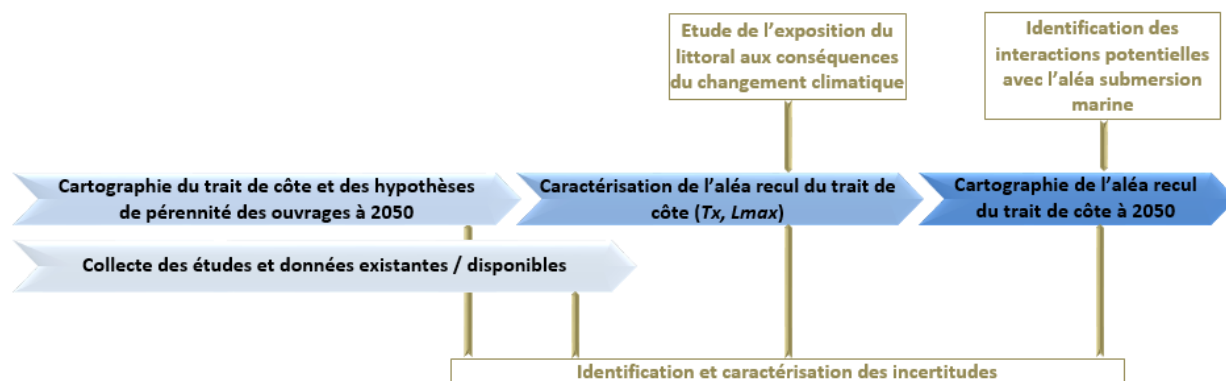


Illustration 1 - Schéma conceptuel de la méthode mise en œuvre pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050

Pour cette étude, la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" devait s'appuyer autant que possible sur les études et données disponibles. Un large recensement, mené auprès des acteurs du littoral charentais (collectivités territoriales, services de l'Etat, universitaires, établissements publics...), a permis d'identifier 22 études ou projets, les jeux de données associés, ainsi que plusieurs autres jeux de données créés par certains organismes dans l'exercice de leurs compétences.

Le trait de côte de référence a été digitalisé sur l'orthophotographie de l'IGN de 2018, dont la précision est estimée à +/- 5 mètres. De nombreuses informations ont été attribuées aux différents tronçons de ce trait de côte, lors du déroulement de l'étude. Dans un premier temps, l'environnement littoral et le descripteur du trait de côte associé ont été précisés. Sur la base d'un traitement homogène à l'échelle départementale et d'échanges techniques bilatéraux avec les collectivités et les services de l'Etat, des hypothèses de

pérennité (ou non) à l'échéance 2050 ont été définies pour chacun des ouvrages longitudinaux se substituant au trait de côte. Ainsi, 55 % du littoral charentais sont artificialisés, soit 231 km, dont 136 km (33 % du linéaire départemental) ont été identifiés comme pérennes à cette échéance, et donc considérés comme non soumis à l'aléa "recul du trait de côte". À l'inverse, suivant ces hypothèses, les deux-tiers du littoral départemental sont donc sujets à évolution.

L'aléa "recul du trait de côte" se caractérise, conformément aux préconisations nationales, par un taux d'évolution moyen annuel (T_x , en $m.an^{-1}$) et un recul lié à un événement majeur (L_{max} , en m). Les résultats de 16 études et projets ont été réutilisés sur les secteurs soumis à l'aléa "recul du trait de côte", couvrant plus des $\frac{3}{4}$ du littoral charentais : 80 % des T_x et 74 % des L_{max} ont ainsi été extraits des études et projets recensés lors de la première étape. Pour le reste du linéaire où l'aléa n'a pas été étudié, des valeurs de T_x et/ou de L_{max} ont été définies par expertise, soit en attribuant des valeurs existantes pour les tronçons adjacents présentant une configuration comparable, soit à l'aide d'une analyse statistique sur les valeurs retenues à l'échelle départementale pour chaque environnement littoral. Enfin, la cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" consiste à représenter la bande d'aléa comprise entre le trait de côte de référence (2018) et la projection du taux d'évolution à l'échéance 2050, à laquelle s'ajoute le recul lié à un événement majeur. Cette cartographie exclut les portions du trait de côte où des ouvrages longitudinaux ont été considérés pérennes à l'échéance 2050, et celles situées devant des zones basses terrestres connectées à l'océan (cas de certains ports et polders).

En raison de l'exposition certaine de la Charente-Maritime aux submersions marines, une méthode innovante d'identification des interactions potentielles de ce phénomène avec l'aléa "recul du trait de côte" a été développée en distinguant 3 situations :

- les secteurs où le phénomène de submersion marine est prégnant sur l'aléa "recul du trait de côte",
- les secteurs où le recul du trait de côte pourrait engendrer ou aggraver le phénomène de submersion marine à l'échéance 2050,
- les secteurs uniquement soumis à l'aléa "recul du trait de côte".

La cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" n'a pas été représentée pour le premier type de secteur, correspondant aux zones basses terrestres connectées à l'océan.

Au cours de chaque étape de travail, les incertitudes ont été identifiées. S'il n'est pas possible de toutes les quantifier, principalement en raison du réemploi d'informations existantes, la qualification des incertitudes offre la possibilité de cerner les limites du travail réalisé et de ses résultats.

Un exposé des impacts potentiels du changement climatique sur l'aléa "recul du trait de côte" est proposé. L'un des principaux enseignements, sur la base des travaux scientifiques menés en Nouvelle-Aquitaine, est que l'élévation du niveau de la mer apparaît comme le facteur le plus défavorable quant à l'évolution des aléas littoraux, et augmentera l'érosion côtière. Ce phénomène risque de particulièrement s'accélérer entre le milieu et la fin du 21^{ème} siècle, en cas d'échec des politiques de réduction de gaz à effet de serre. Cependant, de nombreuses interrogations subsistent à propos des conséquences potentielles sur les autres variables concernées par le changement climatique, d'ordre océanographique, météorologique et continental, susceptibles d'agir à la fois sur les agents dynamiques, mais aussi au sein même des systèmes côtiers. L'acquisition de connaissances et la compréhension des dynamiques actuelles et passées des littoraux apparaissent donc indispensables pour appréhender au mieux les évolutions futures de ces territoires exposés.

Les résultats sont fournis à l'échelle du département, des EPCI, illustrés dans un atlas cartographique au 1/5 000, représentés sur plusieurs cartes synthétiques, et disponibles dans une couche d'information géographique, où chacune des données produites a été renseignée. De forts contrastes ont été mis en évidence entre les différentes intercommunalités, à la fois en termes d'ampleur du phénomène (en linéaire et surfaces affectés), mais aussi d'origine de l'aléa "recul du trait de côte" (T_x ou L_{max}). Les différents contextes géomorphologiques en présence, au droit de chaque EPCI, expliquent ce constat.

Ainsi, à l'échelle du département, près de 1 000 hectares (985,4 ha) sont concernés par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, soit près de 220 fois la surface du pont de l'Île de Ré, ou encore, correspondant à la surface d'environ 912 terrains de football. Par ailleurs, le linéaire côtier départemental, exposé à l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, est de 239,3 km, soit 57,1 % du littoral charentais. A l'échelle des EPCI, les intercommunalités de Royan-Atlantique, de l'Île d'Oléron, et de Rochefort Océan comptent plus de 60 % de leur linéaire avec un aléa "recul du trait de côte" (respectivement 73,7 %, 70,2 % et 62,7 %). Dans une moindre mesure, la Communauté de Communes de l'Île de Ré, la Communauté d'Agglomération de La Rochelle et la Communauté de Communes de Bassin de Marennes possèdent des littoraux exposés à hauteur de 43,4 % et 42,9 % et 37,0 %. La Communauté de Communes d'Aunis Atlantique, au nord du département, n'est pas concernée par cet aléa.

Cette étude délivre le socle de connaissances disponible concernant l'aléa "recul du trait de côte" sur le littoral de la Charente-Maritime. Elle offre également de nouvelles données, tels que le trait de côte de référence de 2018 et l'ensemble des informations qui s'y rattachent. Enfin, des méthodes de caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte", dans un contexte de changement climatique, et où coexistent les aléas "submersion marine" et "recul du trait de côte", ont été développées. Ces éléments seront réemployés dans le second volet du projet d'actualisation du diagnostic régional de la sensibilité à l'érosion côtière, relatif à l'analyse des enjeux. Ils pourront également alimenter les réflexions en cours ou à venir quant à la gestion du risque de recul du trait de côte en Charente-Maritime, comme les stratégies locales de gestion de la bande côtière ou encore l'élaboration de projets d'aménagement durable du littoral.

Sommaire

1. Introduction	11
1.1. CONTEXTE - OBJECTIFS	11
1.2. ORGANISATION DU PROJET	11
2. Description physiographique du littoral de Charente-Maritime	13
2.1. SECTEUR D'ETUDE	13
2.2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA CHARENTE-MARITIME	16
2.2.1. Contexte géographique	16
2.2.2. Contexte géologique	17
2.2.3. Environnements littoraux actuels	19
2.2.4. Nature sédimentaire des fonds marins	27
2.2.5. Contextes hydrographique et hydrogéologique	28
2.3. AGENTS DYNAMIQUES METEO-MARINS	31
2.3.1. Climatologie	31
2.3.2. Marée	33
2.3.3. Etats de mer	33
2.4. FONCTIONNEMENT HYDRO-SEDIMENTAIRE A L'ECHELLE DEPARTEMENTALE	36
2.4.1. Courantologie	36
2.4.2. Transport sédimentaire	38
3. Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime	41
3.1. INVENTAIRE DES ETUDES ET DONNEES EXISTANTES	41
3.2. CARTOGRAPHIE DU TRAIT DE COTE DE REFERENCE	46
3.2.1. Digitalisation et descripteurs du trait de côte de référence	46
3.2.2. Cartographie et considération des ouvrages de protection côtiers à l'échéance 2050	52
3.3. CARACTERISATION DE L'ALEA "RECU DU TRAIT DE COTE"	57
3.3.1. Détermination des taux d'évolution et de reculs liés à un évènement majeur	57
3.3.2. Interaction entre recul du trait de côte et submersion marine	61
3.3.3. Caractérisation des incertitudes	67
3.3.4. Conséquences du changement climatique sur le phénomène de recul du trait de côte	68
4. Cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050	81
4.1. METHODE DE PROJECTION	81
4.2. RESULTATS	82
4.3. REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE	86

5. Conclusion	89
6. Bibliographie	91

Liste des illustrations

Illustration 1 - Schéma conceptuel de la méthode mise en oeuvre pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050	3
Illustration 2 - Linéaire du littoral de Charente-Maritime étudié	13
Illustration 3 - Identification de la transition entre le trait de côte et la berge de cours d'eau à l'aide des données géomorphologiques et géologiques (carte géologique au 1/50 000, feuille n°681, BRGM)	15
Illustration 4 - Carte bathymétrique et topographique de la zone côtière, depuis le littoral sud-vendéen jusqu'à l'estuaire de la Gironde (modifié d'après Allard, 2008, dans Gouriou, 2012)	16
Illustration 5 - Carte géologique de Poitou-Charentes.....	17
Illustration 6 - Conche de Saint-Georges-de-Didonne (photographie ©BRGM)	19
Illustration 7 - Cordon de galets, L'Houmeau (photographie ©BRGM)	20
Illustration 8 - Cordon sableux du marais de Moëze (photographie ©BRGM)	20
Illustration 9 - Dune littorale, La Tremblade (photographie ©BRGM)	21
Illustration 10 - Marais maritime à marée basse, développé à l'abri de la Pointe de la Coubre, formant la baie de Bonne Anse (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, AirMarine, 2021)	22
Illustration 11 - Pointe de la Coubre, presqu'île d'Arvert (fond photographique ©IGN, 2014)	23
Illustration 12 - Evolution du trait de côte de la Pointe de Gatseau entre 1945 et 2016 (Bliard, 2016).....	24
Illustration 13 - Calcaire à orbitoïdes (Crétacé, Maastrichtien) constitutif des falaises de Meschers-sur-Gironde (photographie ©BRGM).....	25
Illustration 14 - Vieux-Port de La Rochelle (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, AirMarine, 2021)	26
Illustration 15 - Vue aérienne partielle du Fiers d'Ars (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, AirMarine, 2021)	26
Illustration 16 - Nature sédimentaire des fonds marins, carte sédimentologique au 1/500 000 (©SHOM)	27
Illustration 17 - Réseau hydrographique et principaux bassins versants débouchant sur le littoral charentais.....	28
Illustration 18 - Résurgences diffuses de la nappe au sein des calcaires argileux et marnes du Kimméridgien (Jurassique supérieur), dans la baie d'Yves (en haut) ; entre les calcaires argileux et marnes grisâtres de la falaise de la pointe de Queillé, secteur de la Pallice - La Rochelle (en bas) (photographies ©BRGM)	29
Illustration 19 - Horizons karstifiés et résurgences à l'interface entre les calcaires à huîtres et les calcaires argileux du Turonien, Île Madame (à gauche) ; au sein des calcaires du Maastrichtien de la conche des Cadets, Meschers-sur-Gironde (à droite) (photographie ©BRGM)	30
Illustration 20 - Synthèse des principaux aquifères du littoral de Charente-Maritime (adapté de Thinon-Larminach et al., 2018).....	31
Illustration 21 - Normales statistiques 1981 - 2010 à partir des mesures aux stations de l'aérodrome de La Rochelle et du Château d'Oléron (source : infoclimat.fr)	32
Illustration 22 - Distribution trimestrielle des vents entre 1990 et 2002, au phare de Chassiron (Kervella, 2009, d'après des données Météo-France, dans Cerema, 2019a)	33

Illustration 23 - Climatologie moyenne annuelle, mesurée à la bouée n°01704 du réseau Candhis (Cerema, 2021) .	34
Illustration 24 - Climatologie moyenne estivale (à gauche) et hivernale (à droite), enregistrée à la bouée n°01704 (Cerema, 2021)	35
Illustration 25 - Climatologie moyenne annuelle définie à partir de la base de données BobWA couvrant la période 1958-2002 (Bulteau et al., 2013)	36
Illustration 26 - Carte des courants de marée en surface, dans les pertuis charentais (©SHOM, dans Gouriou, 2012)	37
Illustration 27 - Illustration d'un courant de baie (source : https://www.epoc.u-bordeaux.fr/indiv/Castelle/index.php?page=7&lang=eng)	37
Illustration 28 - Panaches de sédiments fins au droit des estuaires et des côtes de Charente-Maritime (©Crédit photo : Thomas Pesquet)	38
Illustration 29 - Synthèse des échanges sédimentaires connus sur la façade du secteur d'étude (Cerema, 2019a) ...	39
Illustration 30 - Cellules hydro-sédimentaires, de la Pointe de Chémoulin à la Pointe de Suzac (Cerema, 2019a)	40
Illustration 31 - Schéma conceptuel de la méthode mise en oeuvre pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050	41
Illustration 32 - Nombre d'études traitant de l'évolution du trait de côte, par commune du département	42
Illustration 33 - Descripteurs du trait de côte du littoral charentais	48
Illustration 34 - Descripteur du trait de côte au droit des versants rocheux de l'estuaire de la Gironde	49
Illustration 35 - Cartographie des environnements littoraux au droit du trait de côte de Charente-Maritime	50
Illustration 36 - Cartographie des descripteurs du trait de côte de Charente-Maritime	52
Illustration 37 - Exemples d'ouvrages longitudinaux présents sur le littoral de Charente-Maritime considérés dans cette étude	53
Illustration 38 - Exemples d'ouvrage en falaise (à gauche), transversal (à droite), et déconnecté du trait de côte (en bas), non considérés dans cette étude	54
Illustration 39 - Cartographie des hypothèses de pérennité, retenues dans cette étude, des ouvrages longitudinaux à échéance 2050, au droit du trait de côte de référence de 2018	57
Illustration 40 - Localisation des valeurs de Tx et Lmax recensées dans les études et données existantes, à l'échelle de la Charente-Maritime	59
Illustration 41 - Source des valeurs de taux d'évolution (Tx) et de recul lié à un évènement majeur (Lmax) déterminés dans la présente étude	61
Illustration 42 - Identification d'un secteur essentiellement sujet au phénomène de submersion marine : marais de Moëze - Hiers - Brouage	62
Illustration 43 - Niveaux d'eau atteints (altitudes NGF) au droit du trait de côte, lors de l'évènement Xynthia (source : UNIMA, résultat d'une simulation réalisée dans le cadre du projet SURVEY)	63
Illustration 44 - Classification du RGEAltiv2 (©IGN) par tranches de 0,5 m d'altitude (à gauche) ; Identification du risque potentiel de submersion marine au sein de la bande d'aléa "recul du trait de côte" (à droite)	64
Illustration 45 - Linéaire côtier de Charente-Maritime exposé au recul du trait de côte (érosion) et à la submersion marine	66
Illustration 46 - Projections futures du niveau marin moyen, par rapport à la période 1986-2006, selon un faible (RCP 2.6 en bleu) et un fort (RCP 8.5 en rouge) scénario d'émissions de gaz à effet de serre (IPCC, 2019)	69

Illustration 47 - Projections régionales de l'élévation du niveau de la mer en région Nouvelle-Aquitaine, aux horizons 2050 et 2100, pour plusieurs scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (sources : en haut : Bernon et al., 2017 ; en bas : https://sealevelrise.brgm.fr/)	70
Illustration 48 - Cartes présentant les hauteurs, périodes et directions actuelles des vagues dans le golfe de Gascogne, ainsi que les changements anticipés pour un scénario de changement climatique A2 (scénarios du rapport de 2007 du GIEC - Extrait de Charles et al. (2012))	71
Illustration 49 - Valeurs absolues (m) des niveaux maximaux de pleine mer, par rapport aux niveaux moyens, pour le scénario de référence (SLR = 0 m, à gauche) et changements relatifs pour 3 scénarios d'élévation du niveau marin (SLR=5, 2, 1 m ; 3 cartes de droites)	72
Illustration 50 - (a) Distribution non uniforme de l'élévation du niveau marin moyen (en m) pour le scénario RCP 4.5 pour la période 2081 - 2100 (IPCC, 2013) ; variation absolue (b) et relative (c) du niveau de marée haute, induit par ce même scénario.....	73
Illustration 51 - Températures moyennes (degrés Celsius, en haut) et précipitations moyennes (mm, en bas) de la France métropolitaine : valeurs moyennes annuelles pour la période de référence 1976-2005 (à gauche) et écarts à cette valeur à l'horizon temporel moyen (2041-2070) pour les scénarios RCP 2.6 (au milieu) et RCP 8.5 (à droite) - produits « multi-modèles » de DRIAS-2020, médianes de l'ensemble (source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)	74
Illustration 52 - Moyenne des changements de débits moyens (en pourcents) pour 2035-2065, relativement à 1960-1990, pour chaque saison et pour chaque scénario RCP de changement climatique (extrait de Dayon, 2015).....	75
Illustration 53 - Evolutions du débit mensuel moyen du fleuve Charente, pour l'échéance 2050 (www.charente2050.fr)	75
Illustration 54 - Baisse du niveau moyen de la nappe du Jurassique supérieur, au cours de la période 2046-2065, relativement à la période 1961-1990 (GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2 : scénarios climatiques respectivement « optimiste » et « pessimiste ») (Domez et Bichot, 2012)	76
Illustration 55 - Cartographie de la bande d'aléa "recul du trait de côte" pour la commune de Port-des-Barques (cercle noir : aléa formant une encoche d'érosion à l'extrémité d'un ouvrage pérenne, en cas de recul du secteur adjacent)	82
Illustration 56 - Superficies affectées par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, pour les EPCI du département de Charente-Maritime	83
Illustration 57 - Valeurs des composantes de l'aléa "recul du trait de côte" (Tx et Lmax) sur le littoral du département de Charente-Maritime	84
Illustration 58 - Extrait de l'atlas cartographique au 1/5 000, représentant l'aléa "recul du trait de côte" (échelle d'origine 1/5 000)	87

Liste des tableaux

Tableau 1 - Inventaire et analyse du contenu des études existantes (partie 1)	43
Tableau 2 - Inventaire et analyse du contenu des études existantes (partie 2)	44
Tableau 3 - Inventaire et analyse des données produites en dehors d'études ou de projets spécifiques	45
Tableau 4 - Critères de détermination des hypothèses de pérennité des ouvrages à l'échéance 2050	55
Tableau 5 - Identification et qualification des incertitudes, lors des différentes étapes, ayant conduit à la cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, en Charente-Maritime	67
Tableau 6 - Qualification de l'exposition des environnements littoraux, présents en Charente-Maritime, à une élévation du niveau de la mer de 20 cm à l'échéance 2050.....	79

Tableau 7 - Linéaires affectés par l'aléa "recul du trait de côte" et reculs à l'échéance 2050, par environnement littoral, pour chaque EPCI	85
--	----

Liste des annexes

Annexe 1 - Etudes sélectionnées pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" par EPCI	95
Annexe 2 - Reculs du trait de côte et interactions potentielles avec l'aléa "submersion marine" à l'échéance 2050, par EPCI charentais	99
Annexe 3 - Compte rendu du comité scientifique n°1 du 06/06/2021.....	103
Annexe 4 - Cartographie d'un indicateur d'exposition des environnements littoraux à l'élévation du niveau de la mer à l'échéance 2050	109
Annexe 5 - Atlas cartographique de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050 au 1/5 000 (hors texte)	111

1. Introduction

1.1. CONTEXTE - OBJECTIFS

La stratégie régionale de gestion de la bande côtière a été élaborée entre 2009 et 2012, avec un partenariat entre l'État et l'ensemble des collectivités du littoral de l'ex-Région Aquitaine. Pour l'élaboration de la stratégie régionale, le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine et ses partenaires se sont appuyés principalement sur la cartographie de l'aléa d'érosion côtière (Aubié *et al.*, 2011), produite par l'Observatoire de la Côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA), l'étude de la sensibilité du littoral (analyse des enjeux) et l'étude de trois sites tests (Ciboure, Lacanau et Contis).

En raison de l'évolution des connaissances, et notamment des tempêtes de l'hiver 2013/2014 ayant significativement impacté le littoral de l'ex-Région Aquitaine, l'OCNA a publié en 2016 de nouvelles projections de l'aléa "recul du trait de côte" aux horizons 2025 et 2050. Sur la base de ces connaissances, le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine a actualisé, en 2018, l'évaluation des enjeux exposés au recul du trait de côte à l'échelle de l'ancienne Région. Ces travaux offrent ainsi, à l'ensemble des acteurs publics du littoral aquitain, une vision partagée permettant de faire face aux risques d'érosion côtière.

Ces dernières années, en lien avec la promulgation de la loi du 16 janvier 2015, relative à *la délimitation des régions, aux élections régionales et départementales et modifiant le calendrier électoral*, un travail partenarial a été engagé avec le Conseil Départemental et les Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) du littoral de la Charente-Maritime, à la suite de l'élargissement du périmètre régional à la Nouvelle-Aquitaine.

Dans ce contexte, les membres du GIP Littoral¹ et les partenaires de l'OCNA² ont souhaité l'extension du diagnostic régional de l'érosion côtière à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine, en intégrant le littoral de Charente-Maritime. Si la continuité avec les travaux précités sera recherchée, dans l'objectif de disposer d'un diagnostic homogène à l'échelle régionale, la méthode a été adaptée pour prendre en compte les spécificités du littoral charentais.

1.2. ORGANISATION DU PROJET

L'ensemble de la démarche est piloté par un comité technique, animé par le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, composé des services de l'État, de la Région, du Département de la Charente-Maritime, des Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) de la Charente-Maritime et des partenaires techniques et scientifiques du projet. Au sein de ce comité technique, un comité scientifique peut également être sollicité par l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine.

Le projet prévoit la réalisation de deux volets techniques successifs : la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte", opérée par le BRGM dans le cadre de l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine, et l'analyse de la sensibilité des enjeux au phénomène, réalisée par le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine. Il s'agit d'aboutir à un diagnostic régional homogène à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine et d'identifier, au travers de cette étude, les secteurs les plus sensibles à l'érosion côtière en Charente-Maritime, afin d'alimenter les réflexions sur des stratégies locales à engager.

¹ État, Région Nouvelle-Aquitaine, Conseils Départementaux 17, 33, 40 et 64, toutes les Communautés de Communes et Communautés d'Agglomération du littoral de la Nouvelle-Aquitaine

² Europe, Région Nouvelle-Aquitaine, services de l'État, Conseils Départementaux 33, 40 et 64, Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon, Office National des Forêts et Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Après l'exposé du contexte environnemental du littoral charentais, ce rapport consigne la méthode mise en œuvre et les résultats du premier volet technique du projet, correspondant à la caractérisation et la cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050.

2. Description physiographique du littoral de Charente-Maritime

2.1. SECTEUR D'ETUDE

Le secteur d'étude correspond au littoral de la Charente-Maritime. Il comprend le linéaire côtier de Charron au nord, à Floirac au sud, ainsi que les littoraux insulaires, pour un total de 419 km (Illustration 2).

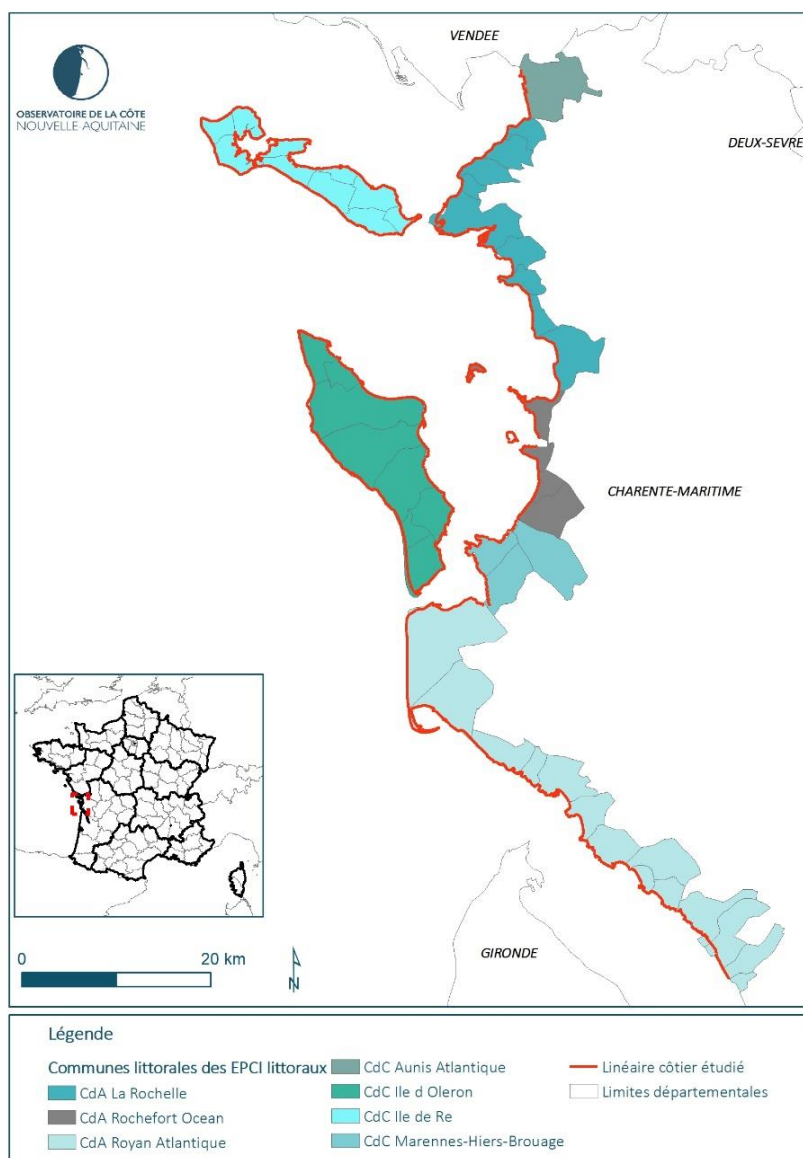


Illustration 2 - Linéaire du littoral de Charente-Maritime étudié

En concertation avec le comité technique et scientifique de l'étude (GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu n°2 du 18/12/2020), les limites du linéaire côtier à l'intérieur des estuaires ont été définies. Pour les estuaires de la Charente, de la Seudre et de la Sèvre Niortaise, des critères géologiques et géomorphologiques, traduisant l'influence dominante du milieu fluvial relativement à l'environnement maritime, ont été utilisés. Pour l'estuaire de la Gironde, le linéaire côtier considéré a été prolongé dans l'estuaire jusqu'à la commune de Floirac (17).

L'identification de ces limites d'influence dominante marine ou fluviale avait déjà été réalisée, par le BRGM, dans le cadre de l'étude de cartographie de la vulnérabilité du littoral au recul du trait de côte, en lien avec le changement climatique dans le bassin de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (Bernon *et al.*, 2017) :

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

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

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

D'un point de vue géomorphologique, il est possible de repérer les secteurs où la dynamique fluviale est prépondérante à partir de la morphologie du lit du cours d'eau. Il a été considéré que des berges qui forment le lit mineur (par exemple parallèles au lit mineur sur l'illustration 3) révèlent un milieu où l'hydraulique fluvial est le principal agent qui façonne l'interface terre-eau.

L'estuaire de La Seudre (17) regroupe ces deux cas de figures où la transition trait de côte - berges d'un cours d'eau a été ainsi identifiée (Illustration 3). »

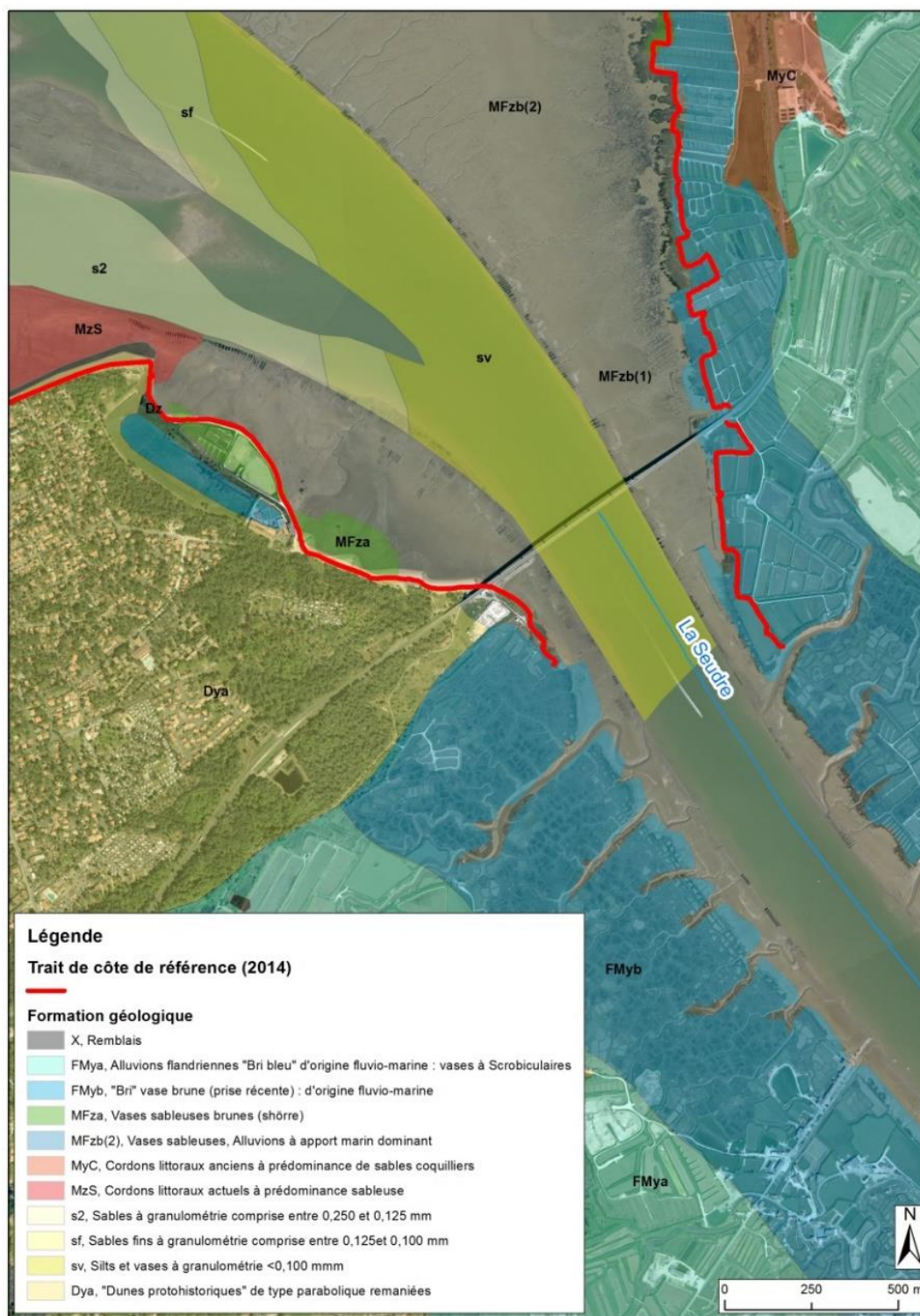


Illustration 3 - Identification de la transition entre le trait de côte et la berge de cours d'eau à l'aide des données géomorphologiques et géologiques (carte géologique au 1/50 000, feuille n°681, BRGM). Ici, le trait de côte est arrêté lorsqu'il recoupe des formations fluvio-marines et lorsque les berges sont parallèles à la direction d'écoulement de La Seudre.

2.2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE DE LA CHARENTE-MARITIME

2.2.1. Contexte géographique

Le littoral de Charente-Maritime se situe dans le quart sud-ouest de la France métropolitaine. La façade littorale du département présente une grande diversité de paysages. Au nord, elle se caractérise, d'ouest en est, par (Illustration 4) :

- l'existence des îles de Ré et d'Oléron, qui procurent une protection significative du littoral continental vis-à-vis des houles océaniques ;
- les pertuis Breton, d'Antioche et de Maumusson ; embouchures où transitent les volumes d'eau oscillant notamment sous l'action de la marée. Ils s'individualisent nettement dans la bathymétrie, incisant les fonds sur quelques dizaines de mètres de profondeur ;
- la zone inter-pertuis, peu profonde et située entre les îles et le continent, où se sont développés de larges replats de marée.

Au sud, le littoral du département est marqué par la présence d'une embouchure fluviale majeure : l'estuaire de la Gironde. Le chenal de Saintonge et son prolongement formant la Passe de l'Ouest bordent le littoral de Charente-Maritime, depuis l'intérieur de l'estuaire jusqu'à la Pointe de la Coubre.

Le relief du littoral départemental est topographiquement bas et peu accidenté, constitué de plaines et de plateaux peu élevés. Les marais occupent une large partie du littoral, sièges d'anciennes dépressions creusées dans le substratum calcaire du Jurassique, au nord, et du Crétacé, au sud.

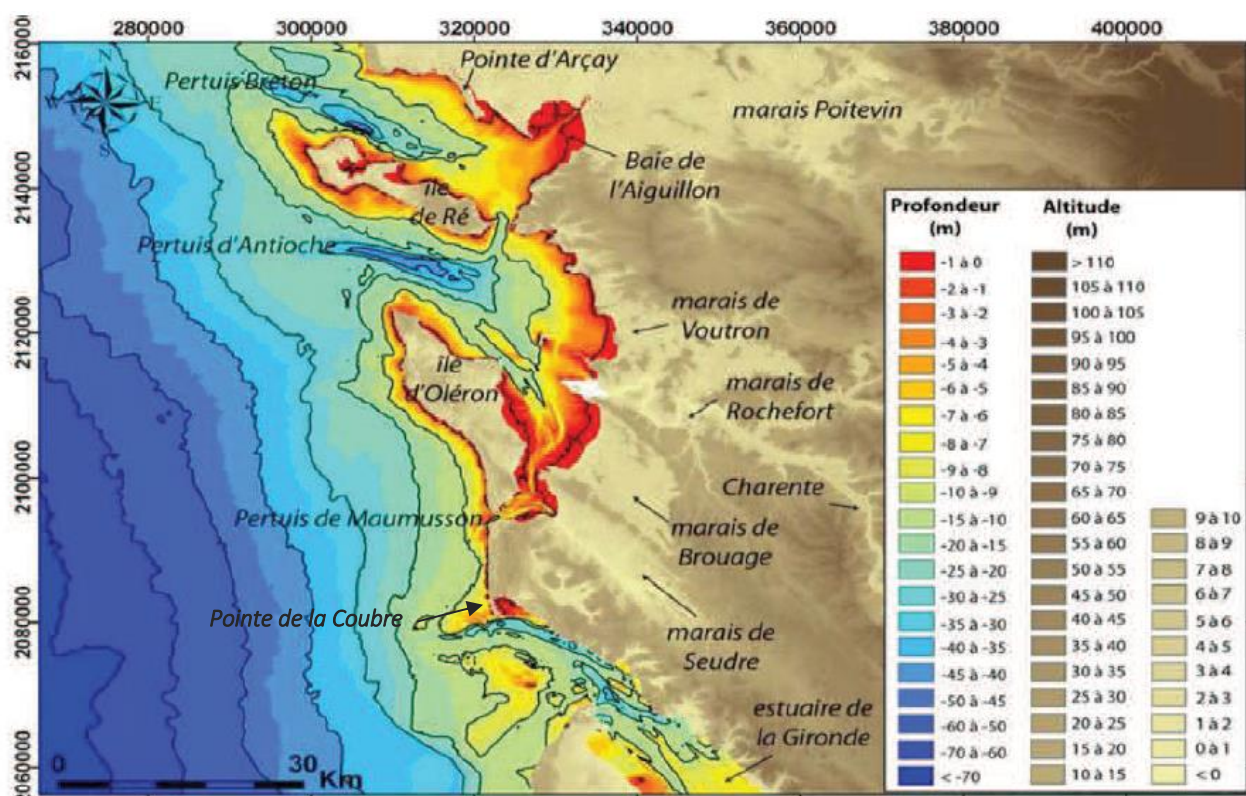


Illustration 4 - Carte bathymétrique et topographique de la zone côtière, depuis le littoral sud-vendéen jusqu'à l'estuaire de la Gironde (modifié d'après Allard, 2008, dans Gouriou, 2012)

2.2.2. Contexte géologique

L'histoire géologique du littoral de Charente-Maritime s'inscrit dans celui, plus large, de la bordure septentrionale du Bassin aquitain (Illustration 5). Composé de formations sédimentaires, le sous-sol comprend principalement des roches datées du Jurassique et du Crétacé. Des formations beaucoup plus récentes, quaternaires, les recouvrent sur une partie du littoral : formations vaseuses fluvio-marines (bri, Holocène), dunes et sables éoliens.

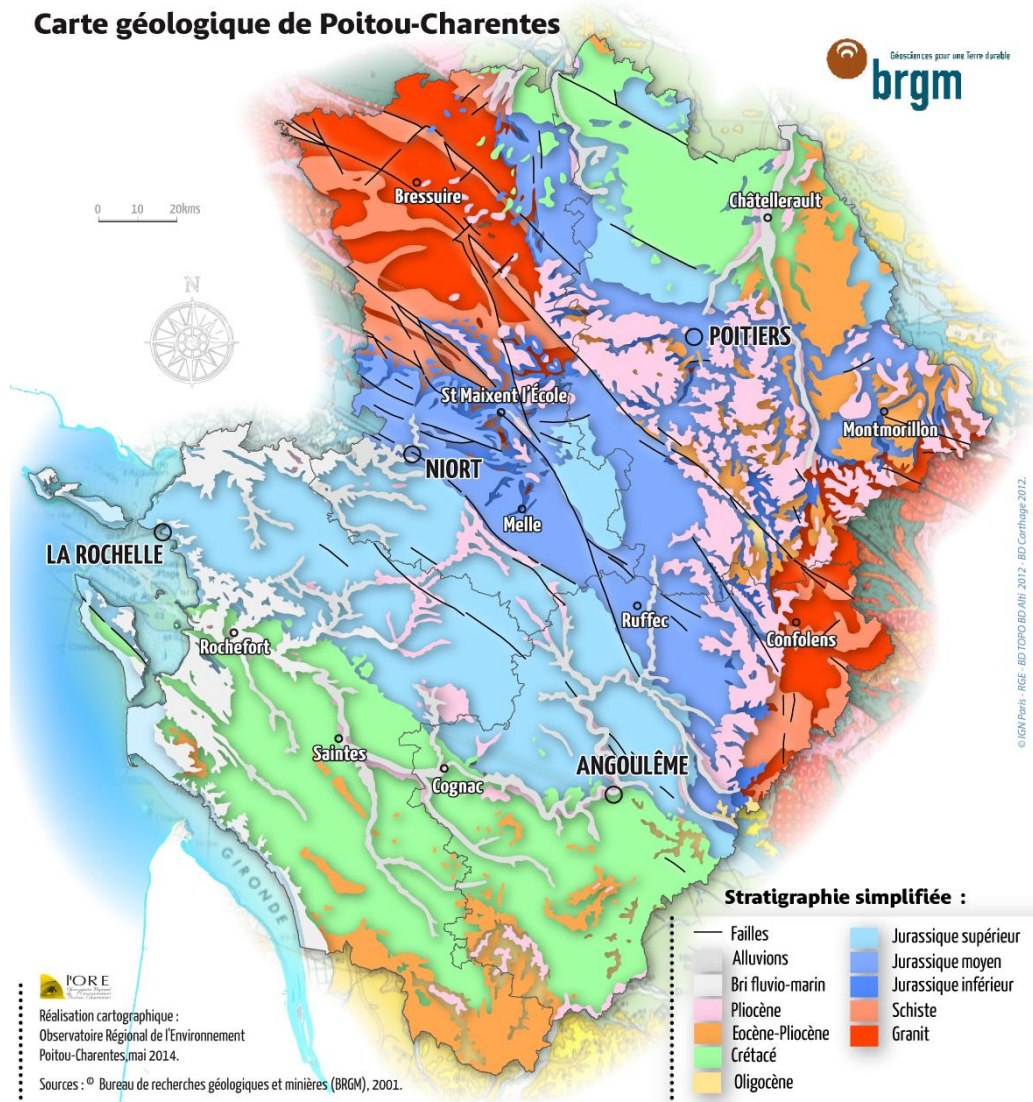


Illustration 5 - Carte géologique de Poitou-Charentes

Les terrains les plus anciens, présents le long du littoral du département, datent du Jurassique supérieur (il y a 161 millions d'années (Ma)) et se situent au nord du département. Depuis plusieurs millions d'années (Jurassique inférieur, -200 Ma), la sédimentation s'effectue dans un environnement marin franc, et est dominée par des calcaires, des calcaires argileux et des marnes. Au cours de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur (de -161 Ma à -155 Ma environ), un environnement de plateforme peu profonde s'installe, qui entraîne une sédimentation récifale (calcaires bioconstruits, calcaires coralliens). Aujourd'hui, issue de ces épisodes marins, cette succession de formations calcaires et marneuses affleure au droit des falaises

côtières de l'Île de Ré et de la Pointe de Chassiron (Île d'Oléron) et allant de Charron à Angoulins (sur le continent).

A la fin du Jurassique, il y a 146 Ma (Tithonien), un contexte de régression marine amorcée se traduit par la formation de dépôts de faible profondeur ou évaporitiques, sous la forme de calcaires argileux et de marnes gypsifères. Peu représentées, ces formations affleurent localement sur le littoral nord-est de l'Île d'Oléron.

L'absence de sédimentation marine au Crétacé inférieur s'explique par un long épisode d'émersion, durant environ 40 millions d'années. Cet épisode concerne l'ensemble de la région, soumise à une érosion intense. Par la suite, le nord du département restera en majeure partie émergé, laissant place à une longue phase érosive des assises jurassiques, de remaniement et d'épandage de matériaux détritiques. L'océan n'y retournera que partiellement au Quaternaire, succédant à trois épisodes érosifs qui souligneront le relief des assises jurassiques sous l'influence des climats péri-glaciaires.

La moitié sud du département connaît en revanche une nouvelle transgression marine, au Cénomane inférieur (Crétacé supérieur, -100 Ma), dont les dépôts terrigènes littoraux les plus au nord sont observables dans les falaises d'Yves. C'est également durant cet épisode qu'apparaissent les formations de sables, grès et calcaires, qui forment les littoraux des îles d'Aix et de Madame, de Port des Barques, de Fouras et de Bourcefranc-le-Chapus.

La sédimentation marine calcaire se poursuit au Crétacé supérieur et forme les terrains actuels d'une majeure partie de l'arrière-pays, notamment dans les secteurs de Rochefort, Saintes, Pons, Cognac et Jonzac. Ces assises calcaires affleurent en bandes sub-parallèles de direction NO-SE.

Les falaises de calcaire crayo-argileux de l'estuaire de la Gironde traduisent un environnement marin marqué, qui dominera jusqu'à la fin du Maastrichtien (Crétacé supérieur, -66 Ma), dont les derniers termes annoncent l'amorce d'un nouvel épisode de régression marine.

Au début du Tertiaire (à partir de -66 Ma), la mer s'est complètement retirée de la région et entraîne le dépôt de sables, de conglomérats et d'argiles, faciès largement continentaux. Ils sont notamment présents à l'affleurement dans l'arrière-pays, de Royan à la Presqu'île d'Arvert. Seul le Lutétien (de -49 Ma à -40 Ma), représenté par des calcaires, des sables et des conglomérats, peut être rencontré au sein de portions réduites du littoral du nord de l'embouchure de la Gironde. Le principal affleurement au sein de ces falaises estuariennes se situe sur la commune de Saint-Palais-sur-Mer.

Durant le Quaternaire, à l'époque pré-flandrienne (antérieure à 12 000 ans BP³), sous l'action combinée des agents érosifs liés au climat péri-glaciaire et d'un niveau marin très bas (de -60 à -100 mètres par rapport à l'actuel), de vastes dépressions se sont formées dans les terrains sédimentaires peu résistants du Jurassique et du Crétacé. Ces vallées encaissées sur plusieurs dizaines de mètres correspondent aux actuels marais du Poitou, de Rochefort, de Brouage et de la Seudre. La transgression flandrienne débute alors et constitue le dernier épisode marin qui a affecté la région. Elle voit le niveau marin augmenter à un rythme moyen de plusieurs mètres par millénaire dans le Golfe de Gascogne. C'est probablement autour de 7 000 à 5 000 ans BP que l'océan envahit le substratum des marais actuels, avec un optimum atteint il y a environ 2 000 ans BP. Cette remontée du niveau marin entraîne le colmatage progressif des zones basses par des vases argilo-silteuses fluvio-marines, communément appelées « bri ». En comblant les golfes installés dans ces secteurs largement envahis à marée haute, cette sédimentation a donné naissance aux actuels marais charentais. C'est également au cours des derniers millénaires que se sont érigés les cordons dunaires qui occupent les littoraux de la Presqu'île d'Arvert et du sud de l'Île d'Oléron.

³ BP : pour *Before Present*, est une référence temporelle utilisée dans diverses disciplines scientifiques pour situer un événement dans le passé. Le présent a été arbitrairement fixé à l'année 1950.

2.2.3. Environnements littoraux actuels

Le chapitre précédent expose la longue histoire géologique, comportant plusieurs épisodes de transgression et de régression marine, ayant conduit à la configuration géomorphologique actuelle du littoral charentais. Dix environnements géomorphologiques composent ainsi le linéaire côtier charentais, possédant leur propre dynamique d'évolution. Ils sont décrits ci-après et représentés à l'échelle départementale sur l'illustration 35.

Plage de poche

La majorité des plages de poche rencontrées en Charente-Maritime sont des plages sableuses ou vaso-sableuses, formées entre deux caps rocheux (Illustration 6). En effet, cette configuration particulière entraîne une diminution de l'énergie de la houle et favorise ainsi le dépôt de sédiments charriés par la dérive littorale et les cours d'eau. D'une manière générale, chaque plage de poche possède sa propre dynamique hydro-sédimentaire.



Illustration 6 - Conche de Saint-Georges-de-Didonne (photographie ©BRGM)

Cordon de galets

Les cordons de galets se sont formés, sous l'action des vagues, au fond d'anciens golfes, au fur et à mesure de la remontée du niveau marin au cours de la dernière transgression marine, au Flandrien (Holocène). Ils forment généralement un bourrelet topographique d'une puissance⁴ et d'une largeur limitées à quelques mètres. Ils isolent le plus souvent des zones de marais de l'océan (Illustration 7). Il est également possible de trouver des accumulations de galets au pied de falaises rocheuses. Dans ce cas, dans le secteur d'étude, l'évolution du littoral au droit de ces cordons reste généralement liée à l'évolution de la falaise.

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

⁴ En géologie, la puissance est l'épaisseur d'une couche ou d'une série de couches mesurée perpendiculairement à la stratification.



Illustration 7 - Cordon de galets, L'Houmeau (photographie ©BRGM)

Cordon sableux

De la même manière que les cordons de galets, les cordons sableux se sont formés à la faveur de la remontée du niveau marin, par accumulation dans les anciens golfes. Ils occupent une partie importante du linéaire dans la zone des pertuis. Généralement étroits et peu puissants, les cordons sableux possèdent une dynamique d'évolution comparable à celle des cordons de galets. Déplacé sous l'action de la houle, le sable peut également être repris par le vent et emporté vers les terres.



Illustration 8 - Cordon sableux du marais de Moëze (photographie ©BRGM)

Dune littorale

L'environnement de dunes littorales est un milieu de cordon sableux qui se distingue du précédent par ses dimensions, sa localisation en façade océanique ouverte, et sa dynamique d'évolution plus active que les cordons sableux précités. La largeur du cordon dunaire littoral d'est en ouest est généralement de plusieurs dizaines à centaines de mètres (Illustration 9).

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



Illustration 9 - Dune littorale, La Tremblade (photographie ©BRGM)

Marais maritime

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

Les marais maritimes se développent dans des secteurs globalement abrités de l'énergie de la houle, où la profondeur est faible, et dépendent essentiellement des courants de marée. Les secteurs de marais maritimes les plus étendus (Seudre, Brouage, Moëze, Fiers d'Ars, les Salines de l'île d'Oléron pour n'en citer que quelques-uns) ont été largement artificialisés et exploités depuis plusieurs siècles pour la conchyliculture, la production de sel et l'élevage ; ils se prolongent sur plusieurs centaines de mètres à l'intérieur des terres et forment des polders (cf. infra). Enfin, l'environnement de marais maritimes occupe également les littoraux situés en arrière des flèches sableuses (ex : Pointe de la Coubre) et dans l'estuaire de la Gironde (Illustration 10, Illustration 11).



Illustration 10 - Marais maritime à marée basse, développé à l'abri de la Pointe de la Coubre, formant la baie de Bonne Anse (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, AirMarine, 2021)

Flèche sableuse

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

Parmi les flèches sableuses les plus représentatives du littoral charentais existe la Pointe de la Coubre (Illustration 11). Toutefois, de nombreuses petites flèches sont aussi présentes sur le littoral de Charente-Maritime : au sud du port de la Perrotine, Pointe de Bellevue, Pointe du Galon d'Or par exemple. Elles se développent généralement à la faveur de changements marqués de l'orientation du trait de côte, et où les trois conditions précitées sont réunies. Les flèches sableuses ont une dynamique d'évolution particulièrement rapide en raison de leur extrémité en aval de la dérive, généralement libre (non rattachée au littoral).



Illustration 11 - Pointe de la Coubre, presqu'île d'Arvert (fond photographique ©IGN, 2014). La baie de Bonne Anse abritée entre la pointe et le continent forme un marais maritime.

Grande flèche sableuse

Une grande flèche sableuse est présente sur le littoral de Charente-Maritime : la Pointe de Gatseau au sud de l'Île d'Oléron. Elle se distingue des flèches sableuses du chapitre précédent en raison d'une emprise spatiale et d'une dynamique d'évolution plus importantes. Elles se sont mises en place au cours de plusieurs centaines à milliers d'années, sous l'action d'une dérive littorale forte et d'une grande disponibilité en sédiments en amont de la dérive, dans un milieu océanique ouvert. Les mouvements de sédiments à l'origine de la dynamique des grandes flèches sableuses s'effectuent sur des linéaires de plusieurs centaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètres le long du littoral. Le trait de côte peut évoluer perpendiculairement à la côte sur plusieurs dizaines de mètres chaque année.

Essentiellement non urbanisée, son évolution, qui, au-delà de son extrémité, s'apparente à celle des cordons et dunes littorales, a été particulièrement rapide au cours des dernières années (Illustration 12).

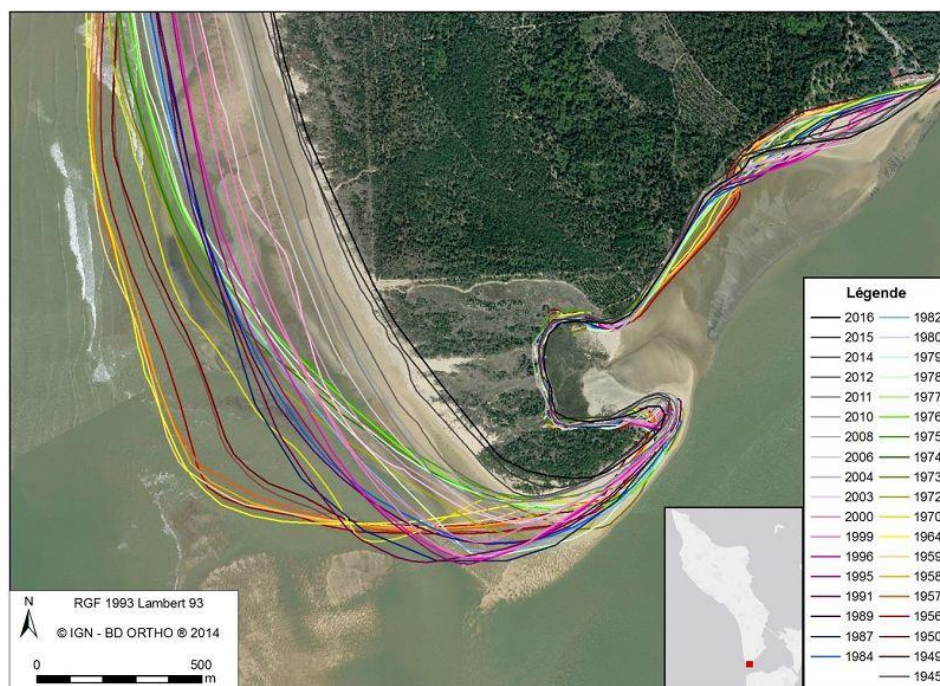


Illustration 12 - Evolution du trait de côte de la Pointe de Gatseau entre 1945 et 2016 (Bliard, 2016)

Falaise rocheuse

Le contact entre l'océan et le continent s'effectue par des falaises rocheuses lorsque les formations géologiques du littoral sont particulièrement compétentes⁵. C'est le cas des formations calcaires et marneuses du Jurassique, du Crétacé et, de façon plus limitée, du Tertiaire, qui composent la majorité des falaises côtières de Charente Maritime.

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

Les côtes à falaises ont la particularité de ne posséder aucune résilience : leur évolution, généralement lente (inférieure ou égale à 0,5 m.an⁻¹ dans le secteur d'étude), est à sens unique : elles reculent.

⁵ Caractérise les roches ou couches qui, dans des conditions données, sont plus aptes à rompre qu'à se déformer.



Illustration 13 - Calcaire à orbitoïdes (Crétacé, Maastrichtien) constitutif des falaises de Meschers-sur-Gironde (photographie ©BRGM)

Polder et port

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

Les ouvrages portuaires consistent en la création d'un espace maritime abrité de la houle pour permettre l'amarrage de bateaux, navires et bâtiments, et l'exercice des activités associées (pêche, ostréiculture, plaisance, commerce, opérations militaires...). De grands épis et quais, en béton et/ou en enrochements, sont ainsi érigés sur les fonds pour la construction de ports. Le trait de côte est alors fixé et n'évolue plus. Le Vieux-Port de la Rochelle est emblématique de ce type d'environnement littoral (Illustration 14), bien qu'il en existe un nombre significatif dans le département, aux tailles et vocations variées.



Illustration 14 - Vieux-Port de La Rochelle (photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, AirMarine, 2021)

Concernant les polders, la plupart ont été mis en place par l'homme dans des environnements de marais maritime, pour y développer des activités salicoles et agricoles : des vestiges de salines remontant à l'époque médiévale ont été révélées à Brouage (Chaumillon *et al.*, 2010). Des digues, levées de terre ou en enrochement d'une manière générale, isolent des bassins de l'océan. Ils sont uniquement connectés au travers d'écluses et de canaux qui permettent le renouvellement des eaux qu'ils contiennent. Ces actions favorisant l'accumulation des sédiments dans le marais, l'espace continental s'est alors étendu aux dépens de l'espace maritime. Plusieurs rangées de bassins, depuis la mer vers la terre, peuvent ainsi occuper le littoral sur des linéaires conséquents. C'est le cas par exemple du Fiers d'Ars sur l'île de Ré (Illustration 15).



*Illustration 15 - Vue aérienne partielle du Fiers d'Ars
(photographie ©Observatoire de la Côte Aquitaine, AirMarine, 2021)*

2.2.4. Nature sédimentaire des fonds marins

Les travaux de thèse de N. Weber (2004) distinguent trois principales provinces sédimentaires, sur les fonds marins, au large des côtes charentaises :

- les affleurements du socle rocheux, largement représentés sur l'avant-côte des îles d'Oléron et de Ré, et dans une moindre mesure, au nord du département ;
- les fonds vaseux, bien représentés dans la zone inter-pertuis directement au large de la côte continentale du département. La présence d'une large vasière au large de l'embouchure de la Gironde est remarquable ;
- les fonds sableux, où les sables les plus fins se trouvent dans la zone inter-pertuis ; les plus fortes granulométries se rencontrent au large des îles.

La nature des sédiments qui tapissent les fonds du secteur d'étude reflète les différents contextes hydrodynamiques en présence. D'une manière générale, les sables sont présents dans les zones sous l'influence dominante des houles et des forts courants de marée : au large des îles, dans les chenaux principaux des pertuis et dans l'estuaire de la Gironde. A l'inverse, les vases résident dans les secteurs dominés par les courants de marée (zones inter-pertuis, fonds de baies et à proximité des estuaires charentais) (Illustration 16).

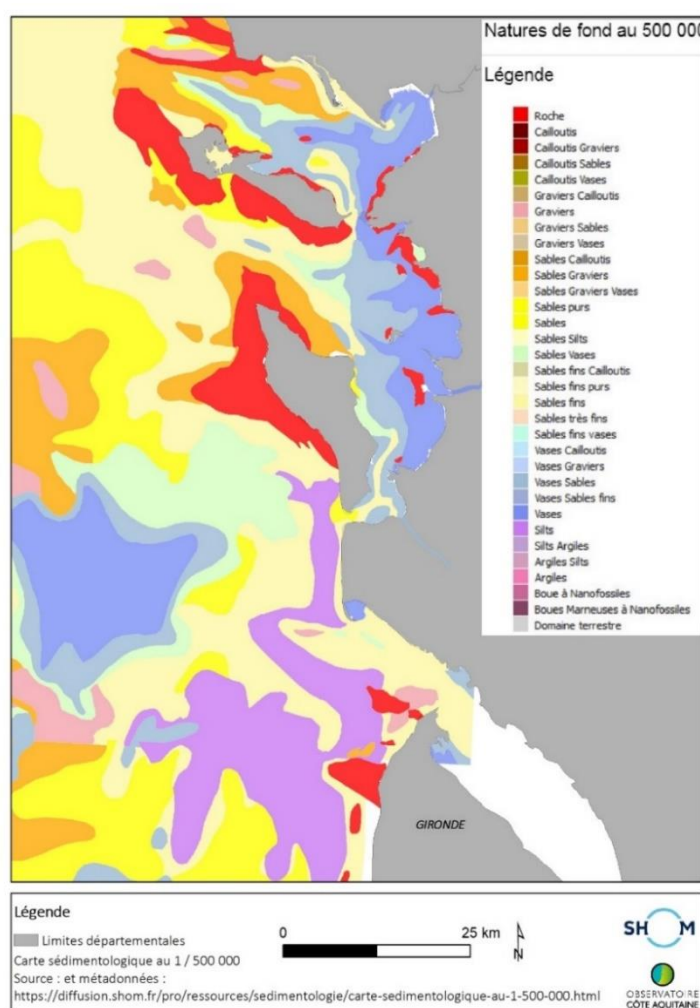


Illustration 16 - Nature sédimentaire des fonds marins, carte sédimentologique au 1/500 000 (©SHOM)

2.2.5. Contextes hydrographique et hydrogéologique

Les principaux cours d'eau qui débouchent sur le littoral de Charente-Maritime sont, du nord au sud, la Sèvre Niortaise, la Charente, le Chenal de Brouage et la Seudre (Illustration 17).

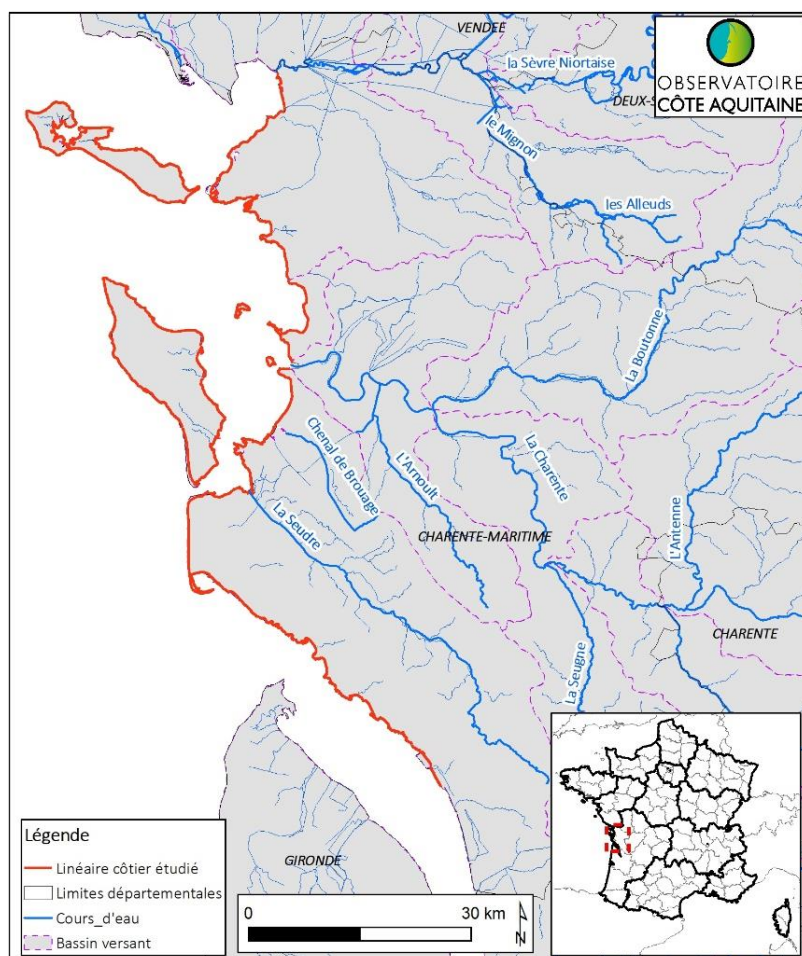


Illustration 17 - Réseau hydrographique et principaux bassins versants débouchant sur le littoral charentais

Au droit du secteur d'étude, les différentes unités aquifères en présence sont les nappes du Jurassique supérieur et du Crétacé. Les paragraphes suivants sont repris et adaptés de l'atlas régional des ressources géothermales très basse énergie du Poitou-Charentes (Thinon-Larminach *et al.*, 2018). Nous ne nous intéresserons ci-après qu'aux nappes susceptibles d'être à l'affleurement au droit du littoral charentais.

Les formations du Jurassique supérieur, en général calcaréo-marneuses et peu perméables, constituent un aquifère fissuré. Il contient, dans ses zones d'affleurement, une nappe superficielle correspondant à une frange d'altération et de fissuration. L'épaisseur de cette frange dépasse rarement 30 mètres. Les eaux circulent globalement selon la topographie, dans le réseau de fissures et de plans de stratification. Ce réservoir est peu capacitif (faible capacité de stockage), mais assez fortement transmissif (paramètre traduisant la perméabilité d'un aquifère). Le régime des rivières traduit ces propriétés. Les eaux de pluie sont en effet rapidement évacuées vers les rivières qui présentent des hydrogrammes assez peu amortis. L'été, la nappe s'épuise rapidement, décroche de la rivière dans les zones amont ce qui peut entraîner des assecs assez sévères. Des résurgences de cette nappe apparaissent au droit des falaises du département (Illustration 18).



Illustration 18 - Résurgences diffuses de la nappe au sein des calcaires argileux et marnes du Kimméridgien (Jurassique supérieur), dans la baie d'Yves (en haut) ; entre les calcaires argileux et marnes grisâtres de la falaise de la pointe de Queillé, secteur de la Pallice - La Rochelle (en bas) (photographies ©BRGM)

Les nappes du Crétacé supérieur présentent un contexte intermédiaire entre un aquifère fissuré et un aquifère karstique. Plus précisément, les formations du Turonien-Coniacien, et dans une moindre mesure du Cénomanién, correspondent à un contexte karstique.

Dans les zones d'affleurement de ces terrains, les réseaux hydrographiques sont peu denses. En revanche, l'importante couverture calcaréo-marneuse, qui recouvre ces formations, est peu perméable à l'imperméable. Elle peut toutefois se trouver fissurée et permettre des échanges des nappes profondes avec la surface. On trouve aussi dans la frange d'altération de ces terrains marneux en surface, une nappe de milieu fissuré à productivité médiocre (débit que peut capter un forage). L'illustration 19 expose des manifestations des nappes du Crétacé supérieur sur le littoral du département.



Illustration 19 - Horizons karstifiés et résurgences à l'interface entre les calcaires à huîtres et les calcaires argileux du Turonien, Île Madame (à gauche) ; au sein des calcaires du Maastrichtien de la conche des Cadets, Meschers-sur-Gironde (à droite) (photographie ©BRGM)

Le dernier type d'aquifère correspond au réservoir à matrice principalement sableuse. L'eau est contenue entre les grains de la matrice. Ces réservoirs sont fortement capacitifs, mais en revanche peu transmissifs. Le réseau hydrographique est dense sur un tel substratum. Par ailleurs, le débit des rivières est assez soutenu par ces nappes en période d'étiage. Ce type d'aquifère est principalement représenté, au droit du littoral du département, dans toutes les vallées à substratum alluvial, mais aussi plus sporadiquement au droit des formations sablo-argileuses du Tertiaire.

L'illustration 20 représente de façon schématique ces trois systèmes aquifères présents sur le littoral de Charente-Maritime.

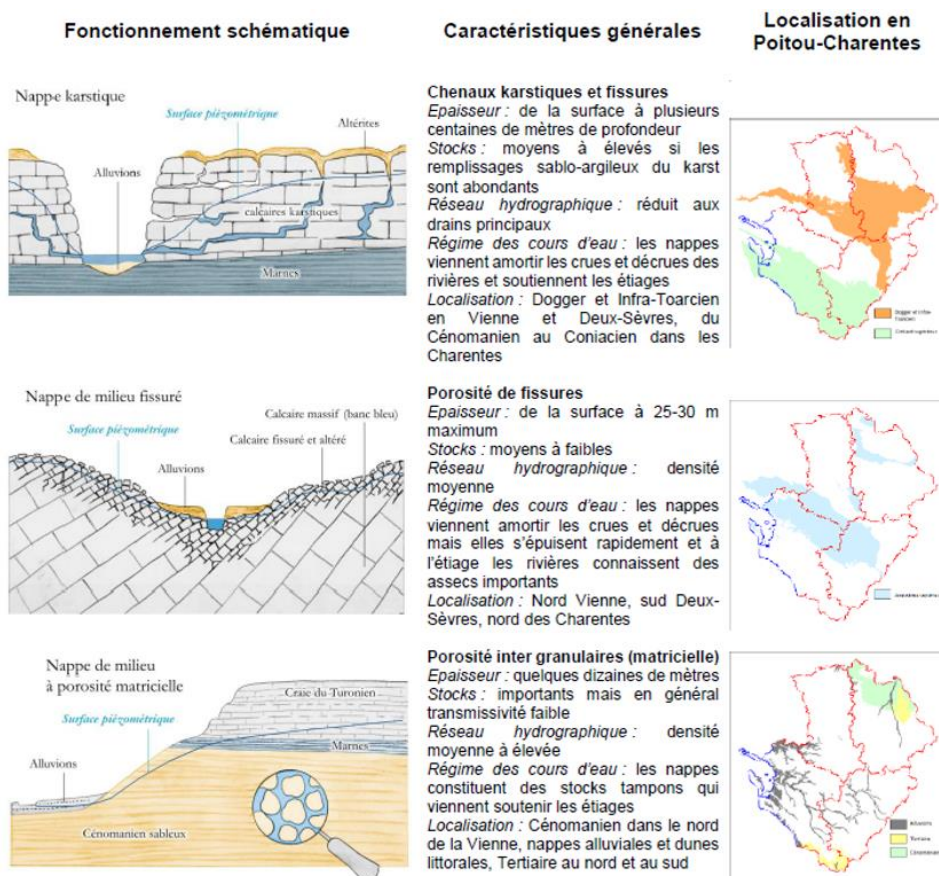


Illustration 20 - Synthèse des principaux aquifères du littoral de Charente-Maritime (adapté de Thinon-Larminach et al., 2018)

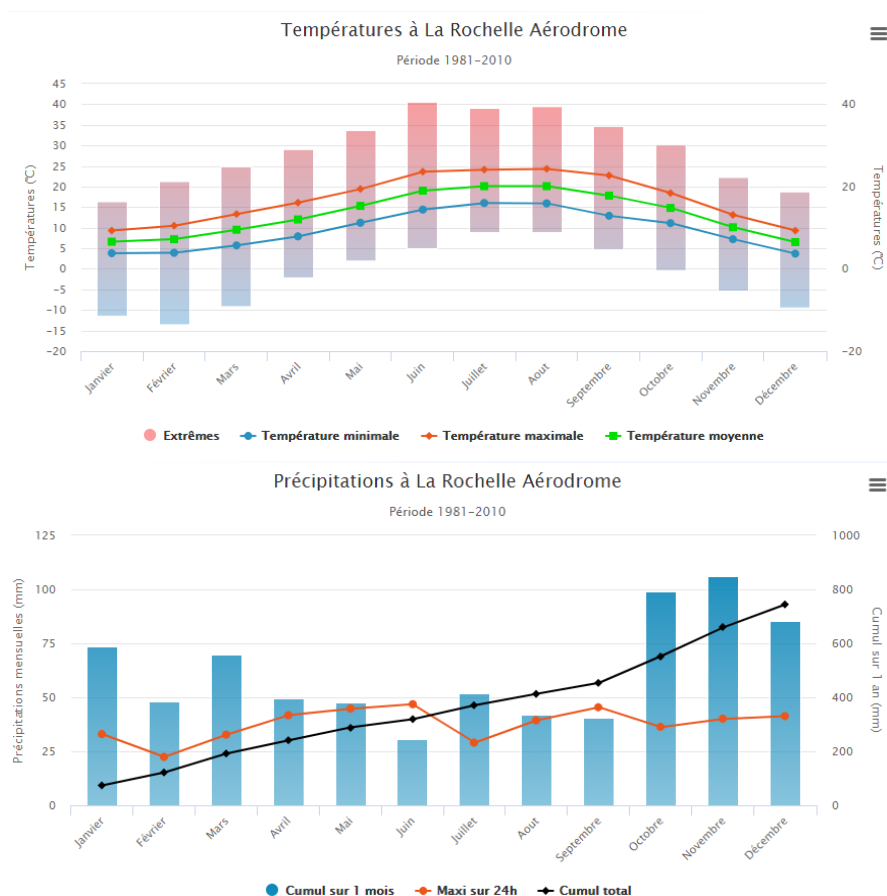
2.3. AGENTS DYNAMIQUES METEO-MARINS

2.3.1. Climatologie

Situé sur la façade atlantique, le littoral de la Charente-Maritime bénéficie d'un climat océanique doux en hiver et tempéré en été. Les mesures des différents paramètres climatiques enregistrés aux stations de l'aérodrome de La Rochelle et du Château d'Oléron sont exposées ci-après.

La proximité de l'océan entraîne une amplitude thermique réduite. À La Rochelle, les valeurs normales moyennes de température mensuelle, au cours de la période 1981 - 2010, oscillent entre 6,6°C et 20,5°C ; les gelées sont rares.

La pluviosité y est limitée : la façade océanique du département reçoit moins de 800 mm de précipitations annuelles en moyenne ; elle est légèrement plus élevée à l'intérieur de l'estuaire. À La Rochelle, la période d'octobre à janvier est la plus pluvieuse : elle rassemble près de 50 % du cumul annuel de précipitations (Illustration 21).



Station	Aéroport de La Rochelle : normales 1981-2010 source : Météo-France	Le Château d'Oléron normales 1981-2010 source : Météo-France
Températures : moyenne mensuelle Min (mois) / Max (mois)	6,6°C (décembre) / 20,5°C (juillet, août)	7,1°C (janvier) / 21°C (août)
Précipitations : moyenne mensuelle des hauteurs Min (mois) / Max (mois)	39,1 mm (juin) / 93,5 mm (novembre)	40,6 mm (juillet) / 96,0 mm (octobre)
Vent : rafale maximum du vent Min (mois) / Max (mois)	26 m.s ⁻¹ (juillet) / 44 m s ⁻¹ (décembre)	25 m.s ⁻¹ (mai) / 46 m. s ⁻¹ (décembre)

Illustration 21 - Normales statistiques 1981 - 2010 à partir des mesures aux stations de l'aéroport de La Rochelle et du Château d'Oléron (source : infoclimat.fr)

Enfin, les enregistrements des vitesses et directions des vents, à la station du phare de Chassiron, témoignent d'un régime saisonnier où les vents les plus forts sont de provenance à dominante ouest à sud-ouest et, bien que moins représentés, en provenance du nord-est. Durant les mois d'été, les vents dominants proviennent du nord-ouest (Illustration 22, Cerema, 2019a).

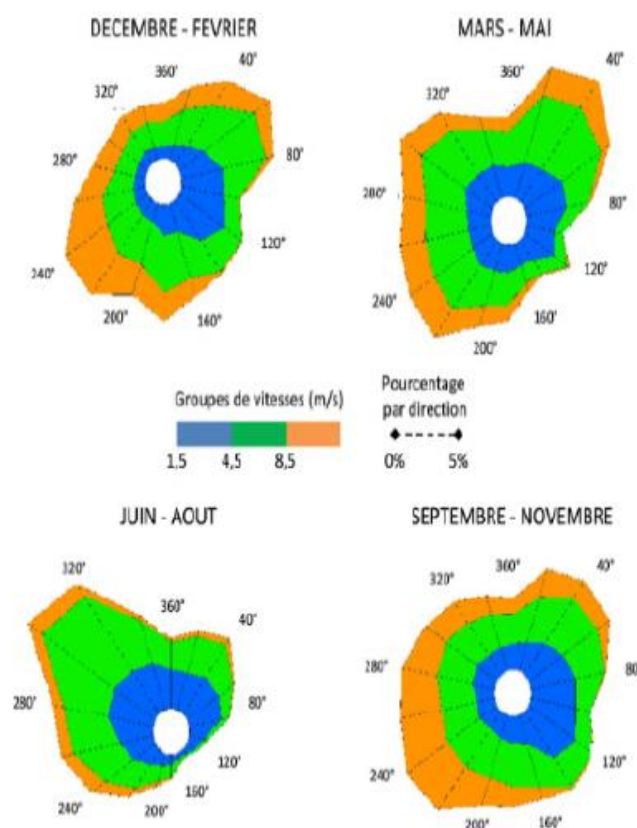


Illustration 22 - Distribution trimestrielle des vents entre 1990 et 2002, au phare de Chassiron (Kervella, 2009, d'après des données Météo-France, dans Cerema, 2019a)

2.3.2. Marée

Sur la côte charentaise, la marée est de type semi-diurne avec une période de 12h25. Pour des marées de vives-eaux moyennes (coefficient de 95), le marnage moyen à la côte augmente du sud vers le nord, de 4,2 m à l'embouchure de la Gironde (Royan) à 5,1 m sur l'île d'Oléron (Saint-Denis-d'Oléron) et au port de La Rochelle, et jusqu'à 5,25 m à la Pointe de l'Aiguillon (SHOM, 2021).

Les travaux de thèse de Nicolle (2006) ont mis en évidence l'existence d'une marée asymétrique dans les pertuis charentais, surtout en période de morte-eau ou de déchet (coefficients de marée en diminution), où le flot dure plus longtemps que le jusant. L'origine de ce phénomène est attribuée à la présence de larges zones d'estran, un frottement sur le fond important et une géométrie des côtes particulières.

2.3.3. Etats de mer

Les caractéristiques des états de mer affectant la côte aquitaine sont étudiées grâce à un réseau de bouées de mesures, sur lesquelles des capteurs relèvent périodiquement des informations océanographiques et météorologiques.

La bouée n°01704, du réseau Candhis opéré par le Cerema, et située à environ 30 km au large de l'île d'Oléron, a enregistré les états de mer pendant une durée de 5,33 ans, du 03/07/2014 au 06/08/2020. Ces mesures révèlent une climatologie annuelle moyenne avec les caractéristiques suivantes (Illustration 23) :

- hauteurs significatives des vagues à partir du moment d'ordre zéro de la densité spectrale H_{m0}^6 inférieures à 2,34 m pour 80 % des données mesurées ;
- périodes associées correspondant au maximum de la densité spectrale T_p comprises entre 2 s et 13 s ;
- la grande majorité des houles est de secteur ouest et ouest / nord-ouest.

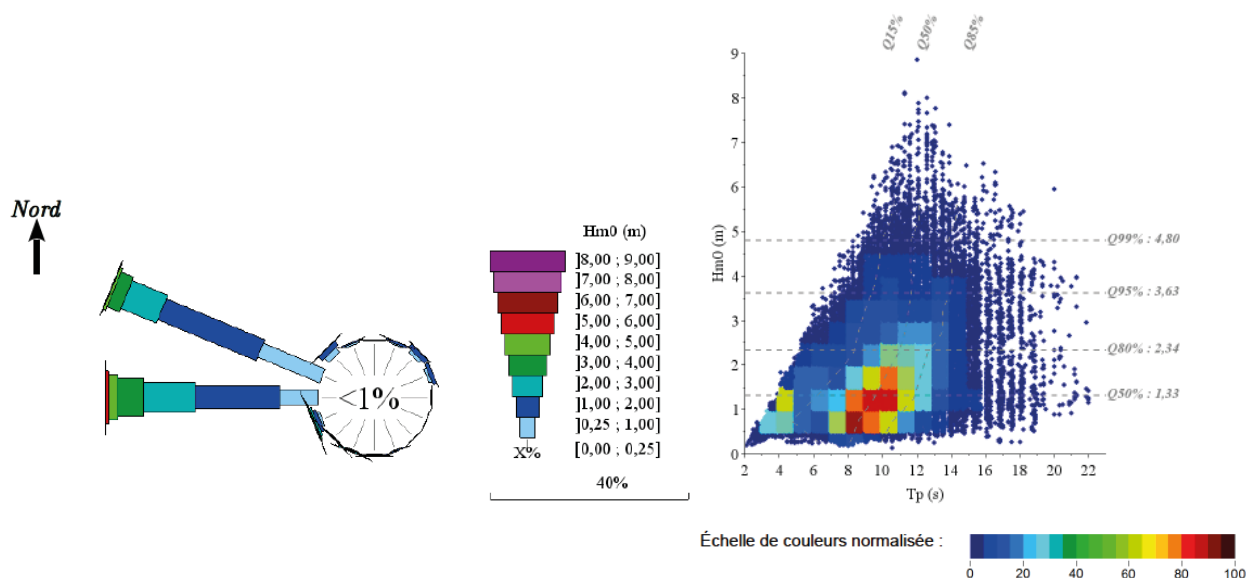


Illustration 23 - Climatologie moyenne annuelle, mesurée à la bouée n°01704 du réseau Candhis (Cerema, 2021)

Il est à noter l'existence d'un contraste significatif dans les états de mer caractérisant les périodes estivale (avril à septembre) et hivernale (octobre à mars) (Illustration 24). A l'aide d'outils de modélisation, Bertin *et al.* (2008) a démontré que les périodes hivernales sont à l'origine de houles énergétiques (e.g. aux périodes et hauteurs significatives les plus élevées) et frontales à la côte, alors que les étés se caractérisent par des houles moins énergétiques et plus obliques.

⁶ H_{m0} : Etabli à partir du déplacement vertical de la surface libre du plan d'eau, H_{m0} est une estimation de la hauteur significative des vagues à partir du moment d'ordre zéro du spectre de variance.

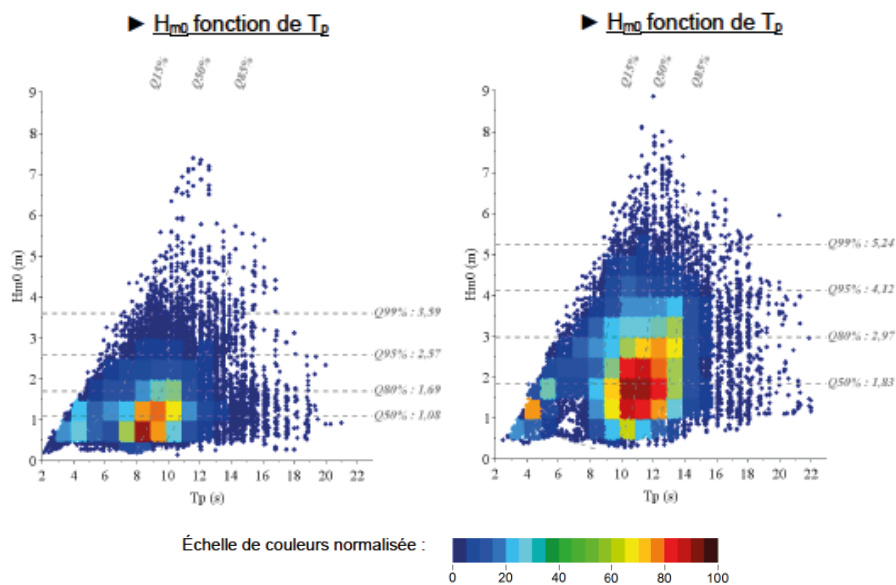


Illustration 24 - Climatologie moyenne estivale (à gauche) et hivernale (à droite), enregistrée à la bouée n°01704 (Cerema, 2021)

Afin de compléter ces mesures *in situ* discontinues spatialement et parfois temporellement, des simulations numériques ont été mises en œuvre permettant de reproduire des séries de données passées de longue durée (*hindcast*, ou simulation rétrospective) et en différents endroits du domaine océanique et côtier. Parmi ces bases de données, il est possible de citer l'Atlas Numérique des Etats de Mer Océaniques et Côtiers (ANEMOC), ou encore le Bay of Biscay Wave Atlas - Hindcast (BoBWA-H). Cette dernière base a été exploitée par Bulteau *et al.* (2013) pour 43 points du littoral atlantique et de la Manche, en France métropolitaine. BoBWA fournit, entre autres, des séries temporelles sur les paramètres de vagues, sur la période 1958-2002, à une résolution de 10 km (BoBWA-10kH).

Le point d'extraction Gascogne_05 de la base de données BoBWA est situé à une localisation comparable à celle de la bouée Candhis n°01704, quoique légèrement plus au large, à 45 km environ au large de l'île d'Oléron. Pour la période simulée (01/01/1958-31/08/2002), la moyenne des hauteurs significatives des états de mer (H_s^7) est de 1,81 m ; la moyenne des directions du pic de provenance des vagues (D_p) est de 279° (ouest à ouest / nord-ouest) et la moyenne des périodes du pic des vagues est égale à 11,2 s. La majorité des états de mer au large ont des périodes comprises entre 7 s et 14 s, et des hauteurs inférieures à 2,5 m (Illustration 25). Ces données sont cohérentes avec les mesures réalisées à la bouée n°01704.

⁷ H_s (m) Hauteur significative des vagues exprimées en mètres, correspondant à la moyenne du tiers des plus fortes vagues.

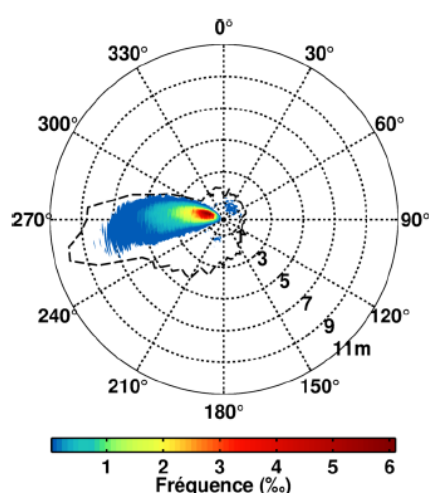


Figure 1 : Rose des vagues. La valeur de Hs se lit sur l'axe radial. L'enveloppe des points de la série temporelle est représentée par la ligne noire en pointillés. La fréquence d'occurrence des couples (Hs, Dp) est représentée par l'échelle de couleur (min = 0,02%) avec une discrétisation de 5° pour Dp et 5 cm pour Hs.

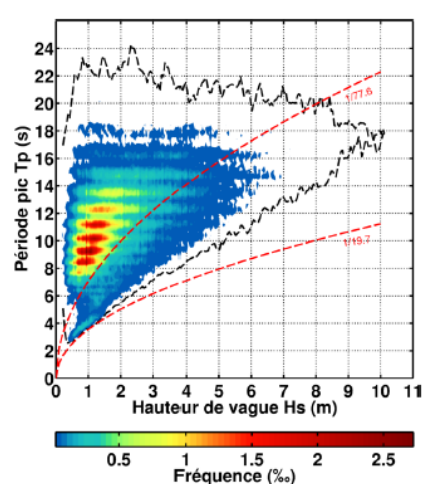


Figure 2 : Diagramme bivarié (Tp, Hs). Même symbologie que la Figure 1. Pour la fréquence d'occurrence, Tp est discrétisée toutes les 0,25 s et Hs tous les 5 cm. Sont représentées également par des lignes rouges en pointillés les limites de cambrure (pente) 1/19,6 et 1/77,6. La mer de vent se développe entre les deux limites ; les houles longues se développent au-delà de la limite 1/77,6.

Illustration 25 - Climatologie moyenne annuelle définie à partir de la base de données BobWA couvrant la période 1958-2002 (Bulteau et al., 2013)

On notera enfin qu'à l'entrée des pertuis, la propagation de la houle est réfractée et atténuée par les seuils et les flancs des fosses. Ce phénomène induit un angle d'incidence élevé et une dérive littorale globalement orientée du nord vers le sud (Gouriou, 2012).

2.4. FONCTIONNEMENT HYDRO-SEDIMENTAIRE A L'ECHELLE DEPARTEMENTALE

2.4.1. Courantologie

Les courants marins sont de plusieurs natures (SHOM, 2001) : les courants de marée, les courants formés par la houle, les courants de dérive dus au vent, les courants de pente dus aux surélévations du niveau de la mer près des côtes et les courants de densité, liés aux mouvements relatifs des masses d'eau océaniques. Les deux premiers sont les plus étudiés.

Le SHOM établit des cartes des vitesses des courants de marée (Illustration 26). Les courants sont globalement orientés vers l'ouest au jusant et vers l'est au flot. L'orientation de ces courants est cependant fortement influencée par la morphologie côtière et la bathymétrie, manifestement perceptible dans la zone inter-pertuis. Les vitesses maximales sont atteintes dans les pertuis, en particulier ceux d'Antioche et de Maumusson, avec des valeurs pouvant dépasser les 1,5 m.s⁻¹ (Chalumeau, 2014).

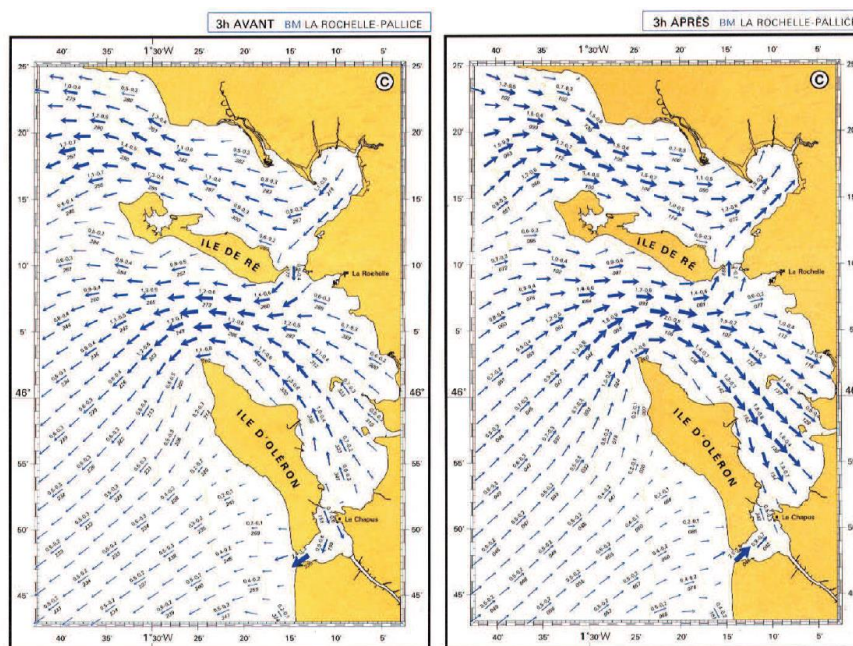


Illustration 26 - Carte des courants de marée en surface, dans les pertuis charentais (©SHOM, dans Gouriou, 2012)

Les houles correspondent aux oscillations de la surface de la mer les plus énergétiques (périodes supérieures à 5 s), générées par le vent au large et suffisamment énergétiques pour se propager au-delà de l'action du vent, souvent pendant plusieurs jours. Sur la façade océanique ouverte du littoral charentais, les courants induits par les houles sont prépondérants devant ceux générés par la marée. Le déferlement des vagues au rivage induit un courant de dérive littorale parallèle à la côte. De par l'orientation des houles dominantes (ouest et ouest / nord-ouest) et celle de la côte charentaise, la dérive littorale est ainsi globalement dirigée du nord vers le sud sur la façade continentale et du nord-ouest vers le sud-est sur les littoraux insulaires (Illustration 29).

Au-delà des courants de dérive littorale, des courants sagittaux (perpendiculaires au rivage) s'expriment particulièrement au droit des littoraux sableux de l'Île d'Oléron et de la Presqu'île d'Arvert. Sous l'action du déferlement des vagues, la configuration de l'avant-côte de ces secteurs (sédiments sableux et faibles pentes) autorise la formation de ces courants sagittaux. Ils sont à l'origine de la formation des baïnes (Illustration 27).



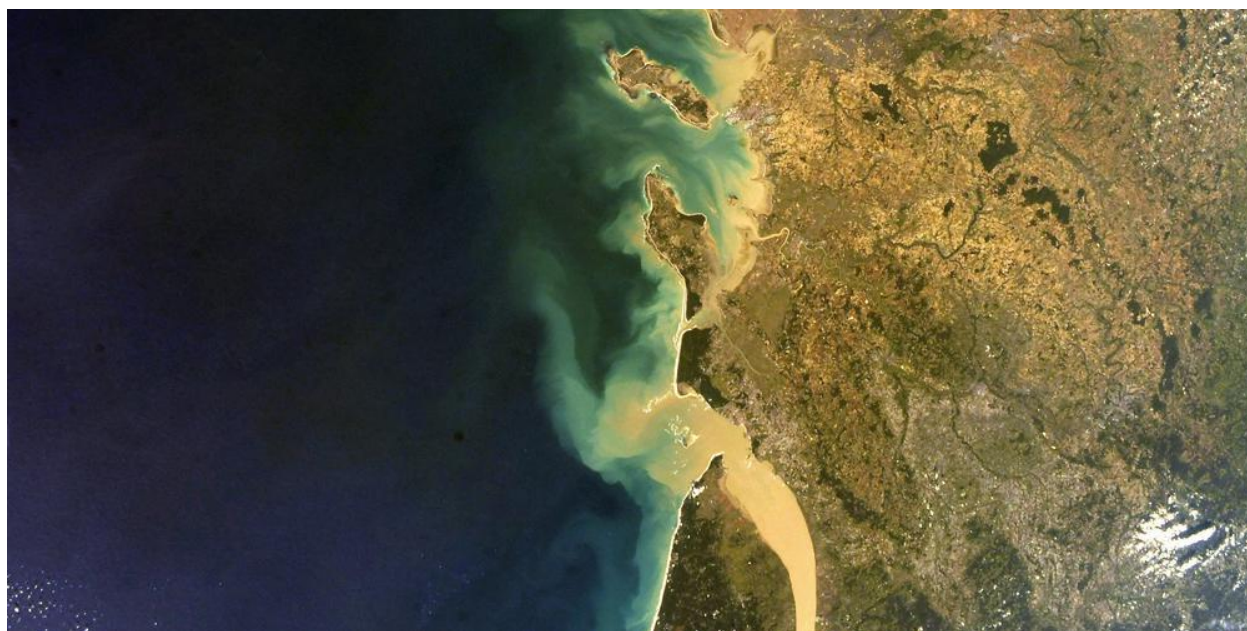
Illustration 27 - Illustration d'un courant de baine (source : <https://www.epoc.u-bordeaux.fr/indiv/Castelle/index.php?page=7&lang=eng>)

Enfin, le vent génère des vagues désorganisées et forme le clapot ou mer de vent (période de l'ordre de 2 s à 5 s). Il induit des courants de surface à des échelles de temps de quelques heures à quelques jours, dont l'intensité et la durée dépendent des agents météorologiques locaux. Stanisière *et al.* (2006) a démontré, à l'aide de la modélisation, l'impact non négligeable des courants induits par le vent sur le fonctionnement hydrodynamique du bassin de Marennes-Oléron.

On notera enfin que l'action du vent porte également sur les autres compartiments émergés du littoral : l'estran (selon le niveau de marée), la plage et l'arrière-pays, avec le transport éolien.

2.4.2. Transport sédimentaire

Les sédiments présents sur le littoral actuel de la Charente-Maritime proviennent du remaniement des sédiments présents sur le plateau continental et les petits fonds, des apports terrestres (par l'érosion des côtes à falaise et versants rocheux) et des apports fluviaux. Parra *et al.* (1998) suggèrent ainsi que les sédiments fins présents dans les pertuis proviennent pour 40 % à 90 % de l'estuaire de la Gironde, mais aussi du démantèlement des marnes jurassiques au nord du département, et dans une moindre mesure des fleuves charentais (Illustration 28). Les sédiments sableux proviennent pour l'essentiel d'un remaniement de matériaux déjà présents sur le plateau continental et les petits fonds, produits il y a plusieurs milliers d'années, lors des épisodes glaciaires.



*Illustration 28 - Panaches de sédiments fins au droit des estuaires et des côtes de Charente-Maritime
(©Crédit photo : Thomas Pesquet)*

En fonction de la granularité des sédiments et de la capacité de transport des courants, générés par les agents dynamiques (marées, houles, vents...), les sédiments du littoral sont mobilisés selon trois principaux modes : la mise en suspension, la saltation et le charriage (MTE, 2010). De par la complexité du littoral charentais, où varient les expositions aux différents agents dynamiques, et riche d'une grande diversité de sédiments, tous ces modes de transport s'y expriment en différents secteurs.

Sur la base d'une large revue bibliographique et scientifique, la série de fascicules « Dynamiques et évolution du littoral » constitue l'actualisation des catalogues sédimentologiques des côtes françaises. Son fascicule 6, de la Pointe de Chémoulin à la Pointe de Suzac (Cerema, 2019a), propose une synthèse des mouvements de sédiments, en termes de quantité et de direction, transitant sur le littoral de cette façade (Illustration 29). Un découpage du littoral en cellules hydro-sédimentaires y est associé (Illustration 30).

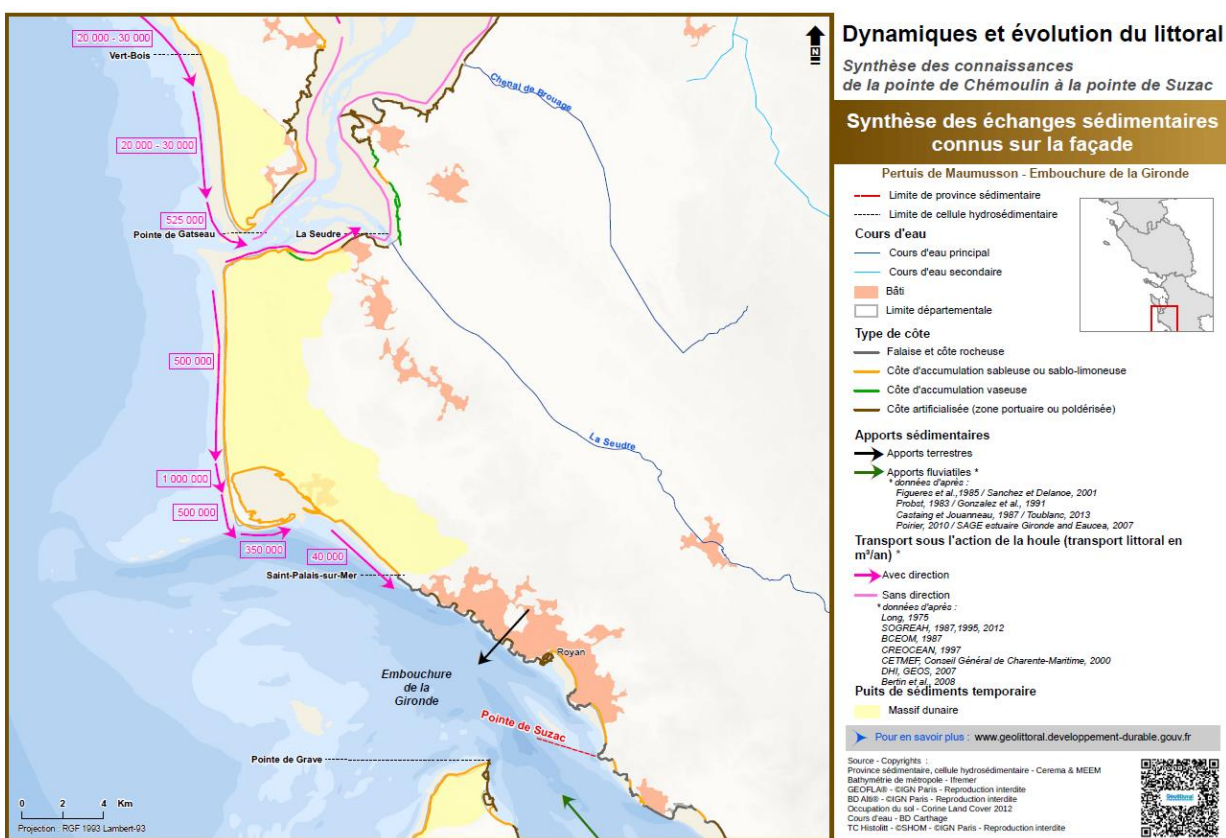
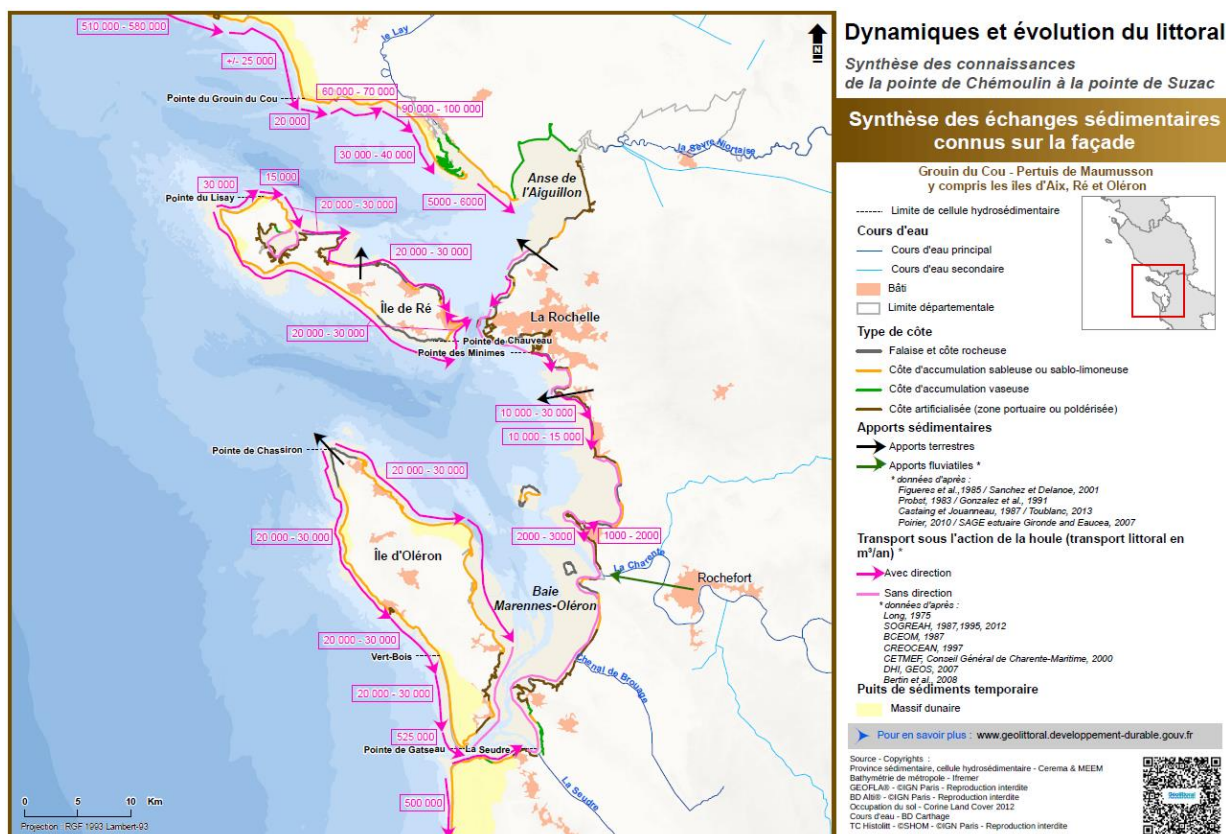


Illustration 29 - Synthèse des échanges sédimentaires connus sur la façade du secteur d'étude (Cerema, 2019a)

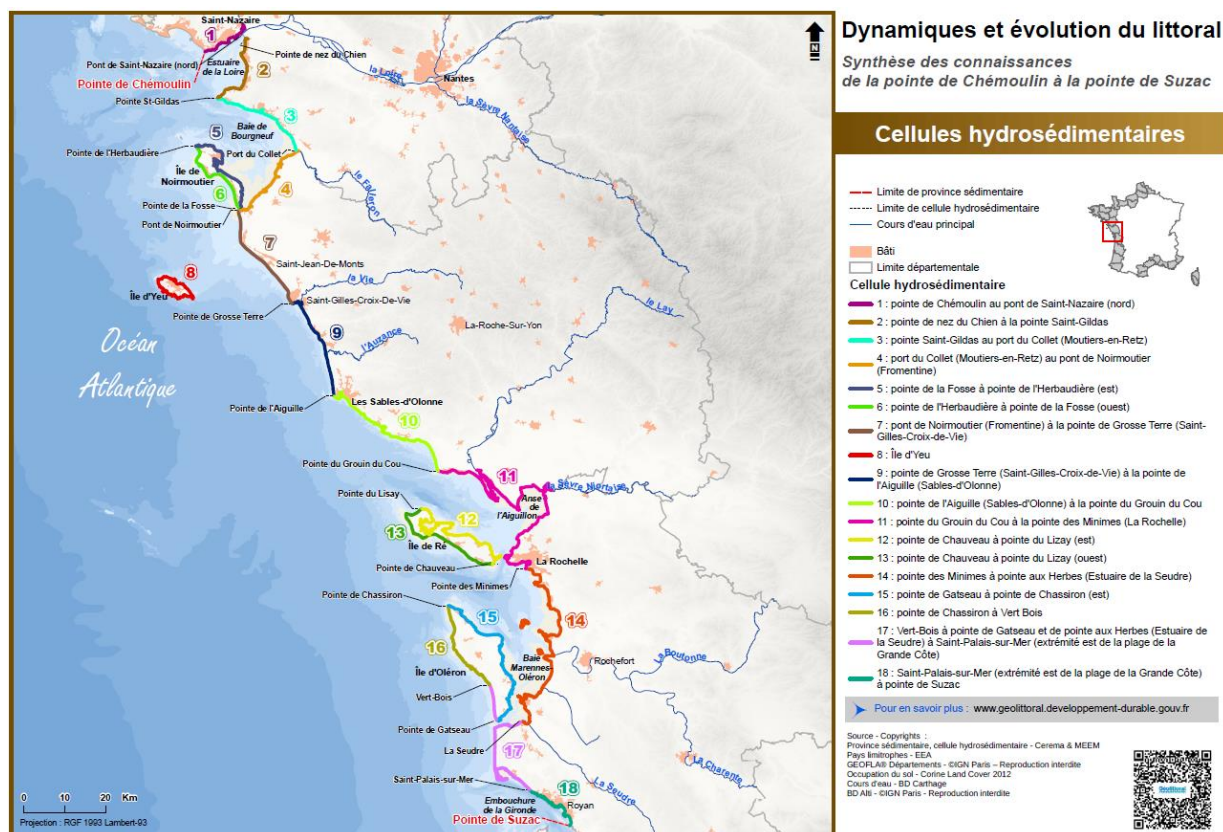


Illustration 30 - Cellules hydro-sédimentaires, de la Pointe de Chémoulin à la Pointe de Suzac (Cerema, 2019a)

3. Caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime

La méthode mise en œuvre pour caractériser l'aléa "recul du trait de côte" est exposée à l'illustration 31. Organisée en quatre principales étapes (en bleu), les problématiques-satellites, classiques de ce type d'exercice ont également été traitées (en jaune). Chacun de ces items fait l'objet des chapitres suivants.

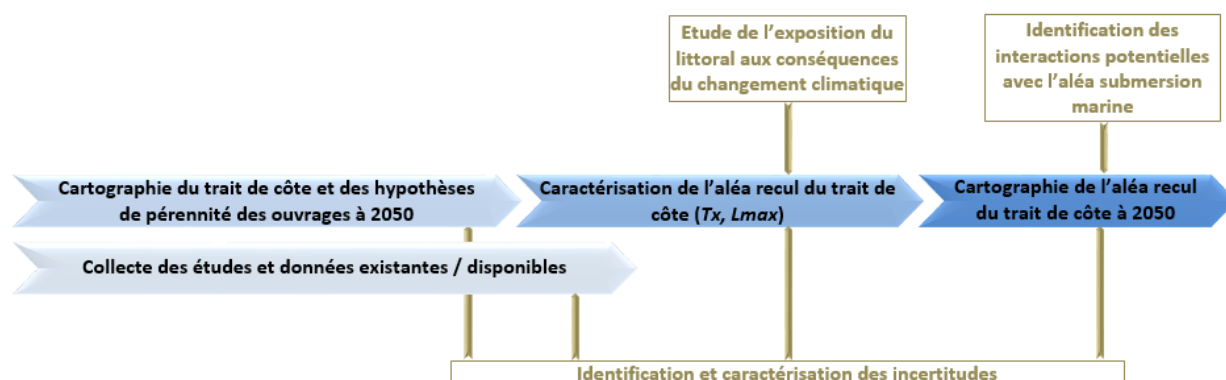


Illustration 31 - Schéma conceptuel de la méthode mise en œuvre pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050

3.1. INVENTAIRE DES ETUDES ET DONNEES EXISTANTES

Dès le démarrage de l'étude, le comité technique a été invité à transmettre l'ensemble des études et données disponibles traitant de la caractérisation de l'évolution du trait de côte sur le littoral de Charente-Maritime. L'objectif est de recenser et d'exploiter les efforts menés aux échelles locale et départementale pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" qui doit être menée.

Un total de 22 études a ainsi été identifié, ainsi que plusieurs jeux de données non nécessairement produits dans un cadre d'étude spécifique. Plus précisément, chaque étude identifiée peut correspondre à un projet ayant donné lieu à un ou plusieurs rapports. Une analyse comparative de ces informations, au regard des besoins de la présente étude, est exposée dans le Tableau 1 et le Tableau 2. L'inventaire des données recueillies générées en dehors du cadre d'un projet, ou non défini, est présenté dans le Tableau 3.

D'un point de vue géographique, les études ont été produites à des échelles diverses : de la portion du littoral d'une commune jusqu'au département et au-delà. Elles répondent à des commandes publiques, des services de l'Etat, d'établissements publics ou de collectivités (Conseil Départemental, EPCI, commune), ou sont l'objet de travaux de recherche. La répartition géographique des études, à l'échelle communale (à noter qu'une étude portant sur une partie du littoral d'une commune est comptabilisée comme une étude réalisée sur l'ensemble du territoire communal), révèle une forte disparité dans le département. L'évolution du trait de côte au droit des secteurs nord du département et à l'intérieur de l'embouchure de la Gironde est peu étudiée. À l'inverse, l'île d'Oléron, le bassin de Marennes, la côte sauvage et la côte de beauté ont fait l'objet de plusieurs analyses sur le sujet (Illustration 32).

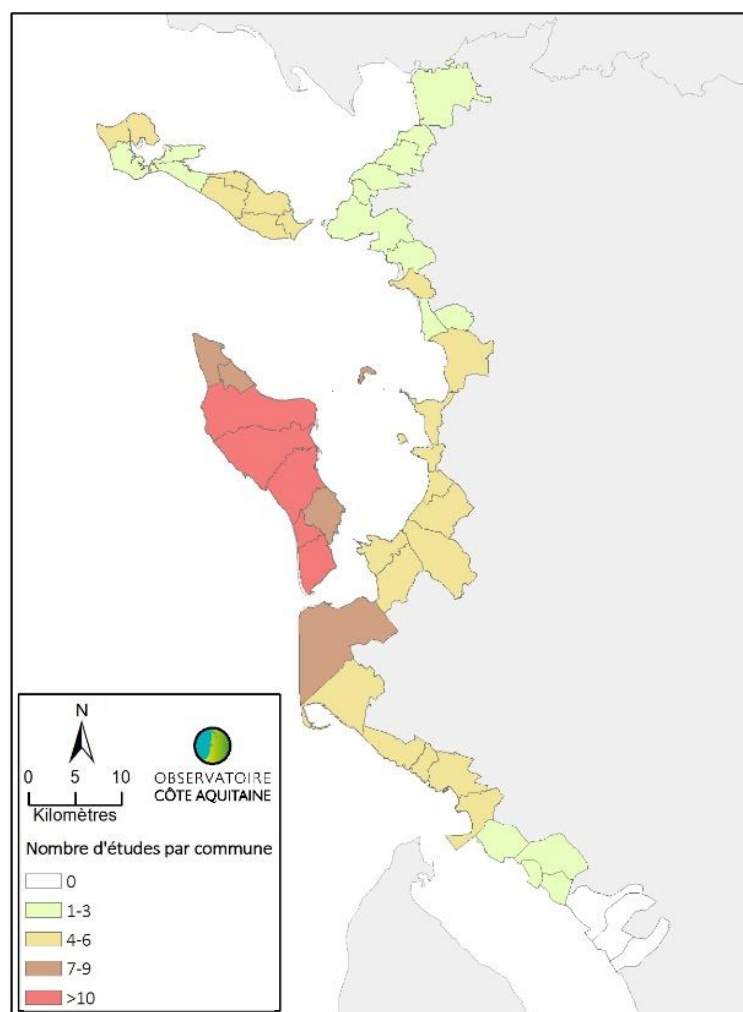


Illustration 32 - Nombre d'études traitant de l'évolution du trait de côte, par commune du département

ID_Etude	Titre (Année)	Organisme - Auteur(s)	Client	Emprise spatiale	Fonctionnement général hydrosédimentaire (oui/non)	TDC réf et historiques (Année - Descripteur(s))	Ouvrages (Identification - Info pérennité 2050- Cartographie)	Actions gestion (Identification - Info pérennité 2050 - Cartographie)	Tx (Méthode - Valeurs - Période)	Lmax (Méthode - Valeurs - Réel ou estimé)	Projection - Horizon	Changement climatique - Incertitudes - Interaction érosion/submersion	Données carto disponibles SIG (oui / non) - Détails
1	Gestion dynamique des sédiments sur les côtes ouest et nord de l'île d'Oléron (2001)	Creocean	DDTM17	Île d'Oléron	non, local	non	oui - identification locale	oui - identification locale	non	non	non	non	non
2	Etude pour une gestion dynamique des sédiments sur les côtes du Bassin de Marennes-Oléron et le pertuis de Maumusson (2006)	Ifremer, Creocean, Univ. La Rochelle, CLDG	CD17/DDTM17	Bassin de Marennes-Oléron (Arvert - Oléron, Pertuis Maumusson)	oui, dynamique (au travers de modélisations numériques des flux marins et éoliens (courants, sédiments)	plusieurs TDC 1824 - 2005 - descripteur non précisé	non	non	non	non	non	non	non - TDC 1824, 1882, 1950, 1989, 2005
3	Etude de définition de dispositifs de défense contre la mer - Falaises de Royan - Phase 1 (étapes 1 & 2), Phase 2 (2018)	Artélia	CD 17	Royan	oui (description du milieu)	réf = TDC 2018 - descripteur non défini	oui - Description, indique absence domanialité des ouvrages	non	oui - Tx = -0,1 m/an	oui - Observations Lmax = 5m falaises (obs), 10 m conches (estimé)	oui - 2028 et 2058 (voir les hypothèses retenues)	non	non - Levé drone 2018 et/ou TDC 2018, cartographie des Tx et Lmax
4	Atlas 2018 de suivi de l'érosion des côtes Oléronnaises	Artedrones	CdC de l'île d'Oléron - Oléron Espaces naturels	Île d'Oléron	non	TDC historiques sur la période 1950-2016 + MNT 2017-2018 - Descripteurs non précisés	non	non	non	non	non	non	oui -TDC historiques (via étude Castelle et al., 2018). non - MNT
5	Observatoire du littoral de l'île de Ré - Etat des lieux 2013-2018 (2019)	Casagec Ingenierie - F. Bogun, D. Dailloux	CdC Île de Ré	Île de Ré - plages sableuses	oui sur quelques secteurs	TDC sur la période 2013 à 2018 - Descripteurs = pied de dune, limite végétation, pied d'ouvrage et sommet de falaise - cartographiés	non	non	analyse diachronique Périodes historiques (1950-2014) et récente (2013-2018)	reculs Lmax attribués à l'hiver 2013-2014 sur comparaison de deux levés 2013 et 2016	non	non	oui -Traits de côte historiques et analyses Tx et Lmax
6	Diagnostic du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'île d'Oléron : analyse générale et analyses locales (2019) - Atlas cartographique (2021)	Casagec Ingenierie - F. Bogun, C. Olcomendy	CdC Île d'Oléron	Île d'Oléron	oui	réf =TDC 2014, TDCs historiques sur la période 1950-2014 - reprise travaux Castelle et al., 2018. Descripteurs = limite de végétation, pied de dune, pied d'ouvrage	oui - Cartographie existante	non	ré-analyse des données Castelle et al. (2018)	REX Xynthia modélisé + reprise données PPRL	oui - 2030 et 2050	non	oui -Traits de côte historiques et analyses Tx et Lmax
7	Cartographie de la vulnérabilité du littoral au recul du trait de côte dans un contexte de changement climatique à l'échelle du bassin Adour-Garonne (2017)	BRGM - N. Bernon, J. Mugica, G. Le Cozannet et A. Maspataud	Agence de l'Eau Adour-Garonne	De Yves à Saint-Georges-de-Didonnes	non	réf = TDC 2014 ; Descripteurs dépendant de l'environnement littoral	oui - ouvrages longitudinaux - cartographie existante	non	oui - analyse bibliographique, expertise	oui - analyse bibliographique, expertise	non	oui - changement climatique et incertitudes analysés	oui
8	INEC / Dynamique et évolution du littoral - Fascicule 6 : synthèse des connaissances du littoral de la Pointe de Chémoulin à la Pointe de Suzac (2019)	Cerema	Commande nationale	Loire-Atlantique (partiel), Vendée et Charente-Maritime	oui (synthèse bibliographique)	réf = date variable (INEC) - descripteurs dépendant de l'environnement littoral	oui - cartographie nationale des ouvrages et aménagements littoraux	oui - informations textuelles sur les rechargements en sable sur des localités de la province	oui (INEC + études locales) - Au cas par cas. INEC : analyse diachronique (entre 2 dates tous les 200 mètres)	oui - très localement (REX Xynthia et 2013-2014)	non	oui - état des connaissances	oui - INEC et ouvrages
9	Etude de la sensibilité aux instabilités des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime (2019)	Cerema SO - E. Vedie, C. Respaud; J. Revel et F. Collin	DDTM17	Falaises de Saint-Palais-sur-Mer à Bazan	oui (description du milieu physique)	TDC existant (source, année non précisés) - Descripteurs = sommet de falaise, limite de végétation et pied d'ouvrage	oui - d'après BD ouvrages DDTM17 - cartographie existante	non	oui - d'après bibliographie, valeurs locales	non - caractérisation de la sensibilité au recul selon une approche mouvement de terrain	non	non	oui - sensibilité des falaises au mouvement de terrain
10	Estimation du recul des falaises de la Pointe du Chay (2016)	Cerema SO - E. Vedie, C. Respaud; J. revel et F. Collin	DDTM17	Falaise de la Pointe du Chay (Angoulin-sur-Mer)	oui - découpage en secteurs géotechniques homogènes	réf = TDC 2014, historique = TDC 1985 - Descripteur = limite de végétation	sans objet	non	oui - analyse diachronique - 0 à 0,7 m/an - 1985-2014	oui - observations et estimations, 1 à 7 m	oui - + 10 ans (10Tx + Lmax) et +30 ans (30 Tx + 1,5 Lmax)	non	oui -TDC 2014 ok. Cartographie des Tx et des Lmax. non -TDC 1985 et projections
11	PPRN Risques littoraux Estuaire Charente/Ile d'Aix - Note méthodologique générale (2004, 2019)	DDTM17 et Artélia	DDTM17	Île d'Aix, Fouras et Port des Barques	oui - description et dynamique	En 2004, réf = TDC 2000, historiques =1980, 1991, 1996 - En 2019, réf =TDC 2010, historiques = 1847, 1959, 1950, 2000,2003,2006 - Descripteurs dépendant de l'environnement littoral	oui - identification, cartographie et hypothèse de pérenité par expertise	non	oui - analyses diachroniques sur différentes périodes + expertise (ouvrages)	oui - observations tempêtes 27/12/1999 (Lmax moyen plage= 5m; Lmax falaise Nd Ile Madame 5 à 10 m)	oui - 100 Tx	oui - incertitudes discutées	oui - zonage PPR, TDC réf et historiques. non - cartographie Tx et Lmax

Tableau 1 - Inventaire et analyse du contenu des études existantes (partie 1)

ID_Etude	Titre (Année)	Organisme - Auteur(s)	Client	Emprise spatiale	Fonctionnement général hydrosédimentaire (oui/non)	TDC réf et historiques (Année - Descripteur(s))	Ouvrages (Identification - Info pérennité 2050- Cartographie)	Actions gestion (Identification - Info pérennité 2050 - Cartographie)	Tx (Méthode - Valeurs - Période)	Lmax (Méthode - Valeurs - Réel ou estimé)	Projection - Horizon	Changement climatique - Incertitudes - Interaction érosion/submersion	Données carto disponibles SIG (oui / non) - Détails
12	PPRN Risques littoraux Ile d'Oléron - Note méthodologique générale (2018)	DDTM17 et Artélia	DDTM17	Communes de l'île d'Oléron	non	réf = TDC 2010, TDC historiques = 1950, 2000, 2003 et 2006 - Descripteurs dépendant de l'environnement littoral	oui - BD ouvrages DDTM17 - hypothèses : longitudinaux pérennes (sauf si dépassés par Xynthia), transversaux : non pérennes - cartographie existante	non	oui - analyses diachroniques période 1950-2006 et 2000-2006 (valeur pessimiste retenue)	oui - estimé par méthode TDC 2010 - (TDC 2006+4Tx) = impact Xynthia retenu , Observations 2013-2014 + biblio	oui - 100Tx + Lmax	non	oui - zonage PPR, TDC réf et projection non - hypothèses d'évolution des ouvrages et cartographies Tx et Lmax
13	PPRN Risques littoraux Ile de Ré - Note méthodologique générale (2018)	DDTM17 et Artélia	DDTM17	Communes de l'île de Ré	oui (description et dynamique), découpage en secteurs homogènes	réf = TDC 2010, TDC historiques = 1950, 1999, 2009 et + anciens localement	oui - hypothèses d'évolution définies (entretien CD17/CDC) - cartographie existante	non	oui - analyse diachronique par expertise au droit de chaque secteur homogène	non	oui - 100 Tx	non	oui - zonage PPR, TDC réf et historiques non - hypothèses d'évolution des ouvrages et cartographies Tx et Lmax
14	PPRN Risques littoraux Presqu'île d'Arvert - Note de présentation (2003)	DDTM17	DDTM17	La Tremblade à Saint Palais sur Mer	non	réf = TDC 1991, TDC historiques = 1945, 1950, 1973, 1987	oui - non cartographiés	non	non précisée	non	non précisé	non	oui - zonage PPR non - TDC historiques , hypotheses d'évolution
15	PPRN Risques littoraux Secteur Nord de l'Embouchure de la Gironde - Note de présentation (Année?)	DDTM17	DDTM17	De Royan au nord à Talmont au sud	oui - (description)	TDC réf : ? TDC historiques = 1950, 1999, 2003	oui - secteurs défendus exclus (ouvrages pérennes), mais soumis à Lmax (10m)		oui - analyse diachronique 1950-2003	oui - 10 m derrière ouvrage et 20 m côte sableuse au Nord. 0 m ailleurs	oui - 100Tx + Lmax	non	oui - zonage PPR, TDC réf et historiques non - cartographies des ouvrages et desTx et Lmax
16	Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage - Partie 1 connaissance des événements historiques (2015)	Artelia	DDTM17 - SMASS	Seudre - Brouage	non	réf = TDC 2014, TDC historiques = 1937, 1945, 1970, 1999 - Descripteur dépendant de l'environnement littoral	oui - hypothèses d'évolution définies selon l'état de l'ouvrage et la présence d'enjeux	non	oui - méthode peu détaillée	non	oui - 100Tx	non	oui - zonage PPR,TDC réf et historiques non - cartographies des ouvrages et des Tx
17	PPRN Risques littoraux Nord du département - Note méthodologique générale (2019)	DDTM17 et Artélia	DDTM17 et CA La Rochelle	De Charron à Yves	oui - découpage en 97 tronçons homogènes et description du milieu	réf = TDC 2006, TDC historiques = 1937, 1950, 1980	oui (identification, cartographie)	non	oui - analyse diachronique (1973/1950-2006)	non	oui - 100 Tx	oui - Incertitudes TDC 2006 5m, TDC historiques : 15m	oui - zonage PPR,TDC réf et historiques non - cartographies des ouvrages et des Tx
18	Spatial and temporal patterns of shoreline change of a 280-kmhigh-energy disrupted sandy coast from 1950 to 2014: SW France (2018)	Univ. Bordeaux I - EPOC (Castelle et al.)	Projet Recherche	Arvert - Oléron	oui	réf = TDC 2014 - TDC historiques sur la période 1950-2014. Descripteurs = pied de dune, limite de végétation, pied d'ouvrage	non	non	non	non	non	non	oui - format matlab
19	Etude des évolutions morphologiques interannuelles et séculaires de 37 plages de Charente-Maritime (2019)	Université de La Rochelle / UMR LIENSs - E. Chaumillon, V. Cange, C. Pignon	CD 17	Plages de Saint Georges-de-Didonne, Presqu'île d'Arvert et îles d'Oléron et de Ré. Localement	non	réf = 2018 (image sat'), TDC historiques (2000, 2010, 2014 - orthophotographies) et anciennes (1840, 1945, 1973). Descripteurs = cote altimétrique, à préciser pour les digitalisations sur ortho	non	non	oui - evolution cotes 3m et 5m au droit des profils; analyses diachroniques - Evolutions séculaires et décennales calculées	oui - sur la base des levés topographiques 1999-2018	non	Incertitudes traitées	oui - localisaiton des profils et valeurs Tx et Lmax associées non - TDC 1840, 1945, 1973, 2000, 2010, 2014, 2018
20	Chaire Régionale Evènements Extrêmes et érosion du trait de côte: mesures, modélisation numérique et impacts sociétaux (2019)	Université La Rochelle - LIENS	Projet de recherche	Arvert - Oléron	oui - Pertuis de Maumusson et côtes adjacentes	Historiques = TDC 1824, 1882, 1958, 2018 ; plusieurs TDC sur période 2016 - 2017	non	non	non - autres indicateurs étudiés	sans objet	non	non	non - TDC historiques et récents
21	Les impacts de la tempête Xynthia sur les plages de l'île d'Oléron - Les réalités de terrain (2010)	Univ. La Rochelle - V. Duvat Magnan	CdC Île d'Oléron, Oléron Qualité Littoral	Île d'Oléron	non	non	non	non	non - quelques informations	oui -cartographie "semi-quantitative"	non	non	non, ne doit pas exister de couche SIG, information semi-quantitative utile pour contrôle autres données
22	Etude de définition de dispositifs de défense contre la mer -Retrait des ouvrages et renaturation du secteur de la Gautrelle (2020)	Artélia	CD17	Port du Douhet - Plage de la Gautrelle - Plage des Saumonards	oui	réf = TDC 2017, historiques = TDC 1950,1964,1973,1984,1991,2000,2006 ,2010,2014,06/2016,10/2016 - Descripteurs : limite haut de plage / limite de végétation / pied d'ouvrage	oui - état renseigné	non - hypothèses sur de futures actions mais pas de description sur actuelles)	oui - analyse diachronique sur 8 secteurs et 4 périodes	non	oui - 2022 et 2037 selon 2 scenarios (maintien/retrait ouvrages Gautrelle)	non	non - levés topographiques et cartographie Tx

Tableau 2 - Inventaire et analyse du contenu des études existantes (partie 2)

Donnée	Organisme - Auteur(s)	Emprise spatiale	TDC réf et historiques (Année - Descripteur(s))	Données carto disponibles SIG (oui / non) - Détails
BD SIG Île d'Oléron DEFENSE_COTE_DDTM_2014	DDTM17	Oléron	ouvrages : typologie, cartographie	2 fichiers (alti_defcote_oleron.shp et def_cote_oleron.shp) dernière maj 2020
BD SIG Île d'Oléron BDD_OUVRAJE_DDTM17/SIG_DDTM17	DDTM17	Oléron	topographie : levés TDC et profils au DGPS de 2010 à 2019, ; Rechargements : localisation, volumes, dates d'intervention	2 fichiers (Alti_TC_17.shp-->levés TDC et profils DGPS 2010 à 2019; Rechargements_Plages.shp)
Base de données « Données altimétriques des côtes de la Charente Maritime »	DDTM17	Département 17 - couverture partielle	topographie : TDC et ouvrages : levés au DGPS	fichier Alti_Def_Cote_v3.shp
Base de données « Interface littorale de la Charente-Maritime »	DDTM17	Département 17	ouvrages : typologie, cartographie	fichier Def_cotes_v3.shp maj mars 2021
Ouvrages_PAPI	DDTM17	Département 17	ouvrages : cartographie et niveau de protection renseignés	fichier Ouvrages PAPI maj 09/01/2017
Profils tdc	DDTM17	Département 17 - couverture partielle	topographie : profils de plage	fichier Profils tdc, 2006 à avril 2016
Leves TDC	DDTM17	Département 17 - couverture partielle	topographie : tronçons de TDC levés entre 2006 et 03/2017	fichier Leves trait cote.shp
Zones où rechargement selon AOT	DDTM17	Département 17	rechargement : cartographie des sites où AOT	provisoire, inscrit dans couche TDC BRGM
Suivis ONF	ONF	Oléron - Arvert (tronçons)	levé de tronçons du TDC en 2002, 2013 à 2020	Descripteur = pied de dune
Suivis CARA	CARA	Littoral sableux de la CARA	levés du TDC 1999, 2000, 2001, 2002, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020	descripteur = laisse mer coeff 100
REX zones submergées Xynthia et Martin	Artelia	Département 17	cartographie des zones submergées pour ces deux tempêtes	
Actions_PAPI_MOCD17_Traces	CD17	Département 17	ouvrages : inscription dans un PAPI et état d'avancement de la démarche	peut présenter des incertitudes : certaines collectivités n'avaient pas la même cartographie

Tableau 3 - Inventaire et analyse des données produites en dehors d'études ou de projets spécifiques

Il est à noter que les méthodes mises en œuvre dans chacune des études peuvent varier, en fonction des objectifs poursuivis ou des dates de réalisation. A titre d'exemple, la méthode de caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" ayant évolué avec la parution du guide méthodologique PPRL de 2014, cette évolution est perceptible entre les études menées dans ce cadre avant et après cette date. Enfin, il convient de préciser que si elles portent sur l'évolution du trait de côte, elles n'ont pas nécessairement mené à la caractérisation de l'aléa.

Concernant les données recueillies, produites dans le cadre des études recensées ou d'activités de certains organismes (Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3), certaines d'entre-elles ont été utiles pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte", objet de la présente étude. Les données particulièrement recherchées correspondent aux valeurs de taux d'évolution (T_x , en $m.an^{-1}$) et de recul lié à un évènement majeur (L_{max} , en m), mais aussi celles portant sur l'identification des ouvrages et des hypothèses de pérennité à leur attribuer.

3.2. CARTOGRAPHIE DU TRAIT DE COTE DE REFERENCE

3.2.1. Digitalisation et descripteurs du trait de côte de référence

Le trait de côte de référence correspond à l'interface terre/mer qui sera utilisée comme élément de base spatial et temporel pour projeter les évolutions du trait de côte à l'échéance 2050, sur l'ensemble du département. Par conséquent, le descripteur du trait de côte doit être particulièrement représentatif des évolutions passées et futures du littoral, et être facilement identifiable sur des supports cartographiques disponibles à l'échelle du littoral de Charente-Maritime.

La diversité des environnements littoraux, présents sur le territoire du département, a conduit à retenir sept descripteurs du trait de côte. Ils sont présentés sur l'Illustration 33.

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

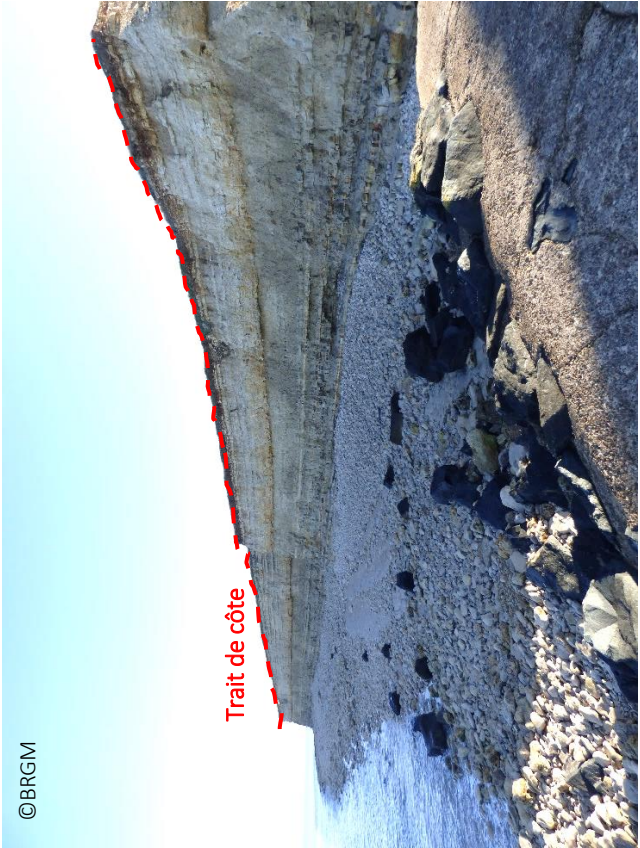
Descripteur	Environnement(s) littoral(aux)	Illustration sur le littoral du département de Charente-Maritime
Sommet de falaise (SDF)	Falaise rocheuse	 ©BRGM Nieul-sur-Mer
Limite de végétation (LDV)	Falaise rocheuse	 ©GoogleMap Saint-Palais-sur-Mer
Pied d’ouvrage longitudinal (PDO)	Tous environnements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

Illustration 33 - Descripteurs du trait de côte du littoral charentais

Les pieds de dune littorale et de cordon correspondent à la rupture de pente topographique ; elle peut localement être confondue avec la limite de végétation. Concernant les falaises rocheuses, le principal descripteur utilisé à l'échelle départementale est le sommet de falaise. La limite de végétation, pour certains versants rocheux de l'estuaire de la Gironde, a été utilisée comme descripteur du trait de côte. Pour ces falaises peu évolutives, présentant un platier rocheux à quelques mètres d'altitude et se poursuivant ensuite vers l'amont selon une pente irrégulière, ce descripteur apparaît localement adapté pour caractériser la limite d'influence marine et traduire l'évolution des versants rocheux (Illustration 34). Il a notamment été employé dans l'étude relative à la sensibilité aux instabilités des falaises rocheuses de l'embouchure de la Gironde (Cerema, 2019b).

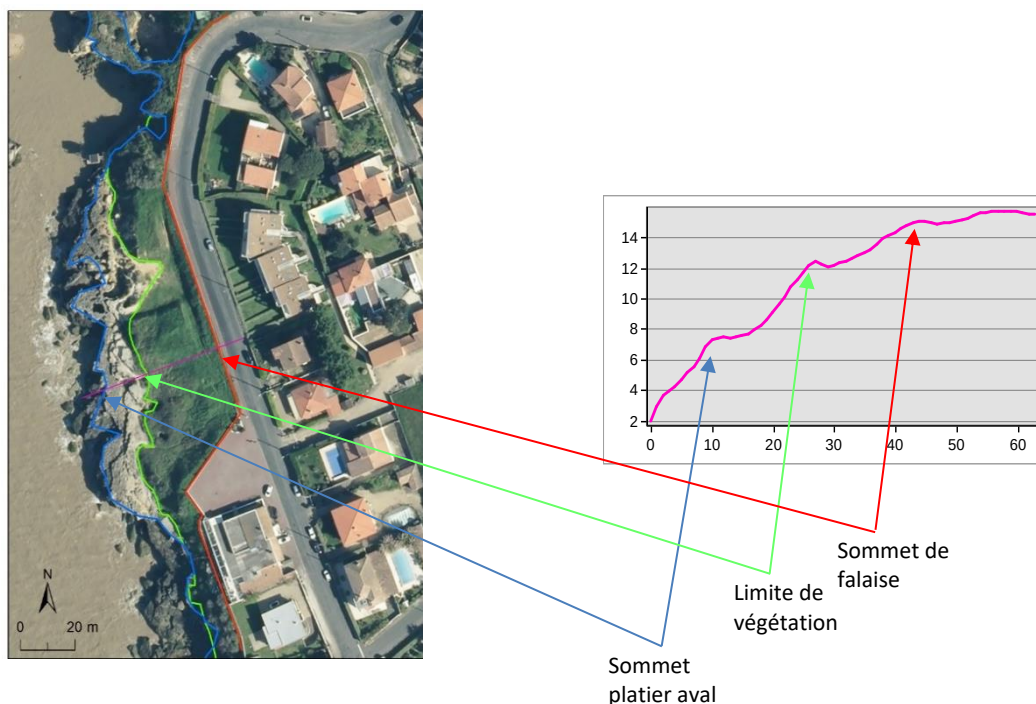


Illustration 34 - Descripteur du trait de côte au droit des versants rocheux de l'estuaire de la Gironde

La limite supérieure du schorre est un descripteur du trait de côte situé dans les marais maritimes, et s'identifie par une évolution de la végétation, passant d'un cortège végétal de haut-schorre (obione, salicorne, lavande de mer) à des fourrés halophiles à sub-halophiles. Il s'accompagne en général d'une légère augmentation de l'altitude de l'estran.

Les ouvrages longitudinaux se substituant à la morphologie du trait de côte sont présents dans tous types d'environnements littoraux. A l'échelle départementale, le pied d'ouvrage⁸ est le descripteur du trait de côte le plus adapté, identifiable quel que soit le type (digue, confortement pour la plupart) et le dimensionnement (type de matériaux, géométrie) de l'ouvrage. En l'absence d'estran, dans les ports, le descripteur utilisé est le sommet d'ouvrage. Ces descripteurs d'un milieu artificialisé sont par ailleurs dépendants des dimensionnements des ouvrages et sont susceptibles d'évoluer avec les opérations de gestion sur l'ouvrage (reconstruction, entretien) et sur la plage (prélèvement/rechargement en sédiments).

⁸ Si ce descripteur est utilisé pour une analyse diachronique du trait de côte (non réalisée dans le cadre de cette étude), il faut noter que son évolution retranscrit l'évolution du niveau altimétrique de la plage et non pas celle transverse à la plage du trait de côte. Concrètement, une avancée du pied d'ouvrage sur le domaine maritime traduit une diminution de l'altitude de l'estran, soit une érosion, et inversement.

Le support cartographique le plus récent, disponible à la date de réalisation de l'étude, est l'orthophotographie de l'IGN de 2018 (<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/bd-ortho-5-m-orthophotographie-de-la-france-par-departement/>). Le trait de côte a été digitalisé sur cette orthophotographie, dont le pixel a une résolution de 20 cm, avec une précision estimée à 5 mètres, quel que soit le descripteur. Localement, le modèle numérique de terrain (RGE Alti, ©IGN) a pu être utilisé, bien que les levés topographiques qui le composent n'aient été réalisés qu'en 2010 sur la zone littorale.

Au droit de ce trait de côte sont renseignés, par tronçons, l'environnement littoral en présence (Illustration 35) et le descripteur correspondant (Illustration 36). De Charron au nord à Floirac au sud, le linéaire côtier du littoral charentais ainsi défini s'étire sur 419 km.

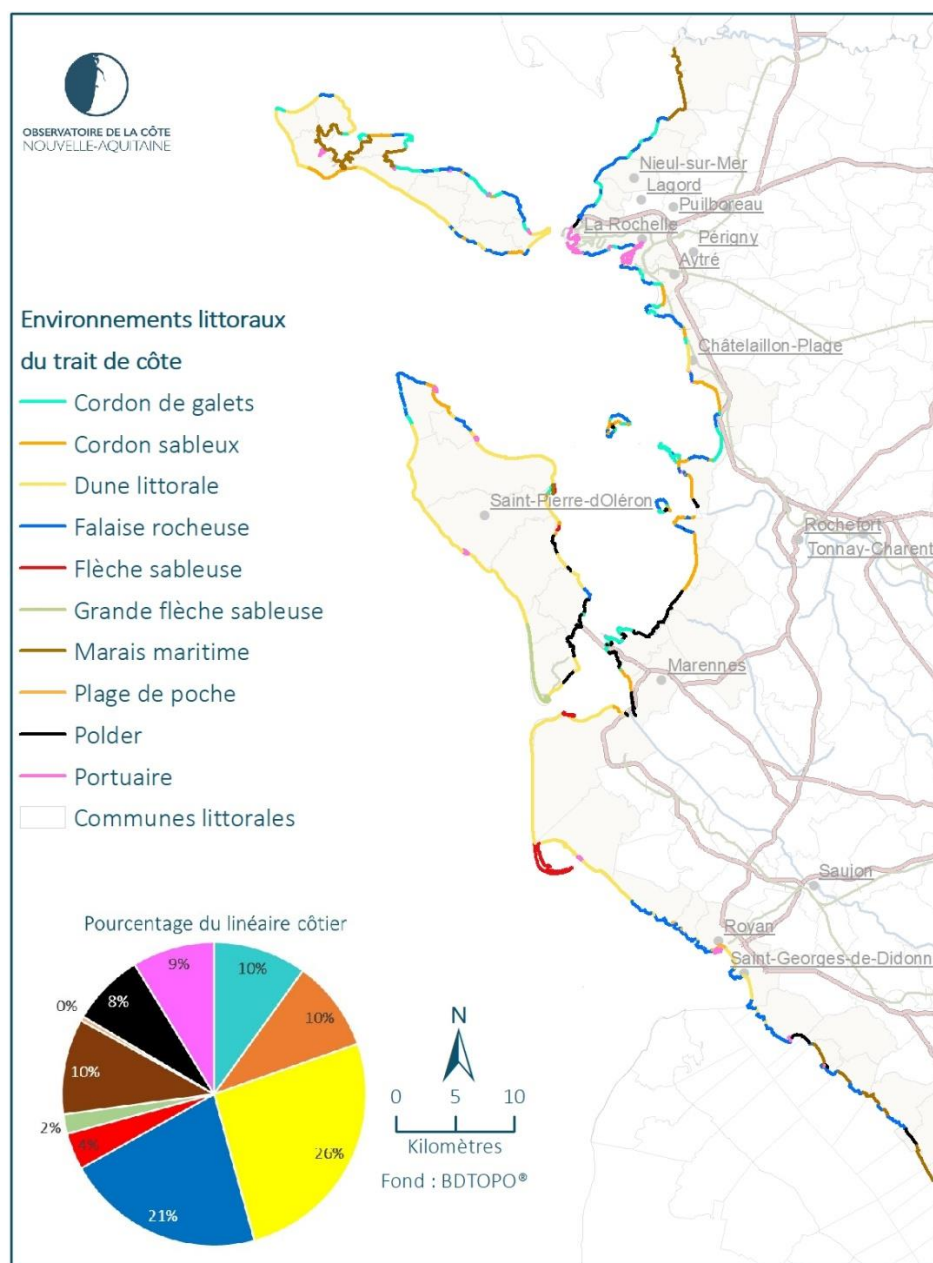


Illustration 35 - Cartographie des environnements littoraux au droit du trait de côte de Charente-Maritime

La diversité des environnements littoraux du département s'exprime dans les paysages des territoires insulaires et continentaux, où ils alternent régulièrement sur des distances réduites. Toutefois, l'histoire géologique du département et les configurations morphologiques actuelles associées du littoral induisent une prédisposition naturelle à l'existence de certains environnements littoraux au droit du trait de côte. Ainsi, les environnements de dune littorale et de falaise sont les plus importants (respectivement 108 km et 90 km). Les dunes sont préférentiellement distribuées sur la façade océanique ouverte, dans le prolongement vers le nord de la côte aquitaine (Presqu'île d'Arvert, à l'ouest de l'île d'Oléron, sur l'île de Ré). Les falaises et versants rocheux se rencontrent essentiellement dans l'embouchure de la Gironde et dans la moitié nord du département.

Les cordons de galets et les cordons sableux couvrent un linéaire de 42 km et 41 km respectivement. Ils résident pour la plupart dans la zone inter-pertuis et sur les littoraux nord de l'île de Ré et du département. Les marais maritimes (longueur de rivages de 43 km) et les polders (longueur des endiguements maritimes de 32 km), sont présents au nord-ouest de l'île de Ré (Fiers d'Ars) et dans l'Anse de l'Aiguillon au nord, dans la baie de Marennes-Oléron et dans l'estuaire de la Gironde. Les ports, environnements artificiels au même titre que les polders, sont disséminés sur l'ensemble du littoral, couvrant 37 km de linéaire (quais, darses et autres ouvrages maritimes) ; le port de La Rochelle constituant un linéaire continu significatif.

Enfin, les flèches sableuses (Pointe de la Coubre, et à l'est de l'île d'Oléron notamment) et la grande flèche sableuse (Pointe de Gatseau) représentent des linéaires réduits (16 km et 9 km respectivement) comparativement aux autres environnements littoraux du département. Les plages de poche sont limitées à quelques conches de l'estuaire de la Gironde et représentent 2 km du linéaire côtier du secteur d'étude.

Les localisations des descripteurs du trait de côte à l'échelle du département reflètent la distribution de ces environnements littoraux (Illustration 36). L'artificialisation du trait de côte prédomine. Les descripteurs liés à la présence d'ouvrages longitudinaux (pied et sommet d'ouvrage) sont présents sur plus de la moitié du linéaire (55 %, soit 231 km). La Presqu'île d'Arvert, l'ouest de l'île d'Oléron, les falaises (embouchure de la Gironde, nord du département et de l'île d'Oléron) et les flèches sableuses représentent la majorité des secteurs et environnements les moins artificialisés.

Nota : Les membres du comité technique de l'étude ont été sollicités pour fournir un avis sur la cartographie du trait de côte, des environnements littoraux et de ses descripteurs, à partir de la couche d'information ainsi créée, transmise à l'occasion du 2nd comité technique et scientifique de l'étude (GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du 18/12/2020). Aucune remarque n'a été formulée remettant en cause la méthode et la cartographie proposée. La couche d'information géographique possède des champs au sein de la table attributaire permettant de distinguer les environnements littoraux et les descripteurs associés, sur l'ensemble des 419 km de linéaire côtier étudié.

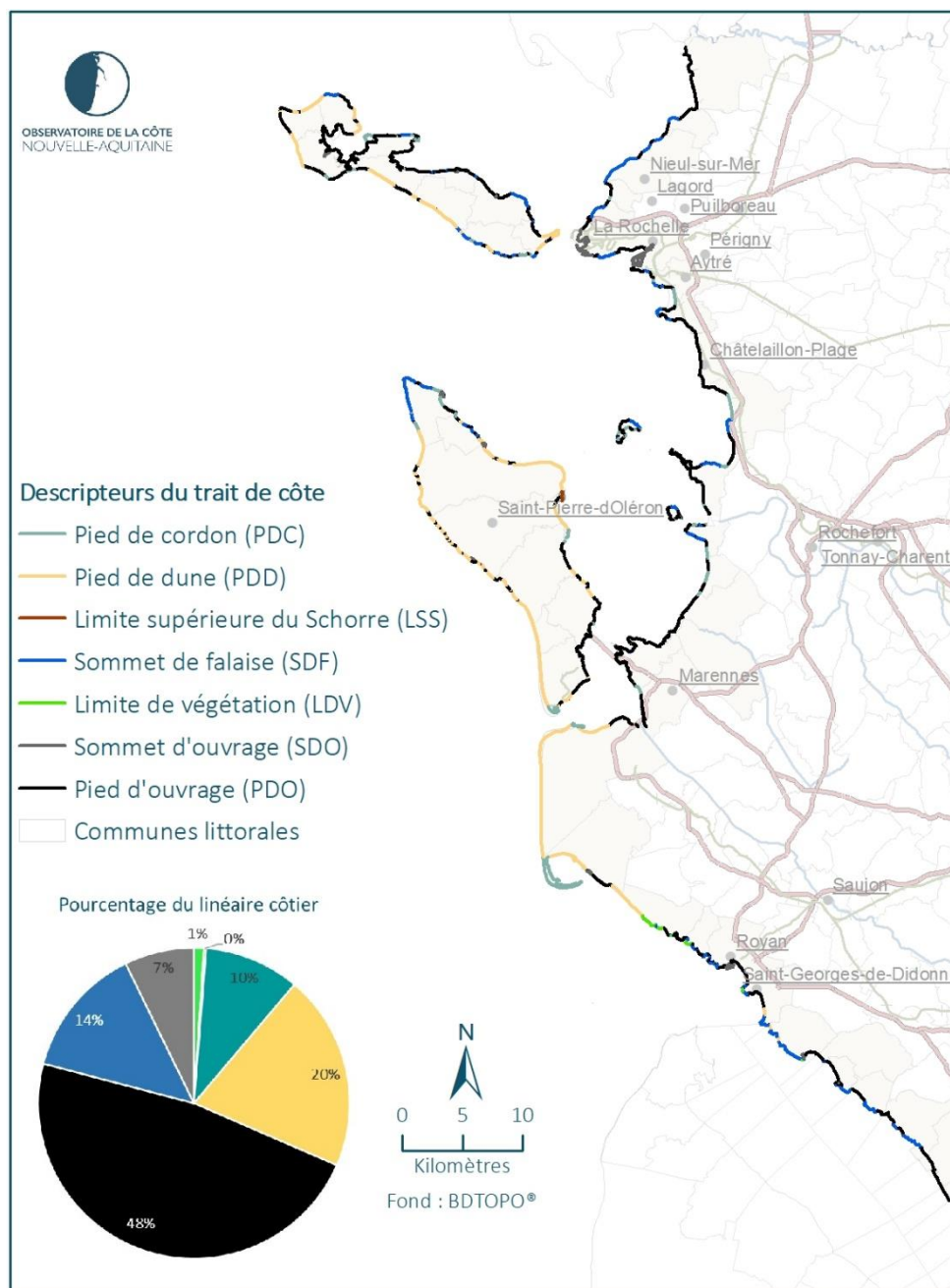


Illustration 36 - Cartographie des descripteurs du trait de côte de Charente-Maritime

3.2.2. Cartographie et considération des ouvrages de protection côtiers à l'échéance 2050

Les ouvrages de protection côtiers ont été identifiés visuellement sur l'orthophotographie de l'IGN de 2018, mais aussi au travers des couches d'information géographique de la DDTM de Charente-Maritime (couche Def_cotes_v3.shp) et du Cerema (couches relatives à la cartographie des ouvrages et aménagements littoraux). Cette méthode a permis d'identifier de façon optimale les ouvrages longitudinaux (Illustration 37) présents en 2018.



Illustration 37 - Exemples d'ouvrages longitudinaux présents sur le littoral de Charente-Maritime considérés dans cette étude. Bourcefranc-le-Chapus : mur en béton, Saint-Martin-de-Ré : mur maçonné, Yves : enrochement, Marennes : levée de terre.

Les ouvrages transversaux (épis, jetées...) n'ont pas été retenus : ils ne se substituent pas à la morphologie du trait de côte, d'une part, et leur rôle de fixation de ce dernier n'est pas toujours caractérisé, d'autre part. Aussi, le nombre important de ces ouvrages transversaux aurait considérablement impacté le linéaire étudié sans apporter une information substantielle pour le travail de caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" mené dans cette étude. Toutefois, on notera que la cartographie de ces ouvrages transversaux est disponible au travers de la cartographie des ouvrages et aménagements littoraux réalisée par le Cerema. Par ailleurs, les ouvrages disposés en falaise (ouvrages de confortement, parades géotechniques) ne sont pas visibles sur l'orthophotographie, et aucune base de données n'existe à l'échelle du département. Ils n'ont par conséquent pas été cartographiés. L'impact de ces ouvrages sur la dynamique sédimentaire et l'évolution du trait de côte pourra, par exemple, être étudié dans le détail dans le cadre d'études locales. Enfin, les ouvrages longitudinaux non confondus avec le trait de côte n'ont pas été cartographiés, considérés comme non opérants quant à la fixation du trait de côte (Illustration 38).



Illustration 38 - Exemples d'ouvrage en falaise (à gauche), transversal (à droite), et déconnecté du trait de côte (en bas), non considérés dans cette étude

Pour chaque ouvrage longitudinal identifié au droit du trait de côte de référence de 2018, des critères ont été appliqués pour établir une cartographie, homogène à l'échelle départementale, des hypothèses de pérennité des ouvrages à l'échéance 2050 (Tableau 4). Il est rappelé qu'il s'agit d'hypothèses définies pour les besoins techniques de l'étude, dans l'objectif d'envisager différents scénarios d'évolutions possibles de la bande côtière dans le futur. Ces hypothèses ne préjugent pas des décisions effectives et des actions qui seront réellement mises en œuvre, au cours de la période à venir, pour le maintien ou non des ouvrages considérés.

Ouvrage considéré pérenne à échéance 2050		Ouvrage considéré non pérenne à échéance 2050	
Hypothèse de pérennité	Élément technique utilisé	Hypothèse de non-pérennité	Élément technique utilisé
Ouvrage intégré dans un cadre de gestion pluriannuel : démarche PAPI ⁹ , système d'endiguement, existence d'une convention de gestion pluriannuelle	1/ Cartographie établie par le Conseil Départemental « Actions_PAPI_MOCD17_Traces » (des évolutions locales ont été signalées par certaines collectivités et intégrées) 2/ Zonages existants de l'aléa "recul du trait de côte" (PPRL, SLGTC)	Absence de gestionnaire identifié	Consultation des collectivités
Ouvrage portuaire	Cartographie du trait de côte de référence 2018 (attribut relatif à l'environnement littoral)		
		Ouvrage privé	
Ouvrage participant au patrimoine historique, de type fortification Vauban ou reconnu par l'UNESCO	Cartographie du trait de côte de référence 2018 (attribut relatif au descripteur du trait de côte, contrôle visuel)		
		Ouvrage public géré à l'échelle locale (commune, ASA)	

Tableau 4 - Critères de détermination des hypothèses de pérennité des ouvrages à l'échéance 2050

Cette cartographie a ensuite été partagée avec chaque EPCI concerné de Charente-Maritime et la DDTM17, par envoi de la couche d'informations et dans le cadre de rencontres bilatérales associant le BRGM/Observatoire de la côte Nouvelle-Aquitaine et le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine. Ces réunions techniques ont permis de parcourir l'ensemble du linéaire côtier, d'actualiser certaines connaissances relatives à l'existence d'un cadre de gestion pluriannuel des ouvrages, et *in fine* de valider les hypothèses de pérennité pour chacun d'entre eux. Un champ spécifique visant à apporter des informations complémentaires concernant ces hypothèses a également été complété dans la couche d'information géographique.

La grande majorité des cadres de gestion pluriannuels d'ouvrages identifiés correspondent à des PAPI. Les ouvrages concernés ont été considérés pérennes à l'échéance 2050, quel que soit l'avancement de la démarche (actions aux stades d'étude ou de travaux, prévus ou terminés).

Au-delà des ouvrages, certains cordons ou dunes littorales ont été identifiés comme inscrits dans un PAPI ou participant à l'efficacité d'un système de protection contre les inondations. Ils ont été qualifiés de pérennes à l'échéance 2050, considérant que des actions de gestion sont entreprises pour assurer leur rôle

⁹ Programme d'Actions de Prévention des Inondations

de protection vis-à-vis des inondations. Ce cas particulier concerne des portions réduites du trait de côte, disséminées dans la moitié nord du département et les îles. Elles sont généralement situées dans la continuité d'ouvrages constitutifs d'un système de protection ou intégrés dans une démarche PAPI.

Dans un second temps et dans un souci de cohérence avec les cartographies d'aléa "recul du trait de côte" existantes (PPRL, SLGTC Île d'Oléron), une confrontation entre ces cartographies et les hypothèses de pérennité des ouvrages a été menée. Elle révèle une très bonne cohérence d'ensemble, correspondant à l'absence d'un zonage d'aléa dans ces études existantes au droit des ouvrages identifiés pérennes dans la présente étude. Quelques différences apparaissent néanmoins, imputables à une évolution du contexte ou de la connaissance. Ces contradictions s'expriment, soit par l'identification d'un secteur soumis à l'aléa "recul du trait de côte" d'après les études existantes au droit d'un ouvrage considéré pérenne dans la présente étude, soit, à l'inverse, par l'absence d'un zonage derrière des secteurs identifiés non pérennes dans la présente étude. Dans ce second cas, il n'a pas été possible, au travers des études et cartographies existantes, de distinguer si l'absence de zonage de l'aléa "recul du trait de côte" repose sur une hypothèse de pérennité d'un ouvrage ou sur l'absence de l'aléa "érosion" au droit du secteur concerné.

Les données disponibles et les phases de concertation n'ont pas permis un recensement exhaustif des actions de gestion des sédiments et de génie écologique, effectuées dans un objectif de lutte active souple contre l'érosion du littoral. Pour y parvenir, une pré-identification des secteurs concernés, associée à une consultation des opérateurs (en première approche, les services communaux), aurait été nécessaire, dans le but de distinguer les finalités et le rôle concret de ces actions. En effet, leurs mises en œuvre peuvent répondre à plusieurs objectifs : lutte active souple contre l'érosion, mais aussi aménagement paysager, confort balnéaire... Une telle entreprise dépasse l'échelle départementale et les objectifs de la présente étude.

A l'issue de la phase de concertation, la cartographie des hypothèses de pérennité des ouvrages à l'échéance 2050 a été présentée à l'ensemble des partenaires, lors du comité technique du 31/03/2021 (GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu n°3 du 31/03/2021).

En définitive, sur les 231 km du linéaire artificialisé du département, 59 %, soit 135,7 km, sont considérés pérennes à l'échéance 2050 (Illustration 39). Cela représente 32,4 % de l'ensemble du linéaire du département. L'aléa "recul du trait de côte" au droit de ces ouvrages n'a donc pas été défini.

Nota : Les membres du comité technique de l'étude ont été sollicités pour fournir un avis sur les hypothèses de pérennité des ouvrages finalement retenues, transmises à l'occasion des 3^{ème} et 4^{ème} comités techniques et scientifiques de l'étude (GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, comptes rendus n°3 du 31/03/2021 et n°4 du 05/07/2021). Le Conseil Départemental de Charente-Maritime d'une part, et la Communauté de Communes de l'Île de Ré d'autre part, ont fait part d'informations justifiant une considération pérenne de quatre portions réduites d'ouvrages. Ces modifications ont été intégrées et indiquées au sein de la couche d'information dans un champ spécifique.

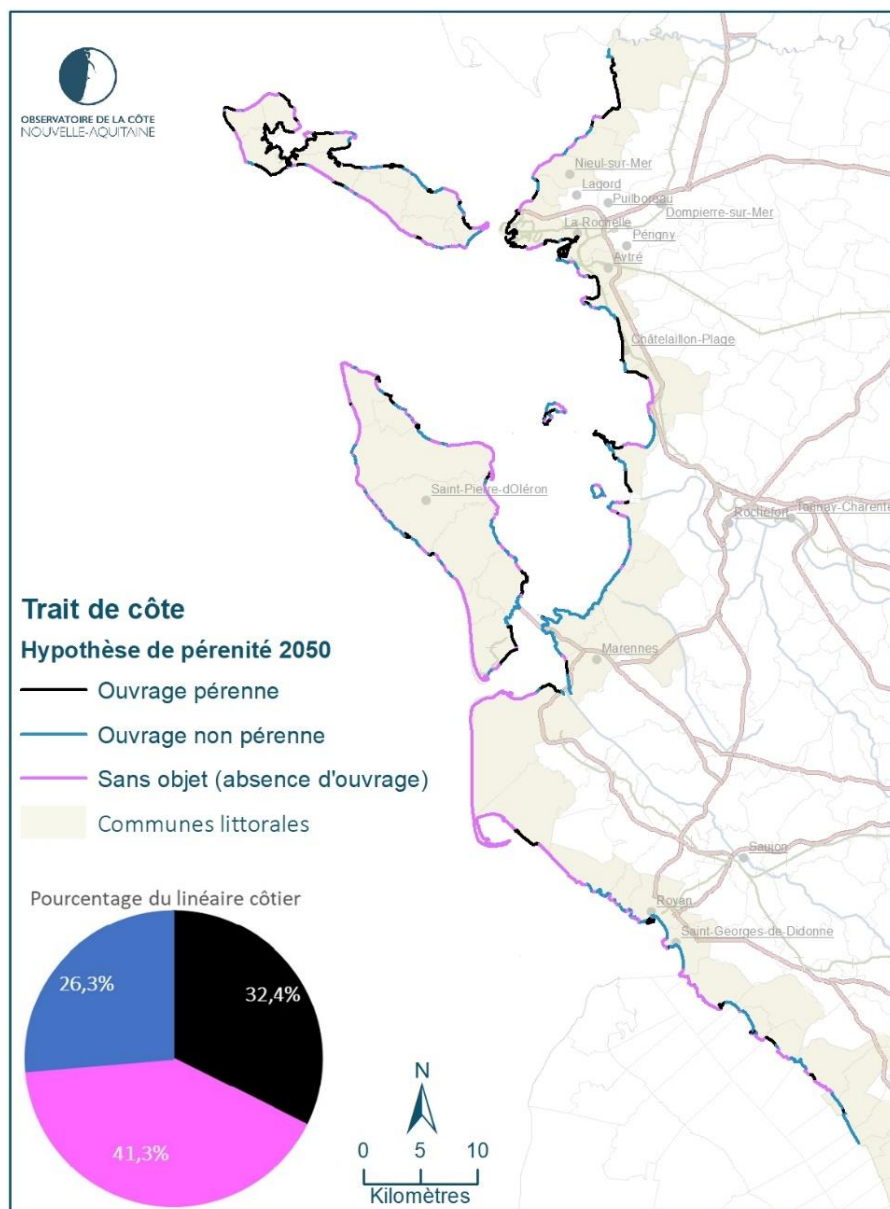


Illustration 39 - Cartographie des hypothèses de pérennité, retenues dans cette étude, des ouvrages longitudinaux à échéance 2050, au droit du trait de côte de référence de 2018

3.3. CARACTERISATION DE L'ALEA "RECU DU TRAIT DE COTE"

3.3.1. Détermination des taux d'évolution et de reculs liés à un évènement majeur

Conformément à la méthode proposée aux partenaires de l'étude, dans la note technique établie en juillet 2020 par le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine et le BRGM/OCNA (GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, 2020), la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" s'appuie sur les connaissances existantes. Déterminées à partir des valeurs des taux d'évolution moyens annuels du trait de côte (T_x , en $m.an^{-1}$) et de reculs liés à un évènement majeur (L_{max} , en m), ces informations ont donc été recueillies au sein des études et données existantes recensées dans la première étape de l'étude (chapitre 3.1).

A l'aide de cet inventaire, 16 études sur les 22 inventoriées ont quantifié des T_x et/ou des L_{max} . Il s'agit des études menées dans le cadre (Tableau 1 et Tableau 2) :

- des PPRL (au nombre de 7, Artélia & DDTM17) ;
- de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré (Casagec Ingénierie) ;
- de la Stratégie Locale de Gestion intégrée du Trait de Côte (SLGTC) de l'Île d'Oléron (Casagec Ingénierie) ;
- du volet "littoral" du Plan d'Adaptation au Changement Climatique (BRGM) ;
- de l'Indicateur National de l'Érosion Côtière (Cerema) ;
- de l'étude de la sensibilité aux instabilités des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime (Cerema) ;
- de l'étude des évolutions morphologiques interannuelles et séculaires de 37 plages de Charente-Maritime (LIENSs, CD17) ;
- d'études locales : sur le secteur des Gautrelles et de Royan (Artélia) et de la Pointe du Chay (Cerema).

La distribution spatiale des périmètres de ces études, traduisant la disponibilité des valeurs de T_x et de L_{max} qu'elles contiennent, révèle, à l'échelle départementale, une bonne couverture de la connaissance des T_x , et dans une moindre mesure des L_{max} ; ce dernier n'ayant pas été caractérisé aux extrémités nord et sud du département dans les études existantes (Illustration 40).

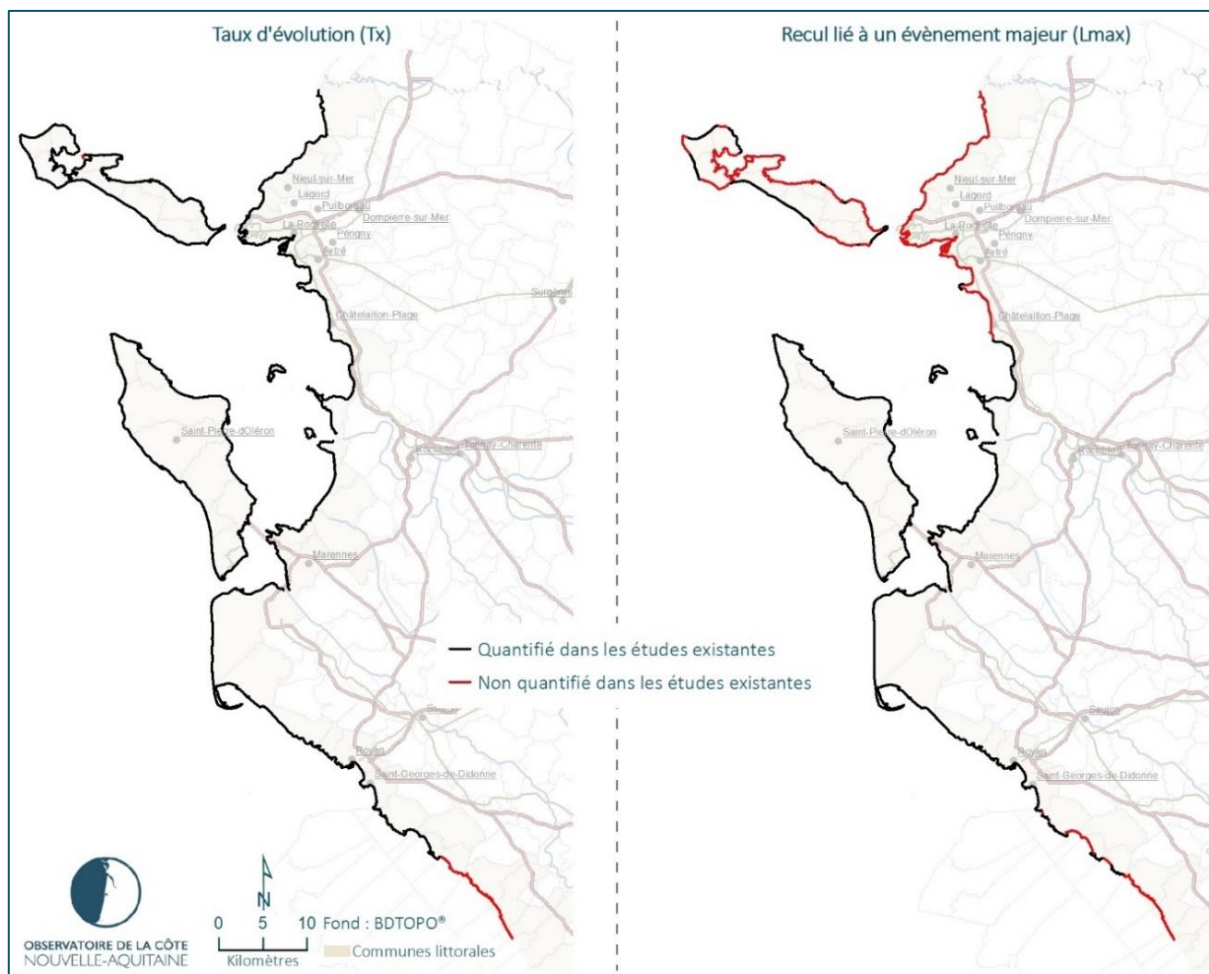


Illustration 40 - Localisation des valeurs de Tx et Lmax recensées dans les études et données existantes, à l'échelle de la Charente-Maritime

L'analyse détaillée du contenu de ces études est exposée dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Elle indique une grande variabilité des données utilisées et des méthodes employées au sein de ce groupe d'études, en lien avec la date de réalisation et les objectifs poursuivis de chacune d'entre elles. Dans l'objectif d'aboutir à une caractérisation homogène de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échelle départementale, les études portant sur des secteurs réduits, communaux ou infra-communaux, ont été écartées.

Dans le cas où l'aléa "recul du trait de côte" a été caractérisé au droit d'un même secteur, dans le cadre de plusieurs études, le choix a été guidé par les critères de disponibilité des données et de cohérence des méthodes mises en œuvre avec les standards actuellement préconisés en la matière (MTE, 2012 et 2014). Les études sélectionnées et exploitées au droit de chaque EPCI du littoral de Charente-Maritime sont exposées en Annexe 1. L'information est également indiquée dans la table attributaire de la couche d'information géographique du trait de côte de référence.

Nota : Une réunion du comité scientifique¹⁰ de l'étude a été sollicitée par le BRGM/OCNA le 7 juin 2021, rassemblant le BRGM, le Cerema, le LIENSs et le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine (Observatoire de la Côte

¹⁰ Le rôle du comité scientifique, sollicité en tant que de besoin et faisant appel à des spécialistes du sujet traité, est d'orienter la réalisation technique de la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte".

de Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité scientifique du 07/06/2021, Annexe 3). L'ordre du jour a concerné la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" au droit des falaises rocheuses. Il s'agissait, plus précisément : 1/ de statuer sur l'exploitation des résultats de l'Etude de la sensibilité des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime (Cerema, 2019b) pour la caractérisation de l'aléa dans ce secteur et 2/ de débattre et décider, sur la base des études régionales existantes, du nombre d'évènement(s) majeur(s) à considérer à l'échéance 2050 pour les falaises rocheuses du département. Le compte rendu de cette réunion du comité scientifique est rapporté dans l'Annexe 3.

A l'issue de cette étape d'identification et de sélection des études et données les plus pertinentes vis-à-vis des objectifs poursuivis dans le travail mené, les valeurs de T_x et de L_{max} ont été reportées sur le trait de côte de référence, uniquement au droit des zones sujettes à évolution, c'est-à-dire en dehors des secteurs considérés pérennes à l'échéance 2050. En l'absence de données, une caractérisation de l'aléa a été effectuée à dire d'expert, sur la base des secteurs caractérisés. Concernant les T_x , non caractérisés à l'extrémité sud du linéaire d'étude, la valeur définie dans la note de présentation du PPRL "Secteur Nord de l'Embouchure de la Gironde" a été retenue (année de réalisation inconnue). Concernant les valeurs de L_{max} , à l'aide d'une analyse statistique des L_{max} disponibles, des valeurs forfaitaires par environnement littoral ont dans un premier temps été définies, puis comparées avec les données disponibles à proximité des secteurs non renseignés. Une bonne cohérence d'ensemble à l'échelle du département a été constatée. Les valeurs forfaitaires de L_{max} par environnement littoral, au droit des secteurs non caractérisés, sont les suivantes :

- cordon de galets : $L_{max} = -5$ m ;
- cordon sableux : $L_{max} = -7$ m ;
- falaise rocheuse : $L_{max} = -5$ m ;
- polder : $L_{max} = -2$ m.

Nota : Les membres du comité technique de l'étude ont été sollicités pour fournir un avis sur les valeurs de T_x et de L_{max} à partir de la couche d'information ainsi créée, transmise à la suite du 4^{ème} comité technique de l'étude, tenu le 5 juillet 2021. Ces valeurs ont fait l'objet de remarques du GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, ayant conduit à modifier les valeurs extraites des études existantes au droit de secteurs réduits. Ces derniers peuvent être identifiés à l'aide d'un champ spécifique présent dans la table attributaire de la couche d'information géographique.

En dehors des secteurs considérés pérennes à l'échéance 2050, l'aléa "recul du trait de côte" a été caractérisé, pour les valeurs de T_x et de L_{max} , respectivement à hauteur de 80 % et 74 % à partir des études existantes. Les valeurs, au droit des linéaires non caractérisés, ont été définies à dire d'expert par extrapolation des données disponibles (Illustration 41).

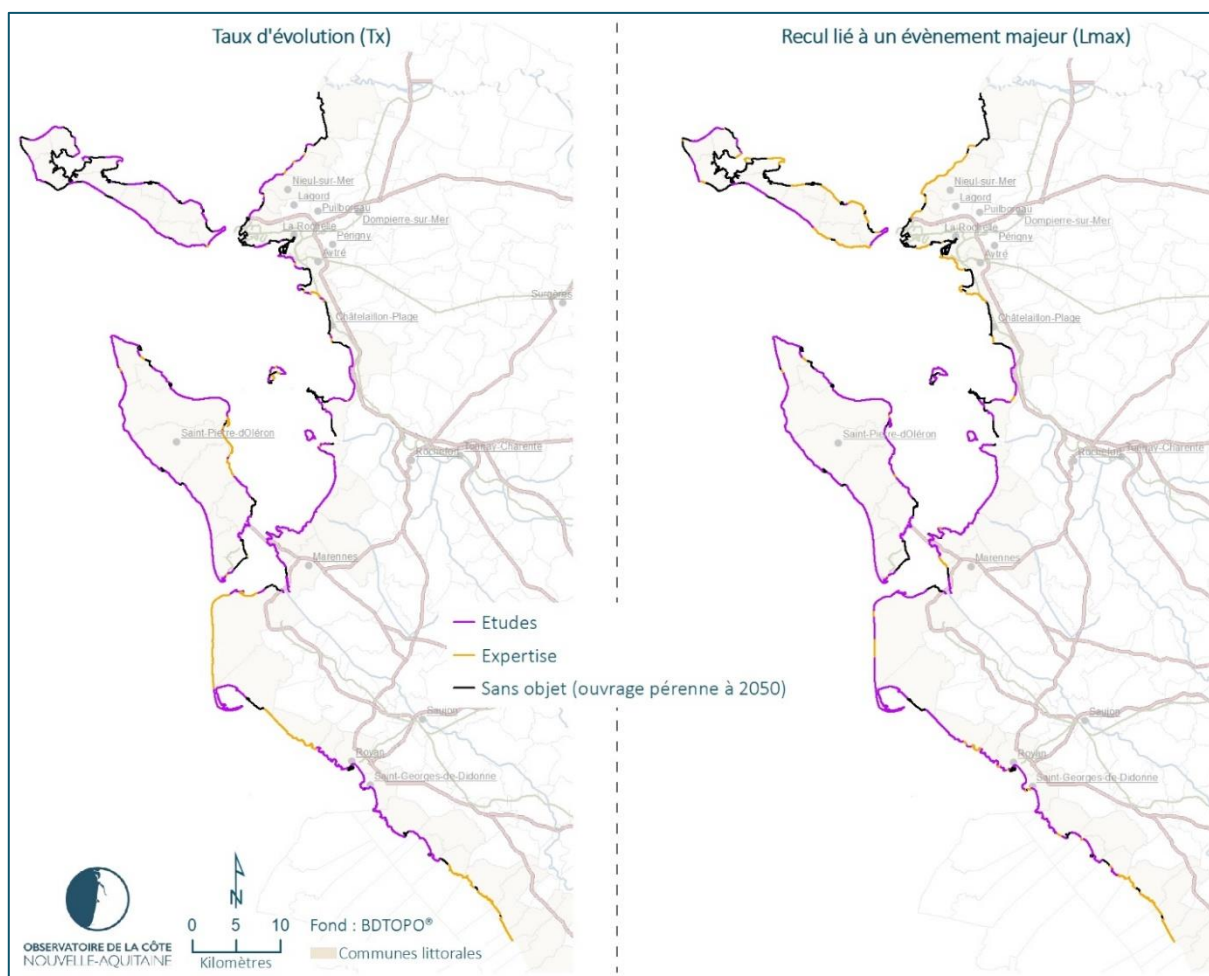


Illustration 41 - Source des valeurs de taux d'évolution (Tx) et de recul lié à un événement majeur (Lmax) déterminés dans la présente étude

3.3.2. Interaction entre recul du trait de côte et submersion marine

Trois phénomènes naturels sont susceptibles d'affecter les environnements côtiers : la migration dunaire, le recul du trait de côte et la submersion marine. Ces phénomènes peuvent, suivant les environnements littoraux, être tous les trois présents. Le programme de travail de l'étude, inscrit dans la note établie par le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine et le BRGM/OCNA, prévoit de préciser les secteurs au droit desquels le recul du trait de côte à l'échéance 2050 est susceptible d'aggraver ou d'engendrer un risque de submersion marine.

Nota : La méthode, discutée lors des comités techniques n°3 et n°4, a été présentée lors du 5^{ème} comité technique de l'étude, en date du 26 octobre 2021 (GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité technique et scientifique du 26/10/2021). Elle consiste en la distinction de trois types de secteurs au droit du trait de côte. Il s'agit des :

- secteurs soumis à la submersion marine de façon prégnante ;
- secteurs où l'aléa "recul du trait de côte" est susceptible d'aggraver ou d'engendrer un aléa "submersion marine" ;
- secteurs uniquement concernés par l'aléa "recul du trait de côte".

Identification des secteurs soumis à la submersion marine de façon prégnante

Ces secteurs ont été désignés comme les principales entrées d'eau, entre le domaine maritime et le domaine terrestre. Dans l'objectif d'identifier ces secteurs soumis à une intrusion d'eau marine à l'intérieur des terres, de façon régulière et naturelle (au rythme des marées, lors de grands coefficients de marée ou encore lors de surcotes non exceptionnelles), la démarche suivante a été adoptée :

- ① identification des secteurs de marais maritimes, de polders et des cordons adjacents à l'aide de l'environnement littoral déterminés au droit du trait de côte (cf. chapitre 3.2) ;
- ② présence d'une connexion marine au droit du trait de côte (chenal, estuaire, port) ;
- ③ présence d'une zone basse dans la zone rétro-littorale, composée de bassins endigués.

Un exemple de secteur réunissant ces trois critères est présenté sur l'illustration 42. Cette approche ne permet pas d'identifier la totalité des zones sujettes au phénomène de submersion marine, qui nécessiterait un travail approfondi dépassant largement le cadre de cette étude (détermination du niveau de référence, périodes de retour, identification des connexions hydrauliques, analyses topographiques, modélisation dynamique...). Par conséquent, cette cartographie préliminaire, à l'échelle départementale, au droit du trait de côte, ne constitue pas une caractérisation de l'aléa "submersion marine" et n'est pas exhaustive. Elle a été utilisée pour distinguer les secteurs où la submersion marine est le phénomène prégnant, responsable de l'évolution du littoral, devant le recul du trait de côte. Dans ces secteurs, l'aléa "recul du trait de côte", lorsqu'initialement caractérisé, n'a pas été cartographié. Il apparaît en effet peu pertinent de représenter une projection du trait de côte dans un milieu inondé de façon permanente ou régulièrement (cf. chapitre 4).



Illustration 42 - Identification d'un secteur essentiellement sujet au phénomène de submersion marine : marais de Moëze - Hiers - Brouage

Identification des secteurs où le recul du trait de côte à l'échéance 2050 est susceptible d'aggraver ou d'engendrer un aléa "submersion marine"

Un travail spécifique a été mené dans le cadre de la présente étude pour définir les linéaires côtiers où les reculs du trait de côte et les submersions marines sont susceptibles de coexister à l'échéance 2050. Il

repose sur la caractérisation d'un évènement de submersion marine connu, la bande d'aléa "recul du trait de côte" (cf. chapitre 4) et la topographie de l'environnement littoral.

En concertation avec les comités scientifique et technique de l'étude, mais aussi en fonction des données disponibles à l'échelle de la Charente-Maritime, l'évènement de submersion marine identifié comme pertinent est la tempête Xynthia, survenue en février 2010.

L'Union des Marais de Charente-Maritime (UNIMA) dispose en effet d'un modèle permettant de déterminer les niveaux d'eau maximums, au droit du trait de côte des pertuis charentais, générés par la tempête Xynthia (simulée dans le cadre du projet SURVEY). L'UNIMA a ainsi mis à disposition cette information auprès de BRGM/OCNA, dans le cadre de la présente étude. Les niveaux, initialement fournis tous les 100 m et par classes de 0,1 m d'altitude, ont été reclassés par tranches de 0,5 m, en raison de l'échelle de travail départementale (Illustration 43).

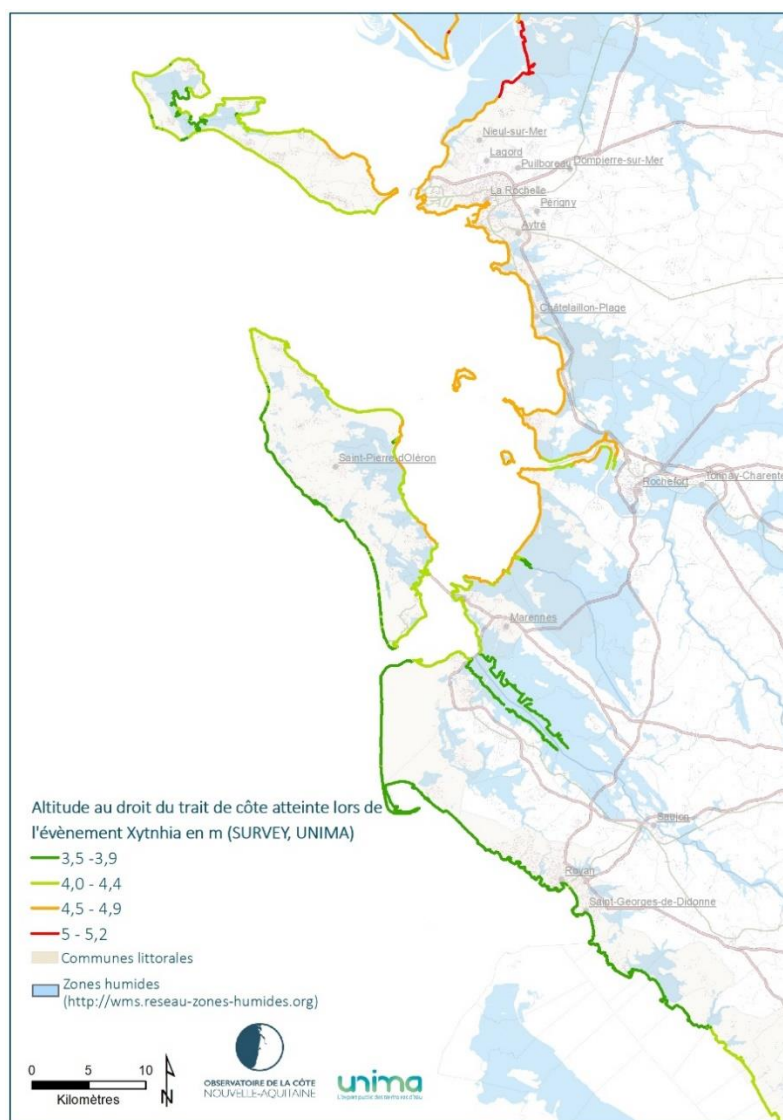


Illustration 43 - Niveaux d'eau atteints (altitudes NGF) au droit du trait de côte, lors de l'évènement Xynthia (source : UNIMA, résultat d'une simulation réalisée dans le cadre du projet SURVEY)

La topographie du littoral et des zones basses a été caractérisée à l'aide du produit topographique RGEAltiv2 (janvier 2021) de l'IGN. Cette donnée correspond, pour le littoral, au produit Litto3D acquis entre

juin et octobre 2010 (2011 - Partie terrestre de Litto3D Charente-Maritime, <https://sextant.ifremer.fr/record/eeda4ea2-ea5e-44de-85d7-fa7bdfd265fd/>). Une classification de la topographie par tranches de 0,5 m d'altitude a été extraite sur le littoral d'une part, et au sein de la bande d'aléa découpée par tronçons d'environ 100 m de longueur, d'autre part (Illustration 44, à gauche).

La surface de chaque tronçon de la bande d'aléa "recul du trait de côte", correspondant à une cote inférieure ou égale à celle atteinte par le plan d'eau lors de l'évènement Xynthia, au droit du trait de côte, a été calculée. Il a ensuite été considéré que, si plus de 50 % de la surface de la bande d'aléa est située à une altitude inférieure ou égale à la cote Xynthia, le phénomène de submersion marine pourra apparaître du fait du recul du trait de côte à l'échéance 2050. Dans le cas de l'occurrence d'un évènement comparable à Xynthia, il est en effet supposé que les impacts potentiels au droit de ces secteurs (en termes de débordement, de chocs mécaniques liés aux vagues ou de brèche) seront significatifs en raison d'une topographie défavorable.

Enfin, pour compléter cette analyse, une zone basse en arrière du trait de côte doit être présente. Ce dernier critère a été pris en compte par visualisation directe de la topographie de la zone littorale (Illustration 44, à droite).

Les secteurs où ces conditions sont réunies ont été qualifiés comme présentant une exposition accrue à l'aléa "submersion marine", en lien avec l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050. La cartographie de ce dernier a été maintenue dans l'atlas cartographique (cf. chapitre 4). Les secteurs où la submersion marine est l'aléa prépondérant (cf. chapitre précédent) ont été exclus de cette analyse.

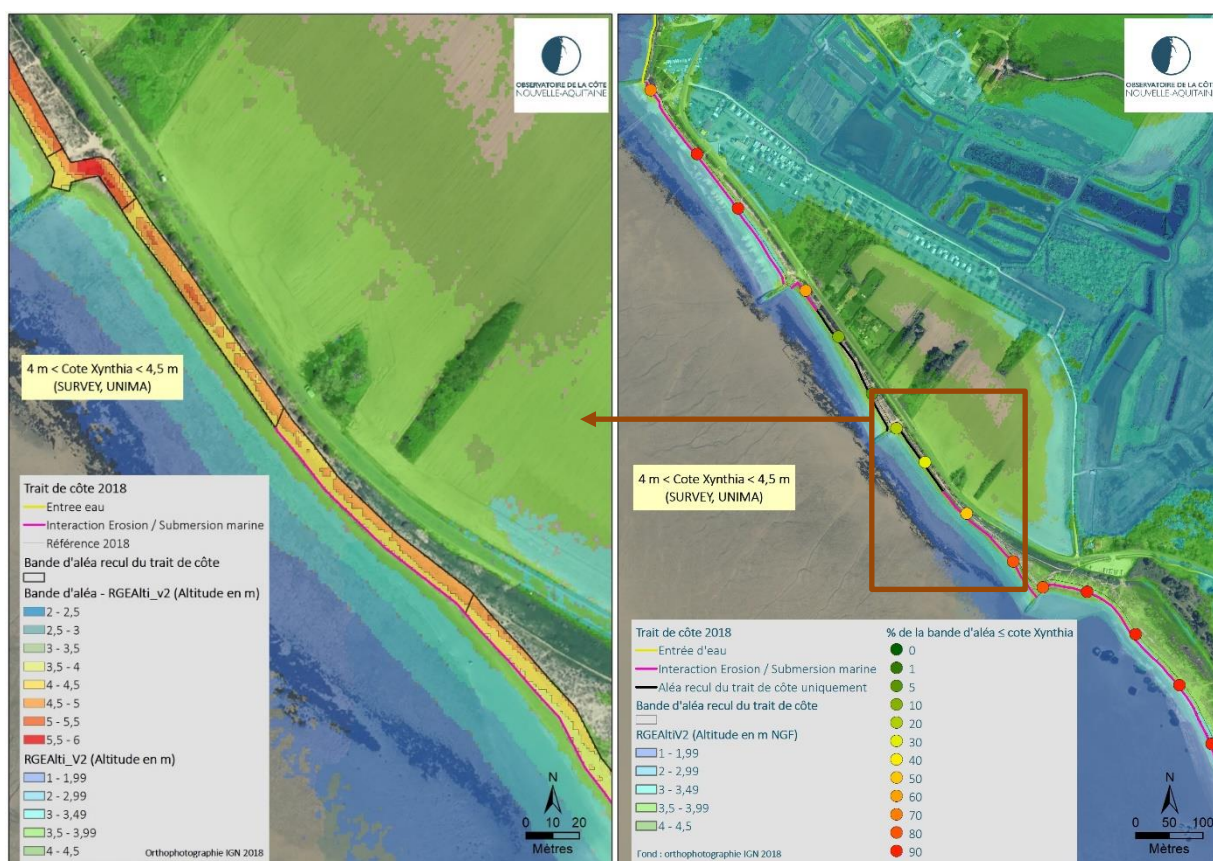


Illustration 44 - Classification du RGEAltiv2 (©IGN) par tranches de 0,5 m d'altitude (à gauche) ; Identification du risque potentiel de submersion marine au sein de la bande d'aléa "recul du trait de côte" (à droite)

L'identification des secteurs où existe une interaction potentielle entre les phénomènes de submersion marine et de recul du trait de côte à l'échéance 2050 doit être considérée comme un travail préliminaire à l'échelle départementale. Certaines précautions d'usage concernent notamment le choix des valeurs de niveaux d'eau maximums à la côte.

L'évènement Xynthia a généré des niveaux d'eau dont la période de retour, caractérisée au port de La Palice, est de 220 ans à 270 ans (Bulteau *et al.*, 2015) ; mais ce paramètre n'a pas été défini pour d'autres secteurs du littoral charentais. Aussi, selon les caractéristiques des futurs évènements tempétueux extrêmes, les niveaux d'eau atteints à la côte sont susceptibles de varier en différents lieux du littoral du département.

Par ailleurs, les dates d'acquisition des données topographiques utilisées (juin à octobre 2010) mériteraient d'être plus récentes dans l'objectif de mieux représenter l'état actuel du littoral. Le classement des niveaux d'eau maximums et des données topographiques, par tranches de 0,5 m d'altitude, pourrait être plus fin. Enfin, le seuil correspondant à 50 % de la surface de la bande d'aléa situé sous, ou égal, à une cote de référence, retenu dans la présente caractérisation, pourrait être réévalué en fonction notamment des environnements côtiers en présence.

Ces aspects, qui n'ont pu être abordés de façon complète en raison de la grande étendue du secteur d'étude, seraient à discuter et étudier à une échelle de travail plus grande, par exemple à l'échelle des intercommunalités, dans le cadre d'études locales.

Secteurs soumis à l'aléa "recul du trait de côte" uniquement

Ces secteurs correspondent au linéaire côtier non identifié dans les typologies précédentes.

Résultats

La méthode développée dans les paragraphes précédents aboutit à une sectorisation du trait de côte de référence en fonction des interactions potentielles entre les phénomènes de recul du trait de côte et de submersion marine. Cette qualification du trait de côte est ainsi disponible dans la table attributaire de la couche d'information géographique, créée dans cette étude. Toutefois, considérant l'approche départementale menée, cette information n'est pas affichée de façon précise et complète dans l'atlas cartographique au 1/5 000 (cf. chapitre 4.3). Elle peut être visualisée à l'échelle de la Charente-Maritime sur l'illustration 45 et des EPCI dans l'Annexe 2.

Sur la totalité du linéaire du département (419 km), toutes hypothèses de pérennité des ouvrages confondues, les secteurs où le phénomène de submersion marine a été qualifié de prépondérant représentent 76 km, soit 18,2 % du linéaire côtier étudié. Ceux concernés par une exposition accrue au phénomène de submersion marine, en lien avec le recul du trait de côte à l'échéance 2050, correspondent à 56 km, soit 13,4 % du linéaire total. Enfin, le linéaire, sujet uniquement à l'aléa "recul du trait de côte", s'étend sur 287 km, soit 68,4 % du secteur d'étude. Les pertuis charentais, les îles et le sud de l'embouchure de la Gironde sont particulièrement concernés par l'aléa "submersion marine", qu'il soit prépondérant ou susceptible d'être aggravé ou engendré par le recul du trait de côte à l'échéance 2050 (Illustration 45). Il est rappelé que l'aléa "submersion marine" a été caractérisé lors de l'élaboration des PPRL sur l'ensemble de la façade littorale du département.

La même analyse sur le linéaire présentant un environnement naturel (sans ouvrage) ou des ouvrages considérés non-pérennes à l'échéance 2050 (total de 283 km) fournit les résultats suivants, cartographiés par EPCI, dans l'Annexe 2 :

- phénomène de submersion marine qualifié de prépondérant sur le recul du trait de côte : 33,6 km, soit 8,0 % du linéaire total du département ;

- interaction potentielle entre recul du trait de côte et submersion marine : 55,5 km, soit 13,3 % du linéaire total de Charente-Maritime ;
- linéaire concerné par l'aléa "recul du trait de côte" uniquement : 194,2 km, soit 46,3 % du linéaire départemental étudié.

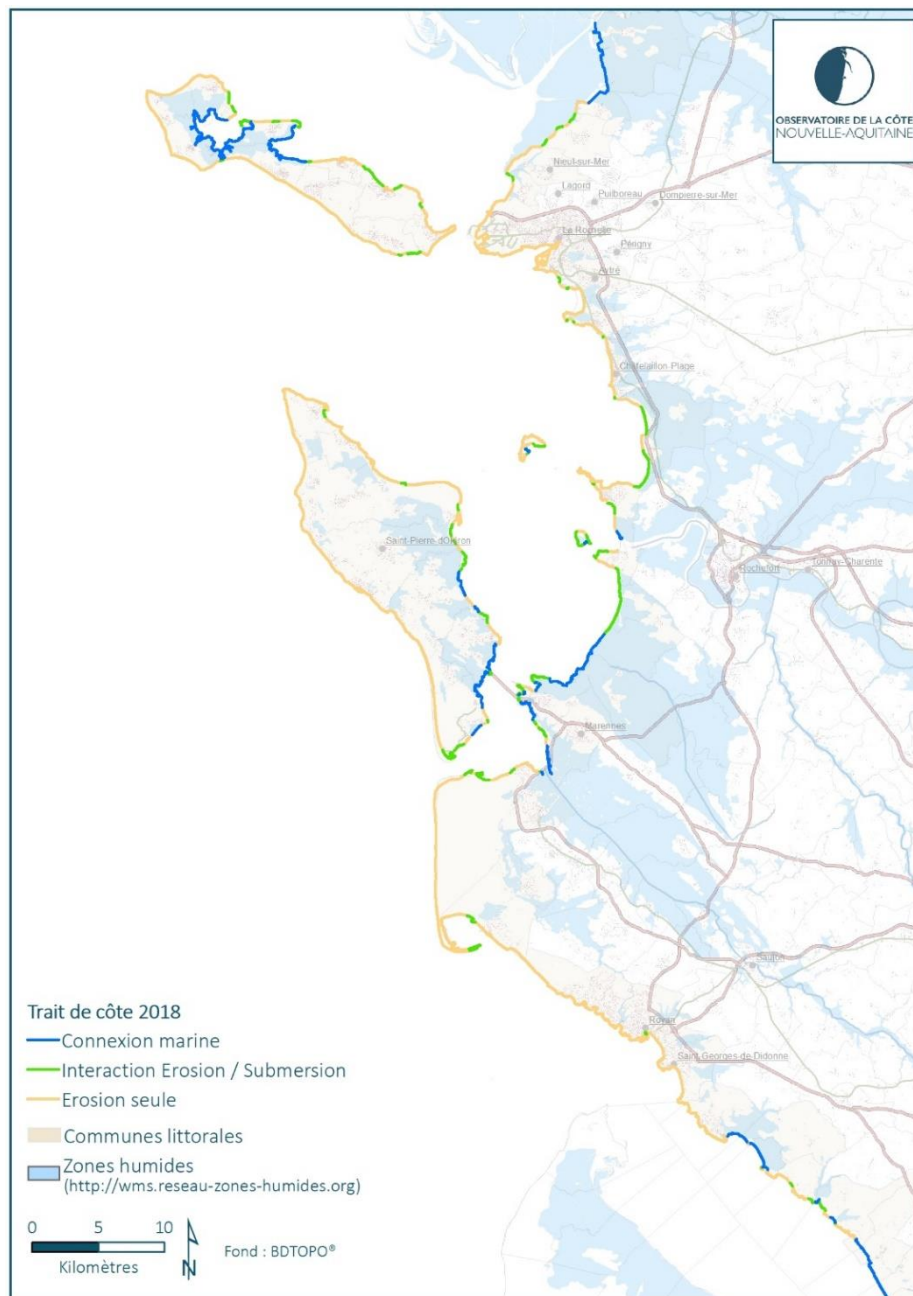


Illustration 45 - Linéaire côtier de Charente-Maritime exposé au recul du trait de côte (érosion) et à la submersion marine

3.3.3. Caractérisation des incertitudes

La caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" présente des incertitudes liées aux données utilisées, des incertitudes inhérentes aux méthodes employées pour définir les composantes de l'aléa (T_x et L_{max}), et des incertitudes générées *in fine* lors de la cartographie de l'aléa.

L'information créée dans le cadre de la présente étude a consisté, dans un premier temps, à déterminer la position du trait de côte de référence de 2018 et à caractériser l'ensemble des données qui s'y rattachent : descripteur du trait de côte, hypothèse de pérennité des ouvrages, sélection des valeurs de taux d'évolution moyens annuels et de reculs liés à un événement majeur. Dans un second temps, ces données ont été utilisées pour cartographier l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050.

Le Tableau 5 résume les incertitudes existantes relatives à ces différentes étapes.

Etape de travail	Typologie d'incertitude de	Sources d'incertitudes
Cartographie du TDC de référence 2018	Donnée créée	-Supports de digitalisation : orthophotographie de l'IGN de 2018 et topographie issue du RGEAltiv2 de 2021 (lidar Litto3D de 2010) -Sensibilité de l'opérateur : capacité à l'identification du descripteur du trait de côte en fonction de l'environnement littoral en présence <i>L'incertitude sur la cartographie du TDC de référence de 2018 est estimée à +/- 5m.</i>
Hypothèse de pérennité des ouvrages longitudinaux à l'échéance 2050	Donnée créée	-Couches SIG utilisées pour l'identification des actions de gestion (couche « Actions_PAPI_MOCD17_Traces » et cartographies de l'aléa existantes, orthophotographies (ouvrages historiques)) -Exactitude des informations communiquées lors de la phase de concertation -Hypothèse forte de conservation d'un état actuel à une échéance à 2050 <i>L'incertitude sur les hypothèses de pérennité des ouvrages à l'échéance 2050 ne peut être quantifiée précisément, dépendante de facteurs peu maîtrisables : aléas climatiques, choix de gestion futurs notamment. Tous les moyens ont cependant été mis en oeuvre pour garantir la fiabilité de ces hypothèses à l'échelle départementale (méthode de détermination homogène, multiplication des sources d'informations).</i>
Caractérisation des composantes de l'aléa recul du trait de côte: valeurs de T_x et des L_{max}	Sources et disponibilité des données existantes + méthodes de caractérisation de l'aléa + report sur le TDC de référence	-Incertainitudes associées aux méthodes employées dans les études existantes pour caractériser les composantes de l'aléa (cf. tableaux 1 et 2), concernant une grande majorité du linéaire d'étude (80% pour les T_x et 74% pour les L_{max}) -Détermination des valeurs de T_x et de L_{max} par expertise sur les secteurs non caractérisés : sur la base des études existantes (en grande majorité) ou d'une analyse des données disponibles à l'échelle départementale par environnement littoral -Report sur le TDC de référence de 2018 : variable en fonction des données disponibles pour chaque étude (supports cartographiques, valeurs forfaitaires sur des périmètres définis par ex.). Ce report des données disponibles au droit du TDC de référence de 2018 est estimé à +/- 5m <i>Les incertitudes sont susceptibles de varier selon les études existantes et les données disponibles associées, dans lesquelles elles n'ont généralement pas été caractérisées (cf. tableaux 1 et 2). La sélection des études et données disponibles a été orientée pour minimiser ces sources d'incertitudes, par exemple, en privilégiant des études récentes ou sur des périmètres plus restreints.</i>
Cartographie de l'aléa recul du trait de côte à l'échéance 2050	Méthode de projection	-Formule appliquée pour calculer la largeur de la bande d'aléa : conforme aux standards en la matière -Identification des entrées d'eau où l'aléa n'est pas cartographié -Lissage géomatique <i>Le travail géomatique conduisant à la cartographie de la bande d'aléa consiste en une application stricte de la formule classiquement utilisée pour ce travail, ne venant sur une majorité du linéaire pas rajouter d'incertitude supplémentaire. La non-représentation de l'aléa dans les zones d'entrées d'eau est un choix méthodologique, la méthode d'identification de ces secteurs est clairement exposée. Les espaces repris à dire d'expert sont limités à un lissage aux extrémités de tronçons présentant différentes valeurs de reculs, visant à gommer des artefacts non réalistes. Sur la base de ces éléments, les incertitudes générées par cette étape sont considérées négligeables.</i>

Tableau 5 - Identification et qualification des incertitudes, lors des différentes étapes, ayant conduit à la cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, en Charente-Maritime

Enfin, non exposé dans le Tableau 5 car ne constituant pas une étape du présent travail, l'impact global du changement climatique sur l'évolution des littoraux constitue une source d'incertitudes. Dans le cadre d'une caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte", reposant sur une projection de taux d'évolution historiques, à laquelle s'ajoute un recul lié à un évènement majeur, la méthode intègre une poursuite des tendances passées pour les prochaines décennies. Elle occulte donc les modifications des agents dynamiques, responsables de l'évolution des littoraux, susceptibles d'intervenir pendant la période prospective. Ces aspects sont développés dans le chapitre suivant.

Cette analyse met en exergue la complexité de quantifier les incertitudes intrinsèques à chacune des données, et par extension celles générées par leurs interactions au cours des différentes étapes de travail. Par conséquent, il n'a pu être mené de quantification globale des incertitudes sur les résultats du travail mené. Il reste cependant possible de détailler, pour chaque étape de travail, les incertitudes à considérer. L'identification et la qualification des incertitudes, des données utilisées ou créées et des méthodes mises en œuvre ayant conduit à la cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 en Charente-Maritime, offrent une vision la plus exhaustive possible des limites de l'étude. Elles doivent être considérées lors de l'exploitation des résultats.

3.3.4. Conséquences du changement climatique sur le phénomène de recul du trait de côte

Ce chapitre propose d'aborder les différentes conséquences possibles du changement climatique et de leurs implications sur l'aléa "recul du trait de côte". Les informations rapportées ci-dessous sont extraites et synthétisées à partir du rapport BRGM/RP-66465-FR, intitulé « Conséquences du changement climatique sur les risques côtiers en Nouvelle-Aquitaine : état des connaissances » (Le Cozannet *et al.*, 2016). Les derniers rapports émis par le Groupement International d'Experts sur le Climat (GIEC, ou *International Panel on Climate Change*, IPCC en anglais) ont également été utilisés : « Scientific Report on the Ocean and the Cryosphere in a Changing Climate » (IPCC, 2019) et « Summary for Policymakers » In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis* (IPCC, 2021).

Les différentes variables climatiques abordées sont, à la lumière de cette revue de la bibliographie scientifique, successivement l'élévation du niveau de la mer, l'évolution des autres variables océanographiques (états de mer, évènements extrêmes, marées) et continentales (températures et précipitations). Les conséquences prévisibles de ces évolutions sur les aléas littoraux sont discutées, et une méthode de caractérisation de l'exposition du littoral à l'élévation du niveau de la mer est enfin proposée.

Elévation du niveau marin

Au niveau mondial, le niveau marin moyen s'élève et s'accélère : de 1,3 [0,6 - 2,1] mm.an⁻¹ entre 1901 et 1971, de 1,9 [0,8 - 2,9] mm.an⁻¹ entre 1971 et 2006, et de 3,7 [3,2 - 4,2] mm.an⁻¹ entre 2006 et 2018, pour un total de 20 cm entre 1901 et 2018 (IPCC, 2021).

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

- un réchauffement de l'océan, impliquant sa dilatation et une élévation du niveau de la mer sans apport supplémentaire d'eau dans les océans ;
- la fonte des glaciers de montagne, polaires et des calottes, qui accroît le volume d'eau des océans. Elle constitue désormais la principale contribution expliquant l'élévation du niveau marin moyen à l'échelle mondiale (IPCC, 2019, 2021).

L'élévation du niveau marin moyen est hétérogène à l'échelle mondiale ; l'expression des contributions, qui en sont responsables, étant variable à l'échelle du globe. Par ailleurs, les mouvements verticaux du sol, sous l'effet de l'ajustement isostatique global de la croûte terrestre en lien avec les contraintes qui s'y

exercent, doivent également être pris en compte. Le réchauffement climatique causera ainsi une redistribution des masses et une modification du champ de gravité consécutives à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires. La conséquence est une baisse du niveau de la mer à proximité de la source (ex : calotte groenlandaise) et au contraire une hausse, sensiblement plus rapide que la moyenne, à distance du lieu de fonte (plus de 7 500 km).

Aux échelles régionales et locales, on trouve également toute une série de mouvements verticaux du sol. Ceux-ci peuvent être d'origine naturelle (volcanique, tectonique, variations naturelles) ou anthropogénique (extractions de fluides du sous-sol, mouvements de remblais...).

Les rapports émis par le GIEC en 2019 et 2021 (IPCC, 2019 & 2021) établissent que le niveau marin moyen global sera fortement dépendant des scénarios d'émissions de GES (*Representative Concentration Pathways* en anglais, RCP), mais n'enrayera pas la dynamique actuelle d'élévation et d'accélération. Plusieurs scénarios sont définis, et notamment : RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5¹¹. Des scénarios de développements socio-économiques et diverses stratégies d'adaptation et d'atténuation y sont associés. Le scénario RCP 2.6 implique de fortes réductions d'émissions de GES par la communauté internationale. Le RCP 8.5 est le plus pessimiste, mais c'est un scénario probable, car il correspond au prolongement des tendances d'émissions actuelles. Les modélisations d'élévation du niveau marin moyen, en fonction de ces scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, illustrent clairement que plus les émissions seront importantes, plus la hausse du niveau marin moyen engendrée à l'échelle du globe sera élevée et rapide (Illustration 46).

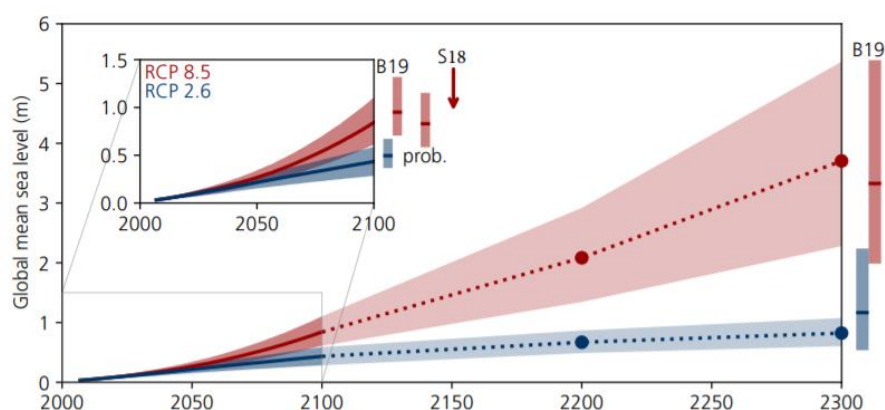


Illustration 46 - Projections futures du niveau marin moyen, par rapport à la période 1986-2006, selon un faible (RCP 2.6 en bleu) et un fort (RCP 8.5 en rouge) scénario d'émissions de gaz à effet de serre (IPCC, 2019)

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

Dans le cadre du volet "littoral" du Plan d'Adaptation au Changement Climatique de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le BRGM a calculé des valeurs d'élévation du niveau marin moyen sur la base des précédents travaux du GIEC (AR5) au large des côtes de Nouvelle-Aquitaine (Bernon *et al.*, 2017). A l'échéance 2050, la valeur médiane pour un scénario intermédiaire d'émissions de gaz à effet de serre (RCP 4.5¹²) est de 0,21 m. On notera que cette valeur est peu dépendante du scénario RCP pour l'échéance 2050, elle l'est beaucoup plus pour l'échéance 2100. Ces mêmes données déterminées dans les travaux plus

¹¹ Ces RCP sont identifiés par leur forçage radiatif total approximatif pour l'année 2100 par rapport à 1750: 2,6 W m⁻² pour le RCP 2.6; 4,5 W m⁻² pour le RCP 4.5; 6,0 W m⁻² pour le RCP 6.0 et 8,5 W m⁻² pour le RCP 8.5.

¹² Scénario qui correspond approximativement aux émissions de gaz à effet de serre auxquelles les Etats se sont déjà engagés dans l'accord de Paris. Ce scénario ne permet donc pas d'atteindre l'objectif de 2°C, mais il suppose déjà une réduction des émissions de gaz à effets de serre très importantes.

récents du GIEC (IPCC, 2019) peuvent être visualisés aux échelles mondiales et régionales, sur le site <https://sealevelrise.brgm.fr/>, développé par le BRGM dans le cadre du projet ECLISEA (*European advances on CLimate Services for Coasts and SEAs*). Ces deux sources d'information à l'échelle régionale convergent globalement vers les mêmes valeurs au droit de la Nouvelle-Aquitaine.

Scénario de changement climatique	Valeurs min/max	Valeur médiane	Valeurs vraisemblables IPCC	Valeurs vraisemblables sans hypothèses sur la forme des distributions
En 2050				
RCP 2.6	0,07 à 0,39 m	0,20 m	0,13 à 0,26 m	0,07 à 0,33 m
RCP 4.5	0,07 à 0,39 m	0,21 m	0,14 à 0,27 m	0,08 à 0,34 m
RCP 8.5	0,07 à 0,42 m	0,23 m	0,17 à 0,30 m	0,10 à 0,36 m
En 2100				
RCP 2.6	0,03 à 2,31 m	0,38 m	0,21 à 0,55 m	0,05 à 0,72 m
RCP 4.5	0,05 à 2,49 m	0,46 m	0,28 à 0,64 m	0,11 à 0,82 m
RCP 8.5	0,16 à 2,81 m	0,63 m	0,42 à 0,86 m	0,22 à 1,06 m

Échéance temporelle	2050		2100	
Scénario de changement climatique	Valeur médiane	Valeurs vraisemblables IPCC [17 % percentile - 83 % percentile]	Valeur médiane	Valeurs vraisemblables IPCC [17 % percentile - 83 % percentile]
RCP 2.6	0,19	[0,15 - 0,24]	0,37	[0,27 - 0,46]
RCP 4.5	0,20	[0,16 - 0,25]	0,47	[0,37 - 0,59]
RCP 8.5	0,24	[0,19 - 0,29]	0,74	[0,59 - 0,91]

Illustration 47 - Projections régionales de l'élévation du niveau de la mer en région Nouvelle-Aquitaine, aux horizons 2050 et 2100, pour plusieurs scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (sources : en haut : Bernon et al., 2017 ; en bas : <https://sealevelrise.brgm.fr/>)

Evolution des conditions océanographiques

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

• Régimes de tempêtes et de vents

En dehors des zones tropicales et tout particulièrement dans l'Atlantique Nord, l'hypothèse la plus fréquemment retenue est que le régime des tempêtes variera peu. En l'état actuel des connaissances, il est possible de considérer que les tempêtes et les vents violents affectant la France métropolitaine seront peu affectés par le changement climatique.

• Régimes de vagues

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

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

En Europe occidentale, nous disposons de plusieurs exercices de régionalisation des vagues futures. Charles *et al.* (2012b) ont forcé un modèle de vagues avec des vents du modèle Arpège-Climat de Météo-France. Dans le cas du scénario de changement climatique A2 (scénario de fortes émissions de gaz à effets de serre retenu par le GIEC en 2007), ils obtiennent une baisse des hauteurs de vagues de 5 à 11 % dans le golfe de Gascogne, ainsi qu'un décalage vers le nord d'environ 5° des directions des vagues (Illustration 48). Ces deux phénomènes ont des effets contradictoires sur le transport sédimentaire et la dérive littorale : le premier l'atténue, tandis que le second l'accélère. Du fait de la réfraction bathymétrique, c'est la réduction de la hauteur des vagues qui domine finalement.

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

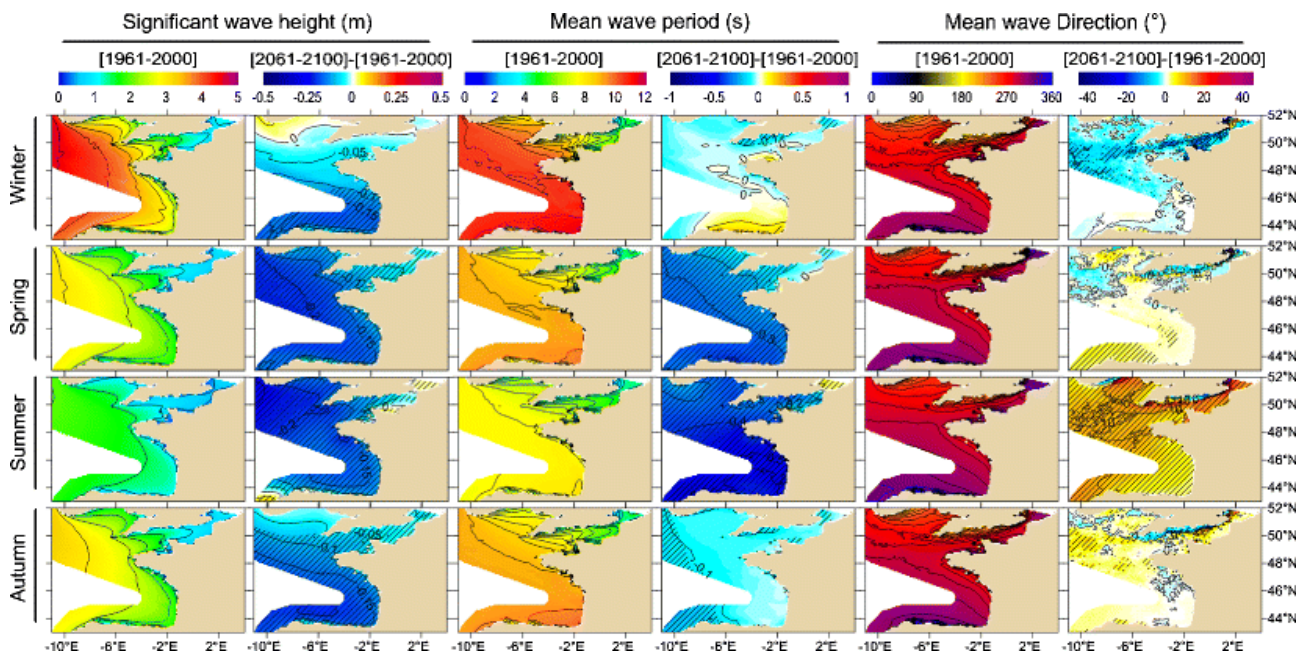


Illustration 48 - Cartes présentant les hauteurs, périodes et directions actuelles des vagues dans le golfe de Gascogne, ainsi que les changements anticipés pour un scénario de changement climatique A2 (scénarios du rapport de 2007 du GIEC - Extrait de Charles *et al.* (2012)). Ces projections sont basées sur le modèle Arpège-Climat de Météo-France. Les zones hachurées indiquent un changement significatif à 95 %.

• Surcotes marines

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

• Marées

Les travaux de D. Idier *et al.* (2017) étudient les impacts de l'élévation du niveau marin moyen sur les dynamiques de marées, le long des côtes ouest-européennes (Illustration 49). Ils démontrent que les dynamiques des marées (en particulier la composante M2) sont modifiées proportionnellement à l'élévation du niveau marin moyen tant que cette dernière reste inférieure à +2 m, sur une majeure partie des côtes. Cette relation est valable pour la majorité du domaine étudié, même pour un scénario d'élévation du niveau de la mer non uniforme. Selon les localisations, les modifications de la dynamique des marées contribuent pour +/-15 % à l'élévation du niveau marin moyen. Cette étude démontre également une sensibilité de ce phénomène à la présence de défenses côtières.

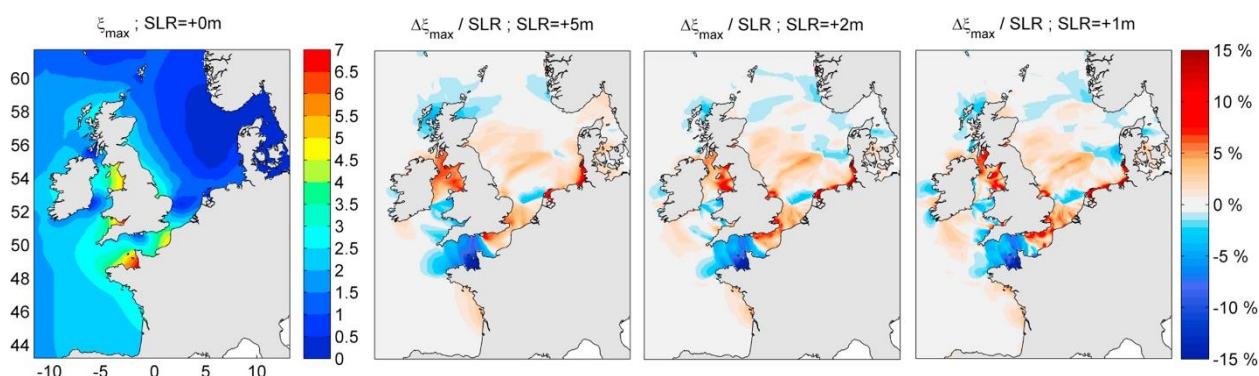


Illustration 49 - Valeurs absolues (m) des niveaux maximaux de pleine mer, par rapport aux niveaux moyens, pour le scénario de référence (SLR = 0 m, à gauche) et changements relatifs pour 3 scénarios d'élévation du niveau marin (SLR=5, 2, 1 m ; 3 cartes de droites). Pour chacun des 3 scénarios, les changements relatifs sont obtenus en calculant d'abord la différence (en m) entre les niveaux maximaux de pleine mer pour le scénario choisi (SLR) et les niveaux pour le scénario de référence (SLR = 0 m), puis en divisant cette différence par la valeur de remontée du niveau marin considérée (SLR). Les 4 simulations (pour SLR = 0, 5, 2 et 1 m) ont été réalisées en considérant une année type (2009) et en ne faisant varier que le niveau moyen.

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

D'après ces travaux et au droit des côtes de la Nouvelle-Aquitaine, pour un scénario futur considérant une augmentation du niveau marin moyen non uniforme à l'horizon 2100 (2081 - 2100), correspondant au scénario d'émissions de gaz à effet de serre RCP 4.5, établi par le GIEC en 2013 (IPCC, 2013), les modifications de la dynamique des marées apparaissent réduites. Elles contribueraient pour moins de 5 % à l'élévation du niveau marin moyen (Illustration 50). Les impacts en termes de dynamique sédimentaire pourraient être significatifs dans la Manche, mais plus restreints au sud du golfe de Gascogne.

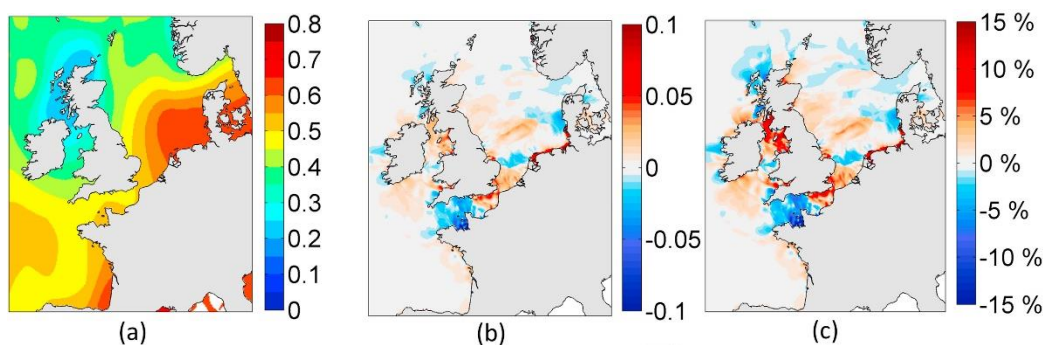
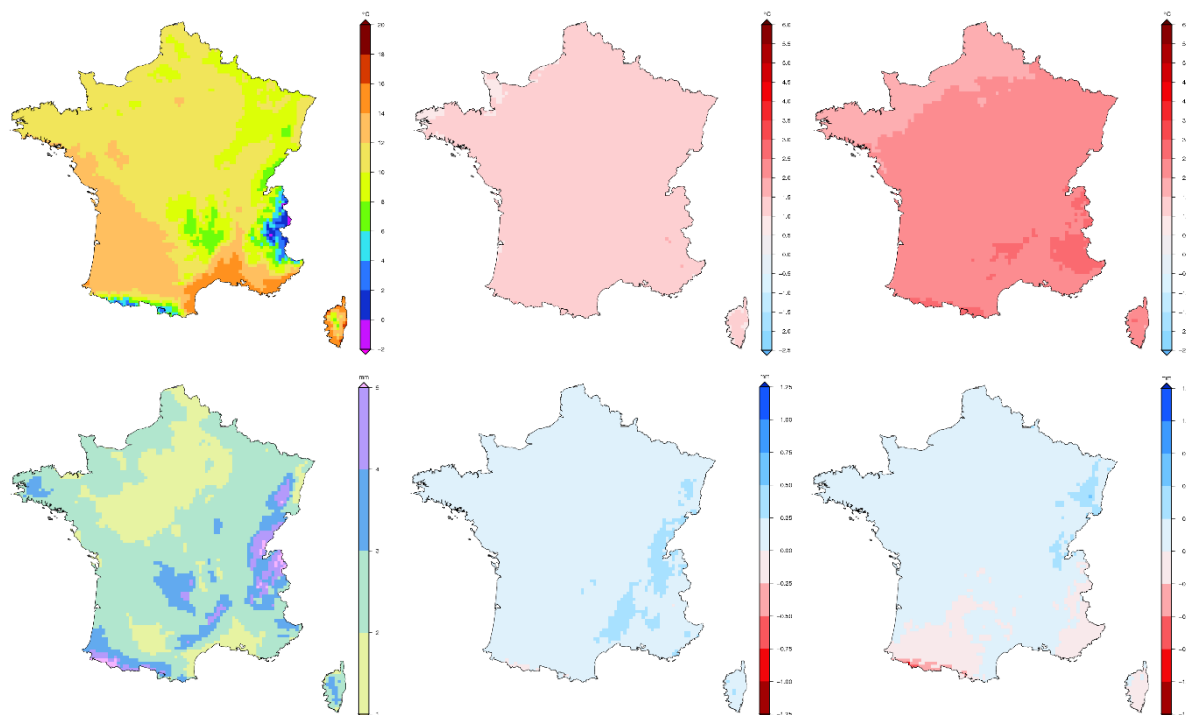


Illustration 50 - (a) Distribution non uniforme de l'élévation du niveau marin moyen (en m) pour le scénario RCP 4.5 pour la période 2081 - 2100 (IPCC, 2013) ; variation absolue (b) et relative (c) du niveau de marée haute, induit par ce même scénario

Evolution des températures et précipitations

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

Le DRIAS (www.drias-climat.fr) permet la visualisation des évolutions des températures en France métropolitaine, considérant les scénarios RCP 2.6, 4.5 et 8.5, et à partir de modèles météorologiques européens. Les températures moyennes annuelles dans le Sud-Ouest de la France, à moyen terme (2041-2070), augmenteront entre 1°C et plus de 2°C, selon les scénarios d'émissions RCP 2.6 et 8.5. La situation sera plus modérée concernant les évolutions moyennes annuelles de précipitations (Illustration 51). Toutefois, à l'instar des prévisions à l'échelle mondiale, les extrêmes seront plus marqués, avec une augmentation des durées de périodes de sécheresse (nombres de jours consécutifs sans précipitations) et une hausse du nombre de jours de précipitations fortes et extrêmes.



*Illustration 51 - Températures moyennes (degrés Celsius, en haut) et précipitations moyennes (mm, en bas) de la France métropolitaine : valeurs moyennes annuelles pour la période de référence 1976-2005 (à gauche) et écarts à cette valeur à l'horizon temporel moyen (2041-2070) pour les scénarios RCP 2.6 (au milieu) et RCP 8.5 (à droite) - produits « multi-modèles » de DRIAS-2020, médianes de l'ensemble
(source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)*

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

Evolution des quantités d'eaux superficielles et souterraines

Les travaux de la thèse de Dayon (2015) ont porté sur l'étude du cycle hydrologique continental en France et son évolution actuelle et future (Illustration 52). En moyenne, les précipitations devraient baisser dans le bassin versant de la Garonne. L'augmentation de l'évapotranspiration est moins marquée que pour d'autres bassins versants. Cela se traduit par une réduction des débits, qui est particulièrement prégnante pour la Garonne, puisqu'elle atteint 20 à 50 % dès le milieu du XXI^{ème} siècle, en été. Ces évolutions s'accompagnent d'une réduction des débits d'été et, peut-être, de crue¹³. Elles sont généralement d'autant plus importantes que le changement climatique sera fort. Le bassin de la Garonne apparaît comme la région de France métropolitaine où les changements de cycles hydrologiques seront les plus marqués.

¹³ Pour ce qui concerne les débits de crue, Dayon (2015) précise que l'approche utilisée ne permet pas de reproduire des événements de pluie différents de ceux observés actuellement. Les incertitudes concernant les débits de crue futurs demeurent donc plus importantes que celles qui pèsent sur les résultats moyens.

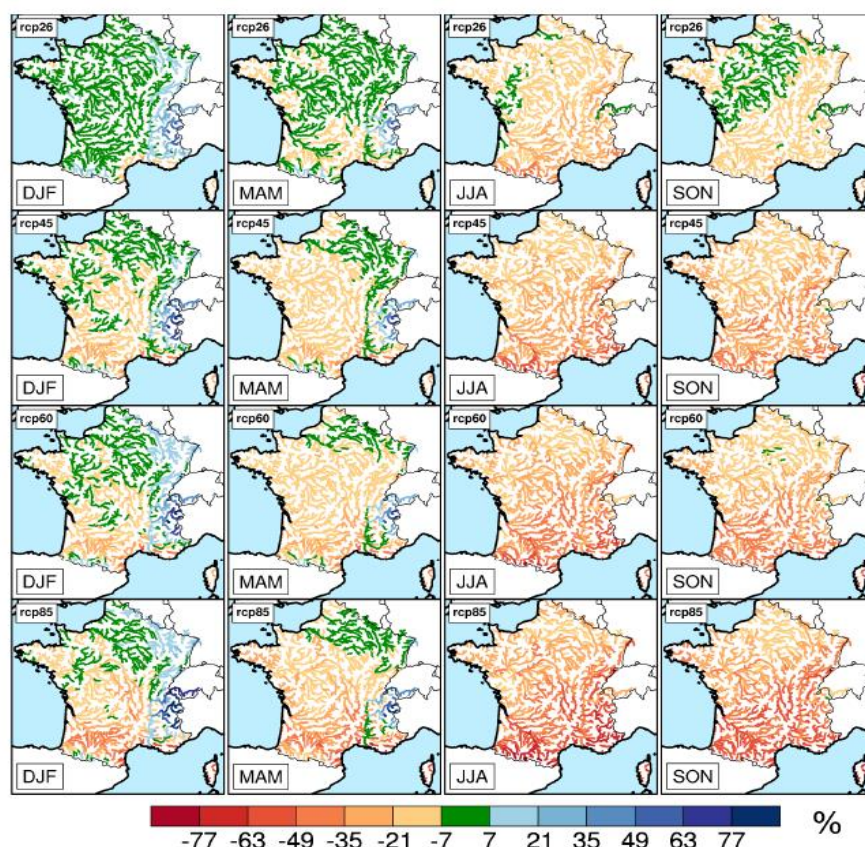


Illustration 52 - Moyenne des changements de débits moyens (en pourcents) pour 2035-2065, relativement à 1960-1990, pour chaque saison et pour chaque scénario RCP de changement climatique (extrait de Dayon, 2015)

A l'échelle du bassin versant du fleuve Charente, d'après les résultats du projet Explore 2070 (Ministère de l'Environnement), un allongement de la durée des étiages et une baisse globale des débits (-30 % à -40 % des débits en étiage) sont anticipés pour l'horizon 2050 (Illustration 53).

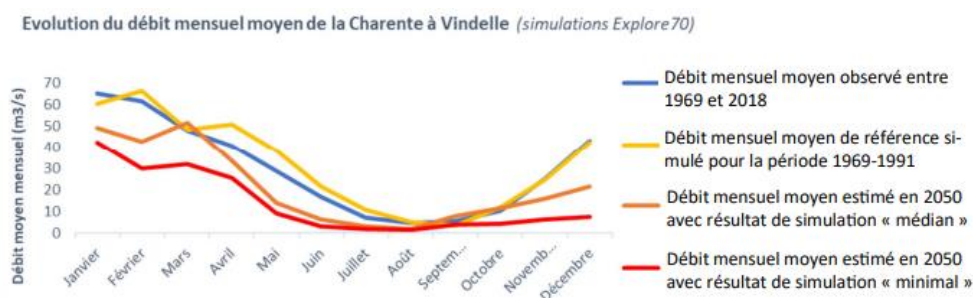


Illustration 53 - Evolutions du débit mensuel moyen du fleuve Charente, pour l'échéance 2050 (www.charente2050.fr)

Ce même projet Explore 2070 a été l'occasion d'investiguer les impacts du changement climatique sur la ressource en eau souterraine (Stollsteiner, 2012). Les scénarios climatiques optimistes montrent ainsi une diminution de la ressource, variable à l'échelle nationale, suivant les bassins versants, entre +10 et -30 %, et les scénarios pessimistes entre -20 % et -55 %, autour d'une valeur moyenne variant entre 0 et -50 %. Les résultats sont contrastés selon les simulations et les secteurs étudiés. Concernant les aquifères présents en Charente-Maritime (cf. chapitre 2.2.5 ; Douez et Bichot, 2012), en général, l'abaissement des niveaux piézométriques des parties « libres des aquifères » devrait être assez important dans les zones de plateaux

(jusqu'à -5 à -10 mètres - niveaux moyens - pour les différentes nappes et pour les modèles climatiques les plus pessimistes) et moindre dans les vallées (Illustration 54). Cette diminution des hauteurs piézométriques serait de plus en plus faible au fur et à mesure de l'éloignement des secteurs d'affleurement (zones captives).

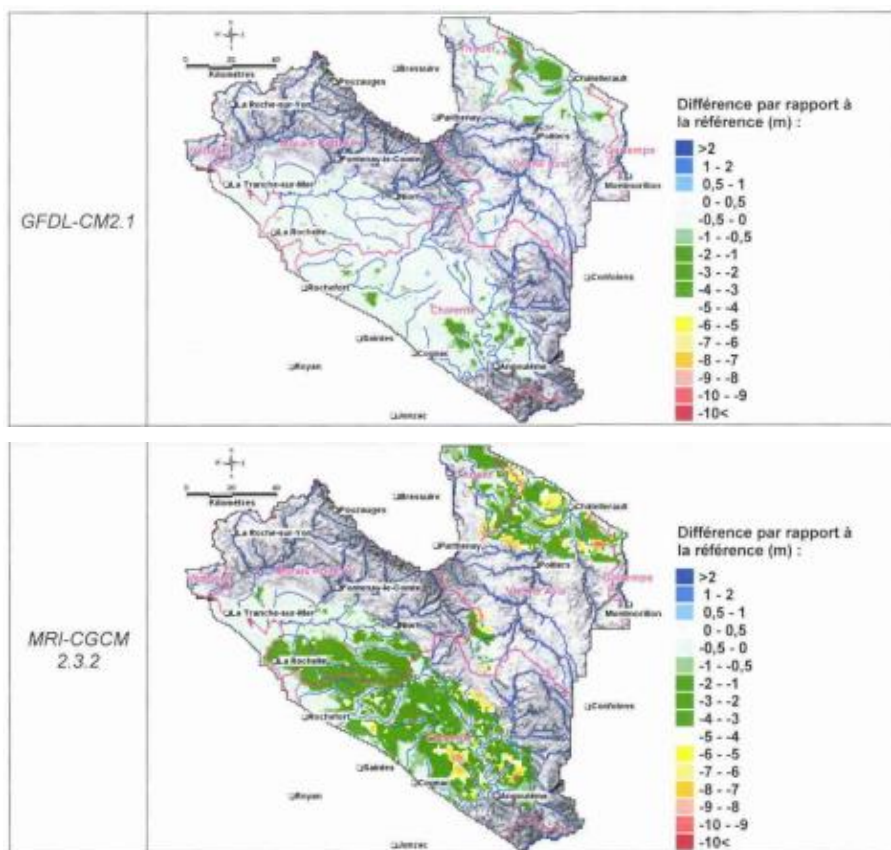


Illustration 54 - Baisse du niveau moyen de la nappe du Jurassique supérieur, au cours de la période 2046-2065, relativement à la période 1961-1990 (GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2 : scénarios climatiques respectivement « optimiste » et « pessimiste ») (Doez et Bichot, 2012)

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

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

Synthèse et conséquences du changement climatique sur l'aléa "recul du trait de côte"

En ce qui concerne l'étude des risques côtiers, Le Cozannet *et al.* (2016) considèrent que le principal changement induit par le réchauffement climatique à considérer est l'élévation du niveau de la mer. Une aggravation des risques de submersion marine est une conséquence inéluctable de l'élévation du niveau de la mer : au minimum, il sera nécessaire de s'adapter à une élévation des niveaux marins extrêmes lors de tempêtes, principalement induite par l'élévation du niveau de la mer. En l'absence d'adaptation, cela se traduira par des submersions plus fréquentes et plus intenses dès le milieu du 21^{ème} siècle. Si la submersion marine n'est pas traitée dans cette étude, il faut néanmoins prendre en compte que ce phénomène entraîne une érosion des terrains, notamment par ressuyage et mise à nu du sol (destruction de la végétation).

Deux périodes de temps distinctes peuvent être considérées :

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

Quoiqu'il en soit, en ce qui concerne le trait de côte, l'élévation du niveau de la mer favorisera l'érosion côtière et le recul du trait de côte. Concomitamment à la dynamique d'évolution du niveau de la mer, une accélération du phénomène est attendue entre le milieu et la fin du 21^{ème} siècle, en cas d'échec des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

A titre d'exemple, sur la base des scénarios émis par le GIEC en 2013 (IPCC, 2013), des valeurs de reculs du trait de côte pour les secteurs de dunes littorales, selon deux modèles d'impact d'évolution du trait de côte sous l'effet de l'élévation du niveau marin, ont été calculées pour les échéances 2050 et 2100 (Bernon *et al.*, 2017). Selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.5, le recul du trait de côte induit par l'élévation du niveau marin à l'échéance 2050 a ainsi été estimé, selon le modèle utilisé, respectivement de 4,0 m à 19,9 m et de 4,6 m à 23,1 m (valeurs médianes). A l'échéance 2100, ces valeurs médianes sont de 7,7 m à 38,3 m (RCP 2.6) et de 12,7 m à 63,3 m (RCP 8.5).

Néanmoins, les éléments de connaissance exposés dans ce chapitre ont montré que de nombreuses interrogations subsistent, concernant l'évolution des côtes sableuses, avec les changements des forçages océanographiques, météorologiques et continentaux. Cette précaution est également à considérer pour les autres types de côtes, où l'étude des impacts du changement climatique quant à leurs évolutions constitue encore à ce jour un enjeu de recherche scientifique.

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

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

En définitive, au regard des incertitudes sur les impacts des différentes manifestations du changement climatique, il est proposé d'appréhender ce phénomène au travers de l'élévation du niveau de la mer, où la connaissance scientifique sur son évolution est la plus aboutie. Notons que le guide méthodologique d'élaboration des PPR Littoraux (MTE, 2014) recommande également une considération du changement climatique au travers de l'élévation du niveau de la mer. Il convient toutefois de rappeler que l'évolution future du linéaire côtier sera soumise à de nouvelles conditions environnementales dans les prochaines décennies, qui dépassent la seule élévation du niveau marin, et qui amplifieront les aléas littoraux. Ainsi, la poursuite des tendances passées dans le futur peut être questionnée, impliquant une nécessaire poursuite des travaux d'observation de ces territoires.

Indicateur d'exposition du littoral à l'élévation du niveau de la mer

La définition d'un indicateur d'exposition de la côte à l'élévation du niveau marin est proposée, sur la base de la méthode mise en œuvre dans l'étude du volet "littoral" du Plan d'Adaptation au Changement Climatique (Bernon *et al.*, 2017). Elle consiste à distinguer de manière qualitative des expositions faible, modérée et forte, pour chaque environnement littoral considérant une élévation du niveau de la mer d'une vingtaine de centimètres à l'échéance 2050. Elle associe donc les deux aléas "submersion marine" et "recul du trait de côte". Par commodité au regard de l'échelle départementale, une forme simplifiée et résumée de cette méthode est exposée ci-après.

Les falaises rocheuses sont généralement constituées d'horizons géologiques plus ou moins compétents et s'élèvent de plusieurs mètres au-dessus du niveau marin. Cette configuration de côte conduit à attribuer une faible exposition du trait de côte à l'élévation du niveau marin, comparativement à des côtes basses et/ou formées de roches meubles.

Les plages de poche sont le plus souvent des plages sableuses ou sablo-vaseuses encadrées par des éperons rocheux, situées dans l'estuaire de la Gironde. Le trait de côte est alors marqué par une rupture topographique en haut de plage, de type "berme", bordé par une falaise rocheuse ou fixé par un ouvrage. L'exposition à l'élévation du niveau de la mer est estimée modérée.

Les cordons littoraux se forment par l'atterrissement, en haut de plage, des sédiments (sableux ou galets) mobilisés lors d'épisodes tempétueux par la houle et le vent. Ils forment alors des bourrelets topographiques, peu élevés et étroits, qui ferment les anses actuelles. Considérant que la majorité des cordons littoraux du département se sont adaptés, par une migration à l'intérieur des terres, à une élévation du niveau marin de 20 cm au cours du 20^{ème} siècle, une exposition modérée est estimée pour une élévation du niveau marin d'ampleur comparable à l'échéance 2050. Notons toutefois que la capacité d'adaptation du littoral à l'élévation du niveau marin sera fortement dépendante de la dynamique d'élévation du niveau de la mer, au cours des prochaines décennies, et présente donc de larges incertitudes.

Les marais maritimes sont de vastes plaines de basse altitude faiblement inclinées vers l'océan. Ces caractéristiques ont conduit à estimer que l'élévation du niveau de la mer impliquera des reculs significatifs des rivages par submersion ; l'exposition à l'élévation du niveau de la mer est ainsi qualifiée de forte.

Enfin, en tant que secteurs directement connectés à l'environnement marin, les environnements anthropiques (ports et polders) ont également été qualifiés avec une exposition forte, considérant que l'élévation du niveau marin impactera significativement ces espaces.

L'indicateur d'exposition à une élévation de l'ordre de 20 cm du niveau marin à l'échéance 2050, pour chacun des environnements littoraux de Charente-Maritime, est synthétisé dans le Tableau 6 et cartographié dans l'Annexe 4. Les résultats indiquent que 21 % du littoral sont qualifiés de faiblement exposés à une élévation du niveau marin à l'échéance 2050, correspondant au linéaire de falaise côtière, 46 % sont modérément exposés et 33 % sont fortement exposés. En lien avec la diversité des

environnements littoraux et leur distribution à l'échelle du département, ces niveaux d'exposition sont présents sur l'ensemble du linéaire littoral de Charente-Maritime.

Environnement littoral	Indicateur d'exposition à l'élévation du niveau marin (≈ 20 cm) à l'échéance 2050
Côte rocheuse	Faible
Plage de poche	Modéré
Dune littorale	
Cordon de galets	
Cordon sableux	
Flèche sableuse	
Grande flèche sableuse	Forte
Marais maritime	
Polder	
Ports	

Tableau 6 - Qualification de l'exposition des environnements littoraux, présents en Charente-Maritime, à une élévation du niveau de la mer de 20 cm à l'échéance 2050

4. Cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050

4.1. METHODE DE PROJECTION

Les étapes précédentes ont abouti à une caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" sur 419 km du littoral de Charente-Maritime, en tenant compte :

- des études et données existantes relatives à l'érosion côtière et à l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime ;
- de la cartographie du trait de côte de référence 2018, qualifié par environnement littoral ;
- de la présence des ouvrages longitudinaux se substituant au trait de côte, et des hypothèses de pérennité inhérentes à chacun d'entre eux à l'échéance 2050 ;
- des valeurs des composantes de l'aléa "recul du trait de côte" (T_x et L_{max}) cartographiés sur le trait de côte de référence, à partir des études et données disponibles ;
- de l'exposition à la submersion marine et de potentielles interactions avec le recul du trait de côte à l'échéance 2050 ;
- d'une identification des sources d'incertitudes ;
- et d'une qualification de l'exposition du littoral à l'élévation du niveau marin à l'échéance 2050 (+20 cm), en lien avec le changement climatique.

A partir des composantes de l'aléa "recul du trait de côte", la formule classiquement utilisée, et recommandée dans le guide national d'élaboration des PPRL (MTE, 2014), est la suivante :

$$Lr = n.Tx + Lmax$$

Où :

Lr : distance de recul entre le trait de côte de référence de 2018 et celui de l'horizon temporel considéré (2050)

$n = 32$ ans : nombre d'années entre le trait de côte de référence de 2018 et l'horizon temporel considéré (2050)

T_x : taux moyen annuel d'évolution du trait de côte ($m.an^{-1}$)

L_{max} : recul lié à un évènement majeur (m)

Au droit des ouvrages considérés pérennes à l'échéance 2050 (cf. chapitre 3.2.2), une valeur nulle a été attribuée à l'aléa "recul du trait de côte" ($Lr = 0$), et aucune zone d'aléa n'a été cartographiée.

Les zones d'accrétion, correspondant aux secteurs où les taux moyens annuels d'évolution sont positifs et conduisent sur 32 années à compenser le recul lié à un évènement majeur, n'ont pas été représentées. Elles peuvent néanmoins être identifiées à l'aide des informations disponibles dans la table attributaire de la couche d'information géographique du trait de côte de référence.

Enfin, l'aléa "recul du trait de côte" n'a pas été représenté dans les secteurs de polders et de marais connectés au domaine maritime, considérant qu'ils sont principalement soumis au phénomène de submersion marine (cf. chapitre 3.3.2). Comme pour les zones d'accrétion, les valeurs de T_x et de L_{max} , identifiées au droit de ces secteurs, figurent dans la table attributaire de la couche d'information géographique du trait de côte de référence.

La cartographie de l'aléa a été réalisée à l'aide des outils géomatiques en calculant d'une part, des reculs liés à la projection sur 32 ans des taux moyens annuels d'évolution (T_x) et d'autre part, des reculs induits par le recul lié à un évènement majeur (L_{max}). La somme de ces deux distances définit la largeur de la bande côtière soumise à l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050.

Une opération de lissage cartographique a été appliquée entre les portions du trait de côte présentant des distances de recul différentes, de manière à supprimer les artefacts générés par la méthode de cartographie. La transition entre ces portions est adoucie dans la continuité et correspond davantage à ce qui est observé dans les évolutions réelles. Par ailleurs, aux extrémités des ouvrages considérés pérennes et en présence d'une bande d'aléa adjacente, cette dernière a été prolongée de manière à représenter l'encoche d'érosion généralement observée derrière l'ouvrage dans ces situations (Illustration 55). Ces opérations cartographiques manuelles restent très limitées comparativement à l'étendue de la bande d'aléa.



Illustration 55 - Cartographie de la bande d'aléa "recul du trait de côte" pour la commune de Port-des-Barques (cercle noir : aléa formant une encoche d'érosion à l'extrémité d'un ouvrage pérenne, en cas de recul du secteur adjacent)

4.2. RESULTATS

A l'échelle du département, sur la base des études disponibles et des hypothèses prises en compte dans cette étude, près de 1 000 hectares (985,4 ha) sont concernés par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050. A titre indicatif, cette surface correspond à près de 220 fois la surface du pont de l'Île de Ré¹⁴, ou encore, correspondant à environ 912 terrains de football¹⁵. Par ailleurs, le linéaire côtier départemental exposé à l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 est de 239,3 km, soit 57,1 % du littoral. Les 42,9 % restant du littoral couvrent les secteurs où les ouvrages ont été considérés pérennes à l'échéance 2050, ceux soumis à un aléa prégnant de submersion marine, et enfin ceux stables ou en accrétion.

A l'échelle des EPCI, les intercommunalités de Royan-Atlantique, de l'Île d'Oléron, et de Rochefort Océan comptent plus de 60 % de leur linéaire exposé à l'aléa "recul du trait de côte" (respectivement 73,7 %, 70,2 % et 62,7 %). Dans une moindre mesure, la Communauté de Communes de l'Île de Ré, la Communauté d'Agglomération de La Rochelle et la Communauté de Communes de Bassin de Marennes possèdent des littoraux exposés à hauteur de 43,4 % et 42,9 % et 37,0 %. La Communauté de Communes d'Aunis

¹⁴ Considérant les dimensions du pont de l'Île de Ré suivantes L = 2 900 m et l = 15,5 m, d'après <https://la.charente-maritime.fr> soit une surface d'environ 4,5 ha.

¹⁵ Considérant les dimensions d'un terrain de football de 120 m de longueur et de 90 m de largeur.

Atlantique, au nord du département, n'est pas concernée par cet aléa. Il existe de forts contrastes entre les intercommunalités (Illustration 56, Illustration 57, Tableau 7), à la fois en termes d'ampleur du phénomène (en linéaire et surfaces affectées), mais aussi d'origine de l'aléa (T_x ou L_{max}).

L'aléa "recul du trait de côte" est bien plus présent dans la Communauté d'Agglomération Royan Atlantique (CARA) et la Communauté de Communes de l'Île d'Oléron (CCIO), comparativement aux autres territoires, respectivement à hauteur de 445,2 ha et de 403,0 ha. Ces deux territoires rassemblent ainsi 86 % (CARA : 45 % et CCIO : 41 %) de la surface d'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, cartographié pour le département. Ce constat s'explique essentiellement par l'important linéaire de dunes littorales et de flèches sableuses, présentes sur la façade océanique de ces deux collectivités, et dont les dynamiques d'évolution sont les plus actives de Charente-Maritime. Les reculs liés à la projection des taux d'évolution moyens annuels (T_x) sont ainsi très largement supérieurs à ceux liés à un événement majeur (L_{max}).

Les autres EPCI littoraux du département sont moins exposés au phénomène. Ainsi, les superficies affectées par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 représentent 66,3 ha, 38,6 ha et 27,9 ha respectivement pour la Communauté de Communes de l'Île de Ré (CCIR), les Communautés d'Agglomération de Rochefort Océan (CARO) et de La Rochelle (CALR). Une érosion « chronique », traduite par des taux de recul moyens annuels (T_x) pour la période passée et appliquée à la période prospective, est le principal processus à l'origine du recul du trait de côte pour la CCIR ; les reculs événementiels (tempêtes ou groupes de tempête, L_{max}) présentant une part moins importante de la superficie de la bande d'aléa. A l'inverse, le littoral de la CALR est particulièrement exposé à des reculs ponctuels en lien avec des phénomènes énergétiques marqués. En effet, près des deux-tiers de l'aléa sont attribués aux reculs L_{max} ; la dynamique d'évolution pluriannuelle (T_x) du trait de côte apparaît alors moins importante. Sur le littoral de la CARO, les deux composantes de l'aléa s'expriment dans des proportions comparables.

La côte de la Communauté de Communes Bassin de Marennes (CCBM) est moins exposée au recul du trait de côte, à hauteur de 4,5 ha du fait de sa localisation dans la zone inter-pertuis et des taux d'évolution moyens annuels nuls ou très faibles, repris des études existantes. Elle est ainsi essentiellement affectée par des reculs liés à un événement majeur (L_{max}).

Enfin, la commune de Charron, seule commune côtière appartenant à la Communauté de Communes Aunis Atlantique, n'est pas concernée par le phénomène. Les ouvrages présents le long du trait de côte ont en effet été considérés comme pérennes à l'échéance 2050.

EPCI	Aléa recul du trait de côte		
	Surface T_x (Ha)	Surface L_{max} (Ha)	Total (Ha)
CC Aunis Atlantique	0,0	0,0	0,0
CA La Rochelle	9,9	17,9	27,9
CA Royan-Atlantique	383,4	61,7	445,2
CA Rochefort Océan	21,4	17,2	38,6
CC Bassin de Marennes	0,4	4,1	4,5
CC Île d'Oléron	350,2	52,8	403,0
CC Île de Ré	45,1	21,2	66,3
Total	810,4	175,0	985,4

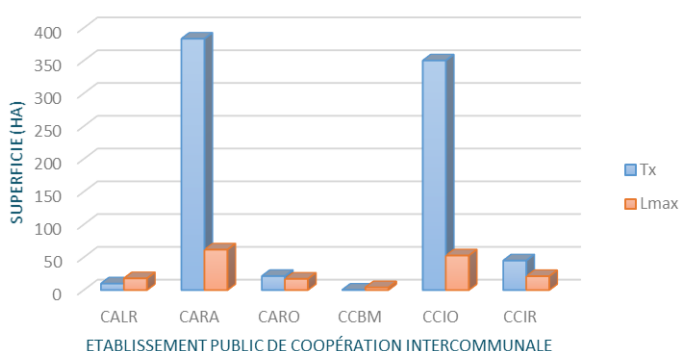


Illustration 56 - Superficies affectées par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, pour les EPCI du département de Charente-Maritime

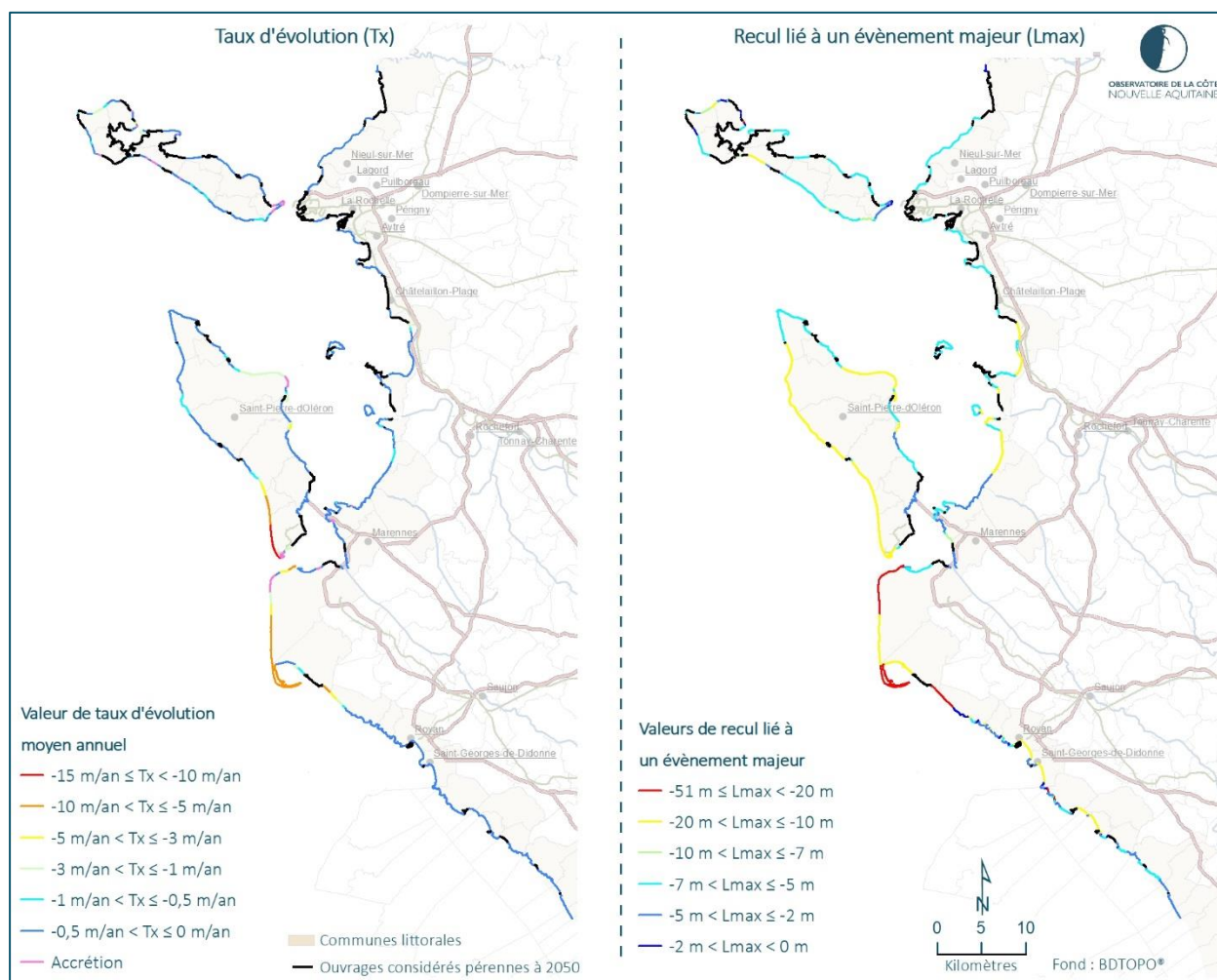


Illustration 57 - Valeurs des composantes de l'aléa "recul du trait de côte" (Tx et Lmax) sur le littoral du département de Charente-Maritime

Le travail réalisé offre la possibilité d'analyser, par environnement littoral et pour chacun des EPCI, les linéaires concernés par l'aléa "recul du trait de côte" et le recul moyen à l'échéance 2050. Dans l'objectif de faciliter la compréhension de ces résultats, les secteurs en accrétion, non évolutifs (ouvrages pérennes à l'échéance 2050) et où l'aléa "submersion marine" domine (connexions marines) ont été exclus de cette analyse. Les résultats sont synthétisés dans le Tableau 7.

A titre d'exemple pour le territoire de la CARA, les environnements littoraux les plus affectés par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 sont, les dunes littorales (27,4 km), les falaises rocheuses (29,3 km) et les flèches sableuses (14,0 km). Ce constat n'est pas surprenant étant donné qu'il s'agit des trois environnements littoraux les plus représentés sur la façade littorale de la CARA. Toutefois, on note que le recul à l'échéance 2050 est particulièrement élevé pour les flèches sableuses, de 208,4 m en moyenne pondérée sur le linéaire, bien que caractérisé par une forte dispersion des valeurs autour de cette moyenne [min : 8,2 m - max : 281,0 m]. S'agissant pour l'essentiel de la Pointe de la Coubre, il faut surtout retenir la très forte mobilité de cet environnement littoral et le caractère difficilement prévisible de ses positions futures. A l'inverse, les falaises rocheuses sont en quasi-totalité sujettes à l'aléa "recul du trait de côte", avec une distance moyenne de recul pondérée sur le linéaire à l'échéance 2050 égale à 6,6 m [min : 4,2 m - max : 8,2 m].

Ainsi, les spécificités de chaque territoire sont clairement mises en évidence par cette analyse, où il est possible de visualiser quels sont les environnements concernés par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échelle des EPCI et d'en apprécier l'exposition.

EPCI Environnement littoral	Linéaire côtier total de l'EPCI (km)	Linéaire concerné par l'aléa recul du trait de côte (km)	Pourcentag e à l'échelle de l'EPCI	Moyenne de recul à l'échéance 2050 (m) pondérée par le linéaire affecté par l'aléa	Recul minimum à l'échéance 2050 (m)	Recul maximum à l'échéance 2050 (m)
CCAA	6,4	0,0	0,0%	0,0	0,0	0,0
CALR	65,7	28,2	42,9%	9,7	5,3	59,8
Cordon de galets		5,9		10,9	6,3	20,4
Cordon sableux		1,8		34,1	15,3	59,8
Falaise rocheuse		20,5		7,2	5,3	12,7
CARA	101,8	75,0	73,7%	79,1	2,0	281,0
Dune littorale		27,4		101,9	5,0	254,0
Falaise rocheuse		29,3		6,6	4,2	8,2
Fleche sableuse		14,0		208,4	8,2	281,0
Marais maritime		2,2		2,0	2,0	2,0
Plage de poche		2,0		10,2	6,2	20,0
Polder		0,2		2,0	2,0	2,0
CARO	39,6	24,8	62,7%	15,7	2,0	32,4
Cordon de galets		4,0		13,7	5,0	26,0
Cordon sableux		10,9		16,9	5,0	32,4
Falaise rocheuse		9,9		15,1	8,2	21,0
Polder		0,0		2,0	2,0	2,0
CCBM	21,5	8,0	37,0%	5,7	2,0	21,0
Cordon de galets		6,3		5,7	5,0	21,0
Cordon sableux		1,3		7,0	7,0	7,0
Polder		0,4		2,0	2,0	2,0
CCIO	87,6	61,5	70,2%	68,8	2,0	495,0
Cordon de galets		1,2		22,7	11,6	34,2
Cordon sableux		3,9		21,9	2,0	106,0
Dune littorale		37,0		35,7	3,6	175,0
Falaise rocheuse		8,3		13,7	11,4	21,0
Fleche sableuse		2,4		69,0	58,0	106,0
Grande flèche sableuse		7,2		343,9	175,0	495,0
Marais maritime		0,9		58,0	58,0	58,0
Polder		0,6		2,0	2,0	4,2
CCIR	96,4	41,8	43,4%	15,0	1,0	160,8
Cordon de galets		5,7		11,4	5,0	37,0
Cordon sableux		4,0		17,8	1,0	26,2
Dune littorale		19,6		19,7	2,0	160,8
Falaise rocheuse		12,5		8,5	2,0	17,8
Total général	419,1	239,3		48,0	1,0	495,0

Tableau 7 - Linéaires affectés par l'aléa "recul du trait de côte" et reculs à l'échéance 2050, par environnement littoral, pour chaque EPCI

4.3. REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

L'atlas (hors texte) illustre les zones concernées par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050. La représentation cartographique permet de visualiser :

- le trait de côte de référence de 2018 ;
- l'espace concerné par le recul lié à la projection des taux d'érosion sur 32 ans ;
- la distance de recul liée à un évènement majeur, disposée en arrière de la précédente, mais susceptible d'intervenir à tout moment pendant la période prospective ;
- les linéaires où les ouvrages ont été considérés pérennes ;
- les secteurs où la submersion marine a été identifiée comme l'aléa dominant sur l'aléa "recul du trait de côte", sous la forme de l'indication « connexion marine », et où ce dernier n'a donc pas été représenté.

L'échelle de validité de ces différentes informations est 1/5 000. Aucune utilisation à une échelle plus grande ne doit être réalisée, comme par exemple à l'échelle de la parcelle.

Nota : Sur la forme de l'atlas cartographique, plusieurs représentations de l'aléa et le contenu des informations à afficher ont été proposés lors du comité technique n°5 de l'étude (GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité technique et scientifique du 26/10/2021). Les échanges tenus en réunion sur la base de ces propositions ont conduit à retenir la représentation cartographique exposée sur l'illustration 58.



Illustration 58 - Extrait de l'atlas cartographique au 1/5 000, représentant l'aléa "recul du trait de côte" (échelle d'origine 1/5 000)

5. Conclusion

La caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 en Charente-Maritime s'inscrit dans le projet d'actualisation du diagnostic régional à la sensibilité côtière, souhaité par les partenaires de l'Observatoire de la Côte de Nouvelle-Aquitaine et les membres du GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine. Ce dernier est chargé de l'animation du projet composé de deux volets : la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, objet du présent rapport et mené par l'OCNA, et l'étude de la sensibilité des enjeux à ce phénomène, réalisée par le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine. Des comités techniques et scientifiques ont été créés pour suivre la réalisation de ces travaux. Six réunions des comités techniques et scientifiques, et plusieurs réunions techniques associant les acteurs du littoral charentais, ont été organisées entre septembre 2020 et octobre 2021. Ils ont permis une large concertation autour des méthodes mises en œuvre et le partage des résultats.

Après l'exposition du contexte physiographique du littoral de Charente-Maritime, quatre étapes principales ont abouti à la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" (Illustration 1). Pour cette étude, la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" devait s'appuyer autant que possible sur les études et données disponibles. Un large recensement mené auprès des acteurs du littoral charentais a permis d'identifier 22 études ou projets, et plusieurs jeux de données créés, traitant de l'aléa "recul du trait de côte".

Un trait de côte de référence digitalisé sur l'orthophotographie de l'IGN de 2018 a été spécifiquement créé dans cette étude. Il intègre l'ensemble des informations générées lors du déroulement de l'étude : environnement littoral, descripteur du trait de côte, hypothèse de pérennité des ouvrages à l'échéance 2050, caractérisation de l'aléa (T_x , L_{max} et sources associées). En raison de l'exposition certaine de la Charente-Maritime aux submersions marines, une méthode innovante d'identification des interactions potentielles entre érosions (recul du trait de côte) et submersions a été proposée. Enfin, un éclairage quant aux impacts potentiels du changement climatique sur la dynamique d'évolution du littoral est apporté.

A l'aide de ces informations, la cartographie de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050 a été produite.

Cette cartographie repose ainsi sur plus des $\frac{3}{4}$ du littoral départemental déjà caractérisés dans les études et projets existants. Le travail mené exclut les portions du trait de côte où des ouvrages longitudinaux ont été considérés pérennes à l'échéance 2050, et celles situées devant des zones basses terrestres connectées à l'océan. De forts contrastes sont mis en évidence entre les différentes intercommunalités à la fois en termes d'ampleur du phénomène (en linéaire et surfaces affectées), mais aussi de la manifestation (T_x ou L_{max}) de l'aléa "recul du trait de côte". Les différents contextes géomorphologiques en présence au droit de chaque EPCI expliquent ce constat.

Ainsi, à l'échelle du département, près de 1 000 hectares (985,4 ha) sont concernés par l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050, correspondant à la superficie de près de 220 fois le pont de l'Île de Ré, ou encore à environ 912 terrains de football. Par ailleurs, le linéaire côtier départemental exposé à l'aléa "recul du trait de côte" à l'échéance 2050 est de 239,3 km, soit 57,1 % du littoral charentais. A l'échelle des EPCI, les intercommunalités de Royan-Atlantique, de l'Île d'Oléron et de Rochefort Océan comptent plus de 60 % de leur linéaire avec un aléa "recul du trait de côte" (respectivement 73,7 %, 70,2 % et 62,7 %). Dans une moindre mesure, la Communauté de Communes de l'Île de Ré, la Communauté d'Agglomération de La Rochelle et la Communauté de Communes de Bassin de Marennes possèdent des littoraux exposés à hauteur de 43,4 %, 42,9 % et 37,0 %. La Communauté de Communes d'Aunis Atlantique, au nord du département, n'est pas concernée par cet aléa.

Les résultats de ce travail sont analysés à l'échelle du département, des EPCI, illustrés dans un atlas cartographique au 1/5 000, représentés sur plusieurs cartes synthétiques, et disponibles dans une couche d'information géographique où chacune des données produites a été renseignée. Cette étude délivre aussi le socle de connaissances disponible concernant l'aléa "recul du trait de côte" sur le littoral de la Charente-Maritime. Elle offre également de nouvelles données, telles que le trait de côte de référence de 2018 et l'ensemble des informations qui s'y rattachent. Enfin, des méthodes innovantes utiles à la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte", dans un contexte de changement climatique, et où coexistent les aléas "submersion marine" et "recul du trait de côte", ont été développées. Ces éléments seront réemployés dans le second volet du projet d'actualisation du diagnostic régional de la sensibilité à l'érosion côtière relatif à l'analyse des enjeux. Ils pourront également alimenter les réflexions en cours ou à venir quant à la gestion du risque de recul du trait de côte en Charente-Maritime, comme les stratégies locales de gestion de la bande côtière ou encore l'élaboration de projets d'aménagement durable du littoral.

6. Bibliographie

- ALLARD J. (2008)** - Enregistrements des changements environnementaux dans les sédiments littoraux : cas des Pertuis Charentais et du Bassin d'Arcachon. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.
- AUBIE S., MALLET C. et FAVENNEC J. avec la collaboration de HOAREAU A. (2011)** - Caractérisation de l'aléa érosion (2020-2040) de la Côte Aquitaine dans le cadre de l'étude stratégique de gestion du trait de côte. Observatoire de la Côte Aquitaine. Rapport BRGM/RP-59095-FR, 59 ill. 97 p., 2 Ann.
- BERNON N., MUGICA J., LE COZANNET G. et MASPATAUD A. (2017)** - Cartographie de la vulnérabilité du littoral au recul du trait de côte dans un contexte de changement climatique à l'échelle du bassin Adour-Garonne. Rapport final. BRGM/RP-67395-FR, 96 p., 57 ill., 8 tab, 1 ann.
- BERTIN (2005)** - Morphodynamique séculaire, modélisation et architecture interne d'un système baie-embouchure tidale: le Pertuis de Maumusson et la Baie de Marennes-Oléron. Thèse de doctorat à l'Université de La Rochelle.
- BERTIN X., CASTELLE B., CHAUMILLON E., BUTEL R., QUIQUE R. (2008)** - Longshore transport estimation and inter-annual variability at a high-energy dissipative beach: St. Trojan beach, SW Oléron Island, France. doi:10.1016/j.csr.2008.03.005
- BLIARD F., BERTIN X. (2016)** - Evolution pluri-décennale des littoraux adjacents au pertuis de Maumusson (Charente - Maritime). Mémoire de stage, 60 p.
- BULTEAU T., NICOLAE LERMA A., LECACHEUX S. (2013)** – Projet climats de houle – Phase 2 : Analyse des valeurs extrêmes de vagues le long de la côte atlantique et en Manche. Rapport final. BRGM/RP-62730-FR, 49 p., 26 fig., 3 ann.
- BULTEAU T., IDIER D., LAMBERT J., GARCIN M. (2015)** - How historical information can improve estimation and prediction of extreme coastal water levels: application to the Xynthia event at La Rochelle (France), Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 1135–1147, <https://doi.org/10.5194/nhess-15-1135-2015>
- Cerema (2019a)** - Dynamiques et évolution du littoral. Fascicule 6 : Synthèse des connaissances de la pointe de Chémoulin à la pointe de Suzac. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-312-1
- Cerema (2019b)** - Etude de la sensibilité aux instabilités des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime. C17SB0140 - Affaire 14.17.G519
- Cerema (2021)** - Fiches synthétiques de mesure des états de mer - Tome 1 - Mer du Nord, Manche et Atlantique - Cerema, Janvier 2021. Collection : Données. ISBN : 978-2-37180-497-5
- CHALUMEAU J. (2014)** - Modélisation numérique de la circulation côtière : application au transport des méduses dans les Pertuis Charentais. Université de La Rochelle. NNT : 2014LAROS005. tel-01174991
- CHARLES E., IDIER D., DELECLUSE P., DEQUE M., LE COZANNET G. (2012)** - Climate change impact on waves in the Bay of Biscay, France. *Ocean Dynamics*, 62(6), 831-848.
- CHAUMILLON E., BERTIN X., POIRIER C., SAUZEAU T. (2010)** - Rivages inconstants : Interactions homme environnement. Du havre de Brouage à la baie de Marennes-Oléron. Colloque international « Les littoraux à l'heure du Changement Climatique.
- COWELL P.J., THOM B.G. (1994)** - Morphodynamics of coastal evolution. In : R. W. G. Carter & C. D. Woodroffe (Eds), Coastal evolution, late quaternary shoreline morphodynamics. Cambridge : Cambridge University Press.

DOUEZ O., BICHOT F. (2012) - Evaluation de l'impact du changement climatique à l'aide du Modèle Jurassique du Poitou. Projet Explore 2070. Rapport BRGM/RP-61055-FR, 87 p., 77 ill.

DAYON G. (2015) - Evolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies, thèse de doctorat. Université de Toulouse Paul Sabatier, http://cerfacs.fr/wp-content/uploads/2016/02/GLOBE-These_Dayon_20112015.pdf.

GOURIOU (2012) - Evolution des composantes du niveau marin à partir d'observations de marégraphie effectuées depuis la fin du 18ème siècle en Charente-Maritime. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle.

IDIER D., PARIS F., LE COZANNET G., BOULAHYA F., DUMAS F. (2017) - Sea-level rise impacts on the tides of the European Shelf, Continental Shelf Research, Volume 137, 2017, ISSN 0278-4343, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2017.01.007>. - 2017.

IPCC (2013) - Church, J., P. Clark, A. Cazenave, J. Gregory, S. Jevrejeva, M. Merrifield, G. Milne, R. Nerem, P. Nunn, A. Payne, W. Pfeffer, D. Stammer et U. A.S. 2013a, Sea Level Change, Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1137–1216, doi :10.1017/CBO9781107415324.026. http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf

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

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

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

MARCOS M., CHUST G., JORDÀ G., CABALLERO A. (2012) - Effect of sea level extremes on the western Basque coast during the 21st century. *Climate Research*, 51(3), 237.

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

MTE - Ministère de la Transition Ecologique (2010) - La gestion du trait de côte. Editions Quae, Paris, 304 p.

MTE - Ministère de la Transition Ecologique (2012) - Analyse et cartographie des aléas littoraux pour l'élaboration des PPRL, 169 p.

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

NICOLLE A. (2006) - Modélisation des marées et des surcotes dans les Pertuis Charentais. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle. tel-00113552.

PARRA M., CASTAING P., JOUANNEAU J.M., GROUSSET F., LARTOUCHE C. (1998) - Nd-Sr Isotopic composition of present-day sediments from the Gironde Estuary, its draining basins and the WestGironde mud patch (SW France). *Continental Shelf Research* 19 (1999) 135-150.

SHOM (2001) - Courants de marée, de la côte Ouest de France, de Saint-Nazaire à Royan.

SHOM (2021) - Références altimétriques Maritimes, Edition 2021.

STANISIERE J.-Y., DUMAS F., PLUS M., MAURER D., ET ROBERT S. (2006) - Caractérisation des composantes hydrodynamiques d'un système côtier semi-fermé : Le Bassin de Marennes-Oléron. IFREMER, 112.

STOLLSTEINER (2012) - Changement climatique - EXPLORE 2070. Rapport BRGM/RP-61483-FR - Vol. 1. 190 p., 105 ill.

THINON-LARMINACH M., COMPERE F., ABASQ L. (2018) - Atlas régional des ressources géothermales très basse énergie de Poitou-Charentes. Rapport final. BRGM/RP-67694-FR, 60 p. 40 ill.

WEBER N. (2004) - Apports de la sismique réflexion combinée à des suivis bathymétriques et validée par des vibrocarottages. Thèse de l'Univ. de La Rochelle, 317 p., 151 fig., 38 tab. 3 ann.

Comptes rendus relatifs au pilotage de l'étude :

GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, Note technique - Projet d'actualisation du diagnostic régional sur l'érosion côtière en Nouvelle-Aquitaine (Extension à la Charente-Maritime) du 23/07/2020.

GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité technique et scientifique n°1 du 17/09/2020.

GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité technique et scientifique n°2 du 18/12/2020.

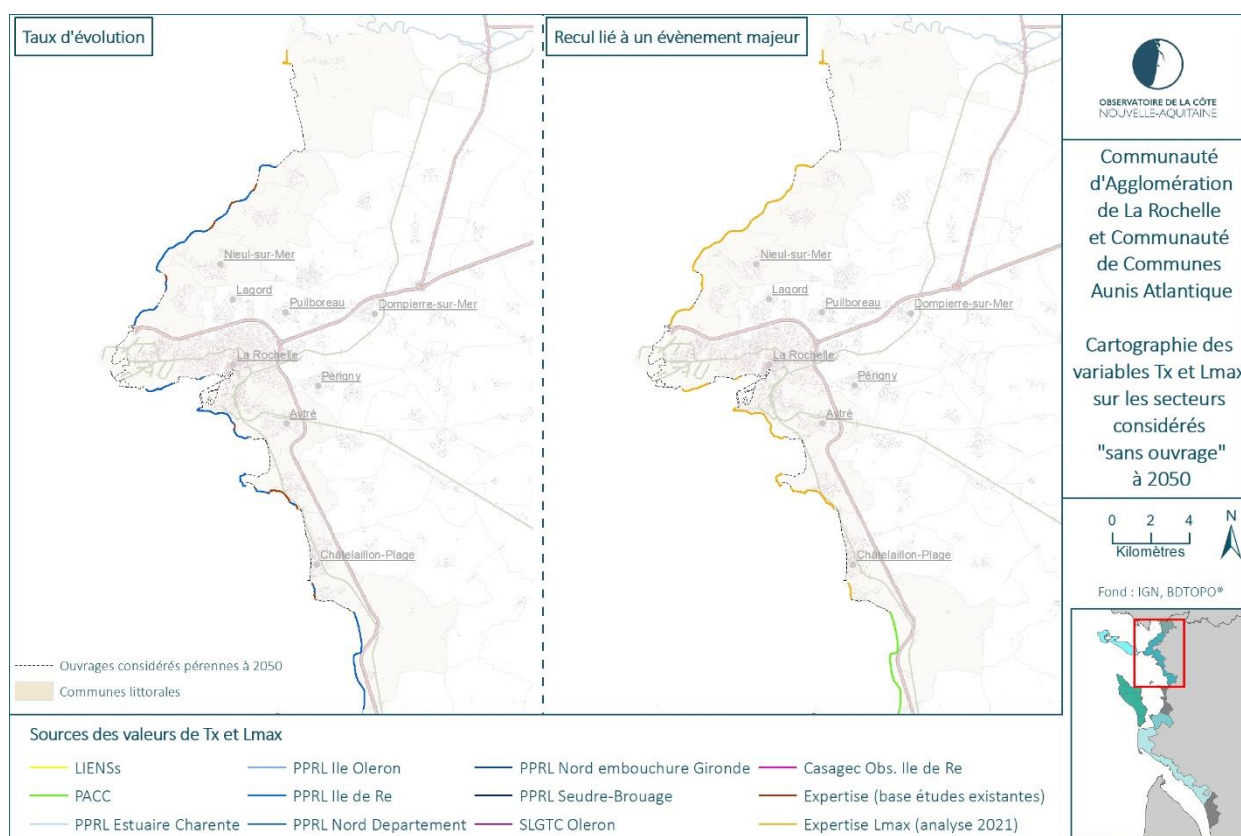
GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité technique et scientifique n°3 du 31/03/2021.

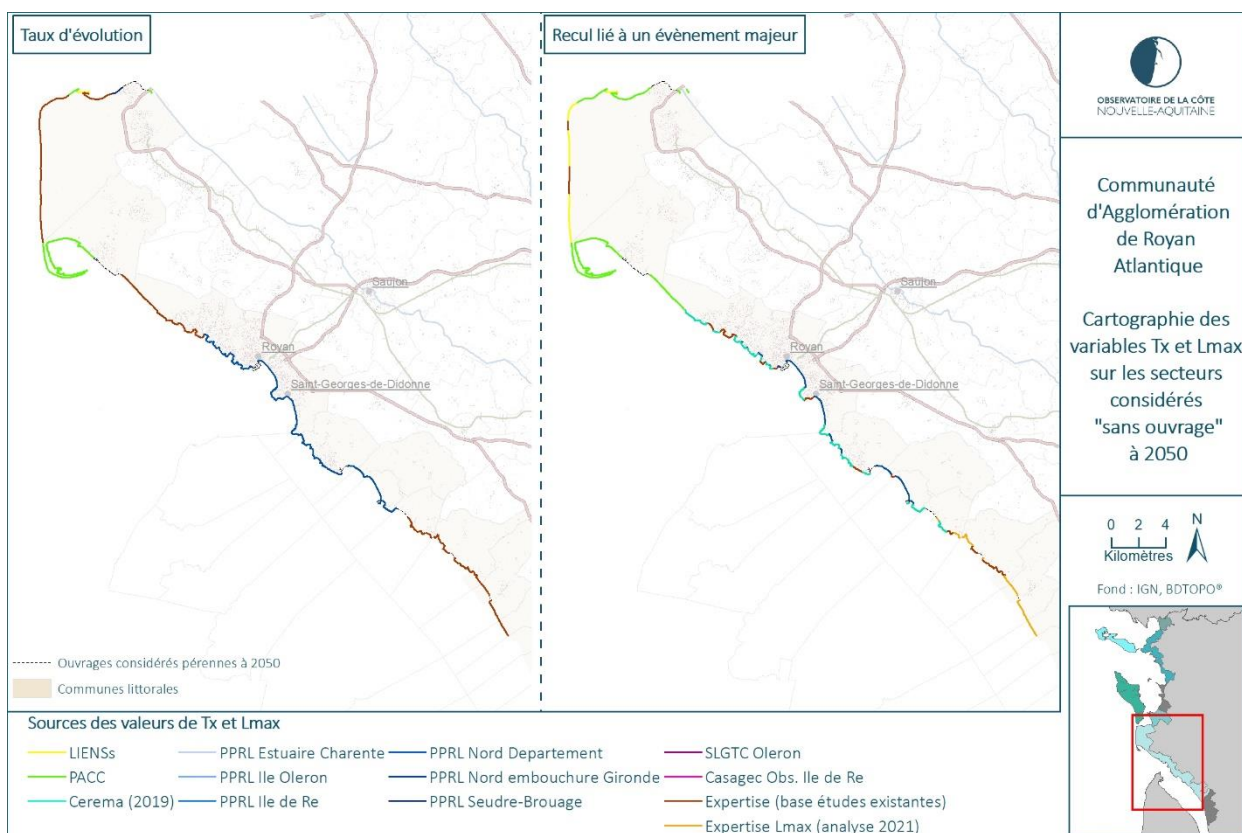
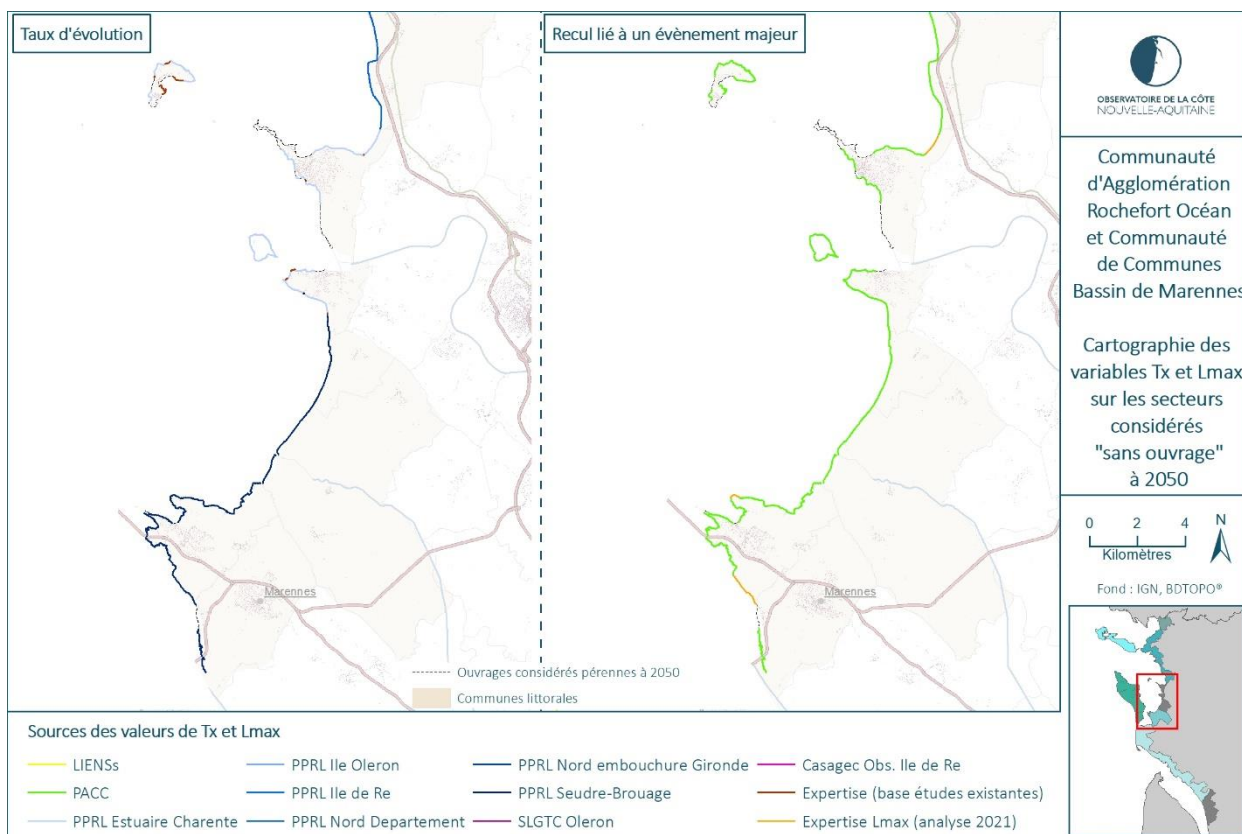
Observatoire de la Côte de Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité scientifique n°1 du 07/06/2021, en annexe 3. Réf : CPTR_BDX-2021-12.

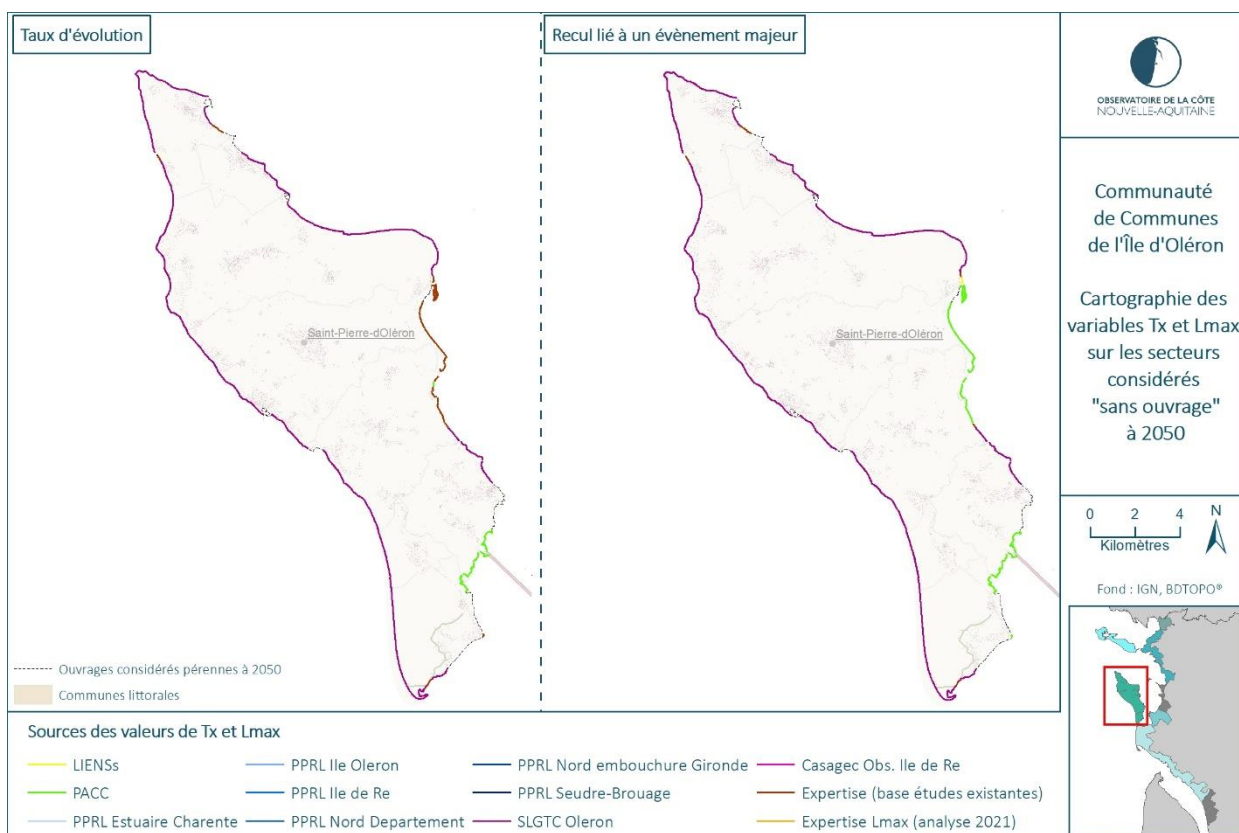
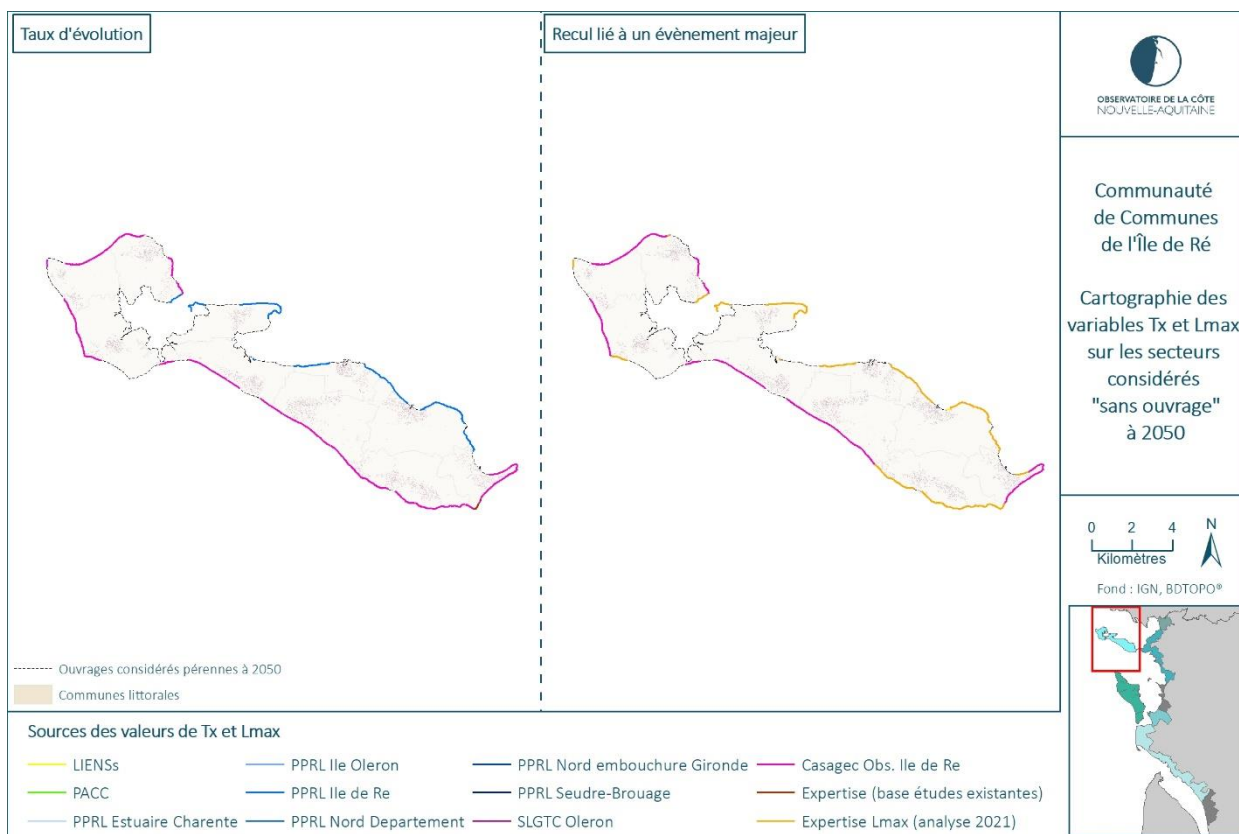
GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité technique et scientifique n°4 du 05/07/2021.

GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine, compte rendu du comité technique et scientifique n°5 du 20/10/2021.

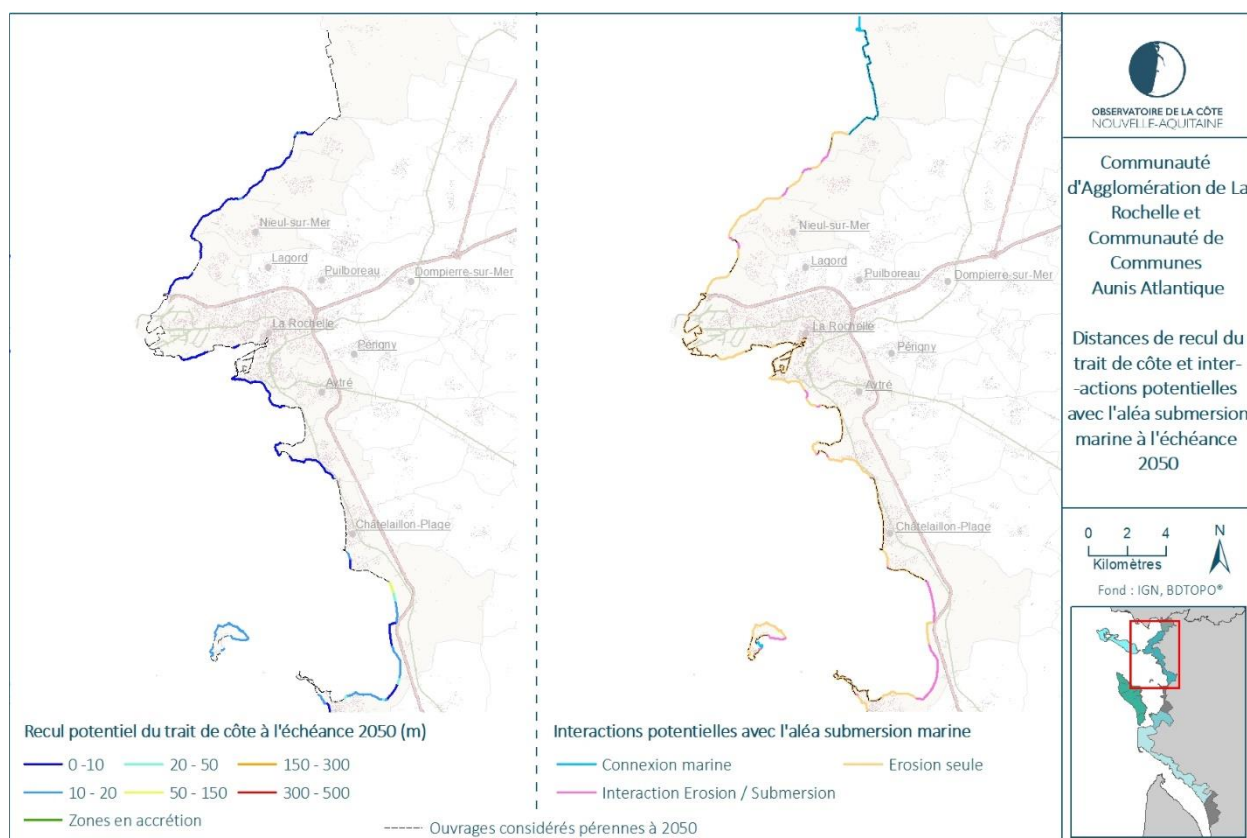
Annexe 1- Etudes sélectionnées pour la caractérisation de l'aléa "recul du trait de côte" par EPCI

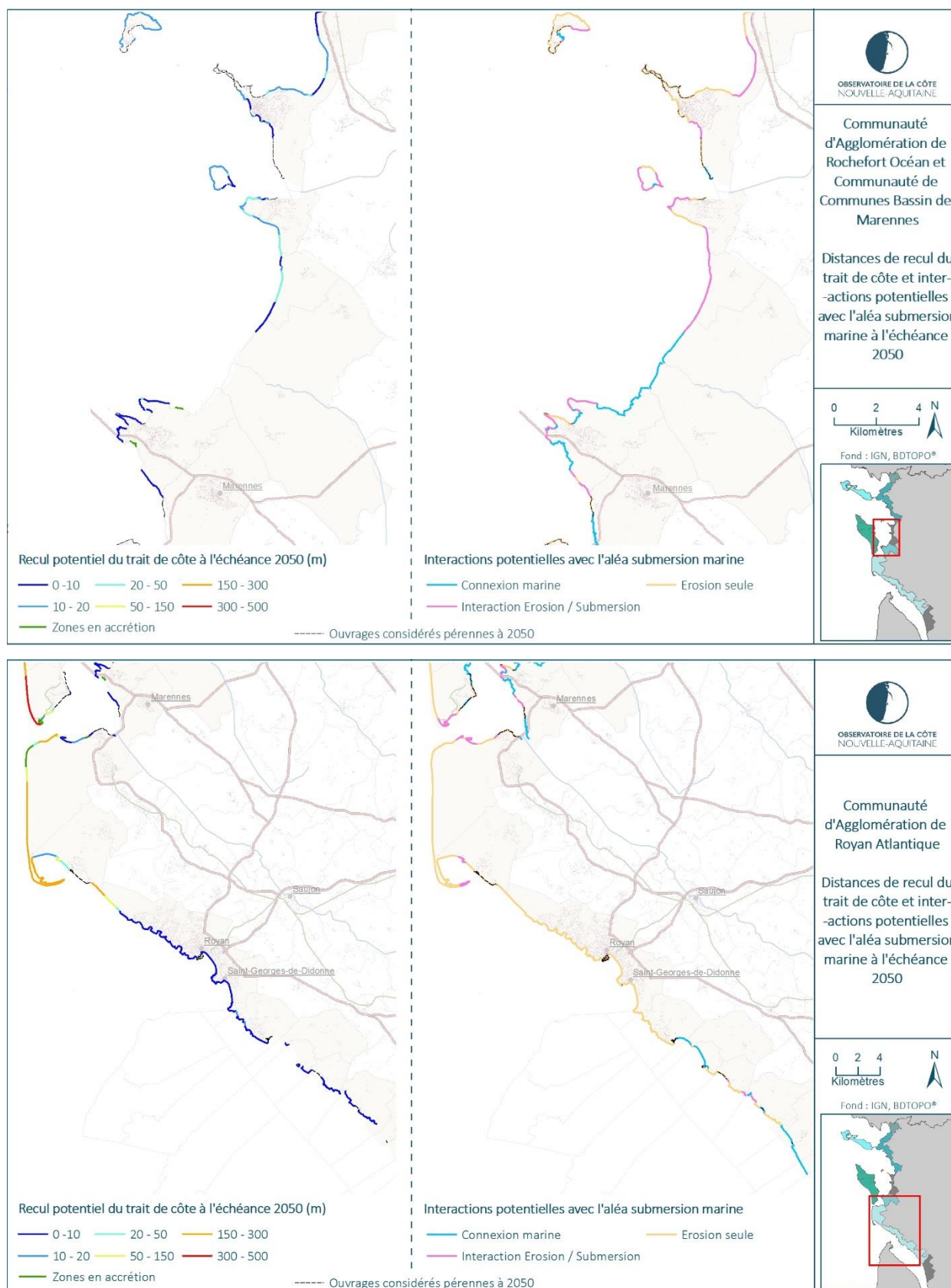


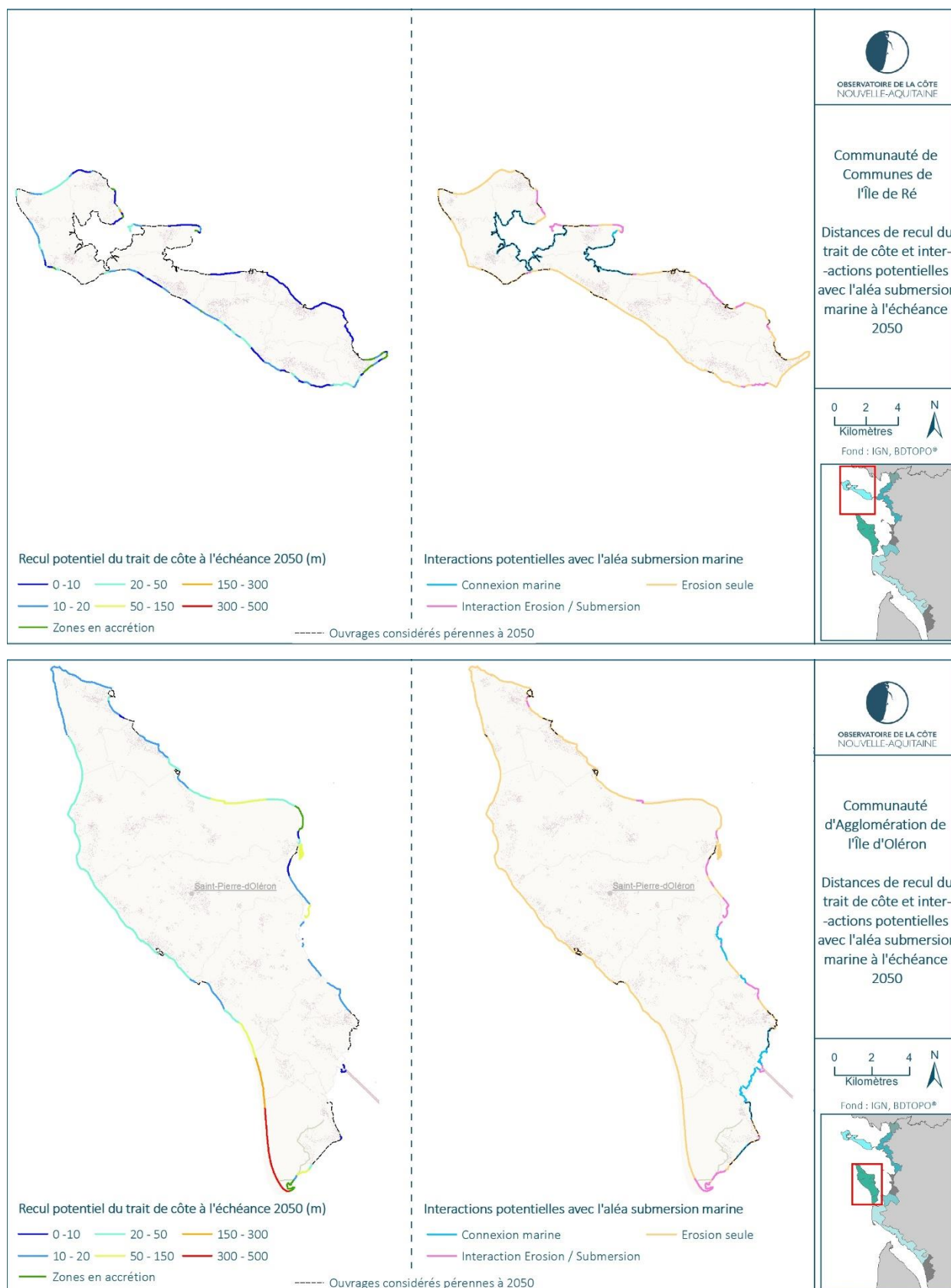




Annexe 2- Reculs du trait de côte et interactions potentielles avec l'aléa "submersion marine" à l'échéance 2050, par EPCI charentais







Annexe 3 - Compte rendu du comité scientifique n°1 du 06/06/2021



BRGM Nouvelle-Aquitaine
Parc technologique Europarc
24, avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac

tél : 05 57 26 52 70
fax : 05 57 26 52 71
www.observatoire-cote-aquitaine.fr

Réf. : CPTR_BDX-2021-12

Pessac, le 07/06/2021.

Compte-rendu de réunion	
Rédacteurs : N. Bernon	
Entité : BRGM/DAT/GO/NVAQI/BDX	
Objet : Réunion n°1 du comité scientifique restreint du projet d'actualisation du diagnostic de la sensibilité régionale à l'érosion côtière - caractérisation de l'aléa recul du trait de côte des falaises charentaises	
Date : 07/06/2021	Lieu : BRGM Pessac, visio-conférence
Participants : -Cerema : E. Védie, J. Revel, C. Respaud -GIP : C. Bernard, C. André, Q. Rouquette -BRGM : C. Mallet, T. Bulteau, C. Garnier, N. Bernon	
Excusés : -Univ. La Rochelle / LIENSs : J.M. Carozza	
Diffusion : Participants, excusés	
En cas de diffusion externe, visa et nom du responsable : Nicolas PEDRON, Directeur Régional du BRGM Nouvelle-Aquitaine 	
Pièces jointes : - Diaporama présenté en réunion	

RELEVÉ DE DÉCISIONS

1/ Contexte

Dans le cadre de l'actualisation du diagnostic régional de sensibilité à l'érosion côtière, portée par le GIP Littoral, le BRGM/Observatoire de la Côte Aquitaine (OCA) réalise le premier volet technique du projet : la caractérisation de l'aléa recul du trait de côte. La sollicitation d'un comité scientifique est inscrite dans les modalités de suivi du projet. Le rôle du comité scientifique est d'orienter la réalisation technique de la caractérisation de l'aléa.

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, le Syndicat intercommunal du bassin d'Arcachon (SIBA), le BRGM et l'ONF.

Dans ce contexte, le Cerema, le GIP Littoral en Nouvelle-Aquitaine et le BRGM/OCA se sont réunis pour discuter de deux questions relatives au recul des falaises :

1/ Statuer sur l'exploitation des résultats de l'*Etude de la sensibilité des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime* (Cerema, 2019) pour la caractérisation de l'aléa dans ce secteur ;

2/Débattre et décider, sur la base des études régionales existantes, du nombre d'évènement majeur à considérer à l'échéance 2050 pour les falaises rocheuses du département.

Le présent compte-rendu fait état des principaux éléments abordés lors de la réunion, et des décisions qui ont été prises pour chacune des deux problématiques discutées. Le support de discussion est disponible à la suite du compte-rendu.

2/Exploitation des résultats de l'*Etude de la sensibilité des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime* (Cerema, 2019)

La caractérisation de l'aléa recul du trait de côte réalisée par le BRGM/OCA est basée sur l'exploitation des données existantes, en particulier le réemploi des valeurs de taux d'évolution (T_x) et de recul lié à un évènement majeur (L_{max}) déterminées dans des études locales.

L'étude réalisée par le Cerema en 2019, portant sur une vingtaine de kilomètres de falaises rocheuses de l'estuaire de la Gironde, offre des éléments techniques utiles. En outre, une limite de référence (limite regroupant plusieurs descripteurs du trait de côte en fonction du contexte local) est déterminée, découpée en tronçons homogènes, et qualifiée en trois classes de sensibilité aux instabilités gravitaires. Les classes de sensibilité résultent d'un croisement entre les critères d'occurrence (prédisposition et dynamique) et d'intensité des instabilités potentielles ou observées.

Un choix doit être opéré sur la pertinence ou non d'utiliser les résultats de cette étude pour l'étude en cours menée par le BRGM/OCA à l'échelle départementale. L'ensemble des participants s'accordent sur la pertinence du réemploi de cette étude locale pour la caractérisation de l'aléa dans ce secteur.

Les échanges portent ensuite sur la quantification du critère d'intensité pour caractériser le recul lié à un évènement majeur L_{max} . En outre, le rapport d'étude du Cerema mentionne des seuils théoriques :

- 3- Qualification de l'intensité en 3 classes selon l'ampleur de l'érosion estimée (seuil théorique donné à titre indicatif) :**
- intensité faible (recul inférieur à 1 m et/ou volume < 1 m³)
 - intensité moyenne (recul estimé entre 1 et 3 m et/ou volume compris entre 1 et 100 m³)
 - intensité forte (recul estimé entre 3 m et 5 m et/ou volume > 100 m³)

Les options suivantes sont débattues : utiliser une valeur unique égale à 5 mètres (recul maximum observé sur ces falaises, quelques cas) selon une approche sécuritaire et tenant compte d'une part d'incertitudes, ou encore, ne considérer que deux classes. Le choix peut également dépendre de la considération d'un taux d'évolution (non défini dans l'étude du Cerema), et de la répétition ou non de l'évènement majeur L_{max} sur la période prospective (la notion de probabilité d'occurrence serait alors à considérer).

Après discussion, le choix est porté sur la quantification du critère d'intensité sur la base des seuils proposés dans le rapport d'étude du Cerema (2019) : reculs L_{max} de 1, 3 et 5 mètres, respectivement pour les classes d'intensité faible, moyenne et forte. Ce choix est justifié au regard de la volonté d'utiliser les données existantes, et d'un réemploi futur envisagé dans la stratégie locale de gestion de la bande

côtière en cours de montage par la CARA¹. Il est par ailleurs décidé d'utiliser le taux d'évolution caractérisé dans le PPRL Nord de l'estuaire de la Gironde (2018), également repris dans l'étude d'Artelia sur les falaises de Royan, estimé à 0,1 m/an.

Le Cerema explique que les ouvrages de protection n'ont pas été étudiés dans l'étude, en dehors de ceux dont l'efficacité est manifestement limitée et qui ont été effacés. La sensibilité aux instabilités des secteurs comprenant des ouvrages n'a donc pas été caractérisée. Des valeurs de L_{max} seront définies par extrapolation des secteurs adjacents (ou à défaut, au contexte géomorphologique comparable le plus proche). Il sera bien distingué les tronçons où les intensités seront reprises directement des résultats de l'étude du Cerema, de ceux où l'intensité sera estimée par expertise à partir des résultats du Cerema.

3/ Nombre d'événements majeurs L_{max} à considérer sur la période prospective

Il s'agit de déterminer le nombre de reculs liés à un événement majeur L_{max} à considérer à l'échéance 2050 pour les falaises, à l'échelle de la Charente-Maritime. D'après les études existantes menées en Nouvelle-Aquitaine, deux méthodes ont été appliquées sur différents territoires :

- Méthode « PPRL » : $L_r = n.Tx + L_{max}$ quelle que soit l'échéance temporelle
- Méthode considérant un scénario d'évolution des falaises via un coefficient multiplicateur M selon l'échéance de projection : $L_r = n.Tx + M.L_{max}$

où

L_r : distance de recul entre le trait de côte de référence et celui de l'horizon temporel considéré (m)

n : nombre d'années entre le trait de côte de référence et l'horizon temporel considéré

Tx : taux d'évolution du trait de côte (m/an)

L_{max} : recul lié à un événement majeur (m)

M : coefficient multiplicateur relatif à la répétition de L_{max}

Les discussions portent sur le niveau de connaissance variable concernant les évolutions des falaises à l'échelle du département, ainsi que sur l'opposition entre la méthode déterministe (PPRL) et la méthode « probabiliste » (via un coefficient multiplicateur). Il est constaté que la méthode consistant à établir un scénario d'évolution via un coefficient multiplicateur attaché au L_{max} a été utilisée sur des études locales et ne traitant que de falaises. Les études où la formule PPRL a été appliquée concerne des secteurs généralement plus étendus, comprenant des littoraux au contexte géomorphologique variable (côtes basses meubles, falaises rocheuses).

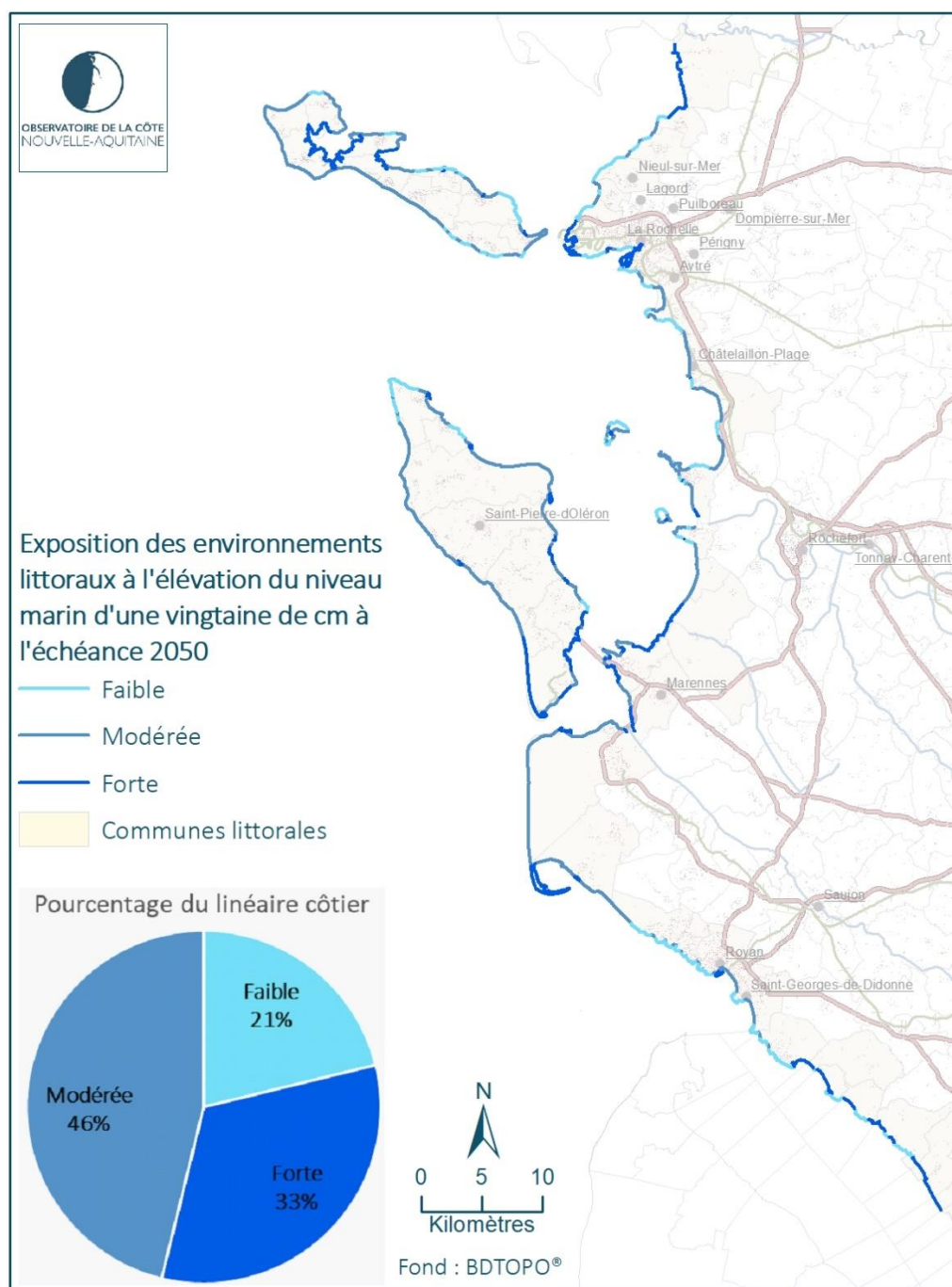
Dans un souci d'homogénéité de méthode à l'échelle départementale, l'ensemble des participants proposent d'utiliser la formule $L_r = n.Tx + L_{max}$ sur l'ensemble du littoral, quel que soit le type de côte. La valeur du L_{max} sera spatialisée selon l'intensité (recul maximum lié à un événement majeur). Le choix d'une méthode de caractérisation de l'aléa propre aux falaises pourra être rediscuté dans le cadre d'études locales étant donné le niveau de connaissance requis, non disponible à ce jour sur l'ensemble des falaises de Charente-Maritime.

A la marge de ces discussions sont évoqués les remarques et points de vigilance suivants :

¹ Communauté d'Agglomération Royan Atlantique

- Sur la reprise de l'étude du Cerema, un effort de pédagogie pourra être nécessaire pour expliquer la retranscription des valeurs de L_{max} réalisée dans le cadre de l'actualisation du diagnostic régional de sensibilité à l'érosion côtière.
- La définition du T_x sur ces secteurs de falaises peu évolutives est délicate à partir des traits de côte historiques en raison de l'incertitude qui les caractérise.
- La projection du trait de côte à échéance 2050 sera réalisée sur la base des valeurs extraites des études locales, il n'y aura pas de reprise de la cartographie à dire d'expert en dehors des zones de liaison entre les différents tronçons (*i.e.* le taux d'évolution T_x pourra être directement déduit de la cartographie de l'aléa).
- Quid du réemploi des valeurs définies dans les études des PPRL, qui n'ont pas encore été approuvés ? Vigilance par exemple sur la caractérisation de l'aléa réalisée dans l'estuaire de la Gironde (notamment concernant le L_{max} des conches, égal à 10 mètres).
- La caractérisation de l'aléa réalisée à l'échelle départementale est obtenue à partir d'une combinaison d'études locales de précisions variables (hétérogénéité des connaissances à l'échelle du département).
- Il faudra veiller à la cohérence des cartographies (trait de côte 2050 VS traits de côte PPRL à + 100 ans), et prévoir un argumentaire si des différences notables apparaissent.

Annexe 4 - Cartographie d'un indicateur d'exposition des environnements littoraux à l'élévation du niveau de la mer à l'échéance 2050



Annexe 5 - Atlas cartographique de l'aléa "recul du trait de côte" en Charente-Maritime à l'échéance 2050 au 1/5 000 (hors texte)



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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

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

BRGM Nouvelle-Aquitaine

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

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

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

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

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

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

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