



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Appui à l'élaboration des cartes d'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

Rapport final

BRGM/RP-74112-FR

Version 4 du 20 juin 2025

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

BRGM

Ce rapport a été vérifié le 15/07/2025 et approuvé le 16/07/2025 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

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

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement et prérequis

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

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

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

Ce rapport ne se substitue pas aux « Recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte » (Collectif BRGM/Cerema, 2022). La consultation des recommandations nationales représente un prérequis à la lecture de ce document, de nombreux renvois aux parties du document de recommandations national sont effectués dans ce rapport.

Les éléments de ce rapport n'ont pas de valeur prescriptive et sont destinés aux territoires de Nouvelle-Aquitaine.

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, cartographie, changement climatique, loi climat et résilience, Nouvelle-Aquitaine, côte rocheuse, côte sableuse, marais maritime

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

BRGM 2025. Appui à l'élaboration des cartes d'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine. Rapport final V4. BRGM/RP-74112-FR, 128 p.

Synthèse

La loi n°2021-1104 dite « Climat et résilience » votée le 22 août 2021 vise à lutter contre le dérèglement climatique tout en renforçant la résilience des territoires face à ses effets. Les littoraux français, qui concentrent des enjeux naturels, patrimoniaux et humains, sont notamment exposés à l'érosion côtière. Le recul du trait de côte, une des conséquences de l'érosion côtière, nécessite des politiques d'anticipation et d'adaptation des territoires, se traduisant, entre autres, par une meilleure gestion des secteurs exposés. La loi Climat et résilience introduit ainsi l'établissement d'une carte locale d'exposition au recul du trait de côte et fixe par décret les communes concernées par ces mesures d'adaptation.

Au niveau national, le BRGM et le Cerema ont rédigé, sous le pilotage du ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), un document de « Recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte » (Collectif BRGM/Cerema, 2022).

Dans ce contexte, les services de l'État ont sollicité le BRGM, pour définir et réaliser un programme scientifique et technique relatif à l'élaboration d'une étude régionale d'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans spécifique au littoral de Nouvelle-Aquitaine. Le programme de travail a été établi avec l'ensemble des partenaires ayant confirmé leur intérêt pour cette étude, sur proposition de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, qui ont été réunis au sein d'une « équipe projet » composée des services de l'État (SGAR, DREAL Nouvelle-Aquitaine, DDTMs, du Conseil Régional de Nouvelle-Aquitaine, de la CAPB, des Communautés de Communes de l'Île d'Oléron, Médoc Atlantique, et des Grands Lacs, du GIP Littoral, du BRGM et du Cerema). L'objectif de ce programme est d'apporter les éléments techniques et de méthodes communs à l'échelle régionale de Nouvelle-Aquitaine, pour la réalisation de projections locales du trait de côte à +30 ans et +100 ans.

Après l'exposition du contexte général dans lequel évolue le littoral de Nouvelle-Aquitaine, ce rapport dresse un inventaire des études traitant de la dynamique côtière aux échelles locale à régionale. Géolocalisé et joint au présent rapport sous format numérique sous la forme d'une couche d'information géographique, il offre une identification des connaissances mobilisables pour les futures cartes locales qui seront menées dans la région. Ce recensement ne se substitue pas à un inventaire précis et exhaustif à mener lors de la réalisation des études locales.

Pour les principaux environnements côtiers de Nouvelle-Aquitaine (côte sableuse, côte rocheuse et zone basse), la méthode de projection s'appuie sur les étapes détaillées dans le document national. La première étape, vise à la « *compréhension générale du fonctionnement du littoral* ». L'inventaire des études et données existantes réalisé constitue un premier niveau d'information à mobiliser pour cette étape, qu'il convient d'actualiser et de compléter. Les bases de données et services numériques régionaux et supra-régionaux susceptibles de fournir des informations utiles à la caractérisation du recul du trait de côte sont également rappelés. Cette étape est indispensable à la mise en place d'hypothèses de travail pour les scénarios d'évolution.

Conformément au document national, il est recommandé de travailler sur deux scénarios d'évolution : « *median* » et « *sécuritaire* ». Dans ce cadre, les hypothèses de travail, propres à chaque environnement côtier et chaque horizon temporel (+ 30 ans et + 100 ans), concernent principalement :

- La pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments : à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, il est notamment recommandé de s'appuyer sur différents éléments d'appréciation afin d'objectiver au maximum les hypothèses d'évolution du littoral au droit

des secteurs sous leurs influences (gestionnaire identifié, nature de l'ouvrage, rôle, cadre de gestion etc.).

- Le fonctionnement hydrosédimentaire du site d'étude : ces hypothèses s'appuient sur la connaissance du littoral et de ses éventuels changements morphologiques majeurs, passés et à venir (ex : évolution des passes du bassin d'Arcachon).
- Les taux d'évolution : le type d'environnement côtier considéré et le niveau d'informations existant peut orienter l'approche à utiliser pour caractériser les taux d'évolution (« approche courante » ou « approche experte »).
- Les reculs liés à un événement majeur estimés sur la base des observations de terrain : les tempêtes de l'hiver 2013/2014 et les reculs qu'elles ont engendrés restent la référence en Nouvelle-Aquitaine pour caractériser le recul lié à un événement majeur.
- Les reculs liés à l'impact du changement climatique en Nouvelle-Aquitaine : pour les côtes sableuses et pour les zones basses, le principal paramètre physique à considérer pour caractériser l'impact du changement climatique est l'élévation du niveau de la mer, dont l'effet se combine avec les mouvements verticaux du sol. Pour les côtes sableuses, en fonction des hypothèses de travail, la Loi de Bruun, « dans une mise en œuvre probabiliste » peut être appliquée. Pour les zones basses, il est proposé de s'appuyer sur les projections de l'élévation du niveau de la mer, en identifiant les zones basses exposées à l'envahissement par la mer. Enfin, pour les environnements rocheux, les paramètres physiques continentaux et marins sont responsables de leurs évolutions, il est alors suggéré de procéder à une analyse au cas par cas.

La caractérisation des incertitudes s'appuie sur les recommandations nationales détaillées dans la fiche 2.7 du document national (« *Cas 1 : évaluation des intervalles d'incertitude, Cas 2 : approche probabiliste, cas 3 : approche extra-probabiliste* »). Dans le cadre de ce document régional, un complément technique sur les étapes du traitement des incertitudes est proposé en annexe.

Enfin, certains éléments de méthode proposés dans le présent rapport ont été appliqués sur le littoral du Porge, situé en Gironde. Cet exemple illustre un traitement possible des différentes étapes conduisant à la réalisation des projections du trait de côte aux échéances + 30 ans et + 100 ans, selon deux scénarios « médian » et « sécuritaire ».

Les recommandations émises dans ce document n'ont pas de valeur prescriptive, elles sont spécifiques à la Nouvelle-Aquitaine et sont adaptées aux territoires et leurs singularités, si nécessaire. Les élus sont responsables de la cartographie finale à intégrer aux documents d'urbanisme, élaborée à partir de l'appui scientifique et technique des bureaux d'étude qui en ont la charge. Les éléments méthodologiques de cette étude doivent permettre d'accompagner les collectivités et les bureaux d'étude au cours des différentes étapes conduisant à l'élaboration des cartes d'exposition au recul du trait de côte, aux échéances + 30 ans et + 100 ans.

Sommaire

1. Introduction	11
1.1. Contexte.....	11
1.2. Cadre de l'étude et emprise du secteur	12
1.3. Objet et contenu du rapport.....	13
2. Etat des connaissances.....	15
2.1. Contexte général.....	15
2.1.1. <i>Contexte géologique et géomorphologique</i>	15
2.1.2. <i>Contexte hydrodynamique régional</i>	19
2.2. Morphologie du littoral néo-aquitain.....	22
2.2.1. <i>Côte sableuse</i>	22
2.2.2. <i>Côte rocheuse</i>	25
2.2.3. <i>Zone basse</i>	27
2.3. Etudes existantes sur la projection de la position du trait de côte	28
2.3.1. <i>Définition du trait de côte</i>	28
2.3.2. <i>Inventaire des études et données disponibles</i>	29
3. Identification et prise en compte des ouvrages et actions de gestion des sédiments	37
3.1. Ouvrages	37
3.1.1. <i>Données disponibles</i>	37
3.1.2. <i>Prise en compte de la pérennité des ouvrages à +30 ans et +100 ans</i>	38
3.2. Actions de gestion des sédiments littoraux sableux.....	40
3.2.1. <i>Données disponibles</i>	40
3.2.2. <i>Prise en compte de la pérennité des actions de gestion de sédiments à +30 ans et +100 ans</i>	41
4. Exposition au recul du trait de côte.....	45
4.1. Traits de côte historiques et trait de côte de référence	46
4.2. Paramètres d'évolution du trait de côte	48
4.2.1. <i>Cellules hydrosédimentaires</i>	49
4.2.2. <i>Processus dominants sur les côtes de Nouvelle-Aquitaine : notion de linéarité</i> ...	51
4.2.3. <i>Taux moyen de recul annuel (Tx)</i>	52
4.2.4. <i>Recul lié à un évènement majeur (Lmax)</i>	55
4.3. Lien entre aléa "recul du trait de côte" et aléa "submersion marine"	57
5. Evaluation des conséquences du changement climatique	59
5.1. Elévation du niveau de la mer	60
5.1.1. <i>Rappels des recommandations nationales</i>	60
5.1.2. <i>Elévation du niveau de la mer et des mouvements verticaux du sol en Nouvelle-Aquitaine</i>	61
5.2. Modèles d'impacts existants pour la Nouvelle-Aquitaine	62
6. Analyse des incertitudes.....	65
7. Principes de cartographie d'exposition au recul du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans	67
7.1.1. <i>Côte sableuse</i>	68
7.1.2. <i>Côte rocheuse</i>	69
7.1.3. <i>Zones basses</i>	71
8. Représentation cartographique	73
9. Application à un cas concret : le site du Porge	75

9.1.	Contexte général du site d'étude	75
9.1.1.	Contexte géographique	75
9.1.2.	Contexte géomorphologique	77
9.1.3.	Traits de côte historiques et de référence	79
9.2.	Caractérisation du recul du trait de côte	80
9.2.1.	Pérennité des ouvrages et actions de gestion des sédiments	80
9.2.2.	Évolution du littoral et caractérisation du recul moyen annuel (Tx)	80
9.2.3.	Caractérisation du recul événementiel (Lmax)	84
9.2.4.	Caractérisation du recul lié au changement climatique	85
9.2.5.	Caractérisation des incertitudes	87
9.3.	Projection et cartographie	89
10.	Conclusion	91
11.	Bibliographie.....	93

Liste des figures

Figure 1 - Présentation du secteur d'étude (en bleu le périmètre des EPCI)	12
Figure 2 - Carte géologique simplifiée au 1/1 000 000 de la Nouvelle-Aquitaine (©BRGM)	16
Figure 3 - Cartographies des différents environnements littoraux au droit du trait de côte de Nouvelle-Aquitaine (adaptée de Bernon et al.,2022).....	18
Figure 4 - Composantes des paramètres physiques influençant le niveau d'eau à la côte (source : BRGM)	19
Figure 5 - Climatologie de houle moyenne annuelle mesurée à la bouée du Cap Ferret (03302) (Cerema, 2023).....	21
Figure 6 - Climatologie de houle moyenne annuelle mesurée à la bouée du Cap Ferret au cours de périodes hivernales (à droite) et estivales (à gauche) (Cerema, 2023)	21
Figure 7 - Présentation d'un profil de plage caractéristique de la côte sableuse aquitaine (source : OCNA)	23
Figure 8 - Présentation des différents types de courants caractéristiques d'une plage sableuse (adaptée de Masselink et al., 2003).....	24
Figure 9 - Dynamique saisonnière d'un profil de plage (source : OCNA)	25
Figure 10 - Description des facteurs aggravants et déclenchants des mouvements de terrain sur une falaise maritime (adaptée de ©Graphies/MEDD-DPPR)	26
Figure 11 - Coupe schématique d'un marais maritime en zone tempérée (dans Paskoff, 2006, d'après Guilcher, 1979) : 1) cuvette, 2) schorre, 3) microfalaise, 4) slikke, 5) chenal de marée, 6) haute slikke. (Bernon et al., 2017).....	28
Figure 12 - Cadres de production des études relatives à l'érosion côtière en Nouvelle-Aquitaine.....	30
Figure 13 - Répartition par secteur géographique des études produites dans le cadre des SLGBC ou d'observatoires du littoral depuis les années 2000	30
Figure 14 - Communes concernées par un plan de prévention de risques littoraux à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine (source : DREAL de Nouvelle-Aquitaine le 07/12/2020).....	32
Figure 15 - Couche vectorielle qui recense d'un point de vue géographique chacune des études présentes en Nouvelle-Aquitaine	34
Figure 16 - Éléments d'appréciation dans l'analyse de la pérennité des ouvrages	39

Figure 17- Éléments d'appréciations de la pérennité des actions de gestion de sédiments	43
Figure 18 - Organisation générale pour l'élaboration des cartes locales d'exposition au recul du trait de côte (Collectif BRGM/Cerema, 2022).....	46
Figure 19 - Méthode pour la projection du trait de côte dans le cadre d'une hypothèse d'effacement d'un ouvrage : à partir d'un trait de côte de référence sans ouvrage (a) ou en joignant les extrémités du trait de côte projeté sur la partie non ouvragé (b)	48
Figure 20 - Présentation des cellules hydrosédimentaires et des sous-cellules associées, à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine	50
Figure 21 - Cartographie des littoraux linéaires et non-linéaires à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine	52
Figure 22 - 1) Valeurs du taux d'évolution moyen annuel, issue de l'analyse des études existantes sur le département de la Charente-Maritime (Bernon, 2021) et 2) et 3) valeur du Tx respectivement pour les départements de Gironde/Landes et les Pyrénées-Atlantiques, les taux sont déterminés à partir de 9 traits de côte au cours de la période 1985-2014 (Bernon et al., 2016)	54
Figure 23 - Moyenne, quantile 95% et maximum des valeurs de Hs et flux d'énergie des vagues cumulé, calculés pour chaque hiver (du 1 ^{er} octobre de l'année N au 30 avril de l'année N+1), depuis l'hiver 2008-2009, au niveau de la bouée Cap Ferret (Robinet et Bernon 2024)	56
Figure 24 - Principe de l'organisation de la méthodologie pour la cartographie de la projection du trait de côte (extrait Collectif BRGM/Cerema, 2022).....	67
Figure 25 - Schéma conceptuel d'une falaise affectée par un évènement de recul unitaire et hypothèse de propagation à différentes échéances ; la probabilité et l'intensité de recul sont considérées identiques le long d'un secteur d'évolution homogène (adapté de Lévy et al., in prep)	70
Figure 26 - Localisation de la commune du Porge.....	76
Figure 27 - (a) Localisation des enjeux de la commune du Porge potentiellement concernés par l'aléa "recul du trait de côte" aux horizons +30 ans et +100 ans ; (b) installations et commerces du Porge-Océan ; (c) Domaine résidentiel La Jenny	77
Figure 28 - Positionnement du linéaire côtier du Porge vis-à-vis des cellules (à gauche) et sous-cellules hydrosédimentaires (à droite) de Nouvelle-Aquitaine	78
Figure 29 - Cartographie des taux d'évolution du trait de côte calculés par la méthode LRR (Linear Regression Rate) avec DSAS (Digital Shoreline Analysis System tous les 100 m au cours de 3 fenêtres temporelles : 1950 à 2023 (à gauche), 1950 à 2014 (au centre) et 2014 à 2023 (à droite)).....	82
Figure 30 - Déplacement vers l'ouest (accrétion) de la position du trait de côte entre 2014 et 2023, observé dans le secteur du Porge.....	83
Figure 31 - Mouvements verticaux du sol issus du Service Copernicus EGMS ; les points de la bande côtière sur lesquels l'analyse s'appuie se trouvent dans le polygone blanc de l'extrait cartographique.....	85
Figure 32 - Elévation du niveau de la mer, pour les scénarios climatiques : SSP5-8.5 (centile 83), SSP2-4.5 (médiane) et SSP2-4.5 (centile 17). Les valeurs d'élévation du niveau de la mer sont issues de la station de Port Bloc pour la période de référence 1995-2014. Elles ont été corrigées à partir de l'élévation du niveau marin moyen observé au marégraphe de Port Bloc sur la période historique et elles prennent en compte les mouvements verticaux du sol. Les losanges bleus et rouges correspondent aux valeurs retenues aux horizons 2055 et 2125, respectivement pour les scénarios SSP2-4.5 (médiane) et SSP5-8.5 (centile 83).	86
Figure 33 - Représentation de la projection du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans pour les scénarios « médian » et « sécuritaire » sur le littoral du Porge	90
Figure 34 - Processus à l'origine des variations du niveau marin (Cazenave et le Cozannet, 2014).....	111

Figure 35 - Mouvements verticaux du sol mesurés à partir des données du service Copernicus EGMS. Les points de la bande côtière sur lesquels l'analyse s'appuie se trouvent dans le polygone blanc de l'extrait cartographique	113
Figure 36 - Etats de mer moyens simulés actuels (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et 8.5 ; les zones hachurées indiquent les régions où les évolutions projetées sont robustes. La robustesse est évaluée par le niveau de consensus des modèles autour de 1/la significativité du changement dans les évolutions projetées des états de mer, et 2/ le signe du changement (source : extrait de Morim et al., 2019)	114
Figure 37 - 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))	115
Figure 38 - Evénements de fortes houles simulés pour la période actuelle (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 (extrait de Morim et al., 2021)	116
Figure 39 - 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)	116
Figure 40 - (a) Distribution non uniforme de l'élévation du niveau marin moyen (en m) pour le scénario intermédiaire pour la période 2081 - 2100 (IPCC, 2013) ; variation absolue (b) et relative (c) du niveau de marée haute, induit par ce même scénario	117
Figure 41 - Températures moyennes (degrés Celsius, en haut) et précipitations moyennes (mm, en bas) de la France métropolitaine : valeurs moyennes annuelles pour la période de référence 1976-2005 (à gauche) et écarts à cette valeur à l'horizon temporel moyen (2050) pour les scénarios de réchauffement en France métropolitaine de +2,7°C (au milieu) et de +4°C (à droite) - produits « multi-modèles » de DRIAS-2020, médianes de l'ensemble (source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)	118
Figure 42 - Intensité des précipitations extrêmes (moyenne pour la période autour des horizons temporels, valeurs médianes) (en haut) ; nombre de jours avec un sol sec (SWI < 0,4) : valeur de référence et écart à cette valeur par horizon (en bas) (source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)	119
Figure 43 - Projections de l'évolution de la moyenne annuelle du débit journalier (au milieu) et des crues de période de retour 10 ans (en bas), pour La Nive à Cambo-les-Bains (source : drias-eau.fr/accompagnement/carteFicheResultatsExplore2/)	120
Figure 44 - Évolution des niveaux piézométriques moyens annuels agrégés spatialement sans prélèvements pour la période de référence (noir) et les 3 scénarios RCP du GIEC. L'évolution est donnée en anomalie par rapport à la moyenne sur la période de référence 1976-2005. Les enveloppes correspondent au minimum et au maximum de l'ensemble. Les courbes en traits pleins représentent la médiane de l'ensemble. Traits pleins : médiane de l'ensemble, traits pointillés : médiane de l'ensemble avec application d'une moyenne mobile de fenêtre fixée à 30 ans (ensemble Explore2-2024, ADAMONT). En haut : aquifère du plio-quaternaire. En bas : aquifère de l'Oligocène. Extrait de Vergnes et al., 2024.	121

Liste des tableaux

Tableau 1 - Valeurs des Lmax recensées dans la littérature	56
Tableau 2 - Projections en mètres des valeurs d'élévation du niveau marin au droit de La Rochelle-La Pallice, Port-Bloc (Le Verdon-sur-Mer), Boucau (Bayonne) et Socca (Saint-Jean-de-Luz), selon les trajectoires SSP2-4.5 et SSP5-8.5, par rapport à la période de référence 1995-2014 (Fox-Kemper et al., 2021; Garner et al., (in prep), Garner et al., 2021), d'après https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool . À noter que les valeurs affichées	

dans le tableau correspondant à l'élévation du niveau marin sans prise en compte des mouvements verticaux du sol	61
Tableau 3 - Caractéristiques des traits de côte historiques utilisés pour le calcul des taux d'évolution dans le secteur du Porge	79
Tableau 4 - Valeurs des Tx en mètres pour les horizons +30 ans et +100 ans, pour le scénario sécuritaire les valeurs retenues sont celles de la colonne centile 83 et pour le scénario médian les valeurs sont celles de la colonne médiane. A noter que pour la zone sud, les valeurs traduisent une avancée de la position du trait de côte, dans ce cas il a été retenu un Tx nul.....	84
Tableau 5 - Projections d'évolution du trait de côte pour le site d'étude selon les projections d'élévation du niveau marin de Fox-Kemper et al., 2021 ; Garner et al., (in prep), Garner et al., 2021, intégrant les mouvements du sol, et résultat des projections aux horizons 2055 et 2125 pour les scénarios de changement climatiques (SSP2-4.5 - 17%, SSP2-4.5 - 50% et SSP5-8.5 - 83%)	87
Tableau 6 - Valeurs du recul lié au changement climatique calculées à partir de la loi de Bruun pour les scénarios « médian » et « sécuritaire » pour les deux échéances de temps.	87
Tableau 7 - Synthèse du traitement des incertitudes au cours de la chaîne de traitement	88
Tableau 8 - Bornes minimales et maximales du recul du trait de côte depuis le trait de côte de référence de 2023, pour les 3 zones du secteur d'étude	89
Tableau 9 - Synthèse des paramètres retenus pour les scénarios « médian » et « sécuritaire », utilisé pour la projection	89
Tableau 10 - Distance entre le trait de côte de référence de 2023 et les traits de côte projetés pour les deux scénarios « médian » et « sécuritaire », pour les 3 zones du secteur d'étude et pour les deux horizons temporels	89
Tableau 11 - Vitesses moyennes des mouvements verticaux du sol, extraites des stations GNSS, réparties sur le territoire de Nouvelle-Aquitaine (https://egms.land.copernicus.eu/).....	112
Tableau 11 - Exemples de classification des incertitudes basés sur l'évaluation du recul du trait de côte dans les environnements sableux	124
Tableau 12 - Exemple d'une analyse des incertitudes pour l'étape d'estimation du taux de recul annuel (noté Tx)	125
Tableau 13 - Approche de propagation selon les résultats de l'étape 2	126

Liste des annexes

Annexe 1	Questionnaire auprès des EPCI	99
Annexe 2	Recueil de données existantes sur l'aléa recul du trait de côte à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine	103
Annexe 3	Recensement des traits de côte de référence et traits de côte historiques utilisés pour des études de projection en Nouvelle-Aquitaine	107
Annexe 4	Impact du changement climatique sur les environnements littoraux de Nouvelle-Aquitaine (Bernon <i>et al.</i> , 2024, modifié).....	111
Annexe 5	Élément d'approfondissement pour le traitement des incertitudes.....	123
Annexe 6	Détermination des taux de recul annuel moyen (Tx) sur le cas test de la commune du Porge	127

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

La loi n°2021-1104 dite « Climat et résilience » votée le 22 août 2021 vise à lutter contre le dérèglement climatique tout en renforçant la résilience des territoires face à ses effets. Les littoraux français, qui concentrent des enjeux naturels, patrimoniaux et humains, sont particulièrement exposés aux aléas, notamment l'érosion côtière. Le recul du trait de côte, une des conséquences de l'érosion côtière, nécessite des politiques d'anticipation et d'adaptation des territoires exposés, pouvant s'appuyer sur l'établissement des cartes locales d'exposition au recul du trait de côte.

Pour la mise en place de ces cartographies, la loi Climat et résilience dote les collectivités de nouveaux pouvoirs et fixe à travers un décret, la « liste des communes dont l'action en matière d'urbanisme et la politique d'aménagement doivent être adaptées au recul du trait de côte ». Après délibérations des conseils municipaux concernés, la dernière mise à jour du décret¹, en date du 10 juin 2024, compte désormais 45 communes de la région Nouvelle-Aquitaine.

Au niveau national, le BRGM et le Cerema ont rédigé, sous le pilotage du ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), un document de « Recommandations pour l'élaboration de la carte locale d'exposition au recul du trait de côte » (Collectif BRGM/Cerema, 2022). Les recommandations de ce document s'inspirent de l'expérience acquise lors de l'élaboration des PPRL, intégrant des dispositions relatives au recul du trait de côte mis en œuvre par les services déconcentrés de l'État à partir du Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux (DGPR, 2014) et des études de connaissance de l'évolution du trait de côte. Elles intègrent des éléments sur la prise en compte du rôle du dérèglement climatique (et plus particulièrement l'élévation du niveau de la mer) sur le phénomène de recul du trait de côte dans l'état des connaissances scientifiques actuelles.

Dans ce contexte, les services de l'État ont sollicité le BRGM, pour définir et réaliser un programme scientifique et technique relatif à l'élaboration d'une étude régionale d'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans spécifique au littoral de Nouvelle-Aquitaine. Le programme de travail a été établi avec l'ensemble des partenaires ayant confirmé leur intérêt pour cette étude, sur proposition de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, qui ont été réunis au sein d'une « équipe projet » composée des services de l'État (SGAR, DREAL Nouvelle-Aquitaine, DDTMs, du Conseil Régional de Nouvelle-Aquitaine, de la Communauté d'Agglomération du Pays basque, des Communautés de Communes de l'Île d'Oléron, Médoc Atlantique, et des Grands Lacs, du GIP Littoral, du BRGM et du Cerema).

L'objectif de ce programme est d'apporter les éléments techniques et de méthodes communs à l'échelle régionale de Nouvelle-Aquitaine, pour la réalisation de projections locales du trait de côte à +30 ans et +100 ans.

¹ <https://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/communes-du-littoral-listees-par-decret-a1615.html>

1.2. CADRE DE L'ETUDE ET EMPRISE DU SECTEUR

Cette étude a été financée par la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et le BRGM. Elle s'inscrit dans le cadre d'une convention de recherche et de développement partagée d'appui aux politiques publiques.

Le secteur de l'étude couvre le linéaire côtier de la région Nouvelle-Aquitaine, qui s'étend de l'embouchure de la Sèvre Niortaise (au nord de la Charente-Maritime) jusqu'à la frontière espagnole au Pays basque, soit un linéaire de 839 km. En accord avec l'équipe projet, les façades intra-bassin (ex : Bassin d'Arcachon) ou estuariennes ne sont pas traitées dans cette étude, en raison du manque de données disponibles et du plus faible niveau d'exposition à l'aléa recul du trait de côte en comparaison à celui des façades plus ouvertes sur l'Océan Atlantique.

Pour les besoins de l'étude, les consultations et investigations ont été réalisées aux échelles supra-communales. Au total, 17 établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) sont concernés par ce document régional de recommandations (Figure 1).

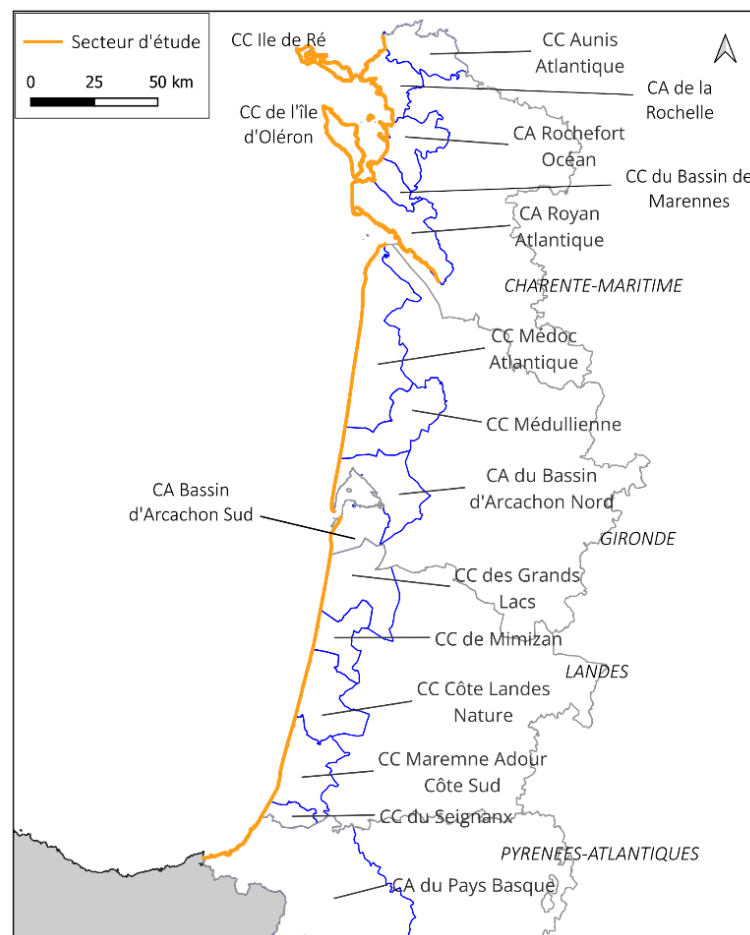


Figure 1 - Présentation du secteur d'étude (en bleu le périmètre des EPCI)

1.3. OBJET ET CONTENU DU RAPPORT

L'objectif de ce projet est de proposer le socle de connaissances et de données mobilisables, et des exemples de méthodes exploitables à l'échelle régionale de Nouvelle-Aquitaine, pour appuyer les collectivités et les bureaux d'étude dans la réalisation des cartographies locales d'exposition du littoral au recul du trait de côte, aux horizons +30 ans et +100 ans.

Ce document régional vient en complément du document national de recommandations, sans s'y substituer. Il propose une synthèse de connaissances et des méthodes pour appuyer une déclinaison cohérente à l'échelle régionale de Nouvelle-Aquitaine, au travers des étapes d'élaboration des cartes locales. **Les éléments de méthode qui y sont proposés n'ont pas de valeur prescriptive. Chaque collectivité ou bureau d'étude est libre d'appliquer les méthodes de son choix, notamment si elles sont jugées davantage en adéquation avec les spécificités de son territoire.** Les élus sont responsables de la cartographie finale, élaborée à partir de l'appui scientifique et technique des bureaux d'étude qui en ont la charge.

Ce document s'articule en 9 parties, visant à : 1) synthétiser l'état des connaissances existants à la date de rédaction du présent rapport à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine ; et 2) présenter des éléments méthodologiques sur la pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments, l'exposition au recul du trait de côte, le recul lié au changement climatique et la prise en compte des incertitudes. Dans la dernière partie, la méthode est appliquée à un cas concret, celui du littoral du Porge.

2. Etat des connaissances

2.1. CONTEXTE GENERAL

2.1.1. Contexte géologique et géomorphologique

Le bassin sédimentaire aquitain correspond à une vaste dépression, située au sud-ouest de la France, et constitue en grande majorité le sous-sol de la région Nouvelle-Aquitaine. Largement ouvert à l'ouest vers l'océan Atlantique, ses bordures terrestres sont constituées par le Massif armoricain au nord, la chaîne des Pyrénées au sud, le Massif Central et la Montagne Noire à l'est. La disposition des formations sédimentaires résulte du comblement progressif du bassin sur le socle continental depuis plus de 250 millions d'années à la suite des différentes transgressions et régressions marines (Husson E., 2015). Ces formations se sont déposées de façon chronologique avec les plus anciennes en périphérie et en profondeur (Charente-Maritime et Pays basque), jusqu'aux plus récentes dans les Landes.

Au nord de la région, les terrains du Jurassique (en bleu sur la Figure 2) constituent les sous-sols de l'Aunis et de l'agglomération de La Rochelle. Ces formations sont caractérisées par des calcaires à faciès récifal et corallien, qui structurent les pointes et les caps des rivages de La Rochelle, de l'île de Ré et d'Oléron. Localement affaîssés, les calcaires constituent des plateaux subhorizontaux, qui supportent des marais maritimes.

Au sud de la Rochelle et au nord de l'embouchure de la Gironde, les terrains d'âges crétacés affleurent (en vert sur la Figure 2). Ce littoral se décompose en succession de plages sableuses entrecoupées de falaises rocheuses. Ces falaises ont une hauteur moyenne d'une vingtaine de mètres en bords de l'estuaire, pour atteindre 32 m au plus haut à la plage des Nonnes, à Meschers-sur-Gironde. Elles s'inscrivent principalement dans des couches de craie du Crétacé supérieur (entre -83 et -66 millions d'années).

Sur la rive gauche de la Gironde, de la communauté de communes Médoc Atlantique jusqu'à la communauté de communes du Seignaux, les sédiments détritiques terrigènes venant du Massif central et des Pyrénées se sont déposés dans le bassin sédimentaire, formant une plaine deltaïque à géométrie variable selon les fluctuations marines et les mouvements verticaux du sol.

Lors du dernier maximum glaciaire (~18 000 ans), avec la remontée du niveau marin, le domaine landais a été soumis à un ruissellement intense puis à une invasion quasi-générale par des masses de sable soufflées par les vents vers l'intérieur du pays. À cette époque, le Sable des Landes se met en place pendant que s'installent de petites dunes de type parabolique (BRGM, 1986). Les Sables des Landes constituent la majorité de la plaine côtière et sont caractérisés par deux dépôts : les premiers en profondeur sont des sables blanchâtres d'origine fluviale, et les seconds de la partie supérieure sont des sables jaunes éoliens.

En cours de l'Holocène (~11 000 ans), le niveau de la mer a continué de monter, d'abord très rapidement puis de manière plus progressive, avec de nombreuses fluctuations. Les vents d'ouest et nord-ouest ont continué à modeler les paysages : de nouveaux ensembles de dunes paraboliques puis barkhanoïdes se sont installés sur la bordure atlantique, bloquant l'écoulement de la nappe d'eau superficielle et créant un ensemble de grands lacs bordés de marais où se sont développés des tourbières (Hourtin-Carcans, Lacanau, Cazaux-Sanguinet, Biscarrosse-Parentis, Aureilhan, Soustons, etc.) (SIAGES²).

² <https://sigesaqi.brgm.fr/Generalites-et-geodynamique.html>

La remontée progressive de la mer jusqu'à un niveau proche du niveau actuel a engendré le colmatage du lit inférieur des fleuves par des vases, des débris végétaux et des sables. Les cours d'eau se sont anastomosés progressivement, créant de vastes marais le long des méandres des fleuves. Les sables de la bordure atlantique ont continué leur avancée à travers le pays, engendrant l'ensablement des zones d'estuaire. La dérive littorale a réparti les sables le long du littoral, formant la presqu'île du Cap-Ferret et créant ainsi la lagune du bassin d'Arcachon. La façade Atlantique acquiert peu à peu sa physionomie actuelle.

Plus au sud, au niveau de la côte basque, de nouveau à la périphérie du bassin sédimentaire, des roches allant du Trias à l'Oligocène affleurent. L'orogénèse de ces formations diffère de celle de Charente-Maritime, du fait de la formation de la chaîne pyrénéenne et de l'ouverture du bassin oligocène de Biarritz. La géologie de la côte basque présente une grande diversité tant structurale que sur la nature des roches (Genna *et al.*, 2004). La majeure partie des terrains exposés sur la côte est d'âge crétacé (en vert sur la Figure 2). Le flysch campanien (crétacé supérieur) représente la plus grande partie des affleurements. Il est composé d'alternances de calcaires et de marnes avec des passages conglomératiques. Le flysch, roche caractéristique de la région, est une formation sédimentaire marine de nature détritique, de type turbidite, généralement épaisse. Les flyschs pyrénéens se sont formés en eau relativement profonde par succession d'avalanches sous-marines dans un fossé marin en cours d'ouverture entre l'Aquitaine et la péninsule ibérique, préfigurant le golfe de Gascogne.

Les roches saines en profondeur, sont altérées en surface, au contact des eaux météoriques. Cette formation est appelée « altérites ». Ces altérations modifient notablement le comportement mécanique des roches qui sont plus aisément sujettes à des phénomènes d'instabilité.

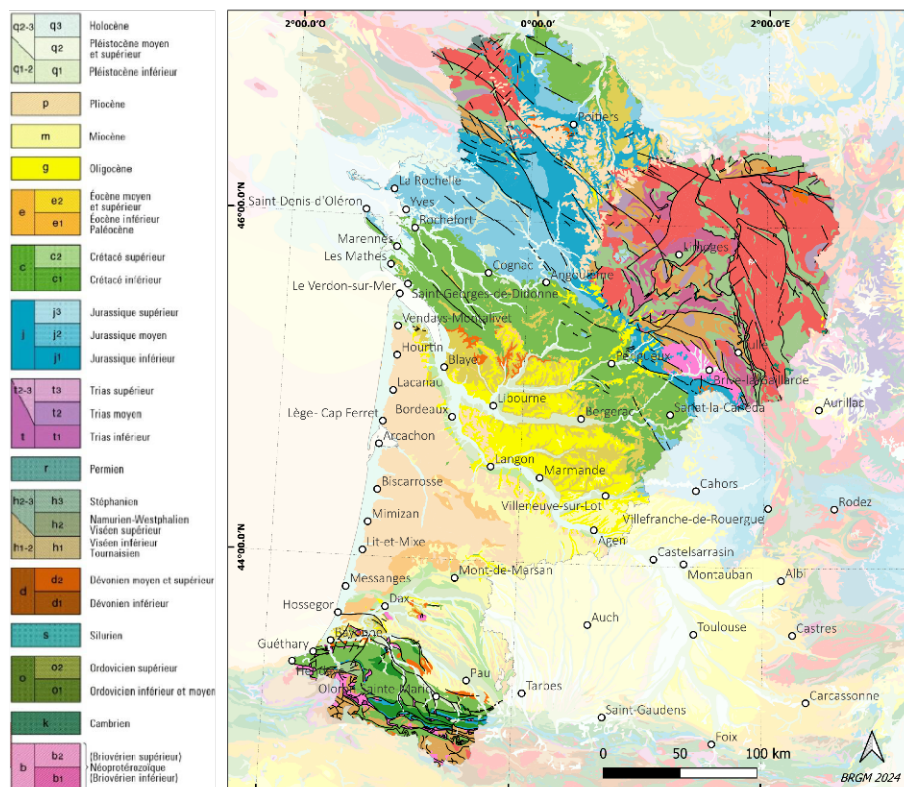
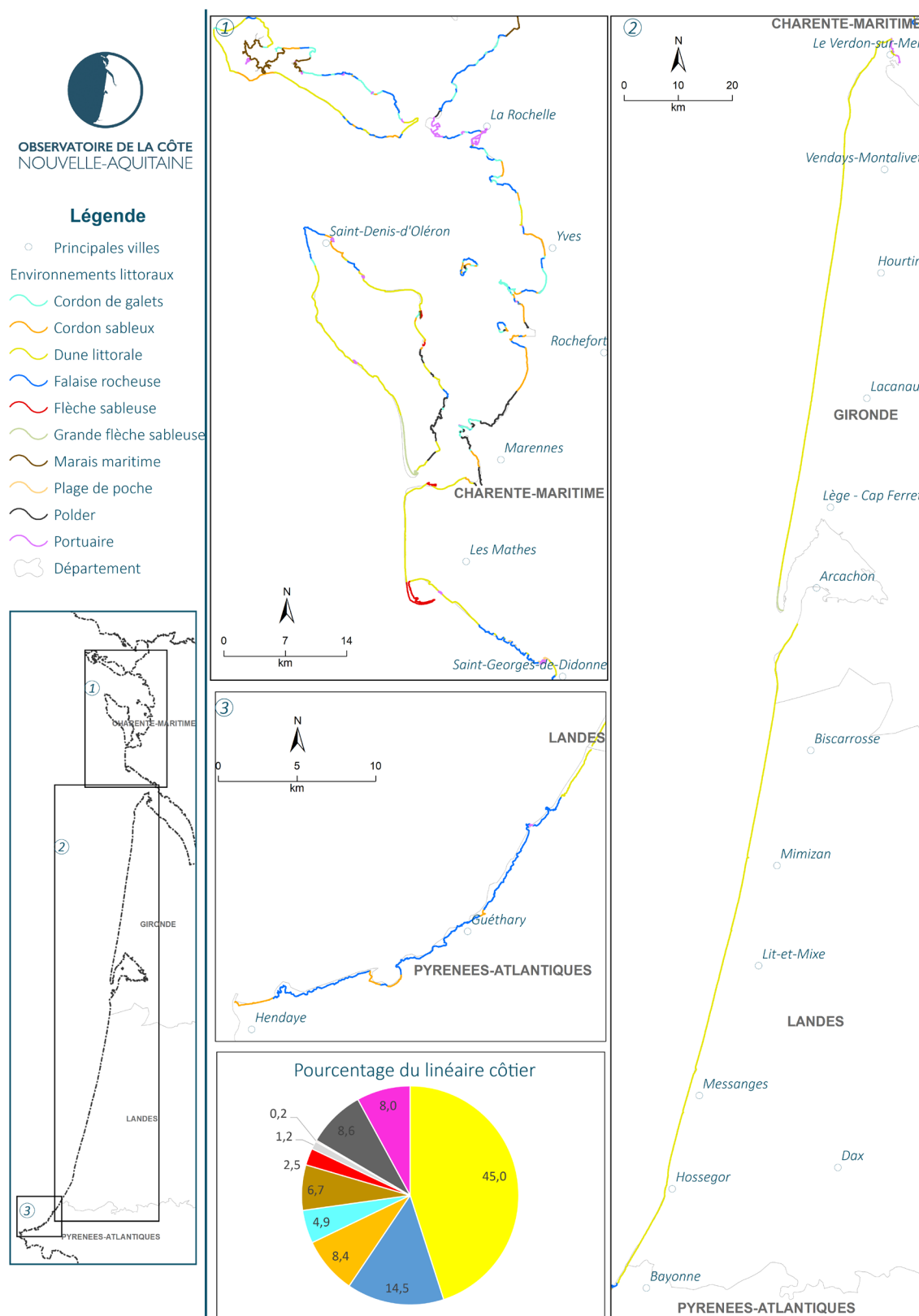


Figure 2 - Carte géologique simplifiée au 1/1 000 000 de la Nouvelle-Aquitaine (©BRGM)

La diversité du littoral néo-aquitain, s'inscrit donc dans la richesse géologique qui la compose. La typologie des côtes est directement liée à la nature des terrains. Ainsi l'étude de Bernon *et al.* (2022) découpe l'ensemble du linéaire côtier de Nouvelle-Aquitaine en 9 environnements littoraux (Figure 3) :

- **Plage de poche** : plage sableuse ou sablo-vaseuse présente en fond de baie, elle est délimitée par deux promontoires rocheux. Son fonctionnement hydrosédimentaire peut souvent être considéré comme limité à l'échelle de la plage ;
- **Cordon de galets** : mis en place sous l'action des vagues, au fond des anciens golfes, au fur et à mesure de la remontée du niveau marin, il forme généralement un bourrelet topographique d'une épaisseur et d'une largeur limitée à quelques mètres. Il est également possible de trouver des accumulations de galets au pied de falaises rocheuses ;
- **Cordon sableux** : long de quelques dizaines de mètres, de même que pour le cordon de galets, les cordons sableux se sont formés lors de la remontée du niveau marin. Déplacé sous l'action des vagues, le sable peut également être repris par le vent et emporté vers les terres ;
- **Dune littorale** : formée sous l'action du vent, elle traduit une dynamique d'évolution plus active que les cordons sableux. Large de plusieurs dizaines à centaines de mètres et longue d'environ plusieurs centaines de kilomètres, elle forme le cordon dunaire de la façade océanique depuis le sud-ouest de l'île d'Oléron jusqu'à la côte basque ;
- **Marais maritime** : zone basse très faiblement inclinée il est constitué de vase et de sable qui s'organisent sous la forme de slikke et de schorre. Il se forme dans les zones abritées de l'énergie de la houle. Les marais maritimes sont très répandus en Charente-Maritime ;
- **Flèche sableuse** : elle se forme sous l'action d'un transport sédimentaire et résulte d'une dérive littorale et d'un fort apport en matériaux en amont de la dérive. La faible profondeur autorise l'atterrissement des matériaux transportés ;
- **Grande flèche sableuse** : les grandes flèches se distinguent de la précédente par leurs dimensions de plusieurs centaines de mètres et par leur temps de formation qui s'étend sur plusieurs centaines d'années voire milliers d'années (ex : flèche du Cap Ferret, pointe du Gatseau sur l'île d'Oléron, etc.) ;
- **Falaise rocheuse** : formée de roches indurées, en forte pente (comprise entre 15° et le surplomb), de hauteur très variable, elle est au contact de la mer et de la terre. Les falaises se distinguent par leur morphologie, leur vitesse d'évolution ou encore la structure qui les compose ;
- **Polder et Port** : espaces anthropiques, les polders résultent d'un assèchement de marais littoraux ou de zones basses gagnées sur la mer afin d'étendre la surface exploitable. En Nouvelle-Aquitaine, on peut retrouver ce type d'environnement en Charente-Maritime notamment au niveau du Fiers d'Ars sur l'île de Ré. Les ports consistent en la création d'un espace maritime abrité de la houle pour notamment permettre l'amarrage de bateaux. De grands épis et quais en béton et/ou enrochements sont ainsi érigés sur les fonds océaniques pour la construction des ports.



2.1.2. Contexte hydrodynamique régional

Quel que soit l'environnement littoral considéré, l'évolution du trait de côte est le résultat de plusieurs facteurs combinés, d'origine terrestre (géomorphologie, lithologie, vent) ou maritime (houles, marée, surcotes) (Bulteau et al., 2014). Des actions anthropiques sont également susceptibles d'influencer la dynamique du littoral (ouvrages, gestion de sédiments, accompagnement des processus naturels...). Cette section présente les principaux forçages marins responsables de l'évolution côtière en Nouvelle-Aquitaine.

Le niveau d'eau

Le niveau d'eau total à la côte est la résultante d'un ensemble de contributions à la fois statiques et dynamiques illustrées sur la Figure 4. Ces composantes principales détaillées dans la suite du document sont la marée et la surcote.

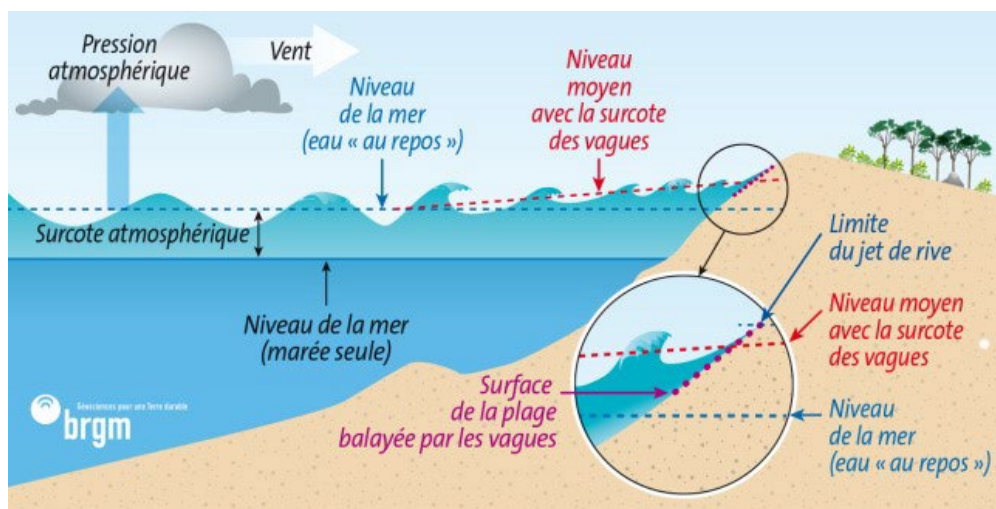


Figure 4 - Composantes des paramètres physiques influençant le niveau d'eau à la côte (source : BRGM)

En Nouvelle-Aquitaine, la marée est de type semi-diurne, de période 12h25'. Son marnage³ à la côte augmente globalement du sud vers le nord. Pour des marées de vives-eaux moyennes (coefficient de 95), il est de 3,75 m au port de Saint-Jean-de-Luz, 3,80 m à Biscarrosse, 4,20 m aux abords de la Gironde (Pointe de Grave, Port-Bloc) et de 5,10 m au port de La Rochelle-La Pallice (SHOM, 2022). A l'exception des contextes particuliers des embouchures et des zones inter-pertuis, les courants de marée à la côte sont négligeables devant ceux induits par la houle (Castelle et al., 2006) et ont un impact direct limité sur la dynamique littorale.

Une surcote marine se définit comme l'excédent du signal de niveau d'eau par rapport à la marée prédite (Bulteau et al., 2014). Cette différence entre le niveau réel observé et le niveau prédit est principalement d'origine météorologique. Elle s'explique par la pression atmosphérique (effet du baromètre inverse), l'accumulation d'eau près des côtes par le vent et par le déferlement des vagues (wave setup) lorsque l'on est très proche de la côte. Par exemple, de fortes surcotes sont observées lors des tempêtes.

L'effet des surcotes marines sur la morphologie côtière est indirecte. Par l'augmentation du niveau d'eau, elles favorisent l'action érosive des vagues qui, d'une part peuvent déferler plus

³ Différence de hauteur entre une basse mer et une pleine mer successive

haut sur la plage et conserver ainsi plus longtemps leur énergie, et d'autre part peuvent atteindre plus facilement le pied de dune. En revanche, les surcotes marines ont un effet direct sur les submersions marines en surélevant le niveau d'eau de plusieurs dizaines de centimètres. Elles peuvent avoir des effets particulièrement délétères, notamment lorsqu'elles interviennent en phase avec le pic de marée haute. Au cours de la tempête Xynthia (2010), les surcotes maximales mesurées lors de la pleine mer ont été de 1,50 m au port de La Pallice (La Rochelle), 1,05 m au Verdon et 0,75 m à Arcachon (Bertin *et al.*, 2012).

Les variations du niveau d'eau modulent la durée d'action des processus hydrodynamiques à la côte, favorisant les phénomènes d'érosion. Le niveau d'eau est également un des premiers facteurs déclenchant des submersions marines au niveau des zones basses.

La houle

Le littoral de Nouvelle-Aquitaine est majoritairement ouvert aux vents marins provenant des directions ouest-sud-ouest à nord-ouest. Soufflant sur de larges étendues à la surface de l'océan, ces vents favorisent la formation d'une houle puissante, venant régulièrement déferler le long du littoral. Les vagues atteignant la côte sont principalement générées par les dépressions formées au niveau de l'Atlantique Nord qui suivent une trajectoire ouest-est (Castelle *et al.*, 2007). Le climat de vague néo-aquitain présente une forte modulation saisonnière. Celle-ci se caractérise notamment par des houles particulièrement énergétiques et des hauteurs significatives de vagues pouvant dépasser les 10 m au cours de la période hivernale. Il présente également une variabilité interannuelle dont une des composantes pourrait être liée à des cycles climatiques se succédant périodiquement sur des dizaines d'années, comme l'oscillation nord-atlantique (ONA) (Dupuis *et al.*, 2006).

L'observatoire côtier national de mesure *in situ* des états de mer Candhis⁴, piloté par le Cerema, est constitué d'un réseau de près de 40 bouées équipées de capteurs pour mesurer les états de mer en zone proche littoral (Kergadallan, 2023), ainsi que d'un système d'information pour l'archivage et la mise à disposition de données collectées.

Une dizaine de houlographes appartenant à cet observatoire côtier sont situés sur le littoral de Nouvelle-Aquitaine. Cinq sont encore actifs à la date de rédaction du présent rapport (Oléron Large, Royan, Cap Ferret, Anglet et Saint-Jean-de-Luz). Les données *in-situ* mesurées périodiquement par ces bouées peuvent être utilisées pour caractériser les climats de houle en différents points de la façade océanique de Nouvelle-Aquitaine.

A titre d'exemple et afin d'approcher quantitativement le climat de houle régional, il est proposé d'exposer l'analyse des séries temporelles des houles mesurées par la bouée Cap Ferret (03302) (Cerema, 2023). L'houlologue de cette bouée présente le plus grand nombre d'enregistrements sur une longue période et se situe approximativement au centre du littoral régional. Situé environ à 12,5 km au large des côtes, il a permis d'acquérir des données sur une période temporelle cumulée de 12 ans entre 2001-2022. L'analyse de ces données révèle une climatologie annuelle moyenne ayant les caractéristiques suivantes :

- hauteur : la hauteur significative des vagues à partir du moment d'ordre zéro de la densité spectrale est inférieure à 2,53 m pour 80% du temps (Figure 4) ;
- période : les périodes pic (T_p) associées correspondant au maximum de la densité spectrale sont comprises entre 2 et 14 s ;
- direction : dans la grande majorité des cas, la houle présente une direction ouest-nord-ouest.

⁴ Centre d'Archivage National des Données de Houle In Situ : <https://candhis.cerema.fr/>

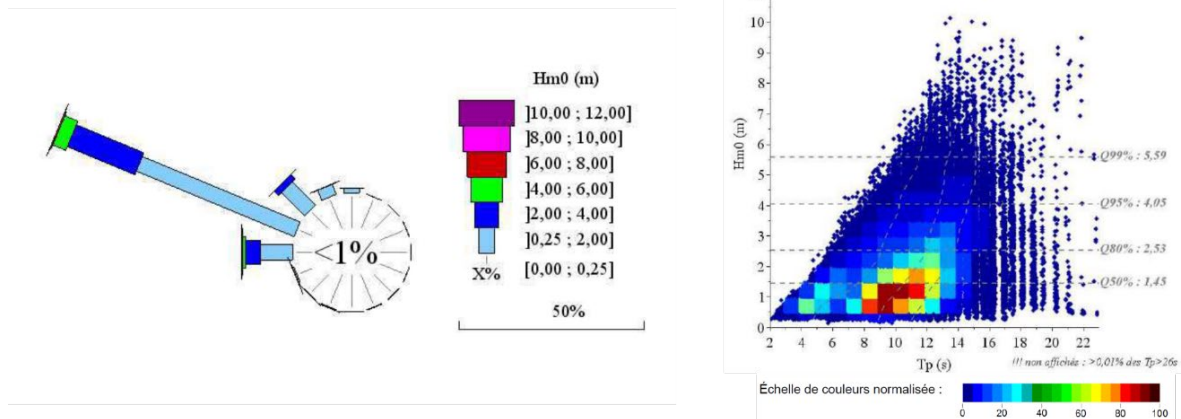


Figure 5 - Climatologie de houle moyenne annuelle mesurée à la bouée du Cap Ferret (03302) (Cerema, 2023)

La modalité saisonnière du climat de vague en Nouvelle-Aquitaine s'illustre notamment à travers le contraste en matière d'intensité de houle entre les périodes hivernales et estivales (figure 6). Elle s'exprime également par l'orientation moyenne des houles sensiblement plus au nord au cours de la période estivale qu'au cours de la période hivernale ; en moyenne les houles estivales arrivent à la côte de manière plus obliques que les houles hivernales plus frontales.

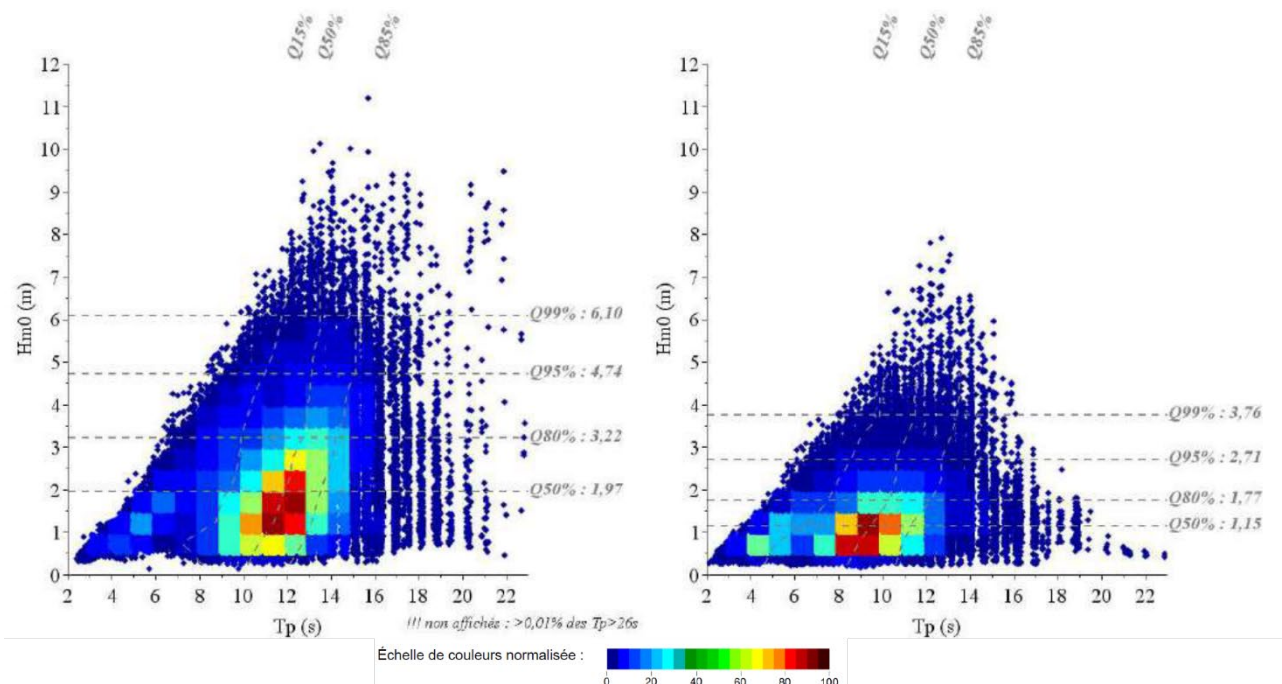


Figure 6 - Climatologie de houle moyenne annuelle mesurée à la bouée du Cap Ferret au cours de périodes hivernales (à droite) et estivales (à gauche) (Cerema, 2023)

Les données mesurées par ce réseau de bouées permettent donc de caractériser précisément le climat de houle en différents points du littoral. Elles peuvent néanmoins présenter d'importantes discontinuités spatiales et temporelles. Dans ce cas si nécessaire, il est possible d'utiliser les données issues de simulations rétrospectives (ou *hindcast*). Ces simulations numériques produisent des séries temporelles des états de mer passés en différents points du domaine

océanique et côtier, et sur des périodes de plusieurs années. Parmi ces jeux de données simulées, il est possible de citer l'Atlas Numérique des Etats de Mer Océaniques et Côtiers (ANEMOC) issu d'une collaboration entre EDF et le CETMEF (désormais Cerema) ou bien le *Bay of Biscay Wave Atlas-Hindcast (BoBWA-H)* issu d'une collaboration entre le BRGM et Météo France – CNRS (Charles, 2012 ; Bulteau *et al.*, 2013).

2.2. MORPHOLOGIE DU LITTORAL NEO-AQUITAIN

Dans ses travaux, l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA⁵) a identifié 9 types d'environnements composant le littoral néo-aquitain, présentés au paragraphe 2.1.1 (Figure 3). Chacun de ces types d'environnements possède une dynamique d'évolution qui lui est propre. Il est toutefois possible d'identifier, parmi certains de ces environnements, des mécanismes communs dans la manière d'appréhender les aléas de recul du trait de côte et de submersion marine. Afin de présenter une approche plus synthétique, à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, il est proposé dans cette étude de regrouper ces environnements en trois grands types d'environnements littoraux : les côtes sableuses, les côtes rocheuses, les zones basses. Ce regroupement est exposé dans les sous-chapitres suivants dédiés.

Pour ces 3 grands types d'environnements, des éléments de méthode sur la projection de la zone de recul du trait de côte, sont détaillés dans toute la suite du document. A noter que sur chacun de ces environnements des ouvrages et/ou des actions de gestion de sédiments peuvent influencer l'évolution de la position du trait de côte. Ces cas sont traités dans un chapitre dédié (§3 du présent rapport), à travers notamment la prise en compte de leur pérennité.

2.2.1. Côte sableuse

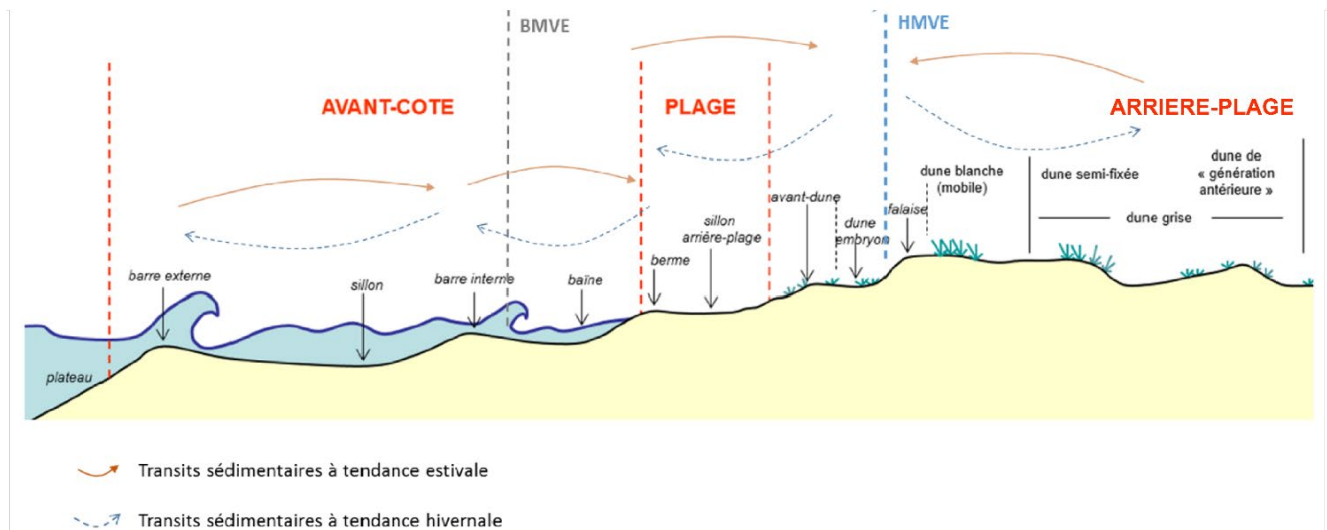
La côte sableuse représente le plus long linéaire à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, soit environ 522 km (73% du linéaire régional total) (OCNA). Elle regroupe les typologies suivantes : plage de poche, cordon de galets, cordon sableux, dune littorale, flèche sableuse et grande flèche sableuse.

La côte sableuse peut-être définie comme une zone d'accumulation de sédiments non cohésifs, qui sous l'action des courants générés par les houles et les marées sont remobilisés au sein d'une même cellule hydrosédimentaire.

De la terre vers la mer, le profil morphologique transversal caractéristique d'une côte sableuse est composé de 3 grands compartiments (Figure 7) :

- l'arrière plage, caractérisée par un cordon dunaire (ex : les Landes), ou anthropisée (ex : le nord Médoc), ou présentant un substrat rocheux (ex : Pays basque avec les plages de poches) ;
- la plage, qui présente généralement une légère pente, cette zone est comprise entre le pied de dune et la plus basse mer en période de vives eaux (BMVE). Elle inclut la berme et la zone intertidale qui se situent entre le niveau des plus basses marées et le niveau des plus hautes marées de vives-eaux (respectivement BMVE et HMVE) ;
- l'avant-côte ou zone subtidale, elle comprend les barres internes, externes et les baïnes.

⁵ <https://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/>



L'évolution des plages sableuses est soumise à l'action du vent, de la marée et des courants. Si à court terme il est difficile de reproduire les écoulements turbulents responsables des déplacements sédimentaires, à une échelle de temps plus longue, il est possible de simplifier le transport sédimentaire induit par la transformation et le déferlement de la houle à la côte. Le flux total de sédiment transporté peut alors se décomposer de la manière suivante :

- une composante longitudinale induite par les courants parallèles à la côte. A l'origine de la dérive littorale, elle est générée par l'angle d'incidence des vagues par rapport à la côte lors du déferlement (Longuet-Higgins, 1970) (Figure 8a) ;
- une composante transversale qui est liée principalement au courant de retour (Figure 8b). Si la houle est suffisamment énergétique, lorsque la vague déferle sur la plage, elle génère un courant de fond orienté vers le large qui mobilise les sédiments situés sur le fond. L'intensité de ce courant est fonction de la hauteur et de la période de la houle : il est donc particulièrement puissant et actif lors des tempêtes.

Un dernier courant, qui est mixte et de surface, engendre un déplacement aussi bien longitudinal que transversal. Ce sont les courants d'arrachement (Castelle *et al.*, 2015). Ces courants rapides localisés forment un chenal étroit vers le large et génèrent les systèmes de barres/bâines caractéristiques des côtes sableuses du Haut Médoc jusqu'au sud des Landes (Figure 8c).

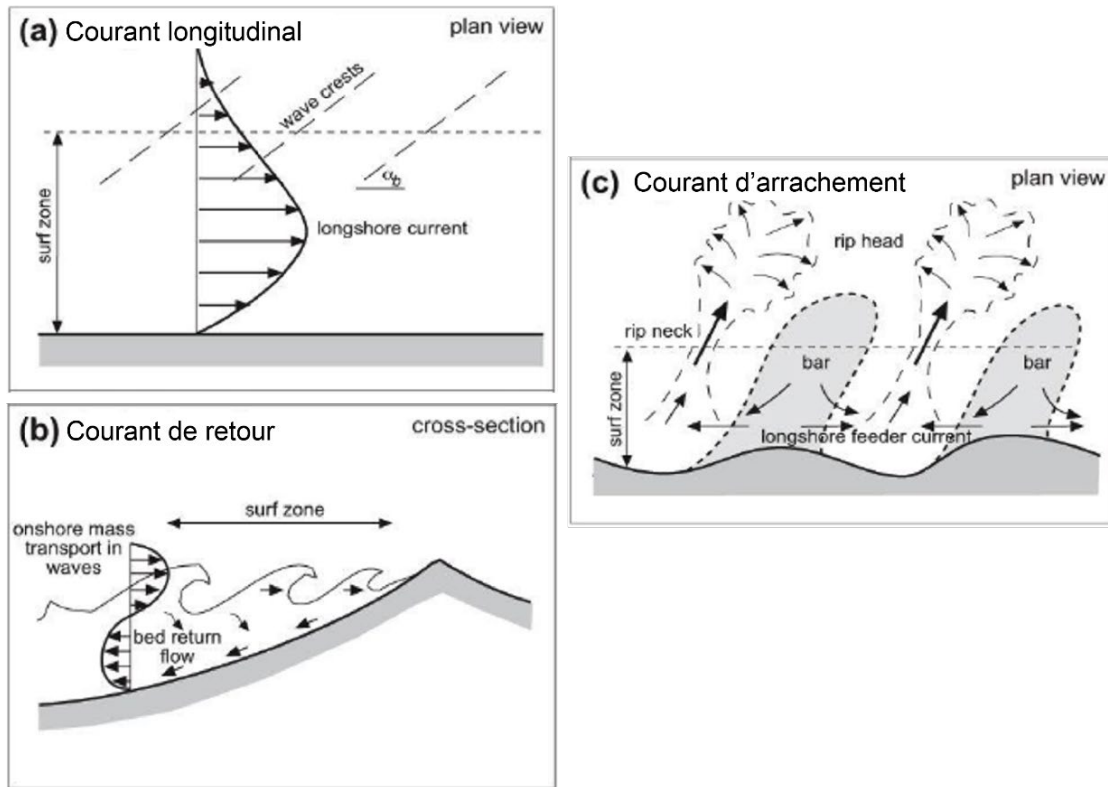


Figure 8 - Présentation des différents types de courants caractéristiques d'une plage sableuse (adaptée de Masselink et al., 2003)

Les plages évoluent de manière saisonnière. En période hivernale, les tempêtes mobilisent le sable engendrant une érosion sur la plage et l'alimentation des barres sous-marines situées dans la partie subtidale. Cet ajustement morphologique réduit l'efficacité de l'attaque de la houle sur le haut de plage en générant son déferlement plus au large.

En période estivale, les vagues moins puissantes favorisent le transport des sédiments de la zone subtidale vers la plage. Sous l'action des vagues dites « de beau temps », la plage se reforme entraînant une accrétion (Figure 9). Les entités géomorphologiques d'avant-côte, de plage et de cordon dunaire sont ainsi intimement liées.

Cette dynamique rend les côtes sableuses très mobiles au cours du temps, avec des départs massifs de sable au cours des tempêtes, qui sont lissés par la capacité de résilience de la plage aux échelles de temps des saisons ou pluriannuelles.

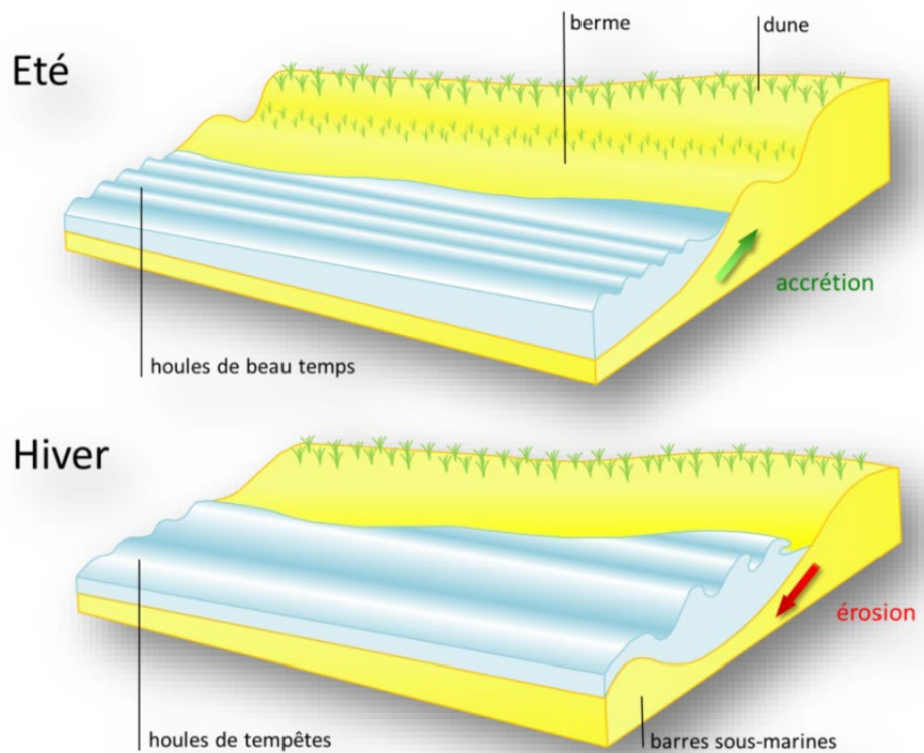


Figure 9 - Dynamique saisonnière d'un profil de plage (source : OCNA)

Les morphologies des plages et des avant-côtes sableuses varient entre les plages de Charente-Maritime et les plages landaises, reflétant la variation des agents dynamiques. Pour les besoins de cette étude, les linéaires sableux ont été regroupés dans l'environnement « côte sableuse ». Cependant, les morphologies des plages et de l'avant-côte évoluent le long de la côte, reflétant l'expression des agents dynamiques eux-mêmes variables le long de la côte aquitaine. Ces variations sont définies en cellules hydrosédimentaires, détaillées au §4.2.1. À titre d'exemple, la totalité des plages et des dunes de l'ex-région Aquitaine (Gironde et Landes) a été détaillée en 7 typologies, en fonction de la morphologie du profil transversal. Ce classement, détaillé dans l'Atlas morphodynamique de la côte sableuse (BRGM et ONF, 2018), prend en compte notamment les variations des morphologies des barres internes, externes, de la berme et du haut de plage.

2.2.2. Côte rocheuse

Les côtes rocheuses de Nouvelle-Aquitaine, plus accidentées, se situent sur le littoral de la Charente-Maritime et celui du Pays basque.

La partie rocheuse du littoral basque s'étend communément de la pointe Saint-Martin au nord (commune de Biarritz) jusqu'à l'embouchure de la Bidassoa au sud. Majoritairement orientée ouest-nord-ouest, cette portion du littoral est caractérisée par des falaises dominant des plages de fond de baie. La hauteur de ces falaises varie entre 10 m et 70 m et leur pente entre 10° et 90°. Jusqu'à la Pointe Sainte-Barbe (commune de Saint-Jean-de-Luz), de petites criques découpent les falaises sub-verticales, atteignant jusqu'à 40 m de hauteur. Plus au sud, les falaises sont interrompues par la baie de Saint-Jean-de-Luz. De Socoa à la Baie de Loya (Hendaye), les falaises constituent la corniche basque, leurs hauteurs varient entre 20 et 40 m.

Elles sont principalement constituées d'une alternance marnes/calcaires ou marnes/grés, appelée flysch (flysch à silex de Guéthary, flysch d'Hayzabia, flysch gréseux, etc.). Au sommet des falaises affleurent les altérites. Pour rappel, les altérites sont des formations superficielles résultant de l'altération et de la fragmentation sur place du substratum. Constituées principalement d'argile, celles-ci sont faiblement indurées et facilement mobilisables.

En Charente-Maritime, les falaises représentent 21% du territoire (Martins *et al.*, 2023). Elles sont constituées majoritairement de calcaires du Crétacé supérieur, et présentent un pendage subhorizontal. Au nord de la Charente, dans la région de la Rochelle, les falaises calcaires à grains fins, légèrement marneux et bien stratifiés, dominent sur une hauteur de 10 à 15 mètres comme c'est le cas à la pointe Saint-Clément. Plus au sud, les falaises de quelques mètres de haut entrecoupent les côtes sableuses et les marais maritimes, jusqu'au nord de l'estuaire de la Gironde.

Les côtes rocheuses, contrairement aux côtes sableuses, ne possèdent aucune capacité de résilience. La perte de matière occasionnée par un mouvement de terrain s'avère irréversible, si bien qu'elles ne peuvent suivre qu'une dynamique d'érosion.

Plusieurs paramètres interviennent dans la dynamique des côtes rocheuses. Ils peuvent être regroupés en deux grandes catégories (Figure 10).

- Les facteurs permanents (ou aggravant), qui caractérisent la prédisposition du site aux instabilités. Ils peuvent être de différents types : épaisseur des formations superficielles, la lithologie de la falaise, présence de failles/fractures/diacycles, la pente ou encore l'hydrogéologie.
- Les facteurs déclenchants, qui sont responsables de l'activation du processus de mouvements de terrain. Ces facteurs correspondent aux infiltrations d'eau, au gel/dégel, à l'action de la mer et aux racines des végétaux.

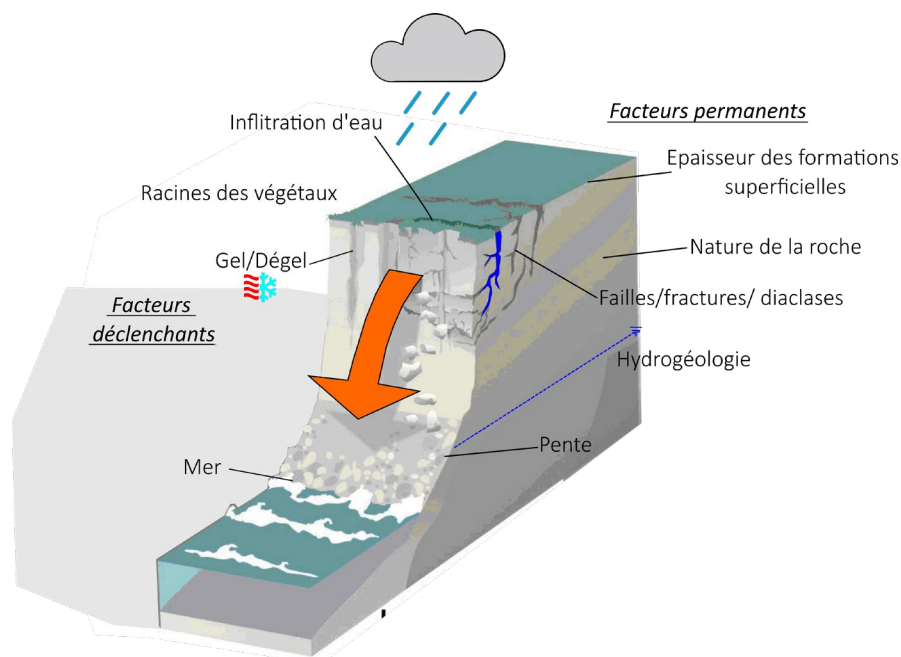


Figure 10 - Description des facteurs aggravants et déclenchants des mouvements de terrain sur une falaise maritime (adaptée de ©Graphies/MEDD-DPPR)

La lithologie de la falaise, qui correspond à la nature géologique de la roche, est un facteur aggravant souvent mis en avant pour expliquer l'influence de l'érosion. Les lithologies les plus résistantes à l'érosion mécanique s'érodent plus lentement que les roches peu consolidées. La structure des roches et le climat sont également des paramètres importants dans la caractérisation des mouvements de terrain. La présence de faille (facteurs aggravant) peut favoriser ces mouvements, tandis que les facteurs climatiques, tels que la pluie ou l'élévation du niveau marin, peuvent les déclencher.

De façon analogue aux côtes sableuses, pour aller plus loin, une typologie plus détaillée prenant en compte la géologie, les comportements mécaniques des roches et leur mode de dégradation a été définie pour la côte basque et la côte de Charente-Maritime. Pour la côte basque, le travail a été réalisé en 2004, il classe les falaises en 7 types distincts (Genna. *et al.*, 2004). Pour la côte de Charente-Maritime, une première classification a été réalisée en 2022 et classe les falaises en 6 types distincts (Martins *et al.*, 2023).

2.2.3. Zone basse

Les zones basses peuvent être de différentes natures : « *les zones basses meubles protégées de l'action érosive de la mer [...] ou dépourvues d'ouvrages de défense, ou de zones basses rocheuses (platiers, etc.) progressivement ennoyées sous l'effet de l'élévation du niveau de la mer* » (Collectif BRGM/Cerema, 2022).

Les marais maritimes, sont un exemple caractéristique des zones basses meubles. Le littoral de Charente-Maritime de par sa configuration et l'orientation de sa côte présente des façades abritées de la houle océanique. Ainsi, les secteurs abrités des pertuis Breton et d'Antioche (entre les îles de Ré, d'Oléron et du continent), et les littoraux estuariens de la Charente, de la Seudre et de la Gironde, sont constitués de plages sableuses, rocheuses et également de marais maritimes. On trouve également des marais maritimes en arrière des flèches sableuses, telles que la pointe de la Coubre en rive droite de l'embouchure de la Gironde, et la flèche du Mimbeau attenante au cap Ferret. Ces espaces sont généralement fortement artificialisés et peuvent être exploités pour la conchyliculture ou l'élevage.

Comme décrit par Bernon *et al.* (2017) et Paskoff (2006), les marais maritimes constituent des étendues littorales basses, très faiblement inclinées, périodiquement submergées, formées par des accumulations récentes de vase dans les secteurs abrités des côtes.

La zone des pertuis est principalement sous l'influence des courants de marée. Elle est parcourue par des chenaux tidaux qui évacuent les eaux continentales vers l'océan. D'un point de vue morphologique, la partie inférieure dépourvue de végétation du marais maritime 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 ‰), elle est colonisée par une végétation herbacée et submergée seulement lors des marées de vives eaux. La transition entre ces deux milieux s'effectue par la haute slikke, dont la pente est plus forte (10 à 20 ‰), lorsque le secteur est en accrétion, ou par une microfalaise, de hauteur décimétrique, lorsqu'il est en érosion (Figure 11).

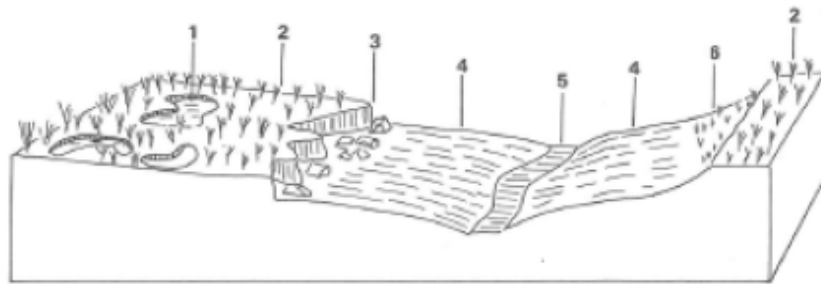


Figure 11 - Coupe schématique d'un marais maritime en zone tempérée (dans Paskoff, 2006, d'après Guilcher, 1979) : 1) cuvette, 2) schorre, 3) microfalaïse, 4) slikke, 5) chenal de marée, 6) haute slikke. (Bernon et al., 2017)

2.3. ETUDES EXISTANTES SUR LA PROJECTION DE LA POSITION DU TRAIT DE CÔTE

2.3.1. Définition du trait de côte

D'après le document de recommandations national (Collectif BRGM/Cerema, 2022), le trait de côte est défini comme « *la limite séparant la terre et la mer* ». Il existe plusieurs définitions de la position du trait de côte, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (Shom) le définit par exemple comme le niveau des plus hautes mers, lors d'une marée de coefficient 120, et dans des conditions météorologiques normales (pas de vent du large, pas de dépression atmosphérique).

Dans le cadre de l'OCNA, plusieurs marqueurs, ou descripteurs, géomorphologiques, adaptés au littoral Néo-Aquitain, appuient les opérateurs dans l'identification de la position du trait de côte (Bernon et al., 2022). Pour la côte sableuse, la limite entre le cordon dunaire et la plage est considérée comme le trait de côte en Nouvelle-Aquitaine. Elle est définie à partir de l'un des marqueurs suivants :

- pied de falaise dunaire ;
- rupture de pente topographique ;
- limite de végétation dunaire ;
- limite, côté mer, des ouvrages de protection longitudinaux.

Pour la côte rocheuse, la limite entre la falaise et l'estran est considérée comme le trait de côte. Elle est définie à partir de l'un des marqueurs suivants :

- sommet de falaise rocheuse (tête d'escarpement) ;
- pied de falaise rocheuse (il est souvent pris en compte si la mesure du sommet de falaise est délicate) ;
- limite, côté mer, des ouvrages de protection longitudinaux.

Pour les zones humides côtières vaseuses (marais maritimes, lagunes, lacs, estuaires, etc.), le trait de côte est défini par la limite entre le schorre et la végétation continentale.

L'évolution de la position du trait de côte s'étudie à différentes échelles spatio-temporelles. Ainsi, 5 échelles sont communément utilisées (BRGM et ONF, 2018) :

- Le très court terme concerne des durées comprises entre quelques heures et quelques jours (marées). Les évolutions morphologiques qui découlent des événements extrêmes (tempêtes hivernales, mouvements de terrain après des pluies importantes, etc.) sont à attribuer à cette échelle de temps.
- Le court terme correspond à des durées allant de quelques jours à plusieurs mois.
- Le moyen terme concerne les durées pluri-mensuelles à pluriannuelles, comprenant aussi bien les fluctuations saisonnières que les variations annuelles.
- Le long terme correspond aux modifications morphologiques, climatiques, pluriannuelles à pluri-décennales, voire centennales.
- L'échelle géologique correspond à des durées millénaires à plurimillénaires et au-delà. C'est à cette échelle que les effets des mouvements tectoniques, des variations climatiques et eustatiques de grande amplitude (cycles glaciaire-interglaciaire du Quaternaire) s'appliquent au littoral.

Dans le cadre de ce document, nous nous intéresserons aux évolutions sur le moyen/long terme (+30 ans/+100 ans).

2.3.2. Inventaire des études et données disponibles

Le littoral de Nouvelle-Aquitaine est particulièrement concerné par l'aléa recul du trait de côte. Même si cet aléa est réparti de manière inégale à l'échelle régionale, la nécessité de le prendre en compte dans les politiques de gestion et d'aménagement des espaces littoraux, a favorisé au cours des dernières années la production d'études et de données permettant de mieux le caractériser. Ces études menées dans des cadres variés (plan de prévention des risques littoraux - PPRL, ou naturels - PPRN, stratégies locales de gestion de la bande côtière - SLGBC, observatoire, etc.), sont détaillées dans cette partie, améliorent la compréhension du fonctionnement du littoral, et servent de socle de connaissances mobilisables pour l'élaboration des futures cartes locales.

Fin 2023 lors du démarrage de l'étude, les acteurs techniques de chaque EPCI ont été sollicités, afin de recenser l'ensemble des études et données produites et disponibles sur leur territoire depuis les années 2000. Lors de ces échanges, menés à partir d'un questionnaire préalablement envoyé (Annexe 1), le BRGM a pu recueillir les informations auprès de 13 EPCI sur les 17 du littoral néo-aquitain, relatives aux :

- études traitant du recul du trait de côte et du changement climatique ;
- études traitant des phénomènes de submersion ;
- ouvrages de défense et leur suivi dans le cadre de la base de données « ouvrages » de l'OCNA ;
- actions de gestion des sédiments sur leur territoire.

Un recensement de plus de 77 documents scientifiques et techniques traitant des questions du recul du trait de côte en Nouvelle-Aquitaine, de la gestion des sédiments et du changement climatique a ainsi été opéré.

Le cadre de production des documents analysés est divers : 34 sont des rapports d'étude produits dans le cadre d'une SLGBC, 32 sont des articles scientifiques ou des rapports en lien avec les observatoires, et 11 sont des rapports relatifs au PPRN (Figure 12).

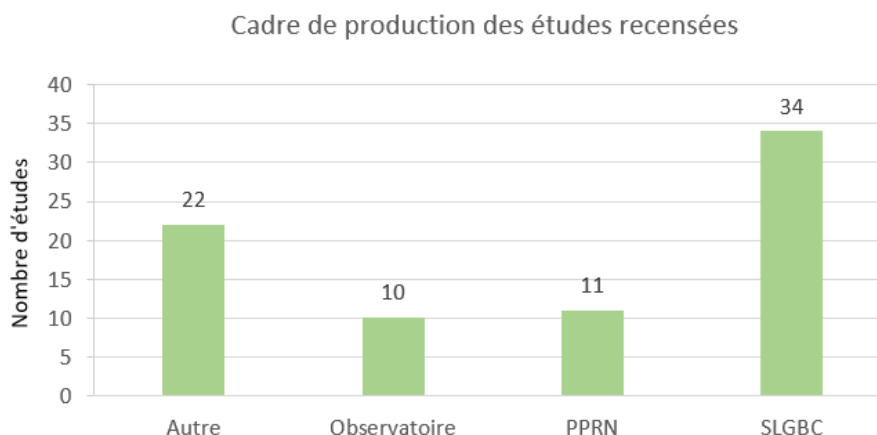


Figure 12 - Cadres de production des études relatives à l'érosion côtière en Nouvelle-Aquitaine

La répartition géographique de chaque étude est inégale en fonction des départements ; ainsi les départements de Gironde et des Landes comptent plus d'études produites dans le cadre des observatoires ou des SLGBC que la Charente-Maritime ou les Pyrénées-Atlantiques (Figure 13).

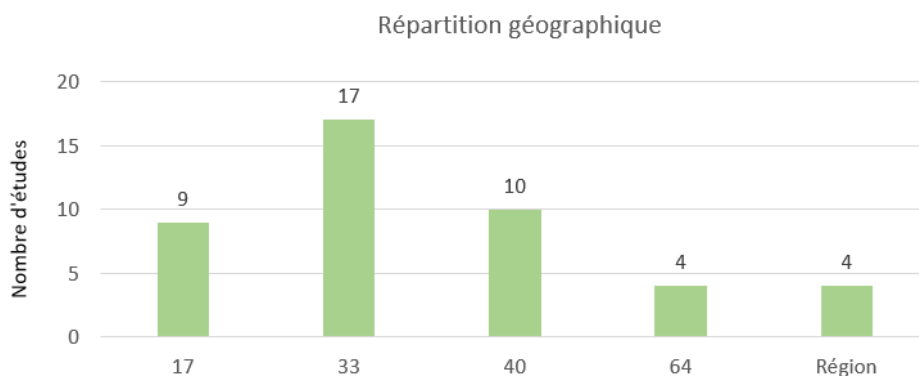


Figure 13 - Répartition par secteur géographique des études produites dans le cadre des SLGBC ou d'observatoires du littoral depuis les années 2000

Stratégie Locale de Gestion de la Bande Côtière (SLGBC)

Le littoral de Nouvelle-Aquitaine dispose d'une stratégie régionale de gestion de la bande côtière (SRGBC⁶), issue d'une réflexion partagée entre l'État et les collectivités littorales, et portée par le GIP Littoral. Celle-ci propose à l'ensemble des acteurs publics du littoral néo-aquitain, une vision partagée permettant de faire face au risque d'érosion côtière. En accord avec la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (SNGITC), elle traduit une ambition collective régionale qui est actuellement déclinée en 13 stratégies locales (dites SLGBC⁷), portées par des collectivités. Ces SLGBC jouent un rôle prépondérant dans la production de données à échelle locale. Le déroulement d'une stratégie débute par l'élaboration d'un diagnostic détaillé du fonctionnement hydrosédimentaire du territoire et la caractérisation des aléas. Ce diagnostic nécessite, en fonction du contexte et de l'existant, l'identification des traits de côte historiques sur la base d'orthophotographies anciennes, et l'acquisition régulière de données topobathymétriques faisant ressortir les singularités locales. En phase opérationnelle, le programme

⁶ <https://www.giplittoral.fr/ressources/strategie-regionale-de-gestion-de-la-bande-cotiere>

⁷ <https://www.giplittoral.fr/sites/default/files/2021-06/SGBC-15-%20strat%C3%A9gie%20r%C3%A9gionale%20Guide%20de%20l%27action%20locale.pdf>

d'actions des SLGBC comporte un axe relatif à l'amélioration de la connaissance de l'aléa érosion. Ces stratégies, portées par les collectivités locales, sont élaborées en concertation avec les scientifiques et les parties prenantes du territoire concerné pour assurer une gestion cohérente et efficace de la bande côtière.

Conformément au document national de recommandations pour l'élaboration des cartes locales (Collectif BRGM/Cerema, 2022), les collectivités disposant d'une SLGBC, peuvent s'appuyer sur les résultats des travaux de ces stratégies locales, pour réaliser « *l'élaboration des cartes locales* » à horizons +30 ans et +100 ans, et inversement, sur les territoires non couverts par une stratégie locale, l'engagement dans le dispositif du recul du trait de côte de la Loi Climat et Résilience vise à favoriser la mise en place de telles stratégies.

Plan de prévention des risques naturels (PPRN) et/ou littoraux (PPRL)

À la suite de la tempête Xynthia en 2010, les services de l'Etat ont relevé l'importance de poursuivre et de développer des outils cartographiques pour la prévention des risques littoraux. Dans ce cadre, des plans de prévention des risques littoraux (dits PPRL) (ou leur mise à jour) ont été déployés tout le long du littoral français.

Ces plans visent à caractériser et qualifier, à l'échelle de la commune, trois aléas côtiers : recul du trait de côte, submersion marine, et migration dunaire. Pour ce faire, les aléas sont d'abord évalués en tenant compte des spécificités des environnements côtiers, du contexte hydrosédimentaire et des évolutions passées observées. L'aléa recul du trait de côte est ensuite projeté à horizon 100 ans par rapport au trait de côte de référence (DGPR, 2014).

En Nouvelle-Aquitaine, la carte suivante retrace l'état d'avancement des PPRL à l'échelle du territoire (Figure 14). L'ensemble des PPRL est listé en Annexe 2.

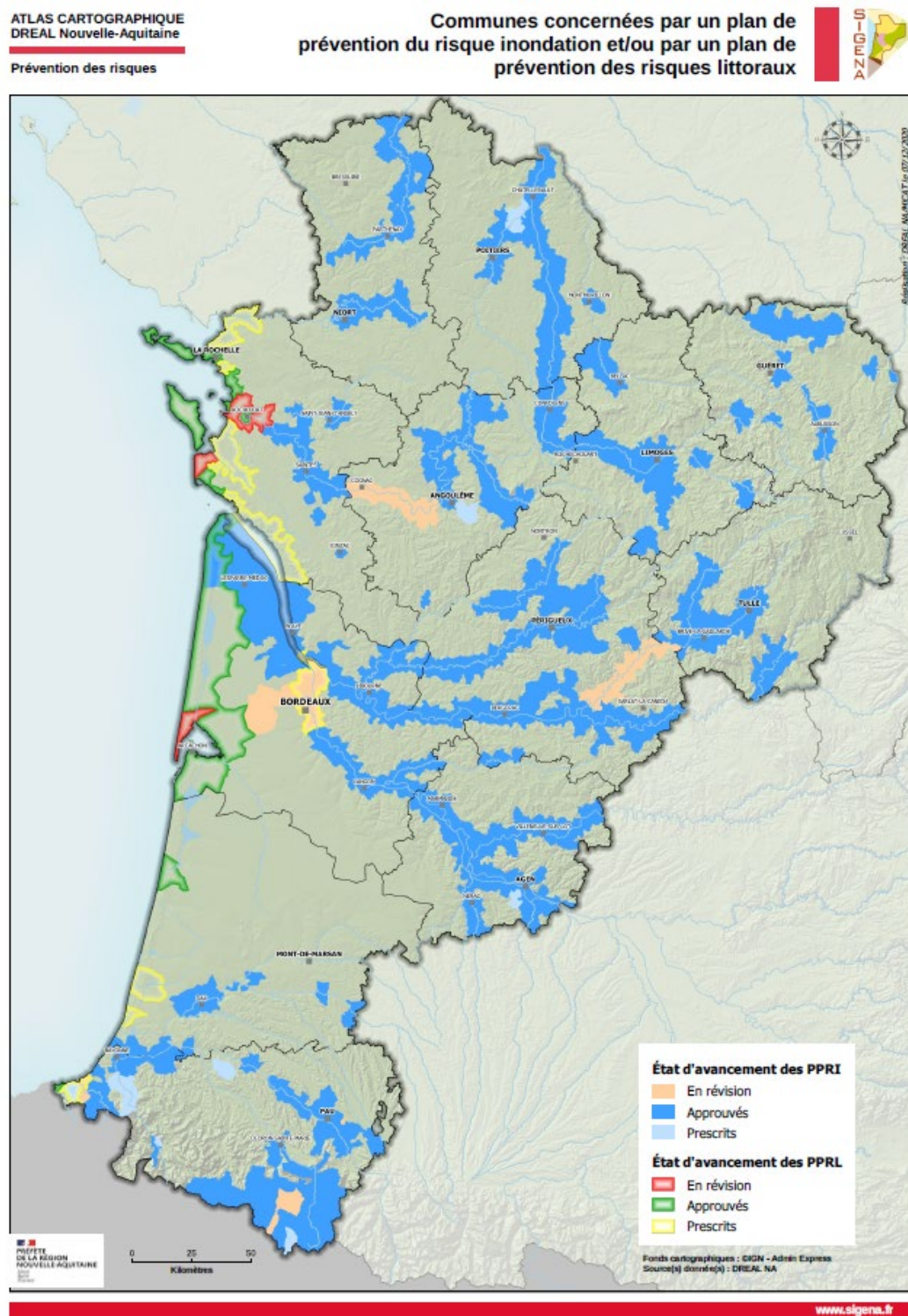


Figure 14 - Communes concernées par un plan de prévention de risques littoraux à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine (source : DREAL de Nouvelle-Aquitaine le 07/12/2020)

Documents en lien avec les observatoires côtiers (du régional au local) et articles scientifiques

Les observatoires collectent et diffusent des données relatives aux évolutions du littoral à diverses échelles spatiales et temporelles. Ils assurent ainsi une pérennité d'acquisitions, qui permet d'améliorer la connaissance sur les évolutions morphologiques du littoral et les facteurs associés et constituent de véritables outils d'aide à la décision à destination des gestionnaires. L'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (OCNA) suit, depuis sa création en 1996, le linéaire côtier de la Gironde, des Landes et des Pyrénées-Atlantiques. Le linéaire côtier de la Charente-Maritime a été intégré au périmètre d'intervention de l'OCNA en 2021, à la suite de la fusion des régions. L'OCNA poursuit trois missions à l'échelle du littoral de Nouvelle-Aquitaine : l'observation et l'étude de la dynamique côtière, l'accompagnement des acteurs de la gestion du littoral au travers de son expertise sur les problématiques hydrosédimentaires, la valorisation des connaissances relatives aux risques littoraux.

La Nouvelle-Aquitaine compte également 6 observatoires locaux : île de Ré, île d'Oléron, Lacanau, Anglet, Nord-Médoc et Capbreton. Plus récents et pilotés par les EPCI, ces observatoires locaux interviennent en appui aux collectivités en produisant de la donnée et en réalisant des études adaptées aux spécificités hydrosédimentaires et aux enjeux locaux. Les observatoires locaux et l'OCNA collaborent autant que possible pour partager les protocoles, mutualiser les acquisitions de données et favoriser leur partage au plus grand nombre via les canaux de diffusion régionaux (PIGMA, notamment). L'intégration des observatoires locaux dans des SLGBC favorise ces interactions et l'articulation des deux échelles d'observation, locale et régionale.

Enfin, les articles scientifiques constituent une source complémentaire d'information. Ils participent à l'amélioration de la compréhension des processus physiques responsables de l'évolution de la position du trait de côte. Ces travaux essentiels à la connaissance, alimentent les réflexions et l'état de l'art sur le fonctionnement d'un milieu.

Une analyse comparative de ces documents, au regard des besoins de la présente étude, est regroupée dans un tableau en Annexe 2.

L'emprise spatiale de chacun des documents recensés varie fortement : de la portion du littoral d'une commune pour les PPRL, jusqu'à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine pour les données de l'OCNA. Les études liées aux SLGBC traitent principalement des problématiques à l'échelle d'un EPCI. L'état des connaissances est très hétérogène entre les territoires. Ainsi l'évolution de la position du trait de côte a été peu documentée sur certains secteurs de Gironde ou sur certains territoires concentrant peu d'enjeux comme celui de la commune du Porge (33). A l'inverse, les littoraux du Pays basque, de Biscarrosse, de Lacanau ou de l'île d'Oléron ont fait l'objet de plusieurs analyses sur le sujet. La Charente-Maritime ayant rejoint plus récemment la région Nouvelle-Aquitaine, les SLGBC ne sont pas actuellement aussi avancées en termes de phases de réalisation, que celles des départements de Gironde, des Landes et des Pyrénées-Atlantiques. Néanmoins deux études réalisées par l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine et destinées aux diagnostics de la sensibilité du littoral de Nouvelle-Aquitaine à l'érosion côtière, ont permis de caractériser l'aléa recul du trait de côte à l'échéance 2050 (Bernon *et al.*, 2016 et Bernon, 2021).

Dans le cadre de la présente étude, une « couche d'entités », ou couche d'informations géographiques, regroupe et localise la totalité des études recensées. Il est ainsi possible de connaître les études existantes en tous points du littoral de Nouvelle-Aquitaine, avec mention, pour chacune d'entre-elles et en plus du périmètre d'étude, l'organisme producteur, le nom de l'étude, la date de réalisation, l'objet et le cadre de l'étude. Cette couche, livrée conjointement au

présent document, peut être utilisée dans un Système d'Informations Géographiques (SIG) dans des logiciels libres. Elle constitue l'inventaire le plus complet à la date de rédaction du présent rapport à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine. Elle s'adresse notamment aux services techniques des collectivités et aux bureaux d'étude, une illustration de cet inventaire géolocalisé est présenté sur la Figure 15.

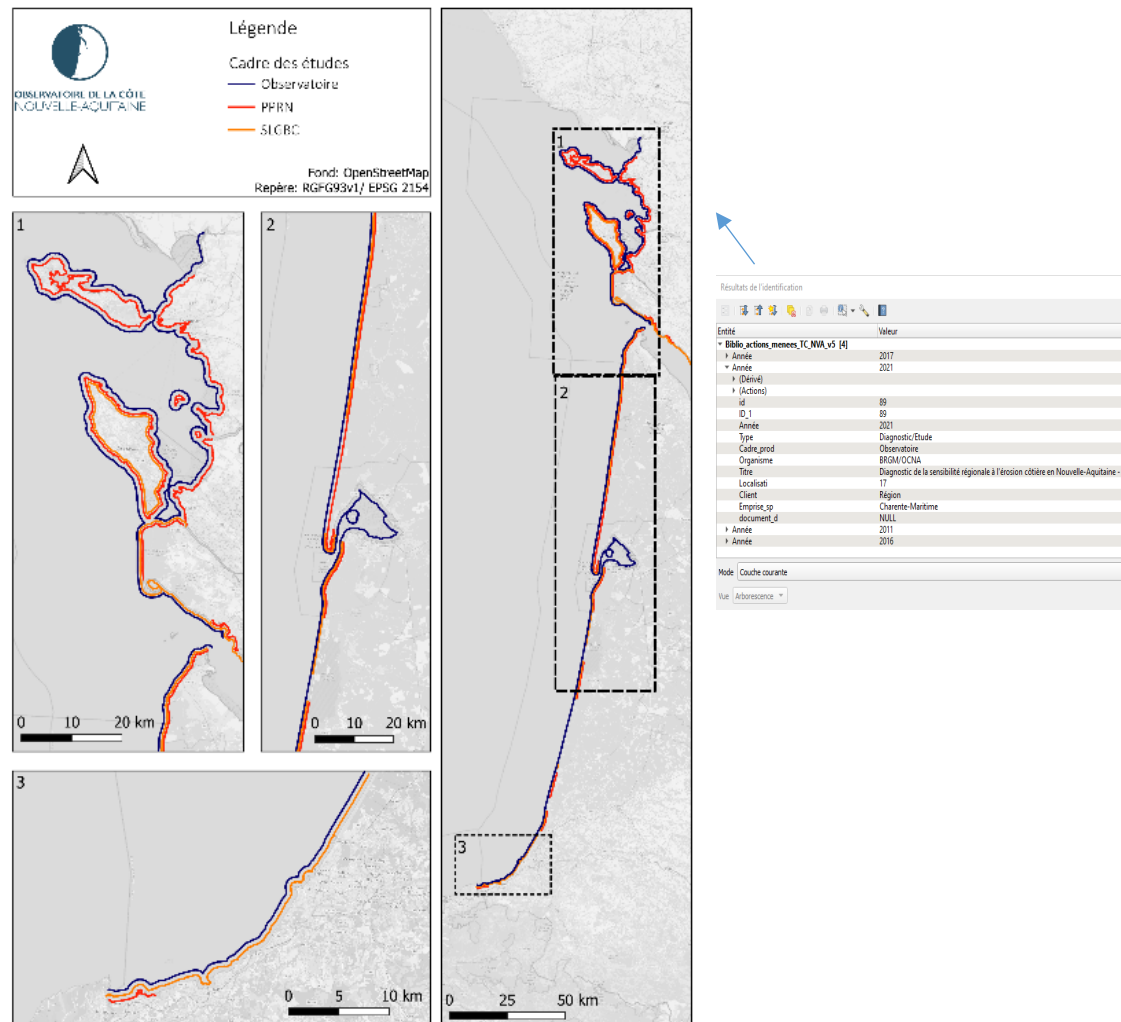


Figure 15 - Couche vectorielle qui recense d'un point de vue géographique chacune des études présentes en Nouvelle-Aquitaine

En parallèle des analyses et des rapports, les jeux de données, cités dans la suite du document, sont souvent publiques et accessibles via les entités et plateformes en ligne suivantes (liens valables à la date de rédaction du présent rapport, qui viennent en complément de ceux détaillés dans le document de recommandations national (Collectif BRGM/Cerema, 2022)) :

- données topographiques :

- Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine : <https://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/> ;
- plateforme d'échange de données en Nouvelle-Aquitaine PIGMA : <https://portail.pigma.org/> ;

- Observatoires locaux : littoral nord médocain, île de Ré (<http://www.observatoire-littoral-cdc-iledere.fr/>), Lacanau, Anglet et Capbreton, Ile d'Oléron (https://carto.marennes-oleron.com/geo_observatoire_littoral_ccio/) ;
- Dynalit : <https://www.dynalit.fr/> ;
- données hydrodynamiques :
 - données sur les vagues : Réseau Candhis du Cerema : <https://candhis.cerema.fr/>
 - données sur les niveaux d'eau et bathymétrie : portails data.shom.fr et diffusion.shom.fr du Shom ;
 - données marégraphiques : portails REFMAR (<https://refmar.shom.fr/carte-interactive>) et SONEL (<https://www.sonel.org/>)
 - données relatives à l'écoulement des cours d'eau (hauteur, vitesses, jaugeages, débits, etc.) : <https://www.hydro.eaufrance.fr/> ;
 - jeux de données simulées détaillés § 2.1.2 :
 - l'Atlas Numérique des Etats de Mer Océaniques et Côtiers (ANEMOC) : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/anemoc-atlas-numerique-detats-de-mer-oceanique-et-cotier/>
 - le Bay of Biscay Wave Atlas-Hindcast (BoBWA-H) : https://gridref.brgm.fr/thredds/catalogs/bobwa/bobwa.html?dataset=BOBWA_10kH
- élévation du niveau marin :
 - Site de la NASA : https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool?psmsl_id=958 ;
 - Site du BRGM : <https://sealevelrise.brgm.fr/slr/#lng=0.26000;lat=46.60430;zoom=6;level=1.0;layer=0> ;
- mouvements verticaux du sol :
 - Sonel : <https://www.sonel.org/> ;
 - Copernicus European Ground Motion Services (EGMS) : <https://egms.land.copernicus.eu/> ;
- mouvements de terrain pour les côtes rocheuses : BD MVT du BRGM : <http://infoterre.brgm.fr> ;
- photos aériennes et orthophotographie :
 - Remonter le temps d'IGN : <https://remonterletemps.ign.fr/> ;
 - BD ortho Historique : <https://geoservices.ign.fr/bdorthohisto>
 - BD orthophotographie : <https://portail.pigma.org/outils-et-services/catalogue/les-donnees/>
- images satellites :
 - Sentinel2 : <https://apps.sentinel-hub.com/> ;
 - USGS : <https://earthexplorer.usgs.gov/> .

Les méthodes mises en œuvre dans chacune des études peuvent varier en fonction des objectifs poursuivis ou des dates de réalisation. Ces données et études recueillies peuvent servir au prestataire réalisant une carte locale d'exposition au recul du trait de côte pour dresser l'état de l'art du fonctionnement hydrodynamique du secteur étudié. Elles peuvent également lui permettre par exemple, de comparer les valeurs de taux d'évolution (T_x en $m.an^{-1}$), et les reculs liés à un événement majeur (L_{max} en m). **Cet inventaire ne peut être considéré comme exhaustif et pourra être complété en fonction de l'avancée des études en cours et de l'état de la connaissance au moment de la réalisation des cartes locales, par la structure qui l'élabore.**

Les points clés à retenir :

- Le littoral de Nouvelle-Aquitaine dispose d'un long historique de connaissances aux échelles régionales et locales qui constitue un premier niveau d'informations mobilisables. Un exposé des connaissances régionales est synthétisé dans ce chapitre.
- Un recueil des informations existantes et actualisées spécifiques au littoral de Nouvelle-Aquitaine est disponible afin d'appréhender le fonctionnement sédimentaire du site étudié.
- Environ 80 documents ont été identifiés à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine et sont regroupés dans une base de données SIG. Cette liste est non exhaustive, et nécessite d'être actualisée lors de la réalisation de la cartographie locale d'exposition au recul du trait de côte.
- Les principaux services numériques et bases de données, nationales et mondiales, fournissant des informations utiles à la compréhension des évolutions du littoral sont également rappelés. Les liens sont fournis lorsque disponibles.

3. Identification et prise en compte des ouvrages et actions de gestion des sédiments

Le document national (Collectif BRGM/Cerema, 2022, §2.6), recense et détaille, trois types d'aménagement : « *les ouvrages longitudinaux, les ouvrages transversaux et des aménagements plus légers tels que l'installation de ganivelles, le rechargement des plages ou le reprofilage des cordons dunaires* ».

La prise en compte des aménagements est détaillée dans la partie 4.4.d du document national et constitue un prérequis pour les compléments apportés dans la suite de ce présent chapitre.

La première partie de ce chapitre se focalise sur les ouvrages et la seconde sur les actions de gestions de sédiments comprenant entre autres le rechargement de plage.

3.1. OUVRAGES

3.1.1. Données disponibles

Face aux reculs successifs du trait de côte observés, et afin de lutter contre les assauts de la mer, les gestionnaires et acteurs du littoral (propriétaires privés ou entreprises, communes, collectivités et État) ont bâti des ouvrages de protection dits « de lutte active dure ». Ces aménagements situés parallèlement ou perpendiculairement au trait de côte (murs, enrochements, brise-lames, épis, digues, etc.), influencent le transit sédimentaire local, et visent principalement à fixer la position du trait de côte. D'autres ouvrages (digues de protection contre la submersion, ceinture de marais, fondations ou soutènements d'infrastructures linéaires, etc.), construits également au contact du rivage, peuvent aussi agir sur la dynamique de recul, sans que ce soit pour autant leur finalité première.

En Nouvelle-Aquitaine et plus précisément sur notre site d'étude (cf. §1.2), d'après les observations de l'OCNA, les ouvrages côtiers représentent un linéaire total d'environ 256 km. Plusieurs bases de données, établies à différentes échelles et selon des modalités variables de constructions, donnent accès à l'ensemble du patrimoine que constituent ces ouvrages.

- A l'échelle nationale : la base de données du Cerema recense le long des côtes de la France hexagonale et des Outres-Mers les ouvrages littoraux. Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'un Indicateur National de l'Érosion Côtière (dit INE version 1.0 de janvier 2018 en cours d'actualisation en 2025) ;
- À l'échelle régionale : la base de données de l'OCNA, recense les ouvrages et les aménagements littoraux et en partie estuariens répartis sur l'ensemble de la façade atlantique de la Nouvelle-Aquitaine ainsi que sur les rives de la Gironde et du bassin d'Arcachon. Le contenu de la base de données est régulièrement alimenté par le Cerema à partir de l'interprétation d'orthophotographies et de vues obliques aériennes ainsi qu'à l'occasion de travaux menés en partenariat avec les acteurs locaux ;
- À l'échelle locale : certains EPCI et dans le cadre des Stratégies Locales de Gestion de la Bande Côtière (SLGBC) (ex : Île de Ré, Île d'Oléron, La Rochelle) ont déjà, ou mettent actuellement en place, leur propre base de données.

Ces différentes bases de données ne remplissent pas les mêmes objectifs mais visent à être interopérables et complémentaires entre elles. Selon la base de données, les informations qui en

sont issues seront davantage adaptées à certaines thématiques littorales plus qu'à d'autres (protection des terres, gestion et aménagement de l'espace, activités économiques, circulation maritime et fluviale, etc.).

Dans le cadre de cette étude, la BD Ouvrages de l'OCNA a été mise à jour par le Cerema sous la forme d'une version finalisée à l'été 2024. Les échanges avec les EPCI rencontrés ont également permis de fiabiliser le contenu de la BD Ouvrages. Cette version, disponible sur le site de l'[OCNA](#), intègre, entre autres, tous les ouvrages présents en Charente-Maritime et s'appuie sur un travail de diagnostic patrimonial de l'ensemble des ouvrages de la côte basque. Il est à noter que le BRGM et le Cerema travaillent chaque année, dans le cadre de l'OCNA, à maintenir la base de données à jour (mise à jour des géométries et renseignement de la table attributaire), et à la faire évoluer.

3.1.2. Prise en compte de la pérennité des ouvrages à +30 ans et +100 ans

Conformément au document national, il est nécessaire que la collectivité en charge de la réalisation des cartes locales : « *s'interroge sur la pérennité des ouvrages existants* » en interaction avec l'évolution du trait de côte, et de leurs effets aux horizons +30 ans et +100 ans. Ces réflexions peuvent s'appuyer sur des échanges entre les services techniques, les prestataires scientifiques et les collectivités afin de permettre aux décideurs de retenir les hypothèses les plus pertinentes. Ce type de réflexion a été mis en œuvre en Nouvelle-Aquitaine pour les territoires de Charente-Maritime, du Seignaux et du Pays basque (Bernon *et al.*, 2021, 2024). Des informations sont par ailleurs recueillies lorsque des ouvrages sont étudiés, voire intégrés dans des stratégies locales de gestion de la bande côtière (SLGBC). Ainsi, conformément au document national, « *pour l'élaboration de la cartographie locale, la commune pourra s'appuyer sur les données et choix validés dans la stratégie locale de gestion du recul du trait de côte existante.* » Sur la base de ces expériences et des données disponibles, il est proposé de conduire l'analyse de la pérennité des ouvrages en trois étapes :

Étape 1 : Recensement des ouvrages

Sur la base des données décrites dans la partie précédente (cf. §3.1.1), une analyse complète des ouvrages présents sur le territoire, et un recueil d'informations le plus exhaustif possible sur ces ouvrages, sont à réaliser (présence, type d'ouvrage, géométrie, etc.). Ce travail pourra s'accompagner d'un recensement et d'observations sur le terrain et d'une mise à jour des bases de données utilisées.

Étape 2 : Éléments d'appréciation pour définir les hypothèses de pérennité

Pour étudier la pérennité des ouvrages, plusieurs éléments peuvent orienter les décideurs. Afin de permettre une analyse homogène à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine, la Figure 16 propose des éléments d'appréciation, définis en collaboration avec les EPCI concernés lors des rencontres bilatérales (par exemple : questionnaire identifié - privé/public, Etat de l'ouvrage, historique d'entretien - coûts⁸, rôle de l'ouvrage - impact négatif sur l'abaissement de l'estran, enjeux touristiques, etc.).

Une analyse de chacun de ces critères peut ensuite être établie conjointement, en tenant compte des contraintes de chaque partie prenante impliquée et des enjeux associés. L'analyse des ouvrages, conformément au document national peut donc être menée « *au cas par cas* », et coconstruite de la façon la plus objective possible, en fonction des différents éléments

⁸ <https://www.cerema.fr/fr/actualites/publication-cerema-cout-protections-contre-aleas-littoraux>

d'appréciation étudiés. Le document de recommandations national (Collectif BRGM/Cerema, 2022) comprend un chapitre dédié (4.4.d) qui indique notamment que « *le rôle de ces ouvrages pourra être maintenu dans la définition des scénarios de recul, sous réserve qu'ils bénéficient d'un gestionnaire bien identifié et soient surveillés et entretenus* ».

En Nouvelle-Aquitaine, à la suite des échanges avec les services techniques des EPCI rencontrés, la nature du gestionnaire (public ou privé), et l'existence d'un cadre de gestion pluriannuel, apparaissent comme des éléments d'appréciation déterminants pour juger du caractère pérenne à +30 ans et à +100 ans.

Des travaux réalisés en 2021, en Charente-Maritime (Bernon, 2021), peuvent servir de base à l'analyse. Par exemple, les ouvrages considérés comme pérennes à l'horizon 2050 sont des ouvrages portuaires, des ouvrages historiques ou encore ceux dont l'entretien est géré dans un cadre pluriannuel de type PAPI⁹.

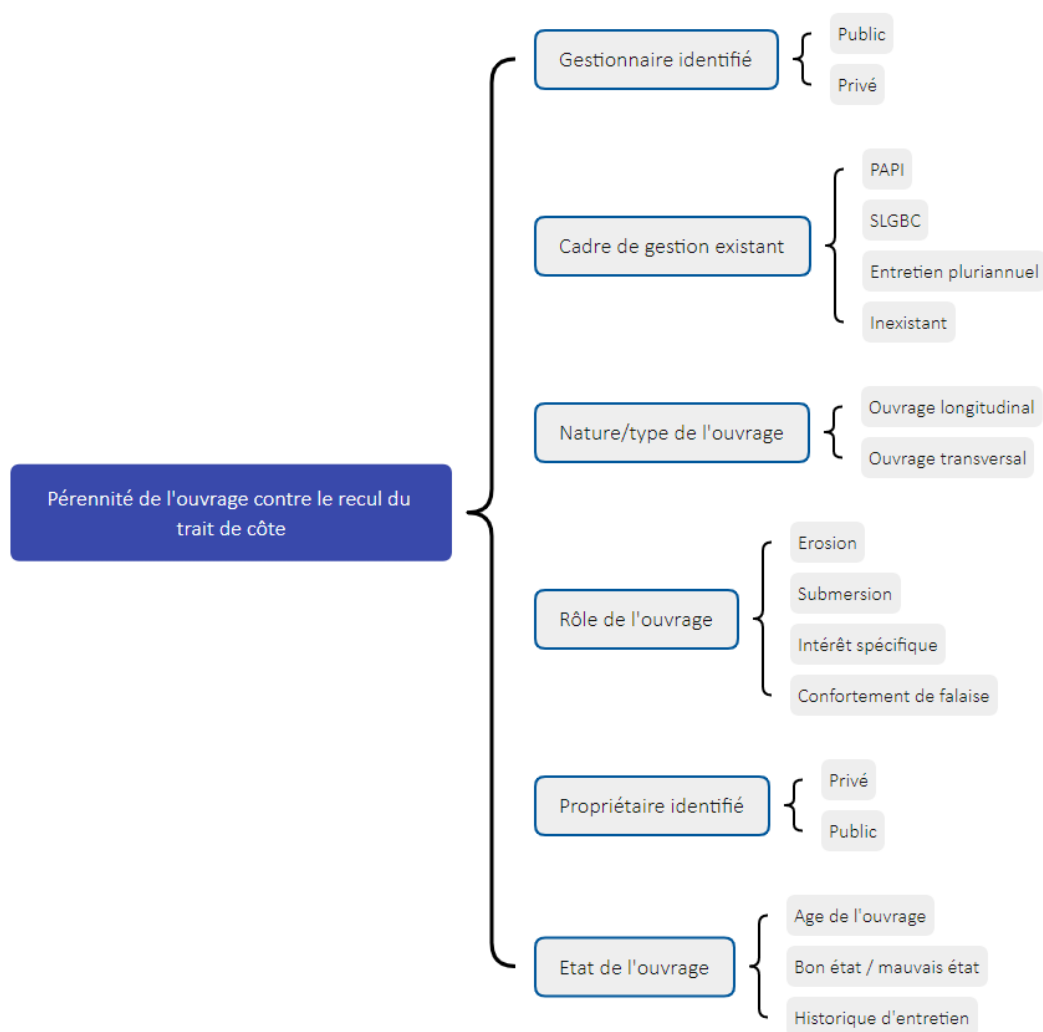


Figure 16 - Éléments d'appréciation dans l'analyse de la pérennité des ouvrages

⁹ Programme d'Actions de Prévention des Inondations

Conformément au document national, « *la réflexion sur le maintien ou non des ouvrages existants, qui pourra avoir de fortes conséquences dans le zonage de la carte locale d'exposition, pourra être facilitée avec l'élaboration* » de scénario ou, « *variante de scénario considérant la faillibilité des ouvrages et la ruine généralisée afin d'identifier l'importance du rôle des ouvrages existants* » (cf. §7).

Certains éléments d'appréciation de la pérennité des ouvrages, tels que ceux exposés dans la Figure 16, sont en partie renseignés dans les bases de données existantes (cf. 3.1.1). Il est donc proposé au prestataire chargé de réaliser les cartographies locales d'identifier tous les attributs pour chaque ouvrage, afin d'objectiver au maximum le choix du décideur.

Enfin, il est proposé de procéder à une évaluation de l'état actuel du patrimoine d'ouvrages (exploitation des documents de suivi des ouvrages s'ils existent, inspection visuelle des principaux ouvrages, voire inspection plus approfondie en cas de doute sur l'état d'un ouvrage très impactant pour la carte locale) et des actions prévues pour conserver un niveau de protection qui serait maintenu dans le temps. Les actions à envisager consistent en des travaux de maintenance, d'entretien ainsi qu'en une surveillance active de l'état de ces constructions. Associée le cas échéant à une connaissance de l'historique de certains ouvrages bien documentés, cette évaluation permet de disposer d'une vision de ce que pourrait représenter la gestion des ouvrages durant la période charnière de 30 ans, l'échéance de 100 ans rendant la trajectoire plus difficile à prédéterminer. Ces éléments nouveaux, établis dans le cadre des études locales, viendront compléter l'évaluation des ouvrages et les choix de gestion qui aurait déjà été réalisés dans le cadre des SLGBC. Dans ce cadre, il conviendra d'assurer une cohérence sur les hypothèses de pérennité des ouvrages réalisées dans les cartographies et celles dans les SLGBC, si les échéances temporelles sont compatibles.

Etape 3 : Concertation et choix final de la collectivité sur la pérennité des ouvrages

À la lumière des éléments scientifiques et techniques apportés par le porteur de projet et de la préanalyse réalisée à l'étape 2, des phases de concertation avec les différents partenaires (services communaux, élus, etc.) permettront de statuer sur les hypothèses de pérennité des ouvrages aux échéances + 30 ans et + 100 ans à intégrer dans les scénarios de projection.

3.2. ACTIONS DE GESTION DES SEDIMENTS LITTORAUX SABLEUX

3.2.1. Données disponibles

En parallèle des ouvrages, des solutions dites « douces » (Eurosion, 2004¹⁰) ou de « lutte active souple » telles que décrites par la stratégie régionale de gestion de la bande côtière (GIP Littoral Aquitain, 2012), peuvent être mises en place pour compenser de manière artificielle le déficit du budget sédimentaire du littoral. Les actions de gestion des sédiments littoraux sableux (par la suite appelé « actions de gestion des sédiments ») s'inscrivent dans ces solutions souples et peuvent être classées selon différentes techniques d'application (Mallet *et al.*, 2022) :

- Les rechargements, qui consistent à prélever du sable dans des secteurs excédentaires et à le redistribuer dans des secteurs déficitaires.
- Les transferts de sables, qui consistent à restaurer le transit sédimentaire longitudinal altéré par la réalisation d'un ouvrage côtier l'ayant interrompu (ex : digue portuaire, épis etc.) ou par un obstacle naturel (épi hydraulique par une jetée de courant, cap rocheux, etc.).

¹⁰ http://www.eurosion.org/project/eurosion_fr.pdf

- Les reprofilages, qui consistent à remobiliser le sable présent dans la cellule hydrosédimentaire le long d'un profil transversal à la plage. Si le reprofilage est réalisé en fin de saison hivernale, il consiste à adoucir la pente du profil de plage en déplaçant du sable du haut de plage vers le bas. A l'inverse si le reprofilage a lieu avant la saison hivernale il consiste à remonter le sédiment accumulé en bas de la plage vers le haut de plage ;
- Le maintien du sable sur la dune, qui consiste à lutter contre le déplacement du sable sous l'action du vent, en favorisant le développement de la végétation. La plantation de végétation, généralement des oyats, ou la pose de débris de végétaux permettent de ralentir le transport éolien du sable de la dune. La mise en place de ganivelles piège le sable et canalise la fréquentation des sites, diminuant le piétinement et favorisant ainsi le développement naturel de la végétation.

Les actions de gestion de sédiments ont donc pour objectif d'accompagner les processus naturels en favorisant la mobilisation du sédiment à certains endroits. Localement, elles exercent une influence significative sur les stocks sédimentaires et, par conséquent, sur la position du trait de côte. Elles peuvent donc être prises en compte dans la réflexion concernant la réalisation des cartes locales à horizons +30 ans et +100 ans.

En Nouvelle-Aquitaine, l'OCNA propose un outil intitulé : « Fiche de gestion des sédiments »¹¹ qui bancarise les actions de gestion des sédiments réalisées sur le territoire. Dans le cadre de la présente étude, ces fiches ont été mises à jour et sont disponibles publiquement. Elles identifient, lorsque l'information existe et a été communiquée, les volumes déplacés, les coûts des travaux, et les zones de prélèvement et de dépôt.

Sur les territoires faisant l'objet d'une SLGBC, dans certains cas, les actions de gestions de sédiments rentrent dans les axes de la stratégie. A l'instar des ouvrages, il est proposé de s'appuyer sur les différentes données et les modes de gestion définis dans le cadre des SLGBC, pour aborder la question de la pérennité des actions de gestion des sédiments.

Il n'existe pas d'autres bases de données à l'échelle régionale et publique à notre connaissance. Il est cependant à noter la mise en place d'un plan de gestion des dunes à l'échelle régionale à la date de rédaction de ce rapport. Développé par l'ONF sur les cordons dunaires littoraux de la Région Nouvelle-Aquitaine, ce plan doit notamment permettre de structurer et bancariser les travaux dunaires réalisés dans les prochaines années.

3.2.2. Prise en compte de la pérennité des actions de gestion de sédiments à +30 ans et +100 ans

De façon analogue aux ouvrages, une réflexion autour de la pérennité des actions de gestion des sédiments peut être menée, afin d'appuyer les élus dans leur prise de décision. Elle peut également se décliner en trois étapes :

Etape 1 : Recensement des actions de gestion de sédiments

Pour chaque carte locale, une identification des différentes actions de gestion de sédiments peut être réalisée. Pour les rechargements en sable, les volumes, la fréquence, le lieu de prélèvement et de la zone de dépôt, ainsi que les coûts associés, doivent être connus autant que possible. L'identification de la nature du donneur d'ordre est également nécessaire (privé ou public). Les Fiches de gestion de sédiments mentionnées au chapitre précédent constituent un premier

¹¹ <https://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/-Fiches-Gestion-des-sediments->

niveau d'informations disponible sur les actions de gestion réalisées sur le littoral de Nouvelle-Aquitaine. Il convient d'approfondir cet inventaire auprès des gestionnaires. Des actions de gestion des sédiments (ex : action de reprofilages, maintien du sable par la re-végétalisation, rechargement...) sont par exemple également opérées dans le cadre de certaines démarches locales telles que les Plans-Plage, ou encore en régie communale. A l'instar des ouvrages, les bases de données pourront être complétées par un recensement sur le terrain et auprès des acteurs territoriaux. Ce recensement est utile pour mener ensuite une réflexion sur l'évolution historique du trait de côte observée et sur la pérennité des actions de gestion des sédiments.

Etape 2 : Éléments d'appréciations pour définir les hypothèses de pérennité

Les éléments d'appréciations de la pérennité des actions de gestion des sédiments se rapprochent de ceux des ouvrages. Si l'action est inscrite dans le temps avec un gestionnaire public identifié et un cadre réglementaire instauré, alors l'action peut être considérée pérenne. A l'inverse, si une action de rechargement est réalisée ponctuellement ou dans l'urgence et par un gestionnaire privé, alors il est proposé de la considérer comme non pérenne.

La Figure 17 rassemble les éléments d'appréciation concernant la pérennité des actions :

- l'identification du gestionnaire : les actions gérées dans un cadre public ou les actions gérées par un privé.
- le cadre réglementaire, décrit le contexte juridique dans lequel sont prévues ces actions de gestion. Par exemple, si les actions sont réalisées dans le cadre d'un plan de gestion des sédiments (PGS) pluriannuel ou un programme plan-plage ou encore dans les actions des SLGBC, alors les actions peuvent être considérées plus viables dans le temps qu'en absence de tout cadre.
- la nature du rechargement consiste à identifier si le rechargement est urgent ou régulier.
- l'historique sur les actions de gestion, consiste à analyser l'antériorité des actions, notamment pour identifier celles qui sont potentiellement réalisées hors cadre réglementaire mais de manière régulière dans le temps.
- la dimension de l'opération vise à analyser les volumes et les linéaires d'opérations concernés.

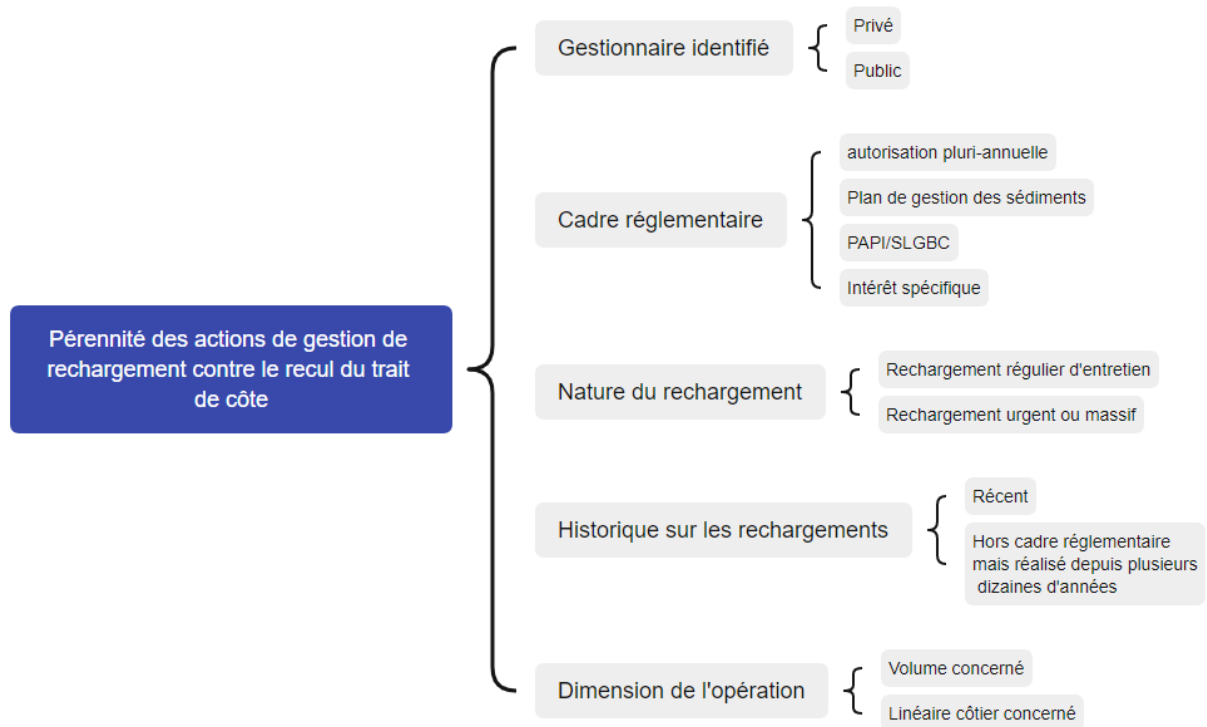


Figure 17- Éléments d'appréciations de la pérennité des actions de gestion de sédiments

Étape 3 : Concertation et choix final de la collectivité sur la pérennité des actions de gestion des sédiments

A la lumière de l'ensemble des éléments apportés par le porteur de projet et de la préanalyse réalisée à l'étape 2, des phases de concertations avec les différents partenaires (services communaux, élus, etc.) permettront de statuer sur la pérennité à attribuer aux actions de gestion des sédiments aux deux échéances +30 ans et +100 ans.

De manière générale, il est proposé de traiter la question de la pérennité au cas par cas pour chacune des actions et de justifier le choix retenu. Étant donné l'horizon temporel et la volonté de sensibiliser au mieux les élus dans la position future du trait de côte, il est proposé, sauf exceptions, de considérer aux horizons +30 ans et +100 ans les actions de gestion de sédiments comme étant non pérennes pour les scénarios sécuritaires.

Les points clés à retenir :

- De manière générale en première approche, les recommandations sont celles indiquées dans la partie 4.3 du document national à savoir :
 - « *de faire une analyse au cas par cas ;*
 - *de considérer les ouvrages / actions de gestion privés, comme non pérennes aux horizons +30 ans et + 100 ans ».*
- En complément à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, il est proposé les orientations suivantes :
 - Traiter la question de la pérennité des actions de gestion des sédiments et des ouvrages en 3 étapes :
 - Etape 1 : recenser les ouvrages et les actions de gestion des sédiments ;
 - Etape 2 : établir des éléments d'appréciations utiles à la définition des hypothèses de pérennité ;
 - Etape 3 : mener une concertation pour consolider le choix final de la collectivité sur la pérennité des ouvrages et/ou des actions de gestion des sédiments.
 - S'appuyer sur les choix de gestion validés dans le cadre des SLGBC par les collectivités de Nouvelle-Aquitaine pour la prise en compte de la pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments.

4. Exposition au recul du trait de côte

Le document de recommandations à l'échelle nationale détaille les différentes étapes de la réalisation de la cartographie de la position du trait de côte à horizon +30 ans et +100 ans (Figure 18) qui sont :

- la compréhension générale du fonctionnement du littoral.
- la prise en compte de l'évolution passée et actuelle du littoral.
- la prise en compte des effets du changement climatique.
- l'estimation de l'évolution future et sa cartographie.

Le document national comprend des chapitres dédiés (4.1 et 4.3) à la définition des scénarios, qui indiquent notamment que : « *Pour construire ces projections du trait de côte, il est recommandé d'étudier un scénario dit « médian » avec des paramètres usuels et un scénario dit « sécuritaire » visant à détecter d'éventuels effets de seuils avec des hypothèses et des approches maximisant le recul du trait de côte. Les paramètres ou les valeurs à retenir de chacune des composantes pour le calcul des projections du trait de côte seront ainsi à justifier pour élaborer ces scénarios.* »

Au cours des différents échanges avec les EPCI rencontrés en Nouvelle-Aquitaine, d'autres termes ont pu être exprimés pour :

- le scénario « *médian* » : « intermédiaire », « moyen », « réaliste », « modéré » ... ;
- le scénario « *sécuritaire* » : « pessimiste », « fort », « haut », « maximisant » ...

Dans le cadre du présent document réalisé à l'échelle régionale, en conformité avec le document national, les termes suivants sont retenus : scénario « *médian* » et scénario « *sécuritaire* ».

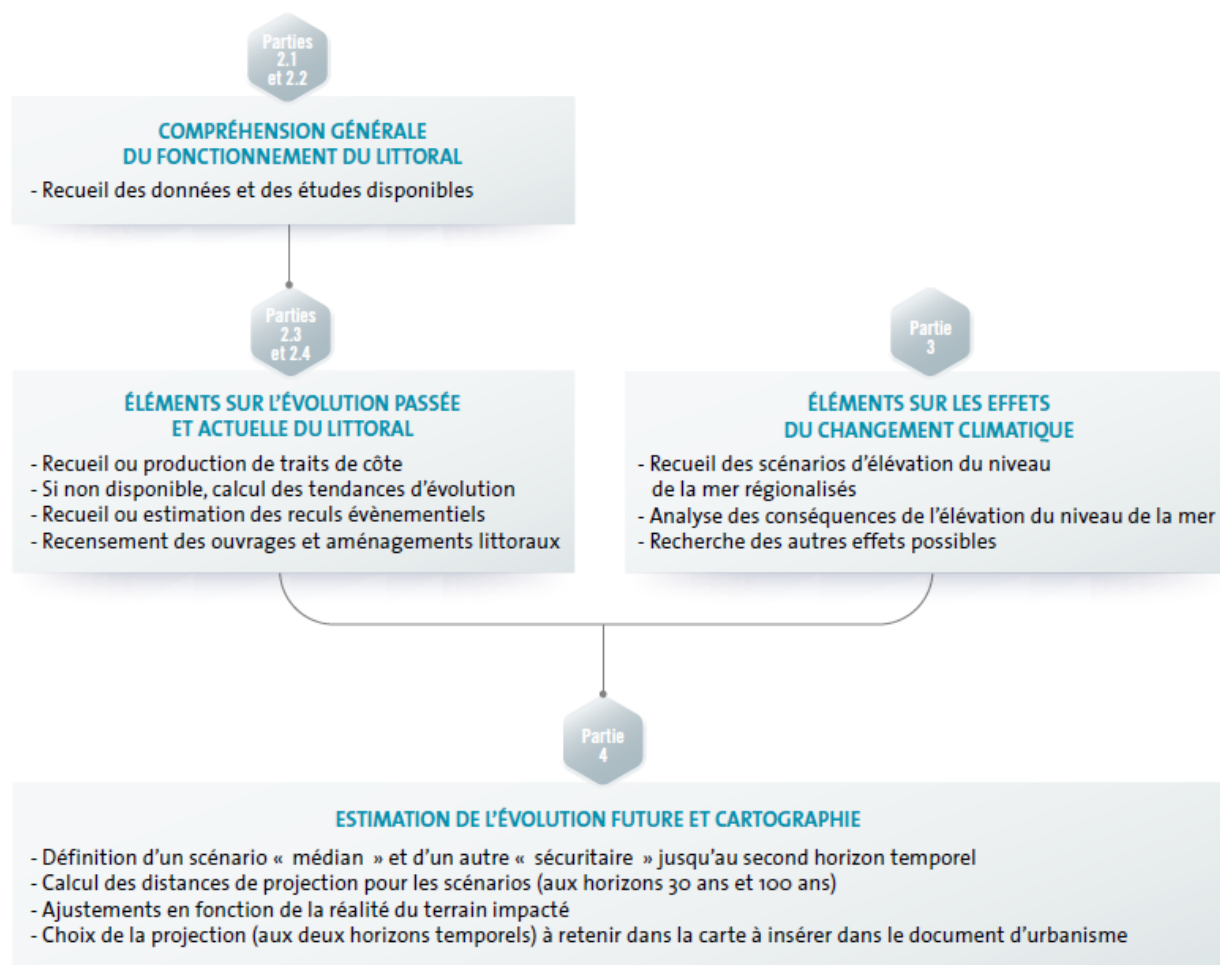


Figure 18 - Organisation générale pour l'élaboration des cartes locales d'exposition au recul du trait de côte (Collectif BRGM/Cerema, 2022)

Après avoir identifié les traits de côte historiques et de références mobilisables en Nouvelle-Aquitaine, en complément des préconisations issues du document national, ce chapitre se focalise sur la caractérisation des secteurs homogènes et des processus prédominants dans l'évolution du littoral néo-aquitain. L'analyse des taux moyens de recul annuel et des reculs liés à un évènement majeur est également détaillée.

4.1. TRAITS DE COTE HISTORIQUES ET TRAIT DE COTE DE REFERENCE

La structure ou le prestataire en charge de la réalisation des cartes locales est invité à identifier les traits de côte historiques exploitables. La partie 2.3 du document national indique qu'il est « *conseillé d'obtenir si possible plus de cinq traits de côte depuis les années 1950 (voire 1920). Le trait de côte le plus récent doit être relevé avec soin, car il servira de référence pour la projection des positions futures du trait de côte.* »

Une attention doit être apportée aux marqueurs utilisés dans l'identification des traits de côte, pour cela il est conseillé de se rapporter à la partie 4.6.c du document national.

Les traits de côte historiques constituent donc un jeu de données mobilisé pour le calcul du taux de recul moyen ainsi que pour la définition du trait de côte de référence.

L'OCNA produit régulièrement depuis 2014 une cartographie du trait de côte à l'échelle régionale. Celle-ci est réalisée annuellement pour les côtes sableuses meubles du littoral régional, et de manière plus ponctuelle pour les environnements *a priori* moins mobiles que sont les côtes rocheuses ou les zones basses. Chacun des millésimes produit est disponible librement depuis les canaux de diffusion de l'OCNA (site internet, plateforme PIGMA) et peut être utilisé comme trait de côte de référence ou comme trait de côte historique.

La collectivité territoriale peut également faire le choix d'enrichir le jeu de traits de côte disponible pour l'étude en confiant à son prestataire la réalisation de nouveaux millésimes. Il est alors vivement conseillé de respecter une méthode de cartographie adaptée au contexte et aux environnements littoraux rencontrés en Nouvelle-Aquitaine, telle que proposée ci-après.

Exemple de cadre méthodologique pour la cartographie d'un trait de côte

Un protocole de cartographie du trait de côte de la Nouvelle-Aquitaine a été établi par l'OCNA (Bernon *et al.*, 2022), à partir des principaux marqueurs géomorphologiques représentatifs de la position du trait de côte et de la dynamique côtière associée, en Nouvelle-Aquitaine, présentés au §2.3.1. Ces principaux éléments sont présentés dans cette partie.

La cartographie du trait de côte mobilise la plupart du temps plusieurs types de données : données topographiques DGPS, orthophotographies aériennes, LiDAR topographique et dérivés, etc. Leur exploitation est complémentaire. Un seul type de donnée permet rarement à lui seul d'identifier précisément et systématiquement la position du trait de côte. Il convient alors idéalement d'associer ces différents jeux de données et ressources, en hiérarchisant les informations apportées par chacun d'eux.

Il est également important de connaître les modalités d'acquisition de ces données ainsi que leur précision, dans le but de pouvoir ensuite estimer l'incertitude relative au positionnement du trait de côte. L'acquisition de ces données sèches peut être réalisée directement par l'organisme en charge de la cartographie du trait de côte. Cependant, la plupart de ces données sont également acquises dans le cadre de programmes d'observation réguliers, menés par des organismes tels que les observatoires, l'ONF, l'IGN ou autres, et sont alors accessibles librement (cf. 2.3.2).

L'échelle de restitution recherchée pour la cartographie du trait de côte dépend principalement de l'utilisation qui sera faite de ce trait de côte et de l'étendue du linéaire considéré. Dans un cadre de caractérisation de l'aléa recul du trait de côte et pour un linéaire tel que celui d'un EPCI, il semble adapté de viser une échelle de restitution de l'ordre de 1/1 000.

Le cas des ouvrages pour la cartographie du trait de côte de référence en Nouvelle-Aquitaine

Certains ouvrages de protection ont comme rôle de fixer localement la position du trait de côte. Avec le temps, ils font régulièrement apparaître des discontinuités ; la portion de littoral artificialisée se retrouvant en position avancée vers la mer par rapport à son voisinage non aménagé.

Dans le cadre d'un exercice de projection de la position du trait de côte, la question du maintien de ces ouvrages est discutée, comme exposé au chapitre 3 de ce document. En cas d'abandon d'un ouvrage de fixation, il est fort probable qu'un rééquilibrage de la position du trait de côte s'effectue naturellement, impliquant notamment de forts taux de recul au niveau du secteur anciennement aménagé.

Cette hypothèse d'effacement des ouvrages peut être prise en compte dans la méthode de cartographie, selon les travaux réalisés en Nouvelle-Aquitaine (Aubié *et al.*, 2011 ; Bernon *et al.*,

2016 ; Bernon, 2021). Ce trait de côte de référence « sans ouvrages » est un indicateur hypothétique de travail sans réalité physique observée sur le terrain. En pratique et pour les secteurs sableux, cela se traduit par le rétablissement d'un alignement du linéaire de l'ouvrage avec les linéaires adjacents non fixés. Cet alignement peut être effectué de 2 manières :

- Sur le trait de côte de référence ; dans ce cas il est recommandé de disposer d'un second trait de côte de référence de travail « sans ouvrage » à utiliser pour les scénarios d'effacement (Figure 19a).
- Sur le trait de côte projeté ; une zone « blanche » peut être laissée au niveau des linéaires ouvragés et les extrémités des linéaires adjacents peuvent être reliées (Figure 19b).

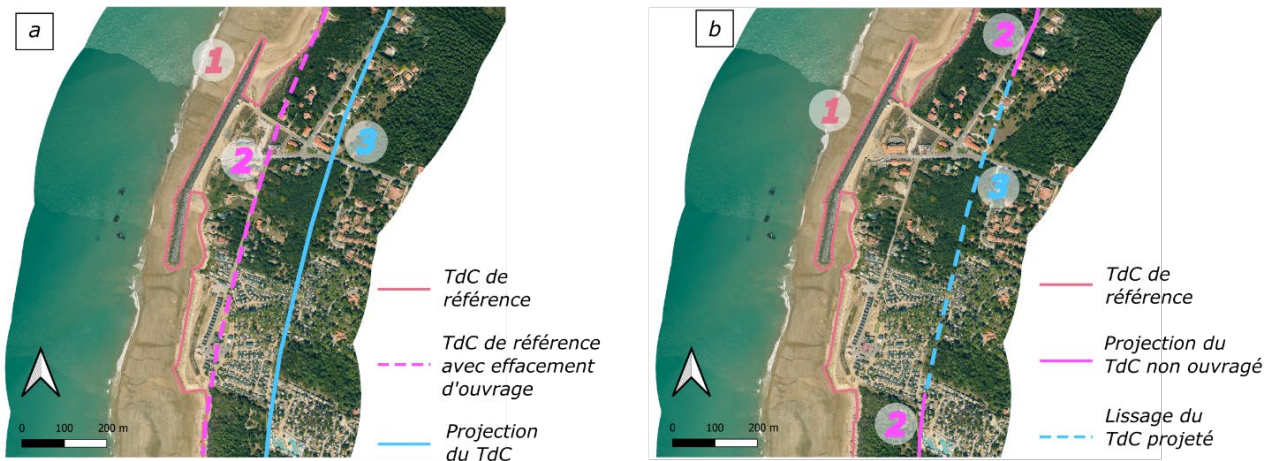


Figure 19 - Méthode pour la projection du trait de côte dans le cadre d'une hypothèse d'effacement d'un ouvrage : à partir d'un trait de côte de référence sans ouvrage (a) ou en joignant les extrémités du trait de côte projeté sur la partie non ouvragé (b)

La non-pérennité des actions de gestion de sédiments peut être prise en compte de la même manière, au travers de la réalisation d'un trait de côte de référence sans action, ou d'un réaligement entre les secteurs non gérés.

L'effacement d'un ouvrage dans la cartographie du trait de côte de référence ne représente *a priori* pas de difficulté technique particulière lorsque l'ouvrage considéré est de forme régulière et/ou de faible envergure. L'opération peut néanmoins s'avérer plus complexe dans le cas d'ouvrages d'envergure suivant un littoral découpé, et nécessiter alors une analyse dédiée.

Le tableau présenté en annexe 3 liste un ensemble de jeux de données de traits de côte historiques et de traits de côte de référence exploités dans la littérature pour réaliser des projections de la position du trait de côte en Nouvelle-Aquitaine. En fonction notamment de leur emprise spatiale, ces jeux de données peuvent être utilisés pour cartographier la position du trait de côte à horizon + 30 ans et + 100 ans. Il est toutefois recommandé, notamment pour les études les plus anciennes, de les compléter par des traits de côte historiques récents, en s'assurant que les mêmes marqueurs de position du trait de côte soient utilisés dans les comparaisons.

4.2. PARAMETRES D'EVOLUTION DU TRAIT DE COTE

Cette partie détaille les éléments techniques permettant d'identifier les secteurs homogènes (cellules hydrosédimentaires, processus dominants), et à titre de comparaison recense dans la bibliographie, pour chaque environnement côtier, les taux d'évolution moyens annuels et les reculs liés à un évènement majeur.

4.2.1. Cellules hydrosédimentaires

Le littoral fonctionne à la manière d'un système ouvert, dont l'équilibre dynamique dépend des échanges d'énergie et des transferts de sédiments au sein même de ce système, ainsi qu'à ses frontières continentales et océaniques (MEEDM, 2010). Ces flux de matière s'opèrent à différentes échelles de temps et d'espace. Ils déterminent le bilan sédimentaire global de la bande littorale et, avec lui, sa dynamique d'évolution. En pratique, il est possible de découper le littoral en une succession de compartiments, appelées aussi cellules hydrosédimentaires, au sein desquels les circulations sédimentaires s'effectuent de manière autonome vis-à-vis de ses voisines (BRGM et ONF, 2018).

Les frontières latérales de ces cellules hydrosédimentaires peuvent être d'origine naturelle (changement d'orientation de la côte, cap rocheux, embouchure, etc.) ou anthropique (ouvrages côtiers, portuaires) et représentent, selon les cas, des barrières plus ou moins perméables aux transferts de sédiments intervenant d'une cellule à une autre. Une importante avancée sur la mer (type cap rocheux ou jetée) bloque dans leur quasi-totalité le passage des sédiments, quand d'autres limites plus fines, telles qu'un léger changement d'orientation de la côte, ne bloquent que partiellement les échanges. Ainsi les cellules sont qualifiées de système fermé, semi-fermé ou ouvert selon les niveaux de sédiments échangés avec les cellules adjacentes. Quant à la limite transversale (au large), elle peut s'apparenter à la limite d'action des vagues sur les profils de plage sous-marins appelée aussi profondeur de fermeture. Elle est généralement estimée entre 15 et 20 m de profondeur sur la côte aquitaine (Cerema, 2019a ; D'Anna et al., 2020).

Le bilan sédimentaire d'une cellule s'exprime au travers de la somme de ses flux entrant et sortant au cours d'une période donnée. Un bilan positif traduit une accrétion sédimentaire à l'échelle de la cellule, pouvant alors entraîner une avancée du trait de côte vers la mer. Inversement, un bilan négatif traduit un déficit de sédiments à l'échelle de la cellule qui, dans certains cas, peut se traduire par un recul de la position du trait de côte.

En règle générale, les pertes de sédiments d'une cellule hydrosédimentaire se produisent lors :

- de l'érosion de la plage et de la dune par la mer, lors des tempêtes. Les sédiments érodés sont alors transférés vers le large au-delà de la profondeur de fermeture ;
- de l'érosion éolienne des dunes, dans ce cas les sables sont transportés vers l'arrière-pays ;
- du transit des sables dans une cellule sédimentaire adjacente, sous l'action de la dérive littorale ou lors d'événements fortement énergétiques à l'origine de perturbations du transit sédimentaire.

Sur la côte sableuse de l'ex-Aquitaine, de la pointe de la Négade au Cap Saint-Martin, on dénombre 7 cellules hydrosédimentaires (BRGM et ONF, 2018). La Charente-Maritime comptabilise au total 10 cellules hydrosédimentaires (Schmitt *et al.*, 2023). Ces cellules sont elles-mêmes divisées en sous-cellules selon les mêmes critères (Figure 20).

Les éléments permettant de caractériser les cellules hydrosédimentaires et leurs subdivisions (BRGM et ONF, 2018) sont :

- le type de plage, selon une description des morphologies particulières du profil de plage ;
- le type de dune présent, et réactualisé sur les secteurs où cela a été nécessaire ;
- les types de contact plage/arrière-plage (plage/dune, plage/falaise, etc.) et leur évolution éventuelle. Ces descriptions géomorphologiques s'appuient essentiellement sur des images aériennes et sur les profils de plage perpendiculaires au trait de côte levés annuellement par l'OCNA ;

- l'évolution historique du trait de côte sur la cellule à différentes échelles de temps ;
- le scénario évolutif du système dune/plage et du trait de côte ;
- l'impact d'un événement majeur, en prenant comme source les reculs observés lors d'événements exceptionnels (exemple de l'hiver 2013/2014).

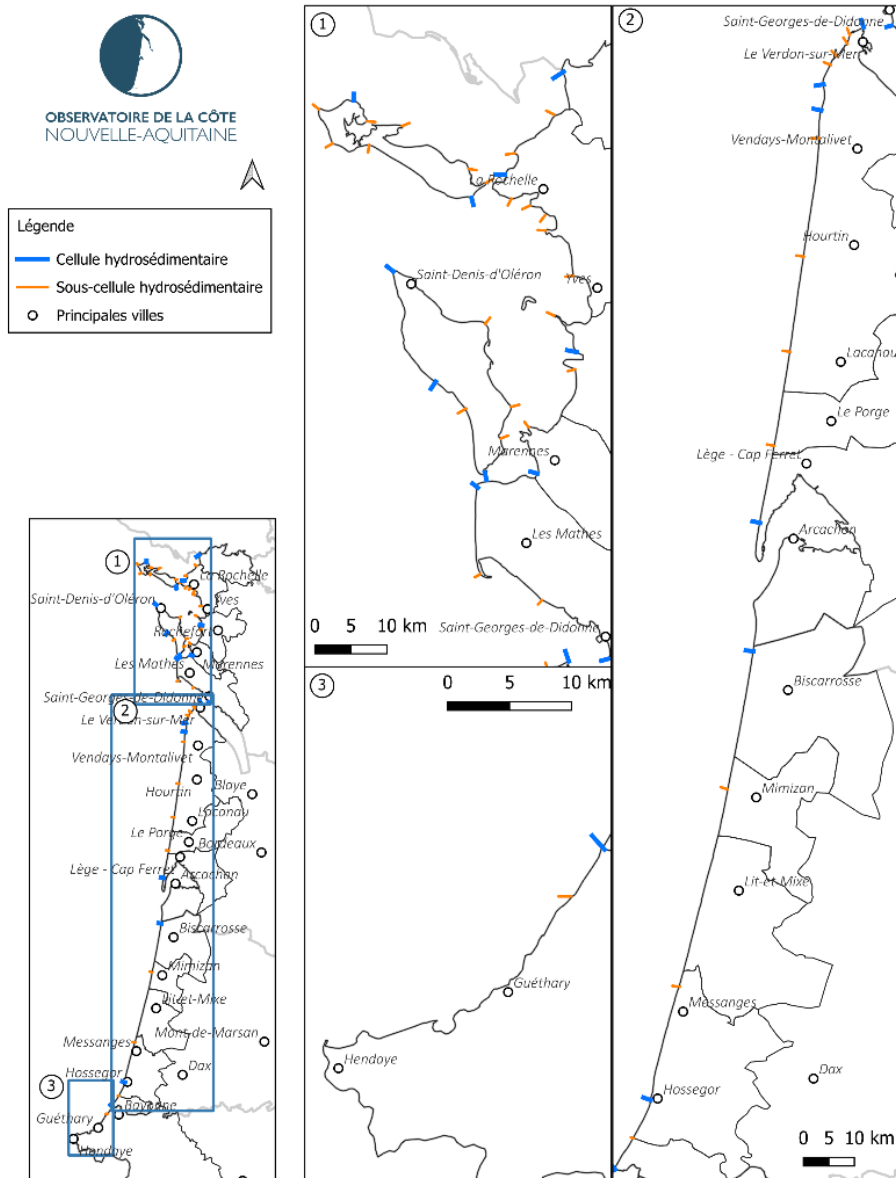


Figure 20 - Présentation des cellules hydrosédimentaires et des sous-cellules associées, à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

L'analyse des évolutions et les projections peuvent se réaliser à l'échelle des cellules hydrosédimentaires. À cette échelle, il est possible de suivre le fonctionnement sédimentaire au sein de la cellule et les processus qui l'influencent, tels que les forçages hydrodynamiques internes ou externes. Si besoin une segmentation plus fine peut être réalisée.

4.2.2. Processus dominants sur les côtes de Nouvelle-Aquitaine : notion de linéarité

Le document national préconise de s'intéresser aux évolutions non-linéaires et linéaires du littoral.

D'un point de vue strictement mathématique, sur une période donnée, l'évolution d'un phénomène peut être définie comme linéaire, si elle conserve une stricte proportionnalité dans le temps. Sur le littoral, la position du trait de côte dépend d'une multitude de facteurs physiques (nature du substrat, climat de houle, orientation, environnement, occupation du territoire etc.), si bien qu'il est difficile de traduire son évolution par une relation strictement proportionnelle avec le temps. À court terme (annuel), en raison de la variabilité saisonnière et des conditions hydrodynamiques, la position du trait de côte peut fluctuer rapidement, avec des avancées et des reculs, reflétant ainsi un comportement non linéaire. Néanmoins, sur des échelles de temps pluri-décennales voire séculaires, des facteurs peuvent prédominer par rapport à d'autres, pouvant entraîner des tendances linéaires d'évolution du trait de côte. Dans ce contexte, il est recommandé de mener les réflexions sur une telle linéarité, au travers des facteurs prédominants sur son évolution pour chaque secteur homogène en prenant en compte les horizons temporels des projections, à savoir +30 ans et +100 ans.

En Nouvelle-Aquitaine, les études réalisées sur l'ensemble du linéaire côtier montrent des phases d'avancée et de recul du trait de côte variables en fonction des périodes analysées.

Sur les côtes sableuses de Nouvelle-Aquitaine, l'analyse des positions du trait de côte observés sur des images aériennes montre que les tendances d'évolution à long terme sont principalement influencées par : 1) le climat des vagues régionales et 2) les forçages internes des estuaires (débit, quantité de sable mobilisé, etc.). Les forçages internes impactent principalement les zones d'embouchures et les portions allant de 10 à 20 km en aval de ces zones (Castelle *et al.*, 2022). Compte-tenu de l'épaisseur des sédiments sableux présents sur les littoraux de Gironde et des Landes, la variation de la nature du substratum est un facteur négligeable.

En Charente-Maritime, Chaumillon *et al.*, (2019) considèrent un troisième facteur impactant l'évolution du trait de côte : le contrôle géomorphologique lié à la nature de l'estran et de l'avant-côte (disponibilité sédimentaire, dissipation de l'énergie des vagues, etc.).

L'évolution des côtes rocheuses dépend d'une multitude de forçages aussi bien externes (vague, marée, précipitations) qu'internes (lithologie, fracturation, etc.). Toutefois, par rapport aux côtes sableuses, même si les vitesses de recul ne sont pas homogènes, les côtes rocheuses sont exclusivement en recul. La carte suivante (Figure 21) s'appuie sur les travaux de Bernon *et al.* (2016), Burvingt *et al.* (2022), Castelle *et al.* (2022), Chaumillon *et al.* (2019), et propose de distinguer les secteurs à évolution linéaire des secteurs à évolution non linéaire, sur la base des caractéristiques suivantes :

- fonctionnement linéaire : les littoraux qui enregistrent des reculs chroniques sur un temps suffisamment long et/ou qui sont dominés par des facteurs externes à la plage, liés aux conditions de vague au large.
- fonctionnement non-linéaire : les littoraux qui connaissent une importante variabilité de la position du trait de côte sur la période étudiée et/ou qui sont dominés par des facteurs internes au système plage (zones d'embouchure ou plage présentant des natures d'estran et d'avant-côte mixtes sédimentaire/rocheux).

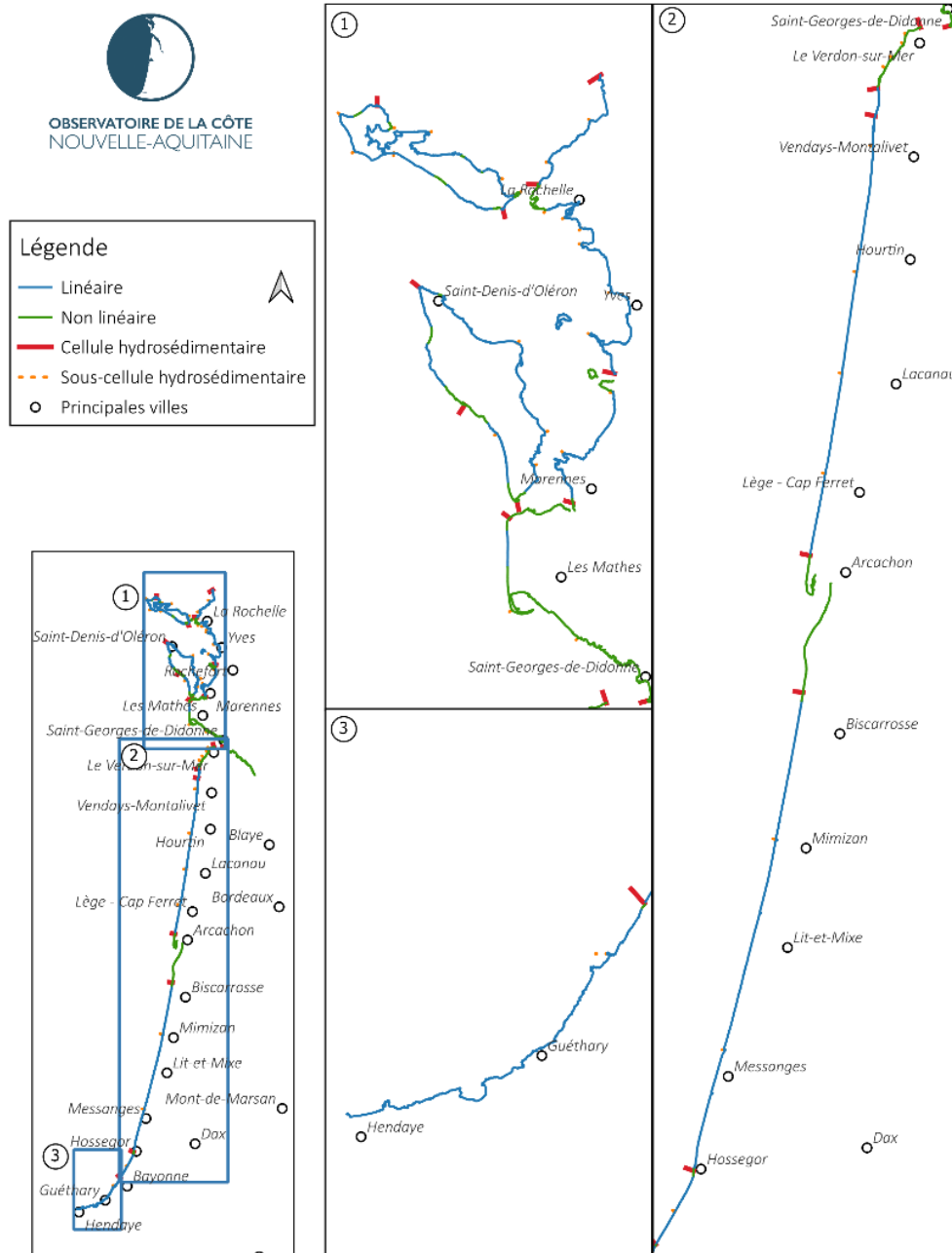


Figure 21 - Cartographie des littoraux linéaires et non-linéaires à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

La cartographie étant réalisée à l'échelle régionale, elle ne permet pas de prendre en compte les spécificités à l'échelle locale. **Cette identification doit être affinée lors de l'élaboration des cartes locales.**

4.2.3. Taux moyen de recul annuel (Tx)

Pour caractériser l'évolution de la position du trait de côte, l'approche classique consiste à analyser les tendances d'évolution passées issues des observations, en déduire un taux moyen de recul annuel (Tx) exprimé en $m.an^{-1}$ sur la période temporelle étudiée et de le projeter dans le futur.

Le Tx est généralement obtenu à partir d'une analyse statistique diachronique sur les positions historiques du trait de côte, qui s'appuie sur différentes lois statistiques regroupées dans le guide méthodologique de 2014 (DGPR, 2014). Cette méthode présente des limites notamment sur les zones d'embouchures ou sur les plages qui connaissent de nombreuses phases d'accrétion ou d'érosion. En effet, elle ne prend pas en compte les discontinuités de nature des estrans, les modifications locales (implantations d'ouvrages, rechargements) mises en place postérieurement aux traits de côte étudiés, l'apport en sédiments dans le milieu, etc. Néanmoins, elle permet de fournir des informations de tendances d'évolution sur la totalité des environnements côtiers et apportent ainsi des éléments utiles au "dire d'expert". De plus, cette méthode présente l'avantage de se révéler fiable sur les environnements sableux dont l'évolution est linéaire (Bernon *et al.*, 2016). Il reste nécessaire de disposer de traits de côte sur plusieurs dizaines d'années passées pour réaliser une projection dans le futur et dans des conditions environnementales considérées comme invariantes dans le temps.

Ce paramètre usuellement utilisé a été détaillé dans de nombreux documents réglementaires (PPRL) ou pour des projections réalisées dans le cadre des SLGBC de la Nouvelle-Aquitaine. L'annexe 2 regroupe une analyse comparative de toutes les études qui ont permis de caractériser un Tx dans la projection du trait de côte. Les principaux résultats, donnés à titre indicatif sur la période 1985-2014, montrent :

- qu'en Charente-Maritime, à partir des données existantes, le Tx évolue entre -0,5 m/an sur les côtes rocheuses et -15 m/an sur les côtes sableuses telles que la Pointe de Gatseau au sud de l'île d'Oléron (Bernon, 2021) (Figure 22-1) ;
- qu'en Gironde et dans les Landes, les taux d'évolution des côtes sableuses ont été regroupés dans le travail de la projection du trait de côte à horizon 2050 de Bernon et al. (2016). Ainsi, le taux moyen de recul annuel varie en moyenne entre 2,5 m/an en Gironde et 1,7 m/an dans les Landes, avec une forte variabilité spatiale, notamment dans les zones d'embouchure (Figure 22-2) ;
- que dans les Pyrénées-Atlantiques, la côte essentiellement rocheuse, présente des taux de recul annuels plus modérés que la côte sableuse. En moyenne le recul chronique de la côte basque est de 0,25 m/an (Bernon et al., 2016) (Figure 22-3).

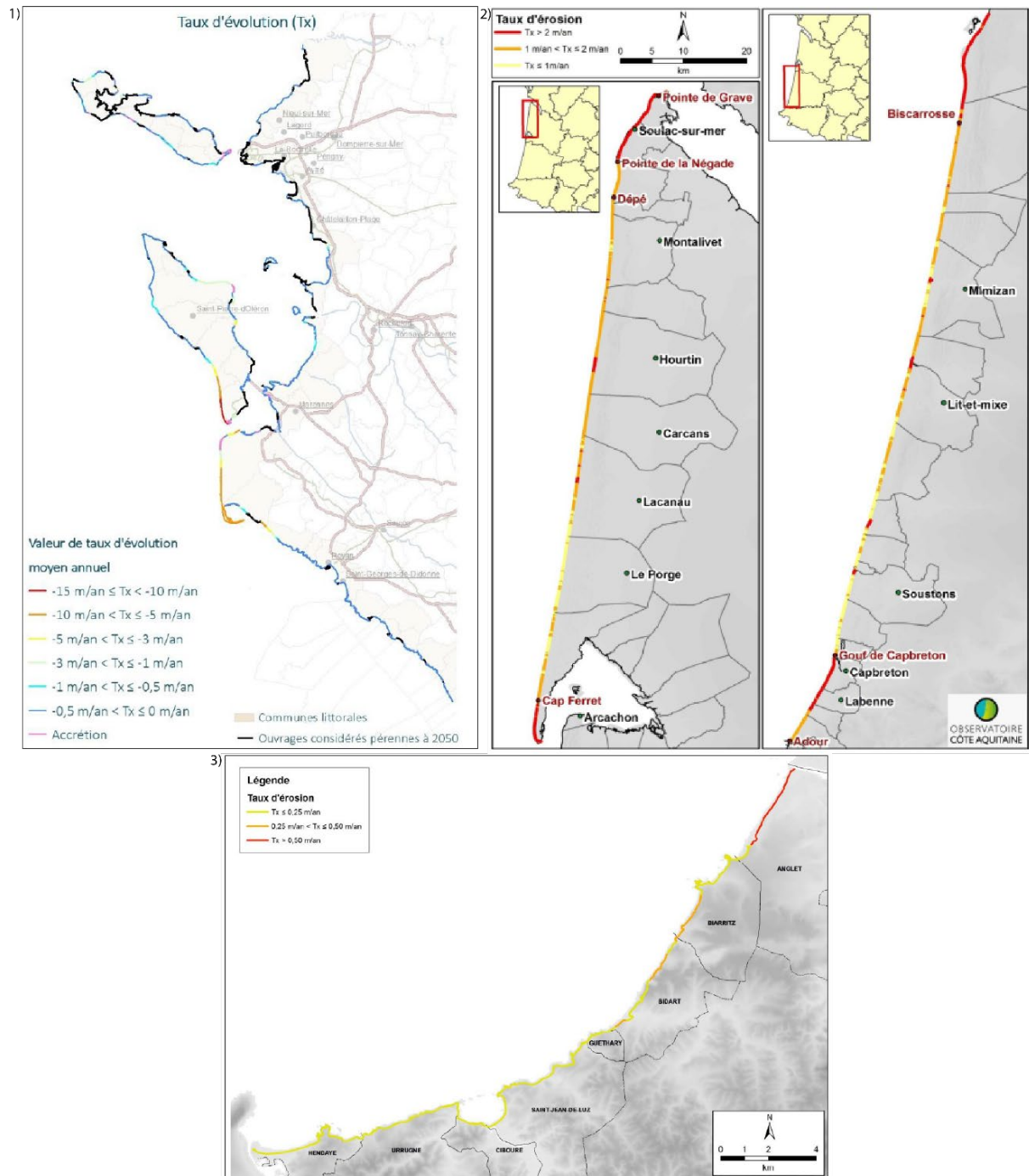


Figure 22 - 1) Valeurs du taux d'évolution moyen annuel, issue de l'analyse des études existantes sur le département de la Charente-Maritime (Bernon, 2021) et 2) et 3) valeur du Tx respectivement pour les départements de Gironde/Landes et les Pyrénées-Atlantiques, les taux sont déterminés à partir de 9 traits de côte au cours de la période 1985-2014 (Bernon et al., 2016)

Le recul des côtes rocheuses est lié à des événements brutaux et soudains, qui dépendent fortement de la nature géologique et des configurations des versants et falaises en présence. Ce recul se manifeste généralement par des mouvements de terrain localisés et irréversibles. A long terme, le taux moyen de recul annuel n'est pas forcément un bon indicateur des tendances d'évolutions des côtes rocheuses. Pour ces raisons, il est proposé pour les côtes rocheuses de s'appuyer sur des reculs unitaires et de les propager dans le temps, afin d'aboutir aux projections du trait de côte (cf. §7.1.2).

Dans tous les cas, l'analyse diachronique ne peut être considérée comme la seule approche. **Il est nécessaire de replacer les tendances observées et/ou actualisées régulièrement dans le contexte du fonctionnement global du secteur étudié**, préalablement identifié lors de la phase bibliographique, et par secteurs homogènes.

4.2.4. Recul lié à un évènement majeur (Lmax)

Le taux de recul annuel moyen (T_x) est complété par un recul lié à un évènement majeur, appelé Lmax et exprimé en mètres. Ce recul consiste à prendre en compte l'effet des impacts des tempêtes ou de coups de mer sur le littoral. Ces impacts peuvent être compensés naturellement sur le long terme, d'où la nécessité de les prendre en compte à travers le Lmax dans l'étude des aléas.

Pour déterminer le Lmax, trois approches principales existent (Desmazes *et al.*, 2018) :

- s'appuyer sur des observations historiques quantifiées qui retranscrivent l'impact d'une tempête donnée sur le trait de côte ;
- en l'absence de données quantifiées, il est possible de compléter les informations collectées en utilisant des formules empiriques validées à partir d'observations terrain (par exemple : méthode FEMA, États-Unis ; DUROS, Pays-Bas) ;
- si le secteur d'étude est bien connu et particulièrement sensible, il est envisagé de s'appuyer sur des modèles numériques qui permettent de retranscrire les déplacements sableux lors d'évènements énergétiques.

Entre 2008 et 2024, l'analyse des conditions météo-marines témoigne de vents mesurés et de flux d'énergie des vagues cumulé lors de l'hiver 2013-2014, comme les plus intenses survenus au cours des 15 dernières années (Robinet et Bernon, 2024, Figure 23). Les hivers 2019-2020 et 2023-2024 sont également remarquables pour ces paramètres. Les impacts et les reculs de la position du trait de côte, engendrés par cette succession de tempêtes entre décembre 2013 et mars 2014, ont été étudiés et documentés par l'Observatoire de la côte de Nouvelle-Aquitaine (Bulteau *et al.*, 2014).

Compte tenu de ces observations, les données de l'hiver 2013/2014 restent à la date de rédaction du présent rapport, des valeurs de référence en termes de recul lié à un évènement majeur.

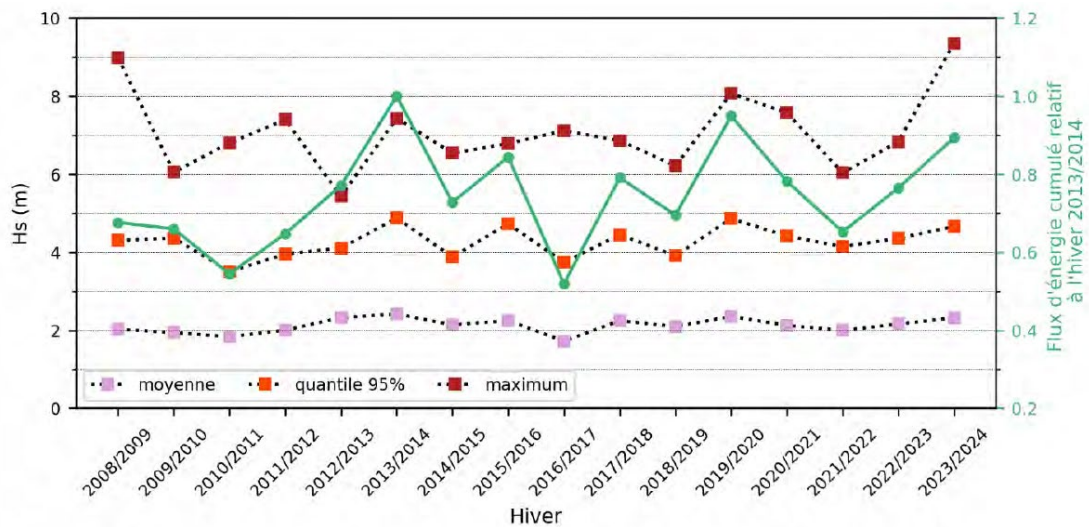


Figure 23 - Moyenne, quantile 95% et maximum des valeurs de Hs et flux d'énergie des vagues cumulé, calculés pour chaque hiver (du 1^{er} octobre de l'année N au 30 avril de l'année N+1), depuis l'hiver 2008-2009, au niveau de la bouée Cap Ferret (Robinet et Bernon 2024)

Le Tableau 1 regroupe les valeurs des Lmax considérées dans les études pour chaque département et environnement côtiers. Ces valeurs sont données à titre indicatif et peuvent varier en fonction des territoires et de l'échelle d'étude. **Il revient au prestataire d'adapter et d'actualiser ces valeurs en fonction de la connaissance du site étudié.**

Région	Environnement côtier	Lmax [m]	Source
Charente-Maritime	Côte rocheuse	5m	Bernon, 2021
	Côte sableuse (cordon sableux et de galet)	Entre 5 et 7 m	Bernon, 2021
	Côte sableuse (dune littorale)	Entre 10 et 50 m	Bernon, 2021
	Marais maritime	2 m	Bernon, 2021
Gironde	Côte sableuse (cordon dunaire)	En moyenne 20 m pouvant atteindre 30 à 40 m	Bulteau <i>et al.</i> , 2014
Landes	Côte sableuse (cordon dunaire)	Entre 10 à 15 m pouvant atteindre 25 m	Bulteau <i>et al.</i> , 2014
Pyrénées-Atlantiques	Côte rocheuse	5 m et 10 m en fonction des tronçons homogènes	Nedellec <i>et al.</i> , 2005

Tableau 1 - Valeurs des Lmax recensées dans la littérature

En complément des observations historiques, des modèles numériques, tels que XBeach (Roelvink *et al.*, 2009), permettent de reproduire des processus complexes intervenant dans la zone littorale. XBeach permet de reproduire les composantes parallèles et perpendiculaires à la côte des phénomènes hydrosédimentaires lors des tempêtes.

Ainsi, en l'absence d'observations historiques sur des reculs en lien avec des événements majeurs, il est proposé d'utiliser les conditions hydrodynamiques d'un événement théorique, de propager cet événement à terre, et d'appuyer le « dire d'expert » sur la caractérisation du Lmax à partir du modèle XBeach (Desmazes *et al.*, 2015).

4.3. LIEN ENTRE ALEA "RECU DU TRAIT DE COTE" ET ALEA "SUBMERSION MARINE"

Le document national dans la partie 3.3.b, indique que « *lors de violentes tempêtes, les zones basses situées en arrière littoral peuvent être inondées sous l'effet de la surcote de tempête, de l'apport d'eau par franchissement des paquets de mer et de brèches. On parle alors de **submersions marines*** », à ne pas confondre avec « *l'envahissement par la mer des zones basses* » qui correspond à « *l'inondation progressive puis permanente des zones basses par la simple élévation du niveau marin* ».

De plus le document national rappelle que « *les submersions marines générées par des événements extrêmes ne sont pas à prendre dans la carte locale d'exposition au recul du trait de côte. En revanche, les phénomènes de recul liés à ces événements extrêmes sont à prendre en compte dans la carte locale.* »

En Nouvelle-Aquitaine, et plus précisément en Charente-Maritime, submersion marine et érosion peuvent être étroitement liés. A titre d'exemple, en Charente-Maritime (Bernon, 2021), les secteurs au droit du trait de côte ont été distingués en trois catégories :

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

Les points clés à retenir

- Le fonctionnement hydrosédimentaire du site étudié est à analyser avant de réaliser les projections ; il peut s'appuyer sur une analyse diachronique des positions historiques du trait de côte.
- Le découpage du littoral néo-aquitain en cellules hydrosédimentaires et en secteurs d'évolution linéaire/non linéaire exploitables permet d'appuyer la réflexion dans la caractérisation des secteurs homogènes.
- Les traits de côte historiques issus de l'OCNA, des SLGBC, des observatoires locaux, des organismes de recherche, etc., peuvent être utilisés. Si nécessaire, il est proposé de les étoffer par des traits de côte historiques supplémentaires.
- Le taux d'évolution annuel moyen (Tx) sur une période temporelle déterminée, peut être évalué à partir d'une analyse diachronique des positions historiques du trait de côte.
- Le recul lié à un événement majeur (Lmax) peut être déterminé à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine à partir des observations historiques de la saison hivernale 2013-2014.
- Conformément à la loi Climat et Résilience et au document national : « *Les submersions marines générées par des événements extrêmes ne sont pas à prendre dans la carte locale d'exposition au recul du trait de côte* ».

5. Evaluation des conséquences du changement climatique

Une revue bibliographique récente de l'impact du changement climatique, pour chacune des variables environnementales liées à la dynamique d'évolution des espaces littoraux, est fournie en annexe du présent rapport (Annexe 4). Une synthèse de cette connaissance et les enseignements opérationnels qui en ressortent pour la présente étude sont exposés dans ce chapitre.

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

Deux périodes distinctes peuvent être considérées (Le Cozannet *et al.*, 2016) :

- une première période, jusqu'au milieu du 21^{ème} siècle, pendant laquelle la variabilité climatique peut provoquer des changements dans les régimes de vents, vagues et tempêtes actuels, qui continueront à provoquer des effets notables sur le littoral ;
- une seconde période pendant laquelle l'élévation du niveau de la mer, de par son ampleur, s'ajoutera significativement aux autres paramètres hydrométéorologiques.

Quoi qu'il en soit, en ce qui concerne le trait de côte, l'élévation du niveau de la mer favorisera l'érosion côtière et le recul du trait de côte, et en particulier des côtes sableuses et des zones basses (Bernon *et al.*, 2024). 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 de non-atteinte des objectifs des politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (ou de limitation du réchauffement global).

Néanmoins, les éléments de connaissance exposés en Annexe 4 ont montré que de nombreuses interrogations subsistent avec les changements des forçages océanographiques, météorologiques et continentaux, au-delà de la seule élévation du niveau marin. Les évolutions futures de ces variables sont susceptibles d'impacter les dynamiques des différents environnements côtiers : côtes à falaises, plages de poches et marais maritimes notamment. Il convient donc de rappeler que l'évolution future du linéaire côtier sera soumise à de nouvelles conditions environnementales dans les prochaines décennies, en particulier l'élévation du niveau marin, qui amplifieront les aléas littoraux.

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. D'après Amann *et al.*, 2023, dans l'exemple de la baie de l'Aiguillon, Il est possible que les taux de sédimentation positifs dans les secteurs limono-vaseux suivent l'élévation du niveau marin. Dans le cas contraire, une maritimisation du milieu est attendue, avec un recul du trait de côte significatif au droit des zones de faible altitude.

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

5.1. ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER

5.1.1. Rappels des recommandations nationales

La partie 3 du document national dédiée à l'influence du changement climatique indique : « *L'une des conséquences du changement climatique, l'élévation du niveau de la mer, affecte directement et durablement le phénomène du recul du trait de côte.* ». Dans la partie 4.4 c, il est recommandé, pour les valeurs de l'élévation du niveau marin, « *soit de prendre les projections locales basées sur les scénarios climatiques SSP2-4.5 pour le scénario médian, et SSP5-8.5 pour le scénario sécuritaire ou soit sur les valeurs par défaut suivantes :*

- à l'horizon 30 ans, la valeur a minima de +20 cm pour les scénarios « médian » et « sécuritaire » ;
- à l'horizon 100 ans, la valeur a minima de +60 cm pour le scénario « médian » et la valeur a minima +100 cm, pour le scénario « sécuritaire » ».

Les scénarios climatiques RCP et SSP considérés dans ce rapport et servant de base aux travaux du groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, ou IPCC en anglais pour Intergovernmental Panel on Climate Change) sont détaillés dans la fiche 3.1 du document national (Collectif BRGM/Cerema, 2022). La fiche 3.2 détaille : « *les projections régionalisées et la prise en compte des mouvements verticaux du sol* » les sources de données mobilisables pour évaluer les mouvements verticaux du sol. La fiche 3.3 indique quant à elle les outils en ligne disponibles pour obtenir les valeurs d'élévation du niveau marin régionalisées.

Ces informations restent la référence en matière de scénarios d'élévation du niveau marin actuellement accessibles, et à utiliser dans le cadre de l'élaboration des cartes locales d'exposition au recul du trait de côte. Il conviendra toutefois d'envisager les valeurs d'élévation future du niveau marin, notamment associées à la trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique¹², dès lors qu'elles seront disponibles.

¹² <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/document-reference-TRACC.pdf>

5.1.2. Elévation du niveau de la mer et des mouvements verticaux du sol en Nouvelle-Aquitaine

A l'échéance 2050, les valeurs de l'élévation du niveau marin sont comparables quelles que soient les trajectoires SSP considérées. Au cours de la seconde moitié du siècle et au-delà, les écarts entre les différents scénarios augmentent.

Conformément au document de recommandations national (Collectif (BRGM/Cerema), 2022), il est proposé « *de prendre les projections locales basées sur les scénarios climatiques SSP2-4.5 pour le scénario médian, et SSP5-8.5 pour le scénario sécuritaire* ». Ces projections sont disponibles¹³ pour les localités de La Rochelle-La Pallice, Port-Bloc (Le Verdon-sur-Mer), Boucau (Bayonne) et Socoa (Saint-Jean-de-Luz) (Tableau 2). Les 17^{ème} et 83^{ème} quantiles détaillés dans le tableau, correspondent aux bornes de l'intervalle "likely-range" tel que définies par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (AR6, Colley et al., 2022).

Site	Scenario	Quantile	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2150
La Rochelle	ssp245	17	0,02	0,043	0,072	0,11	0,154	0,192	0,233	0,268	0,319	0,31	0,343	0,375	0,407	0,436
La Rochelle	ssp245	50	0,056	0,095	0,135	0,193	0,251	0,311	0,376	0,433	0,498	0,542	0,605	0,666	0,728	0,786
La Rochelle	ssp245	83	0,094	0,151	0,206	0,289	0,37	0,461	0,562	0,656	0,748	0,855	0,96	1,063	1,167	1,268
La Rochelle	ssp585	17	0,02	0,045	0,089	0,136	0,181	0,235	0,301	0,396	0,477	0,466	0,531	0,593	0,653	0,707
La Rochelle	ssp585	50	0,052	0,093	0,147	0,214	0,283	0,366	0,462	0,573	0,694	0,758	0,863	0,966	1,064	1,157
La Rochelle	ssp585	83	0,086	0,146	0,217	0,31	0,413	0,536	0,674	0,824	1,001	1,156	1,32	1,481	1,641	1,793
Boucau	ssp245	17	0,017	0,038	0,065	0,103	0,145	0,182	0,22	0,254	0,304	0,297	0,329	0,362	0,391	0,421
Boucau	ssp245	50	0,055	0,093	0,131	0,19	0,248	0,309	0,372	0,429	0,494	0,54	0,603	0,665	0,726	0,786
Boucau	ssp245	83	0,095	0,153	0,208	0,291	0,373	0,465	0,566	0,66	0,753	0,863	0,967	1,072	1,176	1,28
Boucau	ssp585	17	0,018	0,042	0,083	0,128	0,173	0,227	0,292	0,388	0,47	0,46	0,527	0,589	0,647	0,702
Boucau	ssp585	50	0,051	0,091	0,145	0,212	0,28	0,365	0,461	0,574	0,696	0,762	0,871	0,974	1,072	1,166
Boucau	ssp585	83	0,086	0,147	0,219	0,314	0,417	0,542	0,682	0,834	1,012	1,17	1,337	1,5	1,66	1,816
Socoa	ssp245	17	0,018	0,04	0,067	0,105	0,147	0,186	0,225	0,259	0,31	0,303	0,336	0,368	0,399	0,429
Socoa	ssp245	50	0,056	0,094	0,133	0,193	0,25	0,312	0,375	0,433	0,499	0,546	0,609	0,672	0,734	0,795
Socoa	ssp245	83	0,095	0,154	0,209	0,293	0,375	0,468	0,569	0,664	0,756	0,867	0,973	1,078	1,183	1,286
Socoa	ssp585	17	0,018	0,043	0,085	0,13	0,176	0,231	0,297	0,393	0,477	0,467	0,534	0,597	0,656	0,712
Socoa	ssp585	50	0,051	0,094	0,146	0,215	0,283	0,369	0,466	0,579	0,702	0,768	0,877	0,982	1,08	1,175
Socoa	ssp585	83	0,086	0,148	0,22	0,315	0,419	0,545	0,686	0,838	1,016	1,175	1,342	1,507	1,667	1,822
Port Bloc	ssp245	17	0,02	0,044	0,073	0,112	0,156	0,196	0,236	0,272	0,323	0,316	0,35	0,383	0,416	0,446
Port Bloc	ssp245	50	0,057	0,097	0,138	0,196	0,256	0,317	0,382	0,442	0,507	0,553	0,616	0,679	0,742	0,801
Port Bloc	ssp245	83	0,096	0,155	0,211	0,295	0,377	0,47	0,571	0,667	0,761	0,87	0,975	1,081	1,186	1,288
Port Bloc	ssp585	17	0,021	0,047	0,091	0,138	0,183	0,239	0,305	0,401	0,484	0,474	0,54	0,604	0,664	0,718
Port Bloc	ssp585	50	0,053	0,096	0,15	0,218	0,288	0,372	0,47	0,582	0,704	0,77	0,877	0,981	1,08	1,173
Port Bloc	ssp585	83	0,088	0,149	0,222	0,317	0,42	0,545	0,685	0,837	1,016	1,172	1,339	1,501	1,662	1,815

Tableau 2 - Projections en mètres des valeurs d'élévation du niveau marin au droit de La Rochelle-La Pallice, Port-Bloc (Le Verdon-sur-Mer), Boucau (Bayonne) et Socoa (Saint-Jean-de-Luz), selon les trajectoires SSP2-4.5 et SSP5-8.5, par rapport à la période de référence 1995-2014 (Fox-Kemper et al., 2021; Garner et al., (in prep), Garner et al., 2021), d'après <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>. À noter que les valeurs affichées dans le tableau correspondent à l'élévation du niveau marin sans prise en compte des mouvements verticaux du sol.

Concernant les mouvements verticaux du sol (cf. Annexe 4), il est recommandé en première approche d'analyser à l'échelle locale les mouvements verticaux du sol (suivant les ressources disponibles cf. §2.3.2). Ainsi, et conformément au document national détaillé dans la fiche 3.2, « *localement, et lorsque des observations sont disponibles [...], des projections peuvent ainsi être effectuées en extrapolant les taux mesures sur la période considérée.* ».

¹³ <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

5.2. MODELES D'IMPACTS EXISTANTS POUR LA NOUVELLE-AQUITAINE

Le document national, dans les fiches 3.4. et 3.5., donne des éléments de compréhension respectivement pour « *le modèle d'impact du niveau de la mer sur le trait de côte : recommandations pour l'utilisation de la règle d'érosion de Bruun* » et pour « *la mise en œuvre de la règle de Bruun pour la réalisation de projections probabilistes d'évolution du trait de côte* ».

De plus, la partie 3.3.a. qui permet de traiter les « *relations entre élévation du niveau de la mer et recul du trait de côte* » recommande pour les côtes sableuses de « *tester l'approche de la Loi de Bruun, dans une mise en œuvre probabiliste, qui intègre les intervalles d'incertitudes des différents paramètres utilisés.* » et pour les autres types de côtes de réaliser « *une approche générique* ». Enfin la partie 3.4., traite de la prise en compte des autres processus météo-marins (autre que l'élévation du niveau de la mer).

Ces éléments constituent un prérequis pour les compléments apportés dans la suite de ce présent chapitre.

A l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, la revue bibliographique a mis en évidence que **l'élévation du niveau de la mer constitue le paramètre ayant l'impact le plus significatif et durable** sur les environnements sableux et les zones basses. En revanche, pour les environnements rocheux, la prédominance de ce paramètre est moins établie.

Pour les environnements sableux linéaires de Nouvelle-Aquitaine, caractérisés par un vaste système dune/plage avec un large espace naturel de résilience tel que les Landes, Castelle *et al.*, 2022 recommande d'utiliser la loi de Bruun. Dans le cadre de la loi de Bruun (détaillée dans la fiche 3.4 du document national), pour la Nouvelle-Aquitaine, la profondeur de fermeture peut s'appuyer sur l'isobathe comprise entre 14 m et 20 mNGF (Cerema, 2019b, Casagec, 2022 et D'Anna *et al.*, 2020).

Bien qu'aucune méthode ne soit adoptée de façon unanime par la communauté scientifique (Cooper *et al.*, 2004), conformément au document national **la loi de Bruun, « dans une mise en œuvre probabiliste », est suggérée comme méthode pertinente pour évaluer l'impact du changement climatique sur ces environnements sableux à évolution pluridécennale linéaire.**

Pour **les zones basses pouvant subir un envahissement par la mer**, les recommandations du document national sont rappelées à savoir qu'« *il est recommandé d'identifier les zones dont l'altitude est inférieure à l'élévation du niveau de la mer attendu.* » à l'horizon temporel considéré.

Enfin pour les **milieux littoraux dont l'évolution n'est pas linéaire ou pour les côtes rocheuses**, il est proposé de réaliser une analyse au cas par cas, en fonction de la connaissance du site pour déterminer les paramètres à considérer pour intégrer les effets du changement climatique dans la dynamique d'évolution de cet environnement littoral.

Pour les côtes rocheuses, cette analyse peut s'appuyer sur la méthode des reculs unitaires développés dans la partie 7 (cf. 7.1.2).

Pour les milieux sableux évoluant généralement de manière non linéaire, si aucun modèle de fonctionnement local existe, l'approche générique peut être envisagée qui conformément au document national : « *recommande de mettre en œuvre une phase d'expertise visant à pondérer les vitesses d'évolutions en fonction de l'évolution possible des forçages influencés par le niveau de la mer* ». Par exemple, comme ça a été le cas pour la méthodologie développée sur la

commune de Biscarrosse (ARTELIA, 2024) représentative d'un linéaire sableux, la loi de Bruun peut être appliquée en première approche mais elle doit nécessairement être analysée et pondérée à « dire d'expert », au regard des évolutions passées, de la connaissance du fonctionnement hydrosédimentaire du milieu et des hypothèses de travail retenues.

Les points clés à retenir :

- Le changement climatique impacte différents paramètres physiques qui influencent le recul du trait de côte tels que l'élévation du niveau de la mer, le régime de houle, la marée, les régimes de précipitation et de sécheresse, et les niveaux d'eaux souterraines.
- Pour l'élévation du niveau de la mer, facteur qui sera à terme prédominant dans l'évolution du littoral, il est recommandé en première approche de considérer les valeurs issues de l'AR6 du GIEC, soient des projections locales basées sur « *le scénario SSP2-4.5 pour le scénario « médian », et le SSP5-8.5 pour le scénario « sécuritaire »* », et fournies dans ce chapitre sur quatre localités de Nouvelle-Aquitaine (Tableau 2).
- Si l'état des connaissances le permet, les mouvements verticaux du sol doivent également être pris en compte dans les projections de l'élévation du niveau de la mer à l'échelle locale.
- Pour la prise en compte du changement climatique dans l'exercice de projection du trait de côte, il est proposé d'utiliser les méthodes suivantes :
 - environnement sableux et d'évolution linéaire : application de la règle de Bruun « *dans une mise en œuvre probabiliste* » ;
 - environnement sableux dont l'évolution est non linéaire : analyse au cas par cas. Par exemple application de la règle de Bruun en première approche, pondérée à dire d'expert en fonction de la connaissance du terrain ;
 - environnement rocheux : analyse au cas par cas en s'appuyant sur la connaissance du milieu, de sa dynamique d'évolution, et de sa sensibilité aux évolutions futures des variables qui régissent cette dynamique ;
 - zone basse : s'appuyer sur les projections de l'élévation du niveau de la mer dans l'identification des zones basses susceptibles d'être envahies par la mer.

6. Analyse des incertitudes

La fiche 2.7 du document de recommandation nationale propose trois cas théoriques comme cadre de gestion des incertitudes : « *cas 1 : Evaluation des intervalles d'incertitude, cas 2 : Approche probabiliste, et Approche experte, cas 3 : Approche extra-probabiliste* ».

La prise en compte des éléments de cette fiche, ainsi que ceux détaillés dans la partie 2.7 du document national, dédié aux incertitudes, constitue un prérequis pour les compléments apportés dans la suite de ce présent chapitre.

L'annexe 4 en lien avec ce chapitre, vise à proposer des éléments scientifiques et techniques, pour caractériser les incertitudes à chaque étape du processus de projection du trait de côte. Comme la totalité des éléments détaillés dans ce rapport, il s'agit d'orientations, non prescriptives, qui pourront être utilisées ou adaptées en fonction du contexte local étudié. À noter que si la méthode proposée dans le paragraphe qui suit n'est pas retenue, il est tout à fait envisageable d'appliquer une autre méthode, à condition que celle-ci soit bien explicitée et détaillée sur la base de la connaissance du fonctionnement hydrosédimentaire du site retenu.

Conformément aux recommandations nationales, « *lorsque les données disponibles sont* » en qualité et « *nombre suffisant, il est recommandé d'estimer les incertitudes par une approche probabiliste. Ce cadre présente l'intérêt de nuancer l'approche basée sur les intervalles en pondérant la vraisemblance des valeurs au sein de l'intervalle. Cette démarche permet de limiter les marges d'erreur. Cette approche exige cependant plus d'informations et de données que l'approche basée sur les intervalles pour établir les lois de probabilités qui décrivent les incertitudes.* » Il exige aussi une maîtrise des outils probabilistes et une mise en œuvre souvent plus longue.

Si l'approche probabiliste n'est pas réalisable, alors, conformément à la fiche 2.7 du document national, les incertitudes peuvent être appréciées à travers l'évaluation des intervalles d'incertitude. Une approche experte « *extra-probabiliste* » est également envisageable.

Le cas des intervalles d'incertitude propose de se « *baser sur des calculs d'intervalles définis à partir d'informations de type bornes min/max ou des scénarios optimistes/pessimistes* ». Ainsi, il est possible de travailler sur un ensemble d'hypothèses relatives à chaque paramètre (taux d'évolution, recul évènementiel, recul lié au changement climatique) permettant d'encadrer sa valeur dont « *le résultat prend alors la forme d'un intervalle dont la largeur peut être utilisée pour définir des marges d'erreur* ». À titre d'exemple, les bornes minimales et maximales peuvent s'appuyer sur les extremums des valeurs des paramètres précités. Si les informations et données à disposition le permettent, le calcul d'intervalle peut être nuancé en identifiant la valeur la plus vraisemblable, incluse dans un intervalle compris entre une borne minimale et une borne maximale. Cette valeur peut s'appuyer sur une analyse statistique, la réalité du terrain, ou des scénarios climatiques retenus.

Les points clés à retenir :

- Les incertitudes doivent être analysées à chaque étape du processus de projection du recul du trait de côte.
- Conformément au document national, si les données disponibles sont en qualité et nombre suffisants, il est recommandé d'estimer les incertitudes par une approche probabiliste.
- Si l'approche probabiliste n'est pas réalisable, l'évaluation des intervalles d'incertitudes ou l'approche extra-probabiliste peut être envisagée.

7. Principes de cartographie d'exposition au recul du trait de côte aux échéances +30 ans et +100 ans

Le document national dans le chapitre 4 détaille « *la méthodologie pour la cartographie de la projection du trait de côte* ». Le schéma suivant tiré du document national résume les étapes méthodologiques à prendre en compte pour la cartographie et la projection du trait de côte.

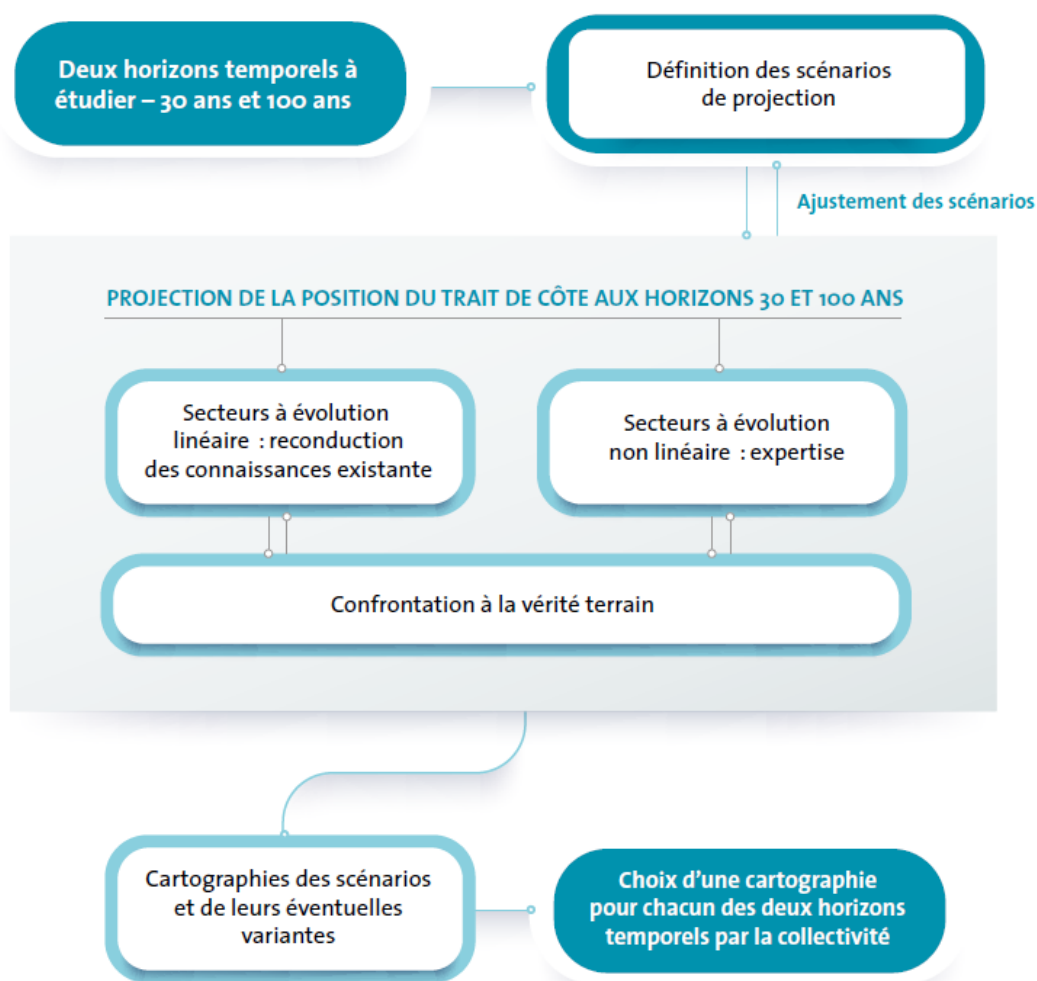


Figure 24 - Principe de l'organisation de la méthodologie pour la cartographie de la projection du trait de côte (extrait Collectif BRGM/Cerema, 2022)

De plus, deux types d'approche sont recommandés pour la projection du trait de côte : une approche dite « *classique* » et une approche « *experte* » pour les évolutions non-linéaires détaillées sous forme de fiche dans le document national (fiches 2.3, 2.4 et 2.5).

Pour rappel (cf. §4), le document national recommande de prendre en compte les scénarios « *médian* » et « *sécuritaire* ».

La lecture de ce chapitre et de ces fiches constitue un prérequis pour considérer les orientations complémentaires suivantes apportées dans le cadre de ce document régional.

Ainsi, dans la suite de cette section :

- pour la côte sableuse, les propositions formulées s'appuient sur celles du document de recommandations nationales (Collectif BRGM/Cerema, 2022) et le guide d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux (MEDDE, 2014) ;
- pour la côte rocheuse, une orientation complémentaire est proposée, relative au recul unitaire ;
- pour les zones basses, les éléments détaillés visent à approfondir les propositions formulées dans le document de recommandations nationales.

Conformément à la loi Climat et résilience, les projections sont réalisées aux horizons + 30 ans et + 100 ans à compter de l'année d'adoption de la cartographie et non par rapport à l'année du trait de côte de référence. Il convient donc d'ajouter les années séparant le trait de côte de référence retenu et l'année d'adoption de la cartographie aux horizons temporels de projection.

7.1.1. Côte sableuse

Pour les côtes sableuses dont l'évolution est considérée comme linéaire (cf. §4.2.2), la méthode proposée consiste à appliquer l'approche « *classique* » détaillée dans la section 4.4 du document national.

En résumé, à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, il est nécessaire de : 1) identifier des tronçons d'évolution homogène sur le linéaire d'étude, et d'y affecter un Tx harmonisé sur la base des résultats de l'analyse diachronique, 2) s'appuyer si possible sur une période d'observation équivalente à celle projetée et 3) prendre en compte l'ensemble des hypothèses de travail pour chaque scénario.

Ces hypothèses de travail visent à définir : la pérennité des actions de gestion des sédiments et des ouvrages, les évolutions hydrosédimentaires futures, l'impact du changement climatique et le choix du trait de côte de référence. La totalité de ces hypothèses justifie une validation en comité de pilotage avant la mise en œuvre de la méthode conduisant à projeter les traits de côte.

Enfin la projection consiste à propager le recul annuel (Tx) à l'horizon souhaité, à prendre en compte le recul lié à un événement majeur (Lmax) et à prendre en compte le recul associé au changement climatique.

Les méthodes mobilisables pour la détermination des valeurs du Lmax sont détaillées dans le §4.2.4 du présent document. Pour la prise en compte du changement climatique pour les côtes sableuses, il est recommandé d'utiliser la loi de Bruun, « *dans une mise en œuvre probabiliste* » (cf. 5.2), en prenant comme valeurs pour l'élévation du niveau marin les valeurs issues des scénarios climatiques « *SSP2-4.5 pour le scénario médian, et SSP5-8.5 pour le scénario sécuritaire* » (cf. 5.1.2).

Pour les côtes sableuses, dont l'évolution est considérée comme non linéaire (cf. §4.2.2), la méthode proposée consiste à appliquer l'approche « *experte* » détaillée dans la section 4.5 du document national.

En résumé, l'approche « *experte* » peut s'appuyer sur la possibilité : 1) d'adapter la période d'observation en prenant en compte des actions de lutte active dure ou souple, 2) de réduire la taille des secteurs homogènes, afin de tendre vers une évolution linéaire de la plage, 3) de découper la période prospective (30 et 100 ans) en périodes d'évolution homogène et 4)

d'adapter le Tx et le recul associé au changement climatique, au cas par cas à partir des hypothèses de travail.

La valeur du Lmax est principalement basée sur les observations historiques de l'hiver 2013/2014 (Bulteau *et al.*, 2014). Cette valeur pourra être adaptée en fonction de l'évolution des connaissances.

7.1.2. Côte rocheuse

La position du trait de côte sur les côtes rocheuses évolue exclusivement en recul. Pour rappel en Nouvelle-Aquitaine, le marqueur de la position du trait de côte pour les falaises correspond généralement au sommet de la falaise (ou tête d'escarpement), ou à la limite de végétation sur des falaises peu dynamiques. Ces reculs caractérisés essentiellement par des chutes de blocs ou des glissements de terrain sont par nature difficilement quantifiables d'un point de vue spatial et temporel. À l'exception de certaines côtes rocheuses (falaises de roches fortement indurées d'origine métamorphique ou plutonique, ou côtes sédimentaires fortement altérées et faillées) en Nouvelle-Aquitaine, les taux moyens de recul annuels ne traduisent pas le caractère brutal, ponctuel et soudain du recul lié à une chute de bloc ou un glissement de terrain.

Pour évaluer ces mouvements, l'idéal est de disposer d'observations précises, notamment du recul en tête de falaise, sur des événements de mouvements de terrain historiques. *A minima*, une connaissance fine des facteurs aggravants et déclenchants détaillés dans la partie §2.2.2 est nécessaire. De façon analogue aux côtes sableuses, un découpage du linéaire étudié en secteurs homogènes (d'un point de vue géologique et géotechniques) permet de déterminer précisément les hypothèses de travail pour chaque élément des 2 scénarios d'étude (« médian », « sécuritaire »).

Pour les projections de la position du trait de côte, deux méthodes peuvent être envisagées au cas par cas :

- la première, recommandée au niveau national, est détaillée dans le chapitre 4 et dans les fiches 2.3 et 2.4 du document national (Collectif BRGM/Cerema, 2022) ;
- la seconde approche vise à établir des scénarios de référence basés sur des aléas de référence (occurrence, intensité du recul en tête de falaise) et des périodes de référence associées (ex : 1 an, 5 ans, 30 ans, 100 ans). Cette approche peut donc s'appuyer sur un ou plusieurs reculs de référence pour bâtir les hypothèses de travail à retenir dans le cadre des scénarios de projection du trait de côte.

Cette seconde approche s'appuie sur la notion de recul unitaire de référence, noté par la suite Ru, qui est déterminé par rapport aux données historiques, et renvoie à un départ brutal de la côte rocheuse observée (Figure 25 ; Lévy *et al.*, in prep). Il convient d'identifier sur la période d'observation équivalente à celle de la projection (+30 ans ou +100 ans), la période de retour de cet événement de référence. Une fois la période de retour de l'événement identifiée, la méthode recommande de propager ce recul de référence en fonction de l'horizon étudié, par rapport au trait de côte de référence.

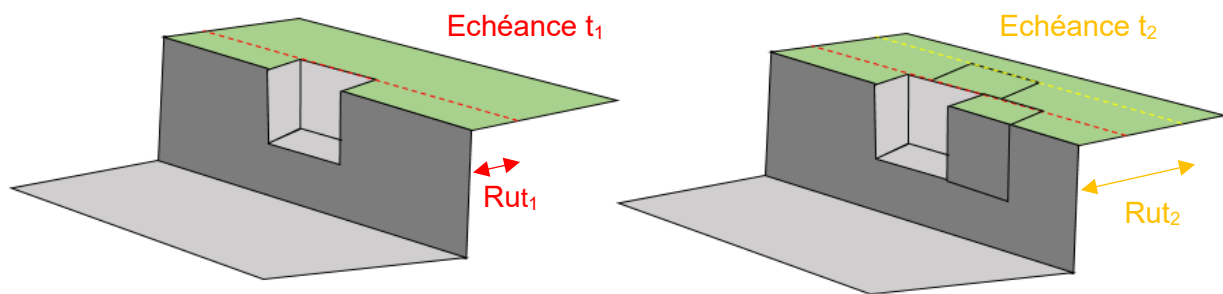


Figure 25 - Schéma conceptuel d'une falaise affectée par un évènement de recul unitaire et hypothèse de propagation à différentes échéances ; la probabilité et l'intensité de recul sont considérées identiques le long d'un secteur d'évolution homogène (adapté de Lévy et al., in prep)

En complément, une bonne connaissance de la configuration des falaises et des versants en présence peut permettre d'affiner l'estimation des reculs de référence et des secteurs homogènes. Par exemple, l'épaisseur de formations superficielles, ou le degré de fracturation d'un massif, sont des paramètres influençant les dynamiques de mouvements de terrain et les intensités de recul en tête d'escarpement à y associer. Selon les enjeux et le niveau de connaissance préalable, la mise en place d'un modèle géologique (intégrant par exemple la présence de discontinuités, l'épaisseur des formations géologiques, les variations lithologiques, les circulations d'eau, le niveau d'altération, etc.) peut aider à déterminer les facteurs permanents (ou très lentement variables) qui caractérisent la prédisposition et la susceptibilité du site aux instabilités, facilitant la définition des secteurs homogènes et des reculs unitaires associés.

Extrait d'un exemple d'application de la méthode basée sur le recul unitaire dans le Pays basque

Les trois paragraphes suivants sont extraits de l'étude de l'exposition du littoral de la Communauté de communes de Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances + 30 ans et + 100 ans (Bernon et al., 2024).

« Dans le cadre de la projection de la position du trait de côte rocheux du Pays basque, la méthode de caractérisation de l'aléa « recul du trait de côte » appliqué au contexte d'escarpement rocheux conduit à ne pas tenir compte d'une vitesse d'évolution moyenne annuelle, mais à se focaliser sur la notion de cycle d'érosion et du recul de la tête d'escarpement associé. Sur la base des connaissances disponibles, des reculs unitaires, correspondant au recul événementiel appliqué aux escarpements rocheux, ont été attribués pour chaque tronçon d'évolution homogène. Ces reculs intègrent ensuite les connaissances établies par un modèle géologique côtier, réalisé dans l'étude. Ces étapes conduisent à définir des valeurs de reculs cumulés de période de retour de l'ordre de 30 ans. Des hypothèses de propagation de reculs cumulés, pour les périodes prospectives de 2050 et 2120, ont alors été émises.

Plus précisément, dans la SLGRL¹⁴ de la CAPB¹⁵, les reculs unitaires R_u susceptibles d'affecter chaque tronçon homogène sont de 5 ou de 10 mètres, avec une période de référence estimée de l'ordre de 10 ans. L'hypothèse que ces reculs unitaires se produisent sur une période de 30 ans apparaît, en l'état des connaissances, plus réaliste, moyennant l'intégration plus détaillée du contexte géologique et géomorphologique en présence. L'hypothèse est faite qu'à la suite d'un recul unitaire, un recul supplémentaire de la tête de versant s'effectue de manière à retrouver une pente d'équilibre, notamment en présence de formations superficielles meubles. Ainsi, l'intensité de ce recul cumulé R_{c30} correspond à celle d'un recul unitaire R_{u30} , auquel s'ajoute un potentiel

¹⁴ Stratégie Locale de Gestion des Risques Littoraux

¹⁵ Communauté d'Agglomération du Pays basque

recul proportionnel au Ru30, selon l'épaisseur des formations superficielles, et du scénario médian ou sécuritaire considéré.

L'impact du changement climatique agit sur plusieurs agents dynamiques impliqués dans les processus de démantèlement des falaises (par définition, littorales). Pour l'essentiel, il s'agit des précipitations, des températures, des niveaux piézométriques des nappes dans les formations aquifères, et de l'élévation du niveau marin et les mouvements verticaux du sol. Par ailleurs, ces évolutions des conditions environnementales auront un impact variable en fonction des formations géologiques constitutives des falaises. En définitive, la prise en compte du changement climatique sur le littoral rocheux du Pays-Basque, est proposée au travers de l'application de reculs unitaires supplémentaires, suivant le scénario médian ou sécuritaire, et l'échéance de projection ».

7.1.3. Zones basses

Dans le cadre de ce document régional, la méthode des zones basses recommandée renvoie au contenu du document national (parties 3.3.b et 4.6.b). La section suivante vise à apporter des compléments pour la Nouvelle-Aquitaine.

En fonction de la présence et de l'état d'une digue ou d'un cordon sableux, les zones basses situées en arrière seront plus ou moins exposées à l'envahissement par la mer. Une bonne connaissance initiale du littoral est indispensable pour : 1) repérer les zones situées à l'arrière des cordons naturels présentant un bas niveau topographique, 2) recenser les zones actuelles soumises à l'envahissement par la mer et 3) identifier les ouvrages, leur fonction et leur gestion. À la suite de cette première étape, les hypothèses de travail seront élaborées pour chaque scénario de projection.

Si le cordon naturel présente un point topographique assez haut pour ne pas être impacté par l'élévation du niveau de la mer couplé avec des conditions marégraphiques défavorables, l'étude et la projection du trait de côte s'apparente à la méthode détaillée au §7.1.1.

Lorsque les ouvrages sont considérés comme non pérennes ou lorsque le cordon naturel est morphologiquement vulnérable au recul (topographie basse, étroitesse), les zones basses situées en arrière sont potentiellement exposées à l'envahissement par la mer. La méthode qui est proposée en première approche est une méthode statique. Elle implique :

- d'identifier les conditions de niveau d'eau maximales induites par la marée ;
- de les ajouter aux projections du niveau marin moyen (§5.1.2) ;
- de les ramener dans un référentiel vertical légal avec la topographie (IGN69-RAF20) ;
- de croiser le niveau total avec les données topographiques (Modèle Numérique de Terrain de référence - MNT).

En d'autres termes, une zone basse est potentiellement exposée à l'envahissement par la mer lorsque sa topographie est strictement inférieure au niveau d'eau. Celui-ci prend en compte l'élévation du niveau marin moyen induit par le changement climatique et le niveau des plus hautes eaux induit par la marée.

Cette méthode présente différentes limites. Elle néglige d'une part, la dynamique des écoulements et, d'autre part, une fois une zone basse soumise à l'envahissement par la mer identifiée, il reste à vérifier s'il existe une connexion directe (*i.e.* un chemin possible en surface) ou indirecte (ex : buses) de ces zones avec la mer, les courants ou les embouchures.

Sans prendre en compte ces connexions, la méthode décrite ici permet donc d'identifier toutes les zones basses soumises à l'envahissement par la mer, mais peut conduire à une surestimation de l'étendue du risque d'envahissement par la mer des zones basses.

La bonne connaissance des ouvrages est indispensable pour caractériser l'état des connexions hydrauliques ouvragées (clapets anti-retour, buses, canaux, etc.) et leur pérennité à long terme afin d'identifier les zones basses connectées exposées à l'envahissement par la mer.

8. Représentation cartographique

La représentation cartographique doit être suffisamment précise afin d'appuyer les décideurs et les acteurs publics en charge de l'élaboration des documents d'urbanisme. Le choix final de la représentation revient à la commune et à l'équipe projet en charge de la réalisation des projections à horizon + 30 ans et + 100 ans. Toutefois, **il est recommandé d'avoir une cohérence, à l'échelle des territoires adjacents au site d'étude, dans les choix et le style de la représentation cartographique**. Les éléments suivants sont des éléments méthodologiques servant à appuyer cette démarche.

Échelle de digitalisation et choix des fonds de carte

La cartographie doit permettre de traiter les enjeux concernés par l'application de la loi Climat et résilience. Les parties 4.7 et 4.8 du document de recommandations national développent les éléments de méthode respectivement pour la « *cartographie et choix des scénarios* » et pour « *la représentation cartographique* ». Il mentionne notamment que « *l'échelle de restitution des résultats pourra être de l'ordre du 1/10 000. Il pourra être envisagé des zooms au 1/5 000 au droit des secteurs à enjeux* ».

Une attention doit être apportée aux choix des fonds de cartes et aux éléments usuels d'une cartographie, pour cela il est conseillé de se rapporter à la partie 4.8 du document de recommandations national.

L'ensemble des cartographies doit être réalisé dans le système géodésique de référence. Pour la Nouvelle-Aquitaine, il correspond au système de coordonnées projetées RGF93/Lambert-93 (EPSG : 2154).

Représentation des hypothèses de travail

Toutes les hypothèses de travail nécessaires à la projection des traits de côte, ne peuvent pas être représentées cartographiquement, au risque d'alourdir la carte finale. Néanmoins, les choix sont à présenter aux décideurs. Par exemple, le trait de côte de référence (avec ou sans ouvrage) peut être représenté afin de mettre en avant le point initial des projections.

Par ailleurs, dans les zones à forts enjeux, la carte des ouvrages et actions de gestion des sédiments, issue de la BD Ouvrages de l'OCNA et/ou de bases de données locales, peut être affichée afin d'identifier clairement l'impact de la pérennité ou non de ces infrastructures et opérations dans les représentations cartographiques des traits de côte projetés.

Représentation des traits de côté projetés

Comme stipulé dans le document national : « *Les cartographies des scénarios de projection réalisées, accompagnées par les justifications techniques, permettront aux décideurs publics de disposer de l'ensemble des éléments pour définir, en lien avec l'équipe chargée des études, les zones exposées au recul du trait de côte aux deux horizons temporels à intégrer dans le document d'urbanisme.* ». Ces cartes intermédiaires représentent une aide à la décision pour la collectivité sur le choix final à retenir. Une fois le choix effectué, la cartographie finale « *doit permettre de bien visualiser les informations principales, à savoir le zonage pour les deux horizons temporels.* »

Enfin, le document national conseille « *l'ajout d'un cartouche résumant les principales hypothèses et orientations choisies pour aboutir aux zonages* ». Ce cartouche qui peut être complété par les limites d'utilisation et la référence du rapport associé, est vivement recommandé, dans le cas où l'utilisation de la carte serait dissociée du rapport explicatif.

Les points clés à retenir :

- De manière générale, les recommandations régionales se réfèrent à celles détaillées dans la partie 4.8 du document national ;
- Des cartes intermédiaires peuvent être réalisées, qui présentent les différents scénarios pour chaque horizon + 30 ans et + 100 ans et qui comprennent :
 - o la couche vecteur des ouvrages littoraux ;
 - o le trait de côte de référence (avec ou sans ouvrage) ;
 - o le trait de côte projeté pour le scénario « *médian* » ;
 - o le trait de côte projeté pour le scénario « *sécuritaire* ».
- Les cartes finales représentent les traits retenus pour les deux horizons temporels. En plus des deux zonages, cette carte pourra comprendre la couche vecteur des ouvrages littoraux et le trait de côte de référence ;
- Il est important de s'assurer de l'homogénéité de la représentation cartographique avec les communes voisines afin d'avoir une cohérence globale.
- Un cartouche résumant les hypothèses de travail, les limites d'utilisation avec un renvoi au rapport associé, peut être ajouté aux cartes.

9. Application à un cas concret : le site du Porge

Dans le but d'illustrer les éléments de méthodes proposés dans ce document, un exemple d'application de la méthode de cartographie de l'aléa recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans exposée dans ce document, est présenté dans cette partie. Après discussion avec le comité de pilotage, il a été décidé de retenir la commune du Porge (33). Conformément à la convention de la présente étude, cette commune ne fait partie d'aucune stratégie locale de gestion de la bande côtière au moment de la réalisation de ce document. Elle n'est par ailleurs pas inscrite au décret du 10 juin 2024, relatif à la loi Climat et Résilience (33).

Une réunion d'avancement, tenue le 29 novembre 2024 avec la municipalité du Porge, a permis de partager les hypothèses de travail, nécessaires aux projections. Ce cas « test » est présenté à titre d'illustration, les cartes produites affichées à la fin de ce document prennent en compte les deux scénarios (« médian » et « sécuritaire ») pour chaque horizon (+30 ans et +100 ans). Cependant, ces cartes ne correspondent pas à la carte locale d'exposition au recul du trait de côte finale à intégrer aux documents d'urbanisme. Elles « *permettront aux décideurs publics de disposer de l'ensemble des éléments pour définir, en lien avec l'équipe chargée des études, les zones exposées au recul du trait de côte aux deux horizons temporels à intégrer dans le document d'urbanisme.* » (Collectif BRGM/Cerema, 2022).

9.1. CONTEXTE GENERAL DU SITE D'ETUDE

9.1.1. Contexte géographique

La commune du Porge se situe dans le département de la Gironde et fait partie de la communauté de communes Médullienne. En 2021, elle comptait 3 371 habitants pour une densité de population de 23 habitants / km²¹⁶. Sa façade littorale représente un linéaire d'environ 12,5 km bordé par celui de Lacanau au nord et de Lège-Cap-Ferret au sud (Figure 26). La commune fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) approuvé en 2001.

¹⁶ Source Insee : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-33333> (mis à jour 01/01/2024)

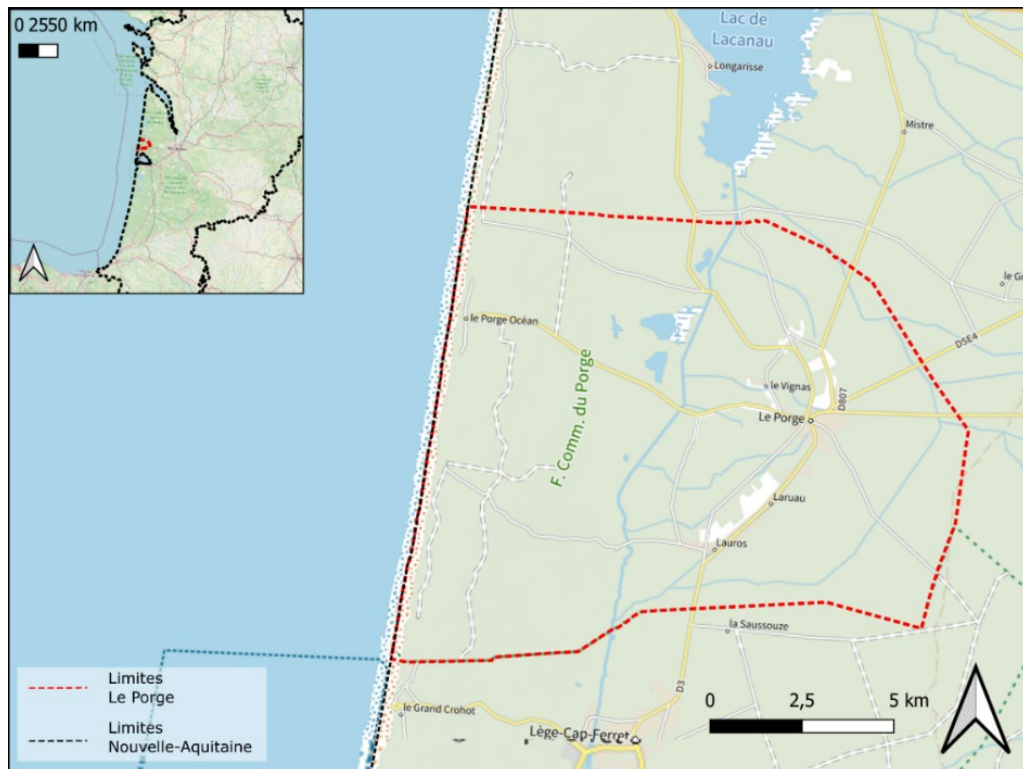


Figure 26 - Localisation de la commune du Porge

Les principaux enjeux identifiés sur la commune du Porge sont (Figure 27) :

- les installations dédiées aux loisirs et à la restauration situées en arrière de la plage du Gressier (secteur du Porge-Océan) ; elles sont distantes d'environ 270 m du trait de côte de 2023 ;
- le domaine résidentiel « La Jenny », situé en arrière de la plage du même nom ; il est distant d'environ 650 m du trait de côte 2023.

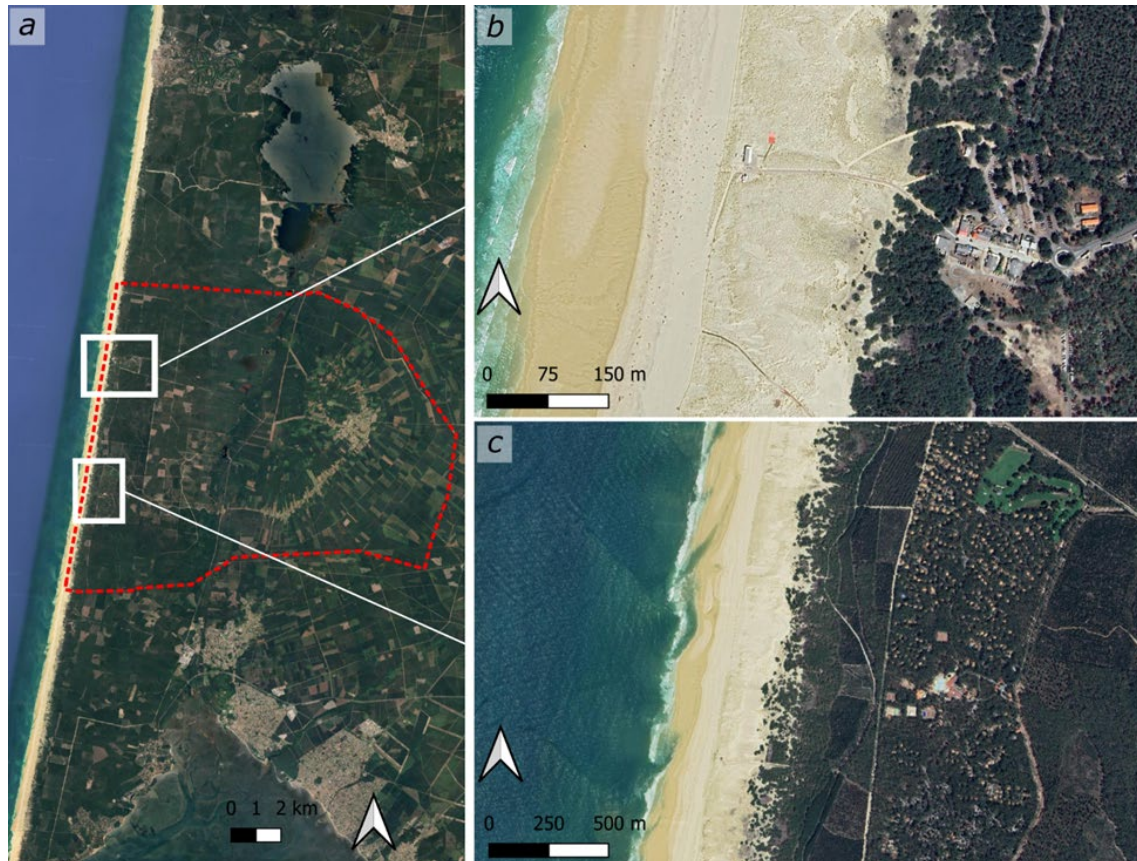


Figure 27 - (a) Localisation des enjeux de la commune du Porge potentiellement concernés par l'aléa "recul du trait de côte" aux horizons +30 ans et +100 ans ; (b) installations et commerces du Porge-Océan ; (c) Domaine résidentiel La Jenny

9.1.2. Contexte géomorphologique

L'environnement sur l'ensemble de ce linéaire côtier est de type dune littorale, qui se rapporte à l'environnement côte sableuse, détaillé dans ce document. Il est marqué tout au long de l'année par (BRGM et ONF, 2018) :

- un estran relativement large de l'ordre de 200 m ;
- la présence de barres intertidales de formes et de positions variables dans le temps et dans l'espace ;
- un contact plage-dune formé par une alternance de zones avec des falaises d'érosion marine et de zones à transition progressive, où l'avant-dune est développée. Les avant-dunes sont dans l'ensemble bien établies et plus durables que celles des sous-cellules plus au nord.

Cette portion de littoral appartient à la cellule hydrosédimentaire « Centre Gironde » qui s'étend du littoral de Montalivet au nord, à Lège sur la flèche du Cap-Ferret au sud. Cette cellule est elle-même divisée en 5 sous-cellules, dont les sous-cellules 3.4 et 3.5 qui couvrent l'ensemble du linéaire côtier du Porge (Figure 28). Cette subdivision est ici basée sur des changements de type de plage et de dune. Ces sous-cellules 3.4 et 3.5 sont marquées par une dérive littorale nord-sud prononcée ainsi que des vitesses moyennes de recul inférieures à 1 m/an sur la période 1959-2014 (BRGM et ONF, 2018). Il est à noter que de légères dynamiques d'accrétion ont pu y être observées par le passé, notamment sur la partie sud de la sous-cellules 3.4 et au sein de la sous-cellule 3.5.

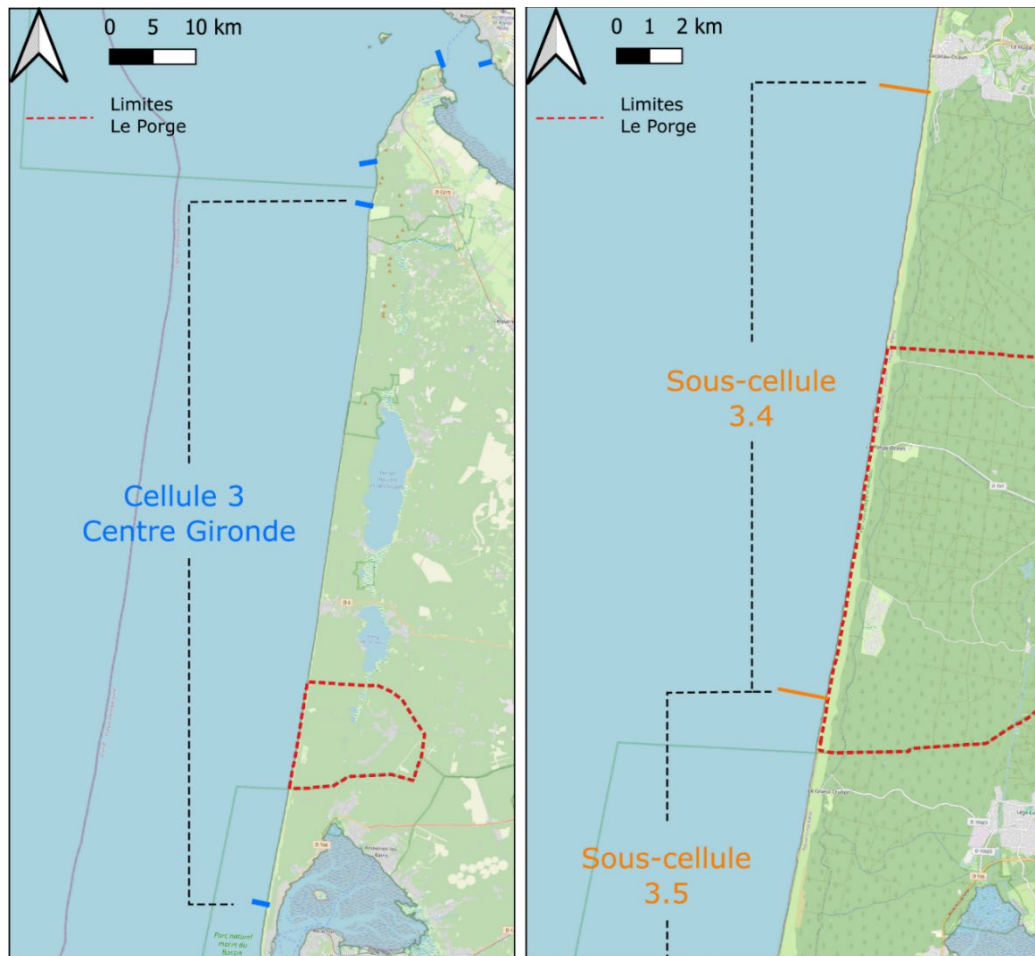


Figure 28 - Positionnement du linéaire côtier du Porge vis-à-vis des cellules (à gauche) et sous-cellules hydrosédimentaires (à droite) de Nouvelle-Aquitaine

D'après l'analyse de *Castelle et al. (2022)*, l'évolution pluriannuelle du littoral au Porge est principalement dictée par les conditions météo-océaniques externes au système.

Deux études passées ont travaillé sur l'évolution de la position du trait de côte au droit de la commune du Porge :

- le PPRL de 2001, dont la méthode de cartographie se base sur l'utilisation de taux de recul annuel par an compris entre 1,2 et 1,3 m/an sans prendre en compte l'impact lié à un évènement majeur et l'impact lié au changement climatique ;
- l'étude de caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2025 et 2050 (*Bernon et al., 2016*), dont la méthode se base sur :
 - Tx issu d'une analyse diachronique sur 9 traits de côtes historiques compris entre 1966-2014, (valeurs $\leq 1\text{m/an}$ pour le Porge) ;
 - Lmax issu des tempêtes de l'hiver 2013/2014 ;
 - le trait de côte de référence datant de 2014 ;
 - la prise en compte du changement climatique traduite par un recul moyen de 20 m à l'horizon 2050.

Dans ces études historiques, le trait de côte correspond au pied de dune côté océan. Ce descripteur (ou marqueur) apparaît toujours comme le plus pertinent pour décrire les évolutions de l'environnement dunaires du littoral du Porge. Dans la suite de ce chapitre 9, le terme « trait de côte » correspondra donc au pied de dune côté océan, ou à la limite de végétation, sur l'hypothèse que cette limite coïncide au pied de dune (Tableau 3).

9.1.3. Traits de côte historiques et de référence

Traits de côte historiques

D'après l'inventaire des données et études existantes issue de l'Annexe 2 du présent document, le secteur du Porge présente plusieurs traits de côte exploitables pour la caractérisation des dynamiques littorales passées. Ces traits de côte ont été analysés de manière qualitative afin d'écarter dans la mesure du possible les traits de côte les moins précis. Par exemple, un trait de côte de 2014, tracé à partir d'une orthophotographie de l'IGN comporte un problème de géoréférencement et a été écarté.

Finalement, un échantillon de 14 traits de côte couvrant la période allant de 1950 à 2023 a été retenu pour le calcul des taux d'évolution moyens sur le secteur (Tableau 3). Les métadonnées de chacun de ces millésimes renseignent sur les méthodes de numérisation suivies ainsi que sur la précision. Ils ont été numérisés dans le cadre de l'OCNA ou de projets de recherche menés par un laboratoire de recherche de l'université de Bordeaux (Castelle *et al.*, 2018). Pour les plus anciens, la numérisation a été effectuée à partir de l'interprétation d'orthophotographies littorales, la précision du trait de côte obtenu est alors estimée à 10 m environ autour du trait de côte (Castelle *et al.*, 2018). Pour les plus récents, l'analyse d'orthophotographies est complétée par des données LiDAR (MNT, pentes, etc.) ; leur précision est estimée à 5 m (Bernon *et al.*, 2022).

Année	Source	Support de digitalisation	Descripteur	Précision
1950	EPOC	Orthophotographies (pixel 75 à 90 cm)	Pied de dune ou limite de végétation	12 m
1965	EPOC	Orthophotographies (pixel 1 m)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
1973	EPOC	Orthophotographies (pixel 50 à 90 cm)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
1977	EPOC	Orthophotographies (pixel 50 cm à 1 m)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
1984	EPOC	Orthophotographies (pixel 50 à 90 cm)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
1996	EPOC	Orthophotographies (pixel 60 cm)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
2004	EPOC	Orthophotographies (pixel 50 cm)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
2009	EPOC	Orthophotographies (pixel 50 cm)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
2012	EPOC	Orthophotographies (pixel 50 cm)	Pied de dune ou limite de végétation	10 m
2014	OCA	Orthophotographies (pixel 50 cm)	Pied de dune	5 m
2018	OCA	Orthophotographies (pixel 50 cm) et LiDAR (précision planimétrique 20 cm; altimétrique 10 cm)	Pied de dune	5 m
2020	OCNA	Orthophotographies (pixel 50 cm) et LiDAR (précision planimétrique 20 cm; altimétrique 10 cm)	Pied de dune	5 m
2022	OCNA	Orthophotographies (pixel 50 cm) et LiDAR (précision planimétrique 20 cm; altimétrique 10 cm)	Pied de dune	5 m
2023	OCNA	Orthophotographies (pixel 50 cm) et LiDAR (précision planimétrique 20 cm; altimétrique 10 cm)	Pied de dune	5 m

Tableau 3 - Caractéristiques des traits de côte historiques utilisés pour le calcul des taux d'évolution dans le secteur du Porge

Trait de côte de référence

Le trait de côte 2023 a été utilisé comme référence pour les projections aux horizons +30 ans et + 100 ans. Il s'agit du millésime le plus récent parmi l'ensemble des données retenues et disposant d'un niveau de précision adapté à l'exercice de projection.

9.2. CARACTERISATION DU REcul DU TRAIT DE COTE

9.2.1. Pérennité des ouvrages et actions de gestion des sédiments

D'après les bases de données de l'OCNA (BD Ouvrages et Fiches de gestion des sédiments EGSL) actualisées dans le cadre de cette étude, le littoral du Porge ne présente aucun ouvrage de défense et aucune action de gestion des sédiments n'est référencée. Aucune hypothèse n'a donc été émise sur leur éventuelle pérennité. La commune a confirmé, lors d'un échange le 29 novembre 2024, l'absence d'ouvrage et d'action de gestion de sédiments sur le littoral communal à sa connaissance.

9.2.2. Évolution du littoral et caractérisation du recul moyen annuel (Tx)

9.2.2.1. Analyse diachronique à partir des évolutions passées

Les taux d'évolution du trait de côte ont été calculés au moyen d'une analyse statistique sur la position des 14 traits de côte répartis sur la période 1950 - 2023. Cette analyse a été réalisée à l'aide de l'outil géomatique DSAS¹⁷ (*Digital Shoreline Analysis System*, Himmelstoss, E.A., *et al.*, 2024) exploitable sous ArcGIS (© Esri). Cet outil calcule des taux d'évolution moyens du trait de côte à intervalles réguliers à partir de la date de chaque trait de côte et de la distance qui les sépare d'une ligne prise comme référence (Thieler *et al.*, 2009).

Différentes méthodes statistiques sont proposées dans l'outil pour le calcul du taux de recul, comme la LRR (*Linear Rate Regression*), la WLR (*Weighted Linear Regression*) ou l'EPR (*End Point Rate*). La méthode LRR a été choisie dans le cadre de ce travail car elle permet de prendre en compte l'ensemble des données disponibles (ici l'échantillon de 14 traits de côte), sans toutefois conférer plus de poids à un millésime qu'à un autre. Malgré des précisions inégales (10 à 12 m pour les plus anciens contre 5 m pour les plus récents), chaque millésime intervient de la même manière dans le calcul du taux moyen. L'analyse visuelle de ces traits de côte dans le temps et dans l'espace n'a pas révélé d'incohérence quant au tracé et aux évolutions qu'ils représentent. Ce choix a été fait notamment dans le but de disposer d'une distribution homogène des millésimes dans le temps.

En complément des taux de recul, la méthode LRR fournit la valeur du coefficient de détermination (R^2) de la régression linéaire. Ce coefficient, compris entre 0 et 1 exprime la part de la variance de la position du trait de côte expliquée par la droite de régression. Plus il est proche de 1, plus le modèle linéaire est en mesure d'expliquer les variations de la variable à prédire (ici la position du trait de côte).

Ces taux sont calculés le long de transects espacés à intervalles réguliers le long du littoral et globalement perpendiculaires à celui-ci. Le choix a été pris de définir un espacement de 100 m entre chaque transect pour couvrir les 12,5 km de linéaire côtier étudiés ici. Ce niveau de discrétisation est adapté pour retranscrire les évolutions spatio-temporelles du site d'étude, et à l'échelle de restitution attendu (ici 1 : 5 000).

L'analyse des résultats statistiques obtenus avec DSAS a ensuite consisté à étudier les variations spatiales et temporelles des taux bruts obtenus (Figure 29). Dans un premier temps, ces taux ont été calculés sur l'ensemble de la fenêtre temporelle couverte par les données d'entrée, à savoir 1950 - 2023. L'analyse révèle des taux d'érosion plus faibles en allant vers le sud du secteur

¹⁷ <https://www.usgs.gov/centers/whcms/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas>

étudié : la partie nord présente des taux situés autour de - 0.8 m/an traduisant un recul du trait de côte, quand la partie sud présente des taux proches de 0 m/an, à priori synonymes de stabilité dans le temps.

Afin d'affiner les analyses notamment sur les variations temporelles des dynamiques observées, des calculs de taux ont été réalisés avec DSAS sur deux périodes supplémentaires : de 1950 à 2014 puis de 2014 à 2023. L'analyse des données d'entrée montre, sur de nombreuses portions du secteur d'étude, une tendance à l'accrétion entre 2014 et 2023 (Figure 30). Cette tendance pourrait vraisemblablement s'expliquer par la position particulièrement reculée du trait de côte 2014. Suite à l'hiver 2013-2014 connu pour être un des plus érosifs en Nouvelle-Aquitaine depuis de nombreuses années (Bulteau *et al.*, 2014, Robinet et Bernon, 2024) s'en est suivie une phase de reconstitution du cordon dunaire et des plages à la faveur d'hivers moins impactants pour le littoral de Nouvelle-Aquitaine, sur la période 2014-2023. Toutefois, quelques portions localisées, et non représentatives de l'évolution du linéaire, ne semblent pas suivre cette tendance. On observe notamment une érosion localisée au niveau de l'accès à la plage du Gressier qui pourrait s'expliquer par la fréquentation importante de la plage à ce niveau, ou des travaux de terrassement pour créer l'accès.

Sur la totalité du site étudié, les taux calculés sur la période 1950-2014 sont similaires à ceux de la période 1950-2023.

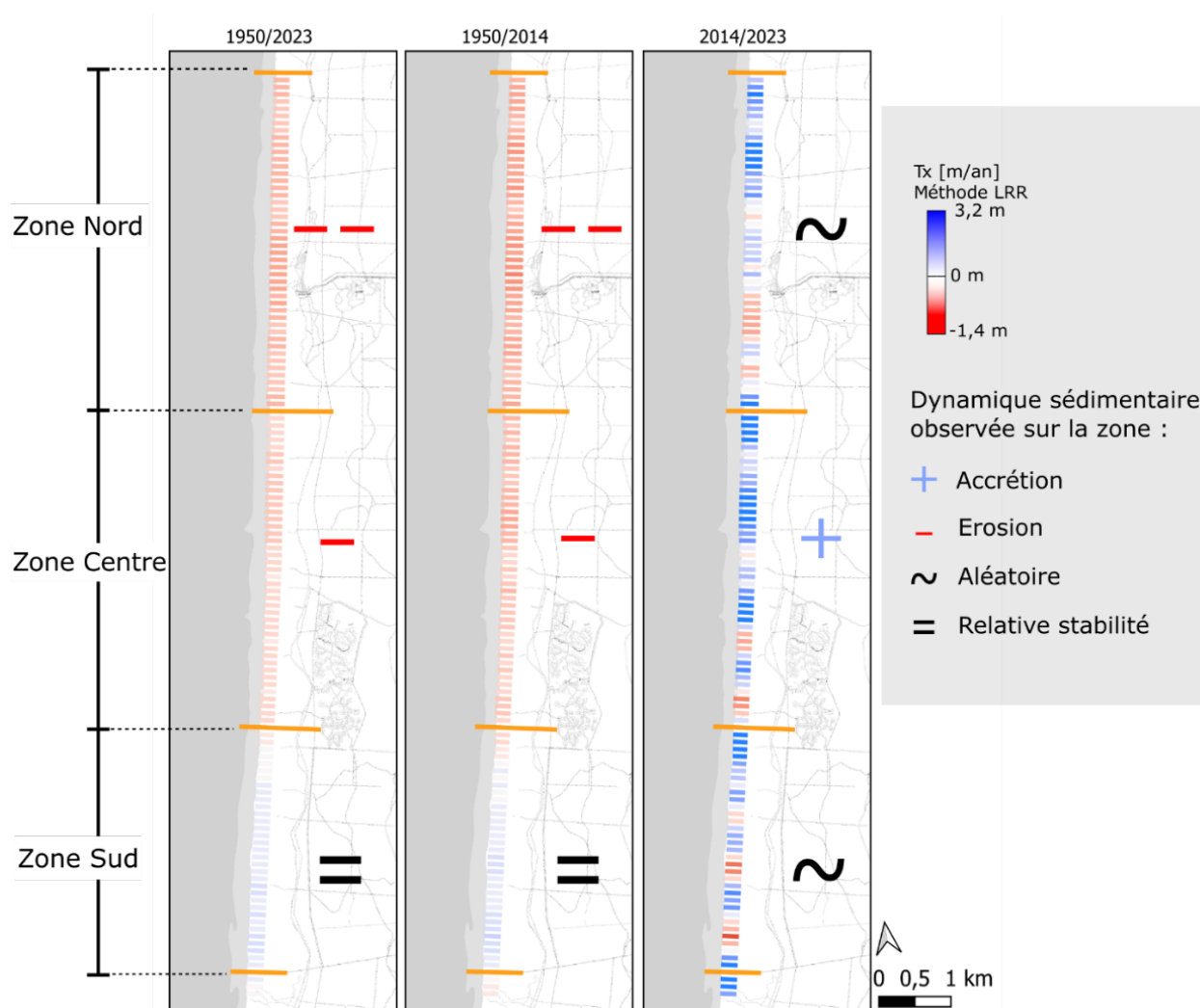
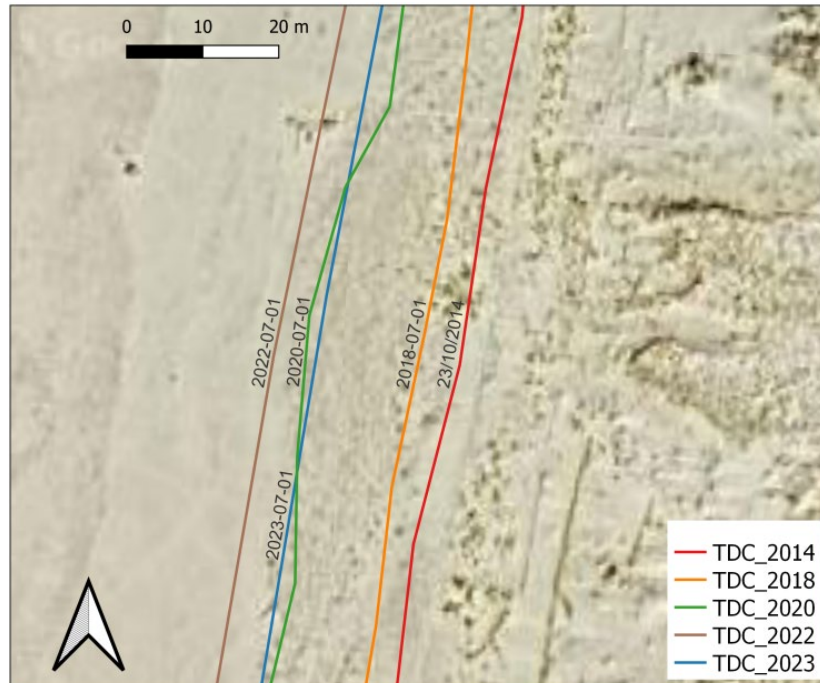


Figure 29 - Cartographie des taux d'évolution du trait de côte calculés par la méthode LRR (Linear Regression Rate) avec DSAS (Digital Shoreline Analysis System) tous les 100 m au cours de 3 fenêtres temporelles : 1950 à 2023 (à gauche), 1950 à 2014 (au centre) et 2014 à 2023 (à droite)



9.2.2.2. Taux de recul moyen annuel retenus (T_x) pour les projections

A la suite de l'analyse des évolutions passées, le document national à l'horizon + 30 ans recommande : « de calculer le T_x sur une période d'observation équivalente à celle à projeter, soit ici sur les 30 dernières années, afin de travailler sur une base de moyen terme. ».

Dans le cadre du Porge, la méthode LRR réalisée sur les 8 traits de côte historiques entre 1996 et 2023 (soit les 27 dernières années), présente un coefficient de détermination en moyenne de 0,24 sur les trois secteurs, et de 0,26 sur les secteurs nord et centre confondus. La totalité des valeurs de ce coefficient pour chaque transect est regroupée en Annexe 6. Ces faibles valeurs traduisent une forte variabilité de la position du trait de côte sur la période étudiée, et la faible capacité du modèle de régression linéaire à expliquer les évolutions du trait de côte observées. Ainsi, l'analyse sur les 27 dernières années n'est pas retenue pour déterminer les taux de recul moyen annuel.

L'analyse sur la totalité de la période (1950-2023) fournit quant à elle un coefficient de détermination moyen de 0,33 sur la totalité du littoral communal, et de 0,43 sur les secteurs nord et centre confondus (Annexe 6). Cette analyse plus robuste d'un point de vue statistique, est plus adaptée pour retranscrire l'évolution du littoral du Porge à moyen et long terme.

Au regard de ces éléments, pour l'horizon + 30 ans, les T_x calculés sur la période 1950-2023 ont été retenus. A l'horizon + 100 ans, les T_x sont également issus de l'analyse des 14 traits de côte entre 1950 et 2023.

Pour le scénario « médian », la valeur médiane a été utilisée pour chacun des trois secteurs (nord, centre et sud). Le scénario « sécuritaire », pour chacun des trois secteurs, considère quant à lui le 83^{ème} percentile, de manière à « explorer l'effet d'hypothèses et d'approches qui maximisent le recul du trait de côte », ainsi que pour prendre une marge sécuritaire par rapport aux faibles valeurs des coefficients de détermination.

En résumé, les valeurs suivantes ont été retenues pour les Tx :

- Scénario médian à + 30 ans et + 100 ans :

- Zone nord : la valeur médiane des Tx calculés sur la période 1950–2023 ;
- Zone centrale : la valeur médiane des Tx calculés sur la période 1950–2023 ;
- Zone sud : un Tx nul.

- Scénario sécuritaire à + 30 ans et + 100 ans :

- Zone nord : la valeur du 83^{ème} percentile des Tx calculés sur la période 1950–2023, au niveau de la zone nord a été retenue ;
- Zone centrale : la valeur du 83^{ème} percentile des Tx calculés sur la période 1950–2023, au niveau de la zone centrale a été retenue ;
- Zone Sud : un Tx nul.

Les valeurs numériques retenues pour chacun de ces deux scénarios et pour chacune des zones, sont regroupées dans le Tableau 4.

	Horizon +30 ans et +100 ans			
	Moyenne	Médiane	Centile 17	Centile 83
Zone Nord	-0,51	-0,51	-0,42	-0,60
Zone Centre	-0,30	-0,29	-0,22	-0,37
Zone Sud	0,12	0,15	0,20	0,02

Tableau 4 - Valeurs des Tx en mètres pour les horizons +30 ans et +100 ans, pour le scénario sécuritaire les valeurs retenues sont celles de la colonne centile 83 et pour le scénario médian les valeurs sont celles de la colonne médiane. A noter que pour la zone sud, les valeurs traduisent une avancée de la position du trait de côte, dans ce cas il a été retenu un Tx nul.

À noter que pour le cas du Porge, les valeurs obtenues diffèrent principalement des valeurs issues du PPRL, du fait d'un nombre de traits de côte historiques plus nombreux et une segmentation du littoral, plus restreinte. Néanmoins les valeurs sont quasi-similaires aux Tx déterminés dans le cadre de l'étude de Bernon *et al.*, 2016.

9.2.3. Caractérisation du recul évènementiel (Lmax)

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

Le Lmax a été déterminé à partir des observations réalisées sur le terrain à la suite de la saison hivernale 2013-2014 (Bulteau *et al.*, 2014), conformément à ce qui est proposé dans le chapitre 4.2.4). Il relève sur la commune du Porge une légère avancée du trait de côte vers l'ouest de 2,4 m au droit du profil présent et mesuré au printemps 2014, comparativement au printemps 2013 (profil G14-Le Porge/Le Gressier). Toutefois, les mêmes mesures effectuées sur les deux profils situés directement au nord et au sud (respectivement G13-Lacanau/Le Lion et G15 Lège-Cap Ferret/Le Grand Crohot) témoignent de reculs vers l'est de 13,9 mètres chacun.

Au regard de ces informations, une valeur de recul égale à 14 m est retenue pour les scénarios « médian » et « sécuritaire » aux deux horizons temporels considérés dans cette étude.

9.2.4. Caractérisation du recul lié au changement climatique

Pour la côte sableuse du Porge, l'élévation du niveau marin est le paramètre physique qui prédomine dans la prise en compte de l'impact du changement climatique. Conformément à la fiche 3.5 du document national, l'application de « *la Loi de Bruun dans une mise en œuvre probabiliste* », s'appuie sur le modèle COASTAUD¹⁸ (Le Cozannet *et al.*, 2019). Dans la suite de ce chapitre, le terme « loi de Bruun » fait référence à la loi de Bruun selon cette approche probabiliste. Ainsi la loi de Bruun proposée, se base sur les valeurs issues de la profondeur de fermeture de -15 m et l'altitude du sommet de la falaise dunaire, extraites le long des transects recoupant le site d'étude. Les valeurs d'élévation du niveau de la mer sont quant à elles issues de la station la plus proche du Porge à savoir la station de Port Bloc (Le Verdon-sur-Mer) pour les « *scénarios climatiques SSP2-4.5 pour le scénario médian, et SSP5-8.5 pour le scénario sécuritaire* », regroupées dans le Tableau 2 de la partie 5.1.2. Les valeurs données sont par rapport à la période de référence 1995-2014, assimilée à l'année 2005 (médiane de la période). Il convient de considérer qu'une partie de cette élévation du niveau marin a eu lieu et apparaît déjà dans les observations historiques. Ainsi, une correction a été opérée en retranchant à ces valeurs l'élévation du niveau marin moyen mesurée au marégraphe de Port Bloc (Le Verdon-sur-Mer) (issues de SONEL¹⁹) sur la période historique (2005-2025).

A ces valeurs d'élévation du niveau de la mer issues des trajectoires de réchauffement global, une subsidence de -1 mm/an a été rajoutée. Cette valeur correspond à la moyenne des points mesurés sur le site à partir des données satellites (EGMS) (Figure 31).

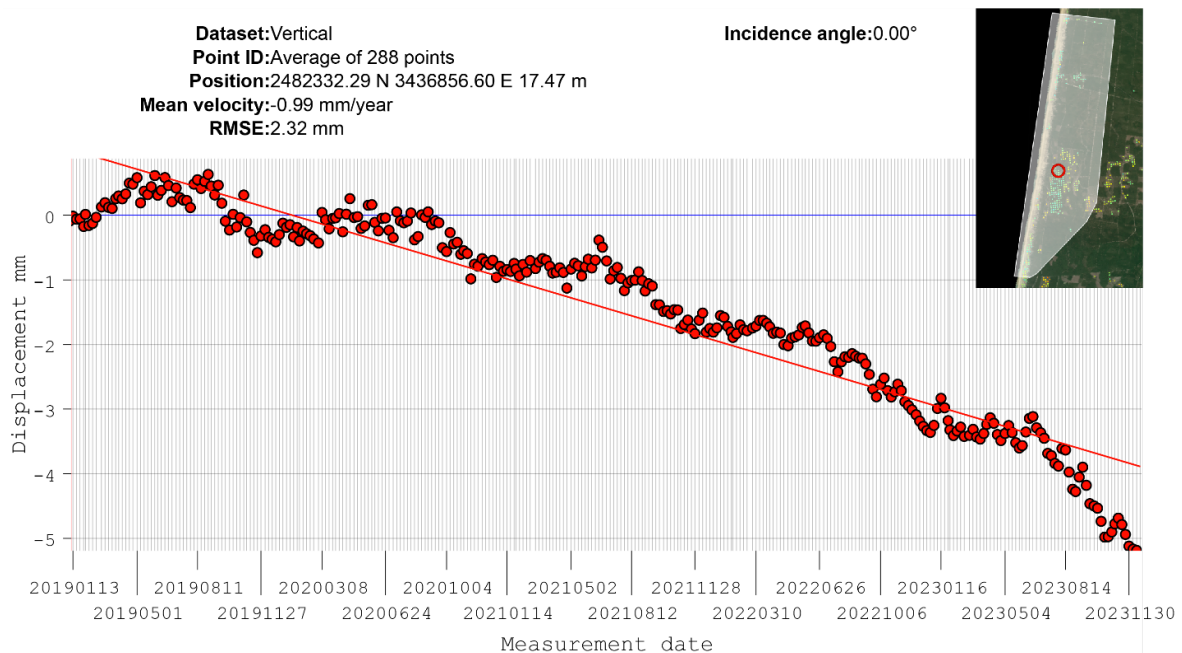


Figure 31 - Mouvements verticaux du sol issus du Service Copernicus EGMS ; les points de la bande côtière sur lesquels l'analyse s'appuie se trouvent dans le polygone blanc de l'extrait cartographique

¹⁸ Le modèle COASTAUD est un outil dédié à la production de projections probabilistes d'évolution du trait de côte sous l'influence de la montée du niveau de la mer. Il prend en compte principalement : un traitement probabiliste de l'ensemble des composantes morphologiques de la plage, la mise en œuvre de 2 modèles d'impact, l'utilisation de projections régionales de montée du niveau de la mer et la prise en compte des mouvements verticaux du sol.

¹⁹ Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales (<https://www.sonel.org/?lang=fr>)

Ainsi, la loi de Bruun est réalisée au travers de l'évolution temporelle des projections de l'élévation du niveau de la mer prenant en compte les mouvements verticaux du sol pour chaque scénario de changement climatique, pour le site de Port Bloc (Figure 32). Le calcul des pentes au sens de la loi de Bruun a été effectué pour chaque transect, espacés de 100 m (utilisés également pour le calcul des Tx). Les pentes varient entre 3,07 % (17^{ème} percentile) et 3,84% (83^{ème} percentile) avec comme médiane 3,40 %. Il existe donc une faible variabilité spatiale des profils depuis le sommet de la dune jusqu'à l'avant-côte (isobathe -15 m) au sein du site d'étude.

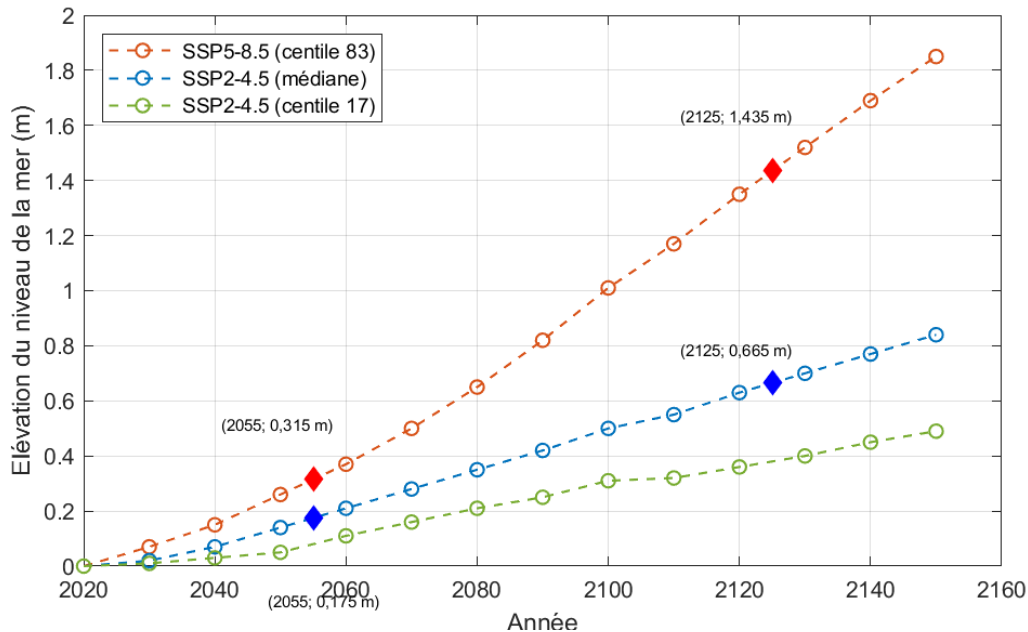


Figure 32 - Elévation du niveau de la mer, pour les scénarios climatiques : SSP5-8.5 (centile 83), SSP2-4.5 (médiane) et SSP2-4.5 (centile 17). Les valeurs d'élévation du niveau de la mer sont issues de la station de Port Bloc pour la période de référence 1995-2014. Elles ont été corrigées à partir de l'élévation du niveau marin moyen observé au marégraphe de Port Bloc sur la période historique et elles prennent en compte les mouvements verticaux du sol. Les losanges bleus et rouges correspondent aux valeurs retenues aux horizons 2055 et 2125, respectivement pour les scénarios SSP2-4.5 (médiane) et SSP5-8.5 (centile 83).

Pour chacun des scénarios SSP2-4.5 et SSP5-8.5, plusieurs valeurs sont calculées (Tableau 5) :

- la valeur médiane ;
- la gamme des valeurs vraisemblables (quantiles 17 - 83%).

Scénarios de changement climatique	Formule de Bruun	
	Valeur médiane	Valeurs vraisemblables
	2055	
SSP2 4.5 (17 %)	2,3 m	2,1 à 2,6 m
SSP2 4.5 (50 %)	5,1 m	4,6 à 5,7 m
SSP5 8.5 (83 %)	9,3 m	8,2 à 10,3 m
	2125	
SSP2 4.5 (17 %)	11,2 m	9,9 à 12,4 m
SSP2 4.5 (50 %)	19,5 m	17,3 à 21,6 m
SSP5 8.5 (83 %)	42,1 m	37,4 à 46,7 m
Pentes :	Sommet falaise dunaire à isobath -15 m NGF	
Paramètres	Port de référence : Port Bloc ; Mouv. Sol : -1 mm/an (source EGMS)	

Tableau 5 - Projections d'évolution du trait de côte pour le site d'étude selon les projections d'élévation du niveau marin de Fox-Kemper et al., 2021 ; Garner et al., (in prep), Garner et al., 2021, intégrant les mouvements du sol, et résultat des projections aux horizons 2055 et 2125 pour les scénarios de changement climatiques (SSP2-4.5 - 17%, SSP2-4.5 - 50% et SSP5-8.5 - 83%)

En résumé, les valeurs du recul lié au changement climatique calculées à partir de la loi de Bruun sont regroupées dans le Tableau 6 pour les différents scénarios « médian » et « sécuritaire ».

30ans (recul lié au changement climatique [m])		100 ans (recul lié au changement climatique [m])	
Médian	Sécuritaire	Médian	Sécuritaire
4,6	8,2	17,3	37,4
5,1	9,3	19,5	42,1
5,7	10,3	21,6	46,7

Tableau 6 - Valeurs du recul lié au changement climatique calculées à partir de la loi de Bruun pour les scénarios « médian » et « sécuritaire » pour les deux échéances de temps.

9.2.5. Caractérisation des incertitudes

Les incertitudes liées aux paramètres physiques et aux hypothèses ont été caractérisées tout le long de la chaîne de traitement, elles sont synthétisées dans le Tableau 7. Pour le Lmax, l'incertitude est d'ordre métrique. Pour les projections du recul du trait de côte, les incertitudes sont ainsi principalement contraintes par la méthode de calcul du taux de recul annuel moyen (Tx), et par le recul induit par le changement climatique.

Etape de travail	Source d'incertitude	Représentation des incertitudes	Valeurs des incertitudes proposées
<i>1-Échantillon des traits de côte et détermination du trait de côte de référence</i>	Incertitudes de mesure et cartographique	Quantifiable à partir des données géographiques (résolution, géoréférencement, etc.) + à dire d'expert pour la digitalisation des traits de côte	Quantifiée (5 à 12 m)
<i>2-Détermination des Tx</i>	Incertitudes paramétriques (méthode)	Gamme d'erreur estimée par analyse statistique via une régression linéaire	Coefficient de détermination calculé pour chaque Tx (Méthode DSAS, LRR cf Annexe 6)
<i>3-Détermination des Lmax</i>	Incertitude liée à la mesure et paramétrique	Quantifiable à partir des données géographiques et données d'observations	Quantifiée, d'ordre métrique
<i>4-Détermination de l'impact de l'élévation du niveau marin (ENM)), via la règle de Bruun</i>	<u>ENM</u> : Incertitudes liées au choix des modèles et inhérentes aux scénarios <u>MVS</u> : incertitudes liées à la mesure	<u>ENM</u> : Variable en partie quantifiable, valeurs retenues issues de modèles régionaux extraits localement, à partir des données les plus récentes <u>MVS</u> : valeur retenue dans la gamme des valeurs mesurées selon la méthode EGMS	<u>ENM</u> : couverture des possibles sur la base de différents scénarios de réchauffement global, dont le plus impactant <u>MVS</u> : quantifiable, d'ordre infra-millimétrique par an, de quelques centimètres aux deux échéances
<i>5-Projection cartographique</i>	Incertitude paramétrique	Quantifiable à partir de l'échelle de la digitalisation des projections et du dire d'expert pour l'harmonisation	D'ordre métrique, localement

Tableau 7 - Synthèse du traitement des incertitudes au cours de la chaîne de traitement

Compte-tenu des différentes méthodes présentées dans la partie 6 de ce rapport. Il a été fait le choix d'évaluer les incertitudes à partir de l'évaluation des intervalles d'incertitude (« cas 1 » du document de recommandation national). Pour rappel, d'après le document national, l'évaluation des intervalles d'incertitude « se base sur des calculs d'intervalles définis à partir d'informations du type bornes min/max ou des scénarios optimistes/pessimistes. ». Pour approcher ces bornes min/max, des hypothèses moins/plus pénalisantes en termes de recul du trait de côte ont été utilisées pour le calcul du Tx et pour le calcul lié au changement climatique. Ainsi les valeurs suivantes pour le calcul des bornes minimales/respectivement maximales ont été retenues :

- Pour les Tx (Tableau 4) :
 - zone nord : la valeur du 17^{ème} percentile des Tx calculés sur la période 1950 – 2023 / la valeur du 83^{ème} percentile des Tx calculés sur la période 1950 – 2023 ;
 - zone centre : la valeur du 17^{ème} percentile des Tx calculés sur la période 1950 – 2023 / la valeur du 83^{ème} centile des Tx calculés sur la période 1950 – 2023 ;
 - zone sud : un Tx nul a été considéré pour les deux bornes.
- Pour le recul lié au changement climatique, les « bornes min/max » correspondent à l'application de la loi de Bruun, considérant une élévation du niveau marin identifiée respectivement dans le scénario SSP2-4.5 (17^{ème} percentile) et dans le scénario SSP5-8.5 (83^{ème} percentile).

À partir de ces éléments, le tableau suivant expose les bornes min et max de recul depuis le trait de référence de 2023 pour les 3 zones : zone nord, zone centre et zone sud (Tableau 8). Les projections réalisées par la suite se situeront dans cet intervalle compris entre la borne minimale et la borne maximale.

	+30 ans (incertitude en mètre)		+100 ans (incertitude en mètre)	
	Borne minimale	Borne maximale	Borne minimale	Borne maximale
Zone nord	30	42	68	117
Zone centre	23	35	48	94
Zone sud	16	23	25	56

Tableau 8 - Bornes minimales et maximales du recul du trait de côte depuis le trait de côte de référence de 2023, pour les 3 zones du secteur d'étude

9.3. PROJECTION ET CARTOGRAPHIE

Une fois les hypothèses de travail de chaque scénario « médian » et « sécuritaire » déterminées pour chaque secteur, le trait de côte de référence est projeté aux horizons 2055 et 2125, conformément à la méthode détaillée dans la partie 7.1.1 du présent document. Les distances calculées sont appliquées en utilisant les paramètres détaillés dans les paragraphes précédents et regroupés dans le Tableau 9.

	Méthode générale	Scénario	
		Médian	Sécuritaire
Tx	Analyse diachronique sur 14 traits de côte / méthode LRR retenue le long de transect de 100m	valeur médiane sur la période 1950-2023	83ème percentile sur la période 1950-2023
Lmax	Données observations historiques issus de la saison hivernale 2013-2014	Hiver 2013/2014	Hiver 2013/2014
Recul lié au changement climatique	Application de la loi de Bruun "dans une mise en œuvre probabiliste"	Loi de Bruun, "dans une mise en œuvre probabiliste", scénario climatique SSP2-4.5	Loi de Bruun, "dans une mise en œuvre probabiliste", scénario climatique SSP5-8.5

Tableau 9 - Synthèse des paramètres retenus pour les scénarios « médian » et « sécuritaire », utilisé pour la projection

Le Tableau 10 indique les distances entre le trait de côte de référence de 2023 et les traits de côte projetés pour les deux scénarios « médian » et « sécuritaire », pour les 3 zones du site d'étude, aux deux horizons 2055 et 2125.

	+30 ans (incertitude en mètre)		+100 ans (incertitude en mètre)	
	Scénario médian	Scénario sécuritaire	Scénario médian	Scénario sécuritaire
Zone nord	35	42	86	117
Zone centre	28	35	63	94
Zone sud	19	23	34	56

Tableau 10 - Distance entre le trait de côte de référence de 2023 et les traits de côte projetés pour les deux scénarios « médian » et « sécuritaire », pour les 3 zones du secteur d'étude et pour les deux horizons temporels

Les fonds de carte utilisés sont l'orthophotographie de 2024 de l'OCNA centrée sur le littoral, couplé avec un fond IGN, en nuances de gris. Les cartes présentent toutes les projections possibles des scénarios « *médian* » et « *sécuritaire* » aux horizons +30 ans et +100 ans. Un exemple d'atlas illustrant ces cartes intermédiaires est présenté sur la Figure 33. **Pour rappel, à ce stade ces cartes ne correspondent pas à la carte locale d'exposition au recul du trait de côte finale à intégrer aux documents d'urbanisme.**

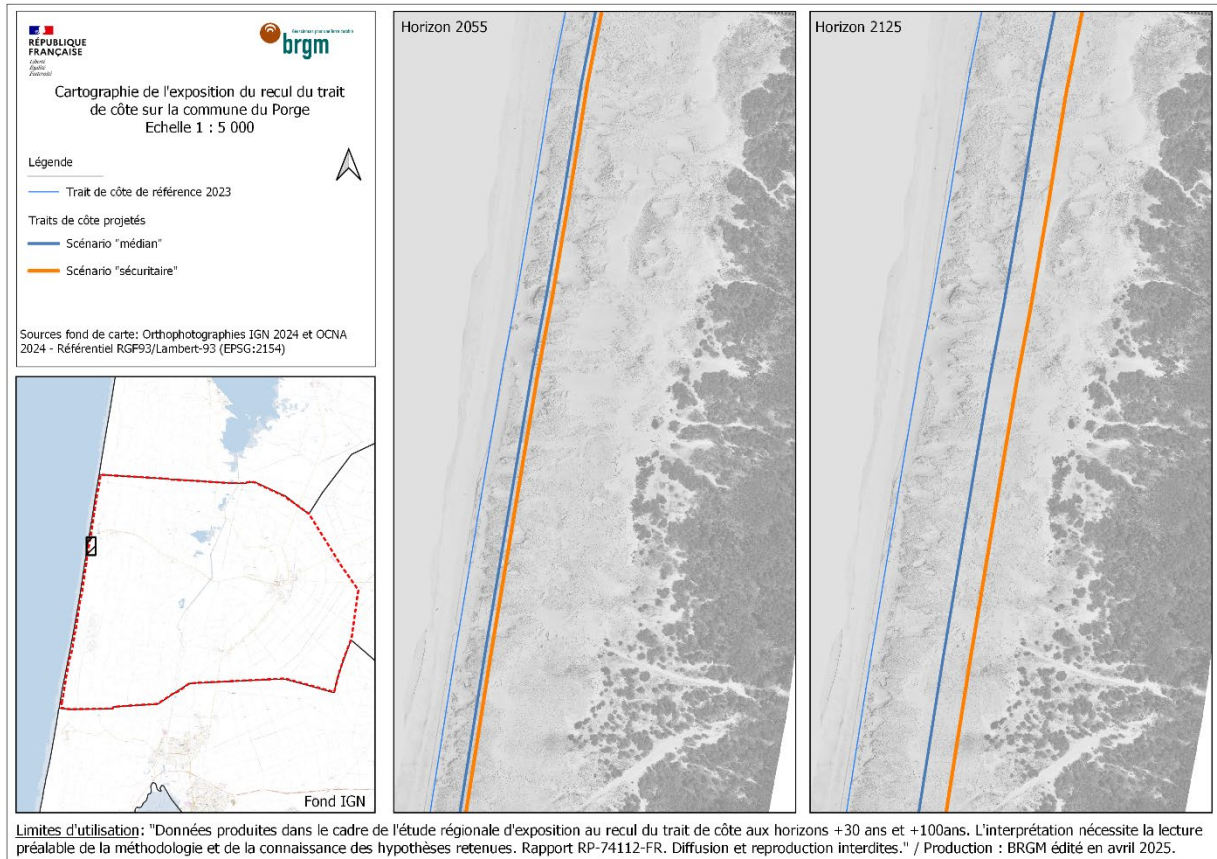


Figure 33 - Représentation de la projection du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans pour les scénarios « *médian* » et « *sécuritaire* » sur le littoral du Porge

10. Conclusion

Ce travail vise à proposer des recommandations tenant compte des spécificités de la Nouvelle-Aquitaine pour l'élaboration des cartes locales d'exposition au recul du trait de côte, en lien avec le document de recommandations national (Collectif BRGM/Cerema, 2022). Il suggère des éléments de connaissances à mobiliser et de méthodes à utiliser sur les tâches à réaliser pour aboutir à une cartographie des zones exposées au recul du trait de côte aux horizons + 30 ans et + 100 ans.

Après l'exposition du contexte général environnemental dans lequel évolue le littoral de Nouvelle-Aquitaine, un inventaire des études traitant de la dynamique côtière aux échelles locale à régionale a été réalisé. Géolocalisé et joint au présent rapport sous format numérique sous la forme d'une couche d'information géographique, il offre une identification des connaissances mobilisables pour les futures cartes locales qui seront menées dans la région. Ce recensement ne se substitue pas à un inventaire précis et exhaustif à mener lors de la réalisation des études locales.

Pour les principaux environnements côtiers de Nouvelle-Aquitaine (côte sableuse, côte rocheuse et zone basse), la méthode de projection s'appuie sur les étapes détaillées dans le document national. La première étape, vise à la « *compréhension générale du fonctionnement du littoral* ». L'inventaire des études et données existantes réalisé constitue un premier niveau d'information à mobiliser pour cette étape, qu'il convient d'actualiser et de compléter. Les bases de données et services numériques régionaux et supra-régionaux susceptibles de fournir des informations utiles à la caractérisation du recul du trait de côte sont également rappelés. Cette étape est indispensable à la mise en place d'hypothèses de travail pour les scénarios de projection.

Afin de limiter le nombre de combinaisons de scénarios à étudier, et conformément au document national, il est recommandé de travailler sur deux scénarios d'évolution : « *médian* » et « *sécuritaire* ». Dans ce cadre, les hypothèses de travail, propres à chaque environnement côtier et chaque horizon temporel, concernent principalement :

- La pérennité des ouvrages et des actions de gestion des sédiments : à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, il est notamment recommandé de s'appuyer sur différents éléments d'appréciation afin d'objectiver au maximum les hypothèses d'évolution du littoral au droit des secteurs sous leurs influences (gestionnaire identifié, nature de l'ouvrage, rôle, cadre de gestion etc.).
- Le fonctionnement hydrosédimentaire du site d'étude : ces hypothèses s'appuient sur la connaissance du littoral et de ses éventuels changements morphologiques majeurs, passés et à venir (ex : évolution des passes du bassin d'Arcachon).
- Les taux d'évolution : le type d'environnement côtier considéré et le niveau d'informations existant peut orienter l'approche à utiliser pour caractériser les taux d'évolution (« approche courante » ou « approche experte »)
- Les reculs liés à un évènement majeur estimés sur la base des observations de terrain : même si la saison hivernale de 2023/2024 était particulièrement énergétique, les tempêtes de l'hiver 2013/2014 et les reculs qu'elles ont engendrés restent la référence en Nouvelle-Aquitaine pour caractériser le recul lié à un évènement majeur.
- Les reculs liés à l'impact du changement climatique en Nouvelle-Aquitaine : pour les côtes sableuses et pour les zones basses, le principal paramètre physique à considérer pour caractériser l'impact du changement climatique est l'élévation du niveau de la mer, dont l'effet

se combine avec les mouvements verticaux du sol. Pour les côtes sableuses, en fonction des hypothèses de travail, la loi de Bruun dans une mise en œuvre probabiliste peut être appliquée. Pour les zones basses, il est proposé de s'appuyer sur les projections de l'élévation du niveau de la mer, en identifiant les zones basses exposées à l'invasion par la mer. Enfin, pour les environnements rocheux, les paramètres physiques continentaux et marins sont responsables de leurs évolutions, il est alors suggéré de procéder à une analyse au cas par cas.

La caractérisation des incertitudes s'appuie sur les recommandations nationales détaillées dans la fiche 2.7 du document national (*« Cas 1 : évaluation des intervalles d'incertitude, Cas 2 : approche probabiliste, Cas 3 : approche extra-probabiliste »*). Dans le cadre de ce document régional, un complément technique sur les étapes du traitement des incertitudes est proposé en annexe.

Enfin, certains éléments de méthode proposés dans le présent rapport ont été appliqués sur le littoral du Porge, situé en Gironde. Cet exemple illustre un traitement possible des différentes étapes conduisant à la réalisation des projections du trait de côte aux échéances + 30 ans et + 100 ans, selon deux scénarios « médian » et « sécuritaire ».

Les recommandations émises dans ce document n'ont pas de valeur prescriptive, elles sont spécifiques à la Nouvelle-Aquitaine et sont à adapter aux territoires et leurs singularités, si nécessaire. Les élus sont responsables de la cartographie finale à intégrer aux documents d'urbanisme, élaborée à partir de l'appui scientifique et technique des bureaux d'étude qui en ont la charge. Les éléments méthodologiques de cette étude doivent permettre d'accompagner les collectivités et les bureaux d'étude au cours des différentes étapes conduisant à l'élaboration des cartes d'exposition au recul du trait de côte, aux échéances + 30 ans et + 100 ans.

11. Bibliographie

Amann, B., Chaumillon, E., Schmidt, S., Olivier, L., Jupin, J., Perello, M.C., Walsh, J.P., 2023. Multi-annual and multi-decadal evolution of sediment accretion in a saltmarsh of the French Atlantic coast: Implications for carbon sequestration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 293, 108467. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108467>

Arias, P.A., N. Bellouin, E. Coppola, R.G. Jones, G. Krinner, J. Marotzke, V. Naik, M.D. Palmer, G.-K. Plattner, J. Rogelj, M. Rojas, J. Sillmann, T. Storelvmo, P.W. Thorne, B. Trewin, K. Achuta Rao, B. Adhikary, R.P. Allan, K. Armour, G. Bala, R. Barimalala, S. Berger, J.G. Canadell, C. Cassou, A. Cherchi, W. Collins, W.D. Collins, S.L. Connors, S. Corti, F. Cruz, F.J. Dentener, C. Dereczynski, A. Di Luca, A. Diongue Niang, F.J. Doblas-Reyes, A. Dosio, H. Douville, F. Engelbrecht, V. Eyring, E. Fischer, P. Forster, B. Fox-Kemper, J.S. Fuglestad, J.C. Fyfe, N.P. Gillett, L. Goldfarb, I. Gorodetskaya, J.M. Gutierrez, R. Hamdi, E. Hawkins, H.T. Hewitt, P. Hope, A.S. Islam, C. Jones, D.S. Kaufman, R.E. Kopp, Y. Kosaka, J. Kossin, S. Krakovska, J.-Y. Lee, J. Li, T. Mauritsen, T.K. Maycock, M. Meinshausen, S.-K. Min, P.M.S. Monteiro, T. Ngo-Duc, F. Otto, I. Pinto, A. Pirani, K. Raghavan, R. Ranasinghe, A.C. Ruane, L. Ruiz, J.-B. Sallée, B.H. Samset, S. Sathyendranath, S.I. Seneviratne, A.A. Sörensson, S. Szopa, I. Takayabu, A.-M. Tréguier, B. van den Hurk, R. Vautard, K. von Schuckmann, S. Zaehle, X. Zhang et K. Zickfeld, 2021 : Résumé technique. In : *Changement climatique 2021 : Les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [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 et B. Zhou (dir. pub.)], Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni) et New York (NY, États-Unis d'Amérique), p. 33-144. doi : 10.1017/9781009157896.002.

ARTELIA, 2024. Biscarrosse : Etude hydrosédimentaire – détermination de la bande d'aléas « Erosion » (Rapport d'étude 8716456).

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

Bernon N., Martins L., Bourbon P., Caritg S., Le Roy S., Longueville F., Hoareau A., 2024. Exposition du littoral de la Communauté de communes du Seignanx et de la Communauté d'Agglomération du Pays basque au recul du trait de côte, aux échéances +30 ans et +100 ans (BRGM/RP-74017-FR).

Bernon, N., 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 (BRGM/RP-71334-FR). BRGM, OCNA.

Bernon, N., Mallet, C., Belon, R., 2016. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2025 et 2050 (BRGM/RP-66277-FR). BRGM, OCNA.

Bernon, N., Mugica, J., Cozannet, G.L., Maspataud, A., 2017a. 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 (BRGM/RP-67395-FR). BRGM.

Bernon, N., Mugica, J., Le CozannetGonéri, G., Maspataud, A., 2017b. 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 (RP-67395-FR). BRGM.

Bernon, N., Nicolae Lerma, A., Ayache, B., Bulteau, T., Voix, 2022. Cartographie du trait de côte en Nouvelle-Aquitaine. (Final BRGM/RP-71582-FR). BRGM.

Bertin, X., Bruneau, N., Breilh, J.-F., Fortunato, A.B., Karpytchev, M., 2012. Importance of wave age and resonance in storm surges: The case Xynthia, Bay of Biscay. *Ocean Modelling* 42, 16–30. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2011.11.001>.

BRGM 1986. Le bassin d'Aquitaine par Platel J.P. et Dubreuilh J.. in Lajoinie J.P., Platel J.P., Autran A., Dubreuilh J., Bonijoly D., Fourniguet J. (1986) – Grandes étapes de l'histoire géologique de quatre régions françaises. Rapport BRGM 86-SGN-424-GEO, 18 p., 12 planches

BRGM et ONF 2018. Atlas morphodynamique de la côte sableuse aquitaine. Rapport final. BRGM/RP-67152-FR, 280p., 227 ill., 6 ann.

Bulteau T., Nicolae Lerma A., Lecacheux S. (2013-a) – 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., Mugica, J., Mallet, C., Garnier, C., Rosebery, D., Francis Maugard, Alexandre Nicolae Lerma, A. Nahon, 2014. Évaluation de l'impact des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur la morphologie de la Côte Aquitaine (BRGM/RP-63797-FR). BRGM, ONF, OCA.

Burvingt, O., Lerma, A.N., Lubac, B., Mallet, C., Senechal, N., 2022. Geomorphological control of sandy beaches by a mixed-energy tidal inlet. *Marine Geology* 450, 106863. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2022.106863>

Castelle, B., Bonneton, P., 2006. Modélisation du courant sagittal induit par les vagues au-dessus des systèmes barre/baïne de la côte aquitaine (France). *Comptes Rendus Geoscience* 338, 711–717. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2006.06.003>

Castelle, B., Bonneton, P., Dupuis, H., Sénéchal, N., 2007. Double bar beach dynamics on the high-energy meso-macrotidal French Aquitanian Coast: A review. *Marine Geology* 245, 141–159. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2007.06.001>

Castelle, B., Guillot, B., Marieu, V., Chaumillon, E., Hanquiez, V., Bujan, S., Poppeschi, C., 2018. Spatial and temporal patterns of shoreline change of a 280-km high-energy disrupted sandy coast from 1950 to 2014: SW France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 200, 212–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.11.005>

Castelle, B., Marieu, V., Bujan, S., Splinter, K.D., Robinet, A., Sénéchal, N., Ferreira, S., 2015. Impact of the winter 2013–2014 series of severe Western Europe storms on a double-barred sandy coast: Beach and dune erosion and megacusp embayments. *Geomorphology* 238, 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.006>

Castelle, B., Ritz, A., Marieu, V., Nicolae Lerma, A., Vandenhove, M., 2022. Primary drivers of multidecadal spatial and temporal patterns of shoreline change derived from optical satellite imagery. *Geomorphology* 413, 108360. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108360>

Cazenave, A., Le Cozannet, G., 2014. Sea level rise and its coastal impacts. *Earth's Future* 15–34.

Cerema, 2019a. Dynamique et évolution du littoral : synthèse de connaissances. Actualisation du Catalogue sédimentologique des côtes françaises.

Cerema, 2019b. Dynamique et évolution du littoral - Synthèse des connaissances - De la pointe de Chémoulin à la pointe de Suzac - Atlas cartographique.

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

Chaumillon, E., Cange, V., Pignon, C., 2019. Etude des évolutions morphologiques interannuelles et séculaires de 37 plages de Charente-Maritime. Université de La Rochelle / UMR LIENSs.

Church et al., 2013. Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

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

Cooley, S., D. Schoeman, L. Bopp, P. Boyd, S. Donner, D.Y. Ghebrehiwet, S.-I. Ito, W. Kiessling, P. Martinetto, E. Ojea, M.-F. Racault, B. Rost, and M. Skern-Mauritzen, 2022: Oceans and Coastal Ecosystems and Their Services. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 379–550, doi:10.1017/9781009325844.005.

Cooper, J.A.G., Pilkey, O.H., 2004. Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change* 43, 157–171. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.07.001>

D'Anna, M., Idier, D., Castelle, B., Le Cozannet, G., Rohmer, J., Robinet, A., 2020. Impact of model free parameters and sea-level rise uncertainties on 20-years shoreline hindcast: the case of Truc Vert beach (SW France). *Earth Surface Processes and Landforms* 45, 1895–1907. <https://doi.org/10.1002/esp.4854>

Desmazes, F., Garcin, M., Nicolae Lerma, A., Muller, H., 2018. Méthodes de détermination du recul maximal des dunes côtières lors de tempêtes dans le cadre des Plans de Prévention des Risques Littoraux, in: *XVèmes Journées*, La Rochelle. Presented at the Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Editions Paralia, pp. 777–784. <https://doi.org/10.5150/jngcgc.2018.088>

Desmazes, F., Muller, H., Nicolae Lerma, A., Bulteau, T., 2015. Méthodologie de détermination et d'estimation du recul maximal des dunes lors d'événements extrêmes Phase 2 - Année 2 (Final BRGM/RP-65439-FR). BRGM.

DGPR, 2014. Guide méthodologique : Plan de prévention des risques littoraux. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie.

Dupuis, H., Michel, D., Sottolichio, A., 2006. Wave climate evolution in the Bay of Biscay over two decades. *Journal of Marine Systems* 63, 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.05.009>

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

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

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

GIP Littoral Aquitain 2012. Stratégie Régionale Gestion de la bande côtière Colet 1 Introduction Générale. 28p.

Guilcher A. 1979. Marshes and estuaries in different latitudes. *Interdisciplinary Sci. Rev.* pp 158-168.

Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Farris, A.S., Kratzmann, M.G., Bartlett, M.K., Ergul, A., McAndrews, J., Cibaj, R., Zichichi, J.L., and Thieler, E.R., 2024. Digital Shoreline Analysis System version 6.0: U.S. Geological Survey software release, <https://doi.org/10.5066/P13WIZ8M>.

Husson E., 2015. Origine, caractérisation et distribution prédictive du Karst sur la bordure Nord-Aquitaine. Synthèse bibliographique & rapport d'avancement. (Rapport intermédiaire BRGM/RP-65041-FR).

Kergadallan, X., 2023. Candhis: analyses 2023 des états de mer: Tome 1 - Mer du Nord, Manche, Atlantique. CEREMA.

Le Cozannet, G., Bulteau, T., Baills, A., Garcin, M., 2016. Conséquences du changement climatique sur les risques côtiers en Nouvelle-Aquitaine : état des connaissances. Rapport final. (Etude BRGM/RP-66465-FR). BRGM, Orléans, France.

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

Longuet-Higgins, M. S. 1970. Longshore currents generated by obliquely incident sea waves: 1. Journal of geophysical research, 75(33), 6778-6789

Mallet C., Garcin M., Maspataud A. avec la collaboration de Ayache B., Bulteau T., André C. 2022. Orientations destinées à la mise en oeuvre d'opération de gestion des sédiments littoraux sableux en Nouvelle-Aquitaine. Rapport provisoire. BRGM/RP-71500-FR, 69 p., 28 Ill., 2 Ann.

Martins, L., Bernon, N., 2023. Caractérisation du recul des côtes rocheuses de Charente-Maritime entre 1950 et 2018. (Rapport final BRGM/RP-72315-Fr). BRGM.

Masselink G., Hughes M.G., 2003. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Edward Arnold, London, 354 pp

MEEDM, 2010. La gestion du trait de côte, Edition Quae. ed. Paris.

Paskoff R., 2006. Les littoraux. Impacts des aménagements sur leur évolution. Edition Armand Collin. Troisième édition revue et corrigée. 260p.

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

Roelvink, D., Reniers, A., van Dongeren, A., van Thiel de Vries, J., McCall, R., Lescinski, J., 2009. Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. Coastal Engineering 56, 1133–1152. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2009.08.006>

Schmitt A. et Chaumillon E., 2022. Synthèse sur les cellules hydrosédimentaires à l'échelle du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (projet CELHYSE), 284p.

SHOM, 2022. Références Altimétriques Maritimes - édition 2022. SHOM.

Thieler, E., Himmelstoss, E., Zichini, J., 2009. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S Geological Survey.

Annexe 1 Questionnaire auprès des EPCI

Échange dans le cadre du projet pour l'élaboration de l'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

Nom :

Date :

EPCI :

Action 1 : Études et données disponibles pour les EPCI

De nombreuses études ont été réalisées sur votre territoire et sont répertoriées en annexe (cf. ANNEXE 1). Cette liste n'étant pas exhaustive, quelles sont les données et les études disponibles sur le territoire de l'EPCI au sujet des thématiques suivantes ? :

☐ Recul de la position du trait de côte. *Références (Disponibilités des données : Disponible / Non disponible) :*

-.....
-.....
-.....
-.....
-.....

☐ Submersion marine et/ou chronique. *Références (Disponibilités des données : Disponible / Non disponible) :*

-.....
-.....
-.....
-.....
-.....

☐ Changement Climatique. *Références (Disponibilités des données : Disponible / Non disponible) :*

-.....
-.....
-.....
-.....

☐ Données non rattachées à une étude particulière mais participant à la connaissance du littoral et de l'évolution de la bande côtière (ex : données topographiques, bathymétriques, courantologie, projections du trait de côte, reculs évènementiels...). *Références (Disponibilités des données : Disponible / Non disponible) :*

-exemple : levé topographique LiDAR de 2021 / Disponible

- Données issues de la (ou les) stratégie(s) de gestion de la bande côtière en cours sur votre territoire (Topographie, bathymétrie, MNT, surveillance webcam...) / Disponible ;

-.....

-.....

-.....

-.....

Action 2 : Suivi des ouvrages et actions de gestion des sédiments

• Ouvrages

Les ouvrages, actuellement recensés sur votre territoire à travers la base de données ouvrage de l'Observatoire de la Côte de Nouvelle-Aquitaine, sont regroupés sur les cartes en annexe (cf. ANNEXE 2) de ce questionnaire.

La couche des ouvrages est également disponible via le site internet de l'observatoire sous ce lien : <http://www.observatoire-cote-aquitaine.fr/-Cartographie-interactive->

- Les informations rassemblées sur ces cartes sont-elles toujours d'actualité ?

☐ OUI

☐ NON

Si non, quelles sont les modifications à apporter (ouvrages disparus, géométrie non conforme, autres...) ?.....

.....

.....

- Y-a-t-il des ouvrages non répertoriés ?

☐ OUI

☐ NON

Si oui, pour chaque ouvrage non répertorié, pouvez-vous renseigner le tableau suivant et reporter un numéro d'identifiant sur les cartes :

Identifiant (sur la carte)	Nom de l'ouvrage	Type d'ouvrage (ouvrage portuaire, longitudinal, transversal ...)	Propriétaire (privé, public, non identifié)	Gestionnaire (privé, public, non identifié...)	Déclaration d'existence (oui/non)	Ouvrage intégré dans un cadre de gestion pluri-annuel (démarche PAPI, système endiguement, SLGBC...)	Date de construction	Autres informations

- Quels critères selon vous sont à prendre en compte dans l'évaluation de la pérennité d'un ouvrage de protection du trait de côte ? Dans la liste non exhaustive suivante, attribuez un coefficient de pondération (1 : très fort à 5 : très faible), selon leur importance pour l'évaluation de la pérennité.

- ☐ Nature ou type de l'ouvrage
- ☐ Propriétaire identifié / déclaré
- ☐ Cadre de gestion existant
- ☐ Gestionnaire identifié / déclaré
- ☐ Rôle de l'ouvrage
- ☐ Age de l'ouvrage
- ☐ Prise en compte dans les études existantes (prospectives, réglementaires...)
- ☐ Autres :

• *Actions de gestion des sédiments*

- Y-a-t-il des actions de gestion des sédiments (rechargement en sable...) sur votre territoire, exercées par votre EPCI ou par un autre opérateur public (ex : commune, syndicat) et/ou privé ?
 - ☐ OUI
 - ☐ NON

Si oui, pouvez-vous remplir le tableau suivant détaillant les actions de gestion de sédiments et reporter sur la carte un numéro d'identifiant :

Identifiant	Lieu (Prélèvement / dépôt)	Volume	Fréquence	Durée prévue	Cadre de réalisation (SLGBC, PAPI, aménagements touristiques...)	Opérateur

Action 3 : Aléa recul du trait de côte

• *Trait de côte de référence*

Pour les études en lien avec l'évolution du trait de côte, quel est le trait de côte de référence utilisé ?

Descripteur(s) :

Année :

Précision :

Source :

Prise en compte des ouvrages :

☐ Oui

☐ Non

• *Recul lié à un évènement majeur*

Avez-vous connaissance sur votre territoire, d'évènements (Klaus (2009), Xynthia (2010), hiver 2013-2014...), qui ont pu engendrer un important recul de la position du trait de côte, ou tout autre impact significatif en lien avec le recul du trait de côte (abaissement de l'estran, désordres sur des ouvrages, etc.) ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui, pouvez-vous renseigner le tableau suivant et reporter sur la carte un numéro d'identifiant :

Identifiant (sur la carte)	Lieu	Date	Horaire (si connu)	Quantification du recul [m]	Autres impacts	Photos (oui / non)

Action 4 : Changement Climatique

- *Caractérisation de la submersion chronique*

Définition submersion chronique : Inondation de zones basses sur le littoral ou sur les cours d'eau, lors de marée haute et en conditions météorologiques calmes. À ne pas confondre avec les submersions marines, générées par des tempêtes.

Avez-vous connaissance sur votre territoire de phénomènes de submersions chroniques ?

☐ Oui

☐ Non

Si oui, pouvez-vous renseigner le tableau suivant et reporter sur la carte un numéro d'identifiant :

Identifiant (sur la carte)	Lieu	Date	Horaire (si connu)	Emprise de l'inondation	Photos (oui / non)

Suggestions Libres :

Ajoutez ici tout élément qui vous semble important et qui n'a pu être abordé précédemment

.....

.....

Annexe 2 Recueil de données existantes sur l'aléa recul du trait de côte à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

* Les cases restées vides signifient que l'étude n'est pas directement concernée par le paramètre analysé

ID	Année	Type	Cadre de prod	Organisme - Auteur(s)	Titre	Localisation	Emprise spatiale	Fonctionnement général hydrosédimentaire (oui/non)	TDC réf et historiques (Année - Descripteur(s))	Année TDC référence	Ouvrages (Identification - Info pérennité 2050- Cartographie)	Actions gestion (Identification - Info pérennité 2050 -	Tx (Méthode - Valeurs - Période)	Lmax (Méthode - Valeurs - Réel ou estimé)	Projection - Horizon	Changement climatique - Incertitudes - Interaction érosion/submersion
1	2019	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Diagnostic du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'île d'Oléron : analyse générale et analyses locales - Rapport de phase 1	17	Île d'Oléron	oui	réf =TDC 2014, TDCs historiques sur la	2014	oui - Cartographie	non	ré-analyse des données Castelle	REX Xynthia modélisé +	oui - 2030 et 2050	non
2	2021	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Stratégie Locale de Gestion de la Bande Côtière de l'île d'Oléron - Rapport de phase 2 et 3	17	Île d'Oléron			2014						
3	2018	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia	Etude de définition de dispositifs de défense contre la mer - Falaises de Royan - Phase 1 (étapes 1 & 2), Phase 2	17	littoral de Royan (partie à l'ouest du port)	oui (description du milieu)	réf = TDC 2018 - descripteur non défini -	2018	oui - Description	non	oui - Tx = -0,1 m/an	oui - Observations	oui - 2028 et 2058 (voir les hypothèses)	Oui (à dire d'expert bande de 10m à 2050)
4	2023	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec / Antea groupe	Etude pour l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de la communauté d'agglomération de Royan Atlantique	17	De l'embouchure de la Seudre au nord à la		réf= TDC 2018 - reprise des travaux de Bernon	2018						
5	2014	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia	Réalisation d'un diagnostic permettant la détermination d'une stratégie communautaire de gestion du phénomène d'érosion, Phase 1	33	de Naujac-sur-Mer (sud) à la Pointe de Grave (nord)	Oui	TDC réf: 2009 pieds de dune/historique de	2009	non	non	non	non	2020/2040	non
6	2018	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	SLGBC phase 1 - Analyse de l'évolution récente (2013-2018) du littoral de la pointe de la Negade (Soulac sur Mer) à l'épi saint Nicolas (Verdon sur Mer)	33	De la pointe de la Negade (Soulac) à l'épi Saint	Oui découpage en 6 zones	Pas de TDC de référence. TDC histo:		non	non	Analyse diachronique		non	non
7	2020	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	SLGBC phase 1 - Analyse de l'évolution récente (2013-2019) du littoral de la pointe de la Negade (Soulac sur Mer) à l'épi saint Nicolas (Verdon sur Mer)	33	De la pointe de la Negade (Soulac) à l'épi Saint	Oui découpage en 6 zones	Pas de TDC de référence. TDC histo:		non	non	Analyse diachronique		non	non
8	2021	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	SLGBC Nord Medoc, phase 1 - Analyse de l'évolution récente (2013-2021) du littoral de la pointe de la Negade (Soulac sur Mer) à la jetée de Grave (Verdon sur Mer)	33	De la pointe de la Negade (Soulac) à la jetée de la	Oui découpage en 6 zones	Pas de TDC de référence. TDC histo:		non	non	Analyse diachronique		non	non
9	2019	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia	SLGBC Nord Médoc, phase 1 - Stratégie communautaire de gestion du phénomène d'érosion de la pointe de la Negade à la jetée de Grave - Inventaire des travaux de	33						Oui - Inventaire				
10	2022	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	SLGBC Nord Medoc, phase 2 - Actualisation de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de Soulac-sur-Mer au Verdon sur Mer	33	De Soulac au Verdon		Tdc histo non renseigné TC ref= 2020	2020	Oui - Conservation	oui arrêt de des actions	a dire d'expert basé sur les	oui sur la base du rapport	2050	oui Lcc issus des données
11	2021	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	SLGBC Sud Médoc- Suivi du Littoral de Grayan-et-Hopital vensac, vendays-montalivet et Naujac sur mer (période 2018-2021)	33	CCMA	oui	pas de tdc de réf. Histo: entre 2008 et 2018 et			non	non	oui réel	non	non
12	2020	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia	SLGBC Sud Médoc- Etude et AMO en vue de l'élaboration de la stratégie de gestion du phénomène d'érosion entre la pointe Negade et Naujac sur mer - Etape	33	De la Pointe de la Negade à Naujac-sur-Mer	oui - découpage 3 zones: anse du	TDC ref: mars 2018 (fSea) descripteur: pied	2018	2 ouvrages identifiés	1 action de gestion	analyse diachronique	25m valeur tirée du	2 scénarios réalisés avec et sans	non
13	2020	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	SLGBC phase 1 - Observatoire du littoral de Lacanau (2020)	33	Lacanau	non	pas de Tc de ref. Tc Historique: de 2016 à		Non	Non	Non	Non	Non	Non
14	2021	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	SLGBC phase 1 - Observatoire du littoral de Lacanau (2021)	33	Lacanau		pas de Tc de ref. Tc historique de 2016 à		non	non	non	non	non	Non
15	2017	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de Lege Cap Ferret (étude 1 à 4) (2016-2017)	33	Lège Cap Ferret	oui	TDC de réf de 2014 (reprise des travaux	2014	non	non	non	non	non	non
16	2022	Diagnostic/ Etude	SLGBC	BW-CGC	Programme pluriannuel de rechargement en sable à la pointe du Cap-Ferret - Diagnostic du risque de brèche et de submersion marine et définition technique	33	Pointe du Cap-Ferret									
17	2017	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière sur la commune de La Teste de Buch - Etape 1: diagnostic du	33	de la limite avec Arcachon (au nord) à la limite avec	oui	Histo: 1985, 1998, 2000,2006,2007,2008,200	2015	Oui scénarios sans ouvrages	non	oui analyse diachronique:	entre 10 et 20m en fct des	2045	non
18	2018	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière sur la commune de La Teste de Buch - Etape 2 à 4	33	de la limite avec Arcachon (au nord) à la limite avec									
19	2018	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière sur la commune de La Teste de Buch - Etape 5 communication et	33	de la limite avec Arcachon (au nord) à la limite avec									
20	2015	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia / Géo-transfert	Erosion au niveau des passes du Bassin d'Arcachon - Elaboration d'une stratégie locale de gestion de la bande côtière -Phase 1 et 2	33	de la plage de l'Horizon (Cap-Ferret) jusqu'à	Oui	TDC réf 2014 OCA historique depuis 1950 à	2014	identifié	identifié	Façade océanique: zone	entre 10 et 20m en fct des	Deux scénarios ac ou sans ouvrage et deux	non
21	2016	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia	SLGBC phase 1 - Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de Biscarrosse - Etape 1: diagnostic	40	commune de Biscarrosse (forêt domaniale au nord,	Oui - découpage en 3 zones hydro-	Réf: Tdc 2014 en considérant	2014	Identifié	Identifié	2014-2035 : -1,5 m/an (secteur	Oui - 20 mètres (Hiver 13/14).	Oui, déterminé sur 2 périodes:	
22	2017	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia	SLGBC phase 1 - Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de Biscarrosse - Etape 2 à 4	40	commune de Biscarrosse (forêt domaniale au nord,									
23	2023	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Artelia	SLGBC phase 2 - Etude hydrosédimentaire - détermination de la bande d'aléas "Erosion"	40	commune de Biscarrosse	Oui - découpage en 3 secteurs de	Tdc réf: 2020 historique: 1985, 1998,	2020	identifié mais non	identifié mais non	Oui - découpage spatio-	Oui - tempête 2013/2014- 25	+30 et +100	Oui - Loi de bruun valeurs de recul
24	2013	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec/ISL	Elaboration d'une stratégie locale de gestion du trait de côte intégrant le fonctionnement hydraulique et sédimentaire du courant de Mimizan. Etude	40	Mimizan	oui	TDC réf = 2009 historique : 1966, 1985,	2009	ouvrages identifiés - 2	non	Oui méthode détaillés dans	non	oui - projection 2040	non

ID	Année	Type	Cadre de prod	Organisme - Auteur(s)	Titre	Localisation	Emprise spatiale	Fonctionnement général hydrosédimentaire (oui/non)	TDC réf et historiques (Année - Descripteur(s))	Année TDC référence	Ouvrages (Identification - Info pérennité 2050- Cartographie)	Actions gestion (Identification - Info pérennité 2050 -	Tx (Méthode - Valeurs - Période)	Lmax (Méthode - Valeurs - Réel ou estimé)	Projection - Horizon	Changement climatique - Incertitudes - Interaction érosion/submersion
25	2014	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec/ISL	Elaboration d'une stratégie locale de gestion du trait de côte intégrant le fonctionnement hydraulique et sédimentaire du courant de Mimizan. Etude	40	Mimizan									
26	2017	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Etude de l'accompagnement à l'élaboration d'une stratégie locale de gestion du débouché du courant d'Huchet (étape 1 à 4) (2017)	40	Débouché du courant de Huchet	oui	Pas de TdC de réf historique: 1985, 1998,		non		non	non	non	
27	2016	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Etude de gestion de la bande côtière du Plan-Plage de Vieux-Boucau Port d'Albret, Diagnostic risque et Scénario de gestion (2016)	40	Vieux-Boucau: de la plage des sablière (nord) jusqu'à	oui	Réf : 2015 (DGPS Casagec)	2015	digue nord de débouché du	Rechargement en	Oui: -0,2 m/an sur la partie N	Oui - 10 m recul mesuré lors de	Oui : +10 (2025), +25 (2040) et +50 (2065).	
28	2018	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec	Diagnostic global du littoral d'Hossegor et préconisation de gestion	40	Soorts-Hossegor	oui	pas de projection le diagnostic s'appuie sur							
29	2015	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec / Artelia	Stratégie locale de la gestion du trait de côte de Capbreton, Etape 1 - Diagnostic détaillé du littoral	40	de Soorts-Hossegor à Labenne	oui, notamment en sortie du canal du	ref = TdC 2014 (de Hossegor à la plage de	2014 et 2012	identifiés : digues N et S	identifié (by-pass	Oui, analyse diachronique	oui (repris de l'étape 1 -	Oui : L=Tx + Lmax horizons : 2040 et 2060 selon différents	non
30	2016	Diagnostic/ Etude	SLGBC	Casagec / Artelia	Stratégie locale de la gestion du trait de côte de Capbreton, Etape 4 - Etude Stratégique	40	de Soorts-Hossegor à Labenne	oui - idem étape 1	idem étape 1	2014 et 2012	oui	oui	oui	oui (repris de l'étape 1 -	projection à +10 ans (2023) et +30 ans	non
31	2014	Diagnostic/ Etude	SLGBC	GARNIER C., MILLESCAMPS B. /	Agglomération Sud Pays Basque: Evaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière. Rapport	64	De Guéthary (nord) à Hendaye (sud)	oui	TdC de ref : 1954 et 2009 (actualisé en 2013)	2013	2 scénarios considérés :		Tx repris de l'étude régionale	A horizon +10 ans : Lmax de 0,	projection à +10 ans (2023) et +30 ans	non pris en compte
32	2014	Diagnostic/ Etude	SLGBC	GARNIER C., MILLESCAMPS B. /	Agglomération Côte Basque Adour : Evaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière. Rapport	64	de Anglet à Hendaye	oui	TdC de ref : 1954 et 2009 (actualisé en 2013)	2013	2 scénarios considérés :		Tx repris de l'étude régionale	A horizon +10 ans : Lmax de 0,	projection à +10 ans (2023) et +30 ans	non pris en compte
33	En cours	Diagnostic/ Etude	SLGBC	BRGM	Projections de la position du trait de cote aux échéances +30 ans et +100 ans sur les littoraux du pays basque et du seignanx (en cours)	64	CAPB	oui			oui	oui	non	oui		oui
34	2020	Diagnostic/ Etude	PPRN	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département	17	Agglomération La Rochelle		1937,1950,1980,2006	non renseigné						
35	2018	Diagnostic/ Etude	PPRN	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré	17	Ile de Ré		1950,1999,2009,2010	2010						
36	2018	Diagnostic/ Etude	PPRN	Artelia	PPRN Risques littoraux - Estuaire de la Charente	17	Estuaire de la Charente		non renseigné	non renseigné						
37	2018	Diagnostic/ Etude	PPRN	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron	17	Ile d'Oléron		1950,2000,2003,2006,2010	2010						
38	2022	Diagnostic/ Etude	PPRN	Artelia	PPRN Erosion côtière-Submersion marin-Seudre et Brouage	17	Seudre - Brouage		non renseigné	non renseigné						
39	2022	Diagnostic/ Etude	PPRN	Artelia	PPRN Risques littoraux - Embouchure et Nord Gironde	17	Embouchure et Nord Gironde		1950, 1999, 2003	non renseigné						
40	2001	Diagnostic/ Etude	PPRN		PPRN Avancée duinaire et recul du trait de côte - Gironde	33	Gironde		1957,1991,1985, 1989, 1994	1994						
83	2017	Diagnostic/ Etude	PPRN	Casagec	PPRN Risques littoraux - Commune de Mimizan	40	Mimizan		1985, 1998, 2000, 2005, 2009, 2011, 2014, 2006,	2014						
84	2023	Diagnostic/ Etude	PPRN	Artelia	PPRN Risques littoraux et inondation par débordement fluvial - Courant de Soustons	40	De Messanges à Soustons		non renseigné	2017						
85	2021	Diagnostic/ Etude	PPRN	DHI	PPRN Risques littoraux - Secteur du Bourret-Boudigau	40	Hossegor et Capbreton		1966,1985,1998,2000,2007,2008,2009,2014	2017						
86	2017	Diagnostic/ Etude	PPRN	BRGM	PPRN Risques Littoraux relatifs à la submersion marine - Commune d'Hendaye	64	Hendaye									
87	2019	Diagnostic/ Etude	Observatoire	Casagec	Observatoire du littoral de l'île de Ré - Etat des lieux 2013-2018 (2019)	17	Île de Ré - plages sableuses	oui sur quelques secteurs	TDC sur la période 2013 à 2018 - Descripteurs =		non	non	analyse diachronique	reculs Lmax attribués à	non	non
88	2017	Diagnostic/ Etude	Observatoire	BRGM	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	17	Région nouvelle Aquitaine	non	réf = TDC 2014 ; Descripteurs dépendant	2014	oui - ouvrages longitudinaux -	non	oui - analyse bibliographique,	oui - analyse bibliographique	non	oui - changement climatique et
89	2021	Diagnostic/ Etude	Observatoire	BRGM/OCNA	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	17	Charente-Maritime	oui	TDC histo de 1950 à 2018. TdC de ref: 2018	2018	oui	oui	oui	oui - Forfait - cordon de	oui	oui
90	2011	Diagnostic/ Etude	Observatoire	BRGM: Aubie S., Mallet C., Favennec J.	Caractérisation de l'aléa érosion (2020-2040) de la Côte Aquitaine dans le cadre de l'étude stratégique de gestion du trait de côte. (2011) Rapport BRGM/RP-59095-FR	Région	Région Aquitaine	Oui	TDC réf: 2009 (pied de dune)- Historique :	2009	Identifié. Non pris en compte	Non	Analyse Diachronique	Non	2020-2040	Non
91	2015	Diagnostic/ Etude	Observatoire	BRGM: Mallet C., Millescamps B.,	Estimation de l'évolution du trait de côte aux horizons 2020-2040-2100 de la Dune du Pilat au Banc du Pineau et de Capbreton à l'embouchure de l'Adour. RP-64723-	Région	Dune du Pilat au Banc Du pineau et de Capbreton à	Oui	TDC ref: 2009 - Historique:	2009	pas considéré	pas considéré	DSAS/lissage numérique/	pas considéré	2020-2040-2100	Non
92	2016	Diagnostic/ Etude	Observatoire	Bernon N., Mallet C, R. Belon BRGM	Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2025 et 2050 BRGM/RP-66277-FR	Région	Région Aquitaine	Oui	TDC réf: 2014 - Historiques:	2014	Identifié. Non pris en compte	non	Analyse Diachronique	oui tempête hiver	Mise à jour de l'étude de 2011.	Oui
93	2014	Diagnostic/ Etude	Observatoire	BRGM	Evaluation de l'impact des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur la morphologie de la côte aquitaine. Rapport final. BRGM/RP63797-FR	Région								Observations historiques qui		

ID	Année	Type	Cadre de prod	Organisme - Auteur(s)	Titre	Localisation	Emprise spatiale	Fonctionnement général hydrosédimentaire (oui/non)	TDC réf et historiques (Année - Descripteur(s))	Année TDC référence	Ouvrages (Identification - Info pérennité 2050- Cartographie)	Actions gestion (Identification - Info pérennité 2050 -	Tx (Méthode - Valeurs - Période)	Lmax (Méthode - Valeurs - Réel ou estimé)	Projection - Horizon	Changement climatique - Incertitudes - Interaction érosion/submersion
94	2005	Diagnostic/Etude	Observatoire	OCA	Evaluation et cartographie de l'aléa mouvement de terrain sur la côte Basque. RP-52783-FR	64										
95	2001	Diagnostic/Etude	Autre	Creocean	Gestion dynamique des sédiments sur les côtes ouest et nord de l'Île d'Oléron (2001)	17	Île d'Oléron	non, local	non		oui - identification	oui - identification	non	non	non	non
96	2006	Diagnostic/Etude	Autre	Ifremer, Creocean, Univ. La Rochelle,	Etude pour une gestion dynamique des sédiments sur les côtes du Bassin de Marennes-Oléron et le pertuis de Maumusson (2006)	17	Bassin de Marennes-Oléron (Arvert - Oléron,	oui, dynamique (au travers de	plusieurs TDC 1824 - 2005 - descripteur non		non	non	non	non	non	non
97	2018	Diagnostic/Etude	Autre	Artdrones	Atlas 2018 de suivi de l'érosion des côtes Oléronnaises	17	Île d'Oléron	non	TDC historiques sur la période 1950-2016 +		non	non	non	non	non	non
98	2019	Diagnostic/Etude	Autre	Cerema	INEC / Dynamique et évolution du littoral - Fascicule 6 : synthèse des connaissances du littoral de la Pointe de Chémoulin à la Pointe de Suzac (2019)	17	Loire-Atlantique (partiel), Vendée et Charente-	oui (synthèse bibliographique)	réf = date variable (INEC) - descripteurs		oui - cartographie	oui - information	oui (INEC + études locales) -	oui - très localement	non	oui - état des connaissances
99	2019	Diagnostic/Etude	Autre	Cerema SO - E. Vedie, C. Respaud; J. Revel	Etude de la sensibilité aux instabilités des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime (2019)	17	Falaises de Saint-Palais-sur-Mer à Bazan	oui (description du milieu physique)	TDC existant (source, année non précisés) -		oui - d'après BD ouvrages	non	oui - d'après bibliographie,	non - caractérisation	non	non
100	2016	Diagnostic/Etude	Autre	Cerema SO - E. Vedie, C. Respaud; J. revel	Estimation du recul des falaises de la Pointe du Chay	17	Falaise de la Pointe du Chay (Angoulin-sur-Mer)	oui - découpage en secteurs	réf = TDC 2014, historique = TDC 1985 -	2014	sans objet	non	oui - analyse diachronique - 0	oui - observations et	oui - + 10 ans (10Tx + Lmax) et +30 ans (30	non
101	2022	Diagnostic/Etude	Autre	Université de La Rochelle / UMR	Etude des évolutions morphologiques interannuelles et séculaires de 37 plages de Charente-Maritime	17	Plages de Saint Georges-de-Didonne, Presqu'île	non	réf = 2018 (image sat), TDC historiques (2000,		non	non	oui - evolution cotes 3m et 5m	oui - sur la base des levés	non	Incertitudes traitées
102	2017	Diagnostic/Etude	Autre	BRGM	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 RP-67395	Région	De Yves à Saint-Georges-de-Didonnes	Oui	TDC ref: 2014 - Historique 1985-2014-		Identifié. Scénario sans	non	Analyse diachronique	oui tempête hiver	non	Oui CC: dvlit d'indicateur
103	2015	Diagnostic/Etude	Autre	Artelia	Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage - Connaissance des événements historiques et principe de modélisation	17	Seudre - Brouage	non	réf = TDC 2014, TDC historiques = 1937,	2014	oui - hypothèses	non	oui - méthode peu détaillée	non	oui - 100Tx	non
104	2010	Diagnostic/Etude	Autre	Univ. La Rochelle - V. Duvat Magnan	Les impacts de la tempête Xynthia sur les plages de l'Île d'Oléron - Les réalités de terrain (2010)	17	Île d'Oléron	non	non		non	non	non - quelques informations	oui - cartographie	non	non
105	2020	Diagnostic/Etude	Autre	Artelia	Etude de définition de dispositifs de défense contre la mer -Retrait des ouvrages et renaturation du secteur de la Gautrelle (2020)	17	Port du Douhet - Plage de la Gautrelle - Plage des	oui	réf = TDC 2017, historiques = TDC	2017	oui - état renseigné	non - hypothèses	oui - analyse diachronique sur	non	oui - 2022 et 2037 selon 2 scénarios	non
106	2013	Diagnostic/Etude	Autre	Casagéc /ISL Ingénierie	Etude du génie côtier sur le site atelier de Lacanau - Relocalisation des activités et des biens, Diagnostic des ouvrages de protection	33										
107	2015	Diagnostic/Etude	Autre	Casagéc /ISL Ingénierie	Etude du génie côtier sur le site atelier de Lacanau - Relocalisation des activités et des biens, AVP Lutte active des ouvrages de protection	33										
108	2013	Diagnostic/Etude	Autre	Casagéc	Analyse des petits fonds du littoral d'Anglet et incidence prévisible sur l'évolution du trait de côte et les aléas	64										
117	2019	Diagnostic/Etude	Observatoire	Casagéc	Elaboration d'un plan de gestion des sédiments sur le littoral de l'île de Ré	17	Île de Ré	Oui sur 6 gdes cellules	depuis 2013 (mise en place de l'obs Île de Ré)		non	oui	non	non / inventaire des	non	non
118	2022	Diagnostic/Etude	SLGBC	CC Gds Lacs	Plan de gestion des sédiments Littoraux de Biscarrosse	33	Biscarrosse	oui	non	non	non	oui	non	non	non	non
119	2023	Diagnostic/Etude	Observatoire	BRGM: Martins L, Bernon N.	Caractérisation du recul des côtes rocheuses de Charente-Maritime entre 1950 et 2018 (BRGM/RP-72315-FR)	17	Charente-Maritime	oui	non		non	non	Oui - analyse diachronique sur	non	non	non
109	2018	R&D	Autre	Univ. Bordeaux I - EPOC (Castelle et al.)	Spatial and temporal patterns of shoreline change of a 280-kmhigh-energy disrupted sandy coast from 1950 to 2014: SW France	Région	Arvert - Oléron	oui	réf = TDC 2014 - TDC historiques sur la		non	non	non	non	non	non
110	2019	R&D	Autre	Université La Rochelle - LIENS	Chaire Régionale Evènements Extrêmes et érosion du trait de côte: mesures, modélisation numérique et impacts sociétaux	17	Arvert - Oléron	oui - Pertuis de Maumusson et côtes	Historiques = TDC 1824, 1882, 1958, 2018 ;		non	non	non - autres indicateurs	sans objet	non	non
111	1962	R&D	Autre	BRUUN P.	Sea level rise as a cause of shore erosion. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of the Waterways and Harbors Division 88, pp117-130	NA										
112	2015	R&D	Autre	CASTELLE B., Marieu V., Bujan S., d. Sinter	Impact of the winter 2013-2014 series of severe Western Europe storms on a double-barred sandy coast: Beach and dune erosion and megacusp embayments	33										
113	2022	R&D	Autre	Nicolae Lerma A, Billy J., Bulteau T., Mallet	Multi-Decadal Seawall-Induced Topo-Bathymetric Perturbations along a Highly Energetic Coast	33										
114	2012	R&D	Autre	R. Ranasinghe, D. Callaghan, M.J.F.	Estimating coastal recession due to sea level rise: beyond the Bruun rule	NA										
115	2021	R&D	Autre	R. Jak McCarroll et al.	A rules-based shoreface translation and sediment budgeting tool for estimating coastal change: ShoreTrans	NA										
116	2004	R&D	Autre	J.A.G. Cooper, O.H. Pilkey	Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun rule	NA										

Annexe 3 Recensement des traits de côte de référence et traits de côte historiques utilisés pour des études de projection en Nouvelle-Aquitaine

Chaque donnée est identifiée à partir du numéro ID qui se rapporte au recueil des études et données existantes sur l'aléa recul du trait de côte en Nouvelle-Aquitaine (Annexe 2)

Appui à l'élaboration des cartes d'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

ID	Année	Organisme - Auteur(s)	Titre	Localisation	Client	Emprise spatiale	TDC réf et historiques (Année - Descripteur(s))	Année TDC référence
1	2019	Casagac	Diagnostic du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'île d'Oléron : analyse générale et analyses locales - Rapport de phase 1	17	CdC Île d'Oléron	Île d'Oléron	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	2014
3	2018	Artelia	Etude de définition de dispositifs de défense contre la mer - Falaises de Royan - Phase 1 (étapes 1 & 2), Phase 2	17	CD 17	littoral de Royan (partie à l'ouest du port)	réf = TDC 2018 - descripteur non défini -	2018
4	2023	Casagac / Antea groupe	Etude pour l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de la communauté d'agglomération de Royan	17	CA Royan Atlantique	De l'embouchure de la Seudre au nord à la commune de Floirac (17) au sud	réf= TDC 2018 - reprise des travaux de Bernon et al. 2021	2018
5	2014	Artelia	Réalisation d'un diagnostic permettant la détermination d'une stratégie communautaire de gestion du phénomène d'érosion,	33	Communauté de communes de la pointe du Médoc	de Naujac-sur-Mer (sud) à la Pointe de Grave (nord)	TDC réf: 2009 pieds de dune/ historique de 1966 à 2009	2009
6	2018	Casagac	SLGBC phase 1 - Analyse de l'évolution récente (2013-2018) du littoral de la pointe de la Negade (Soulac sur Mer) à l'épi saint Nicolas (Verdon sur Mer)	33	CC Médoc Atlantique	De la pointe de la Négade (Soulac) à l'épi Saint Nicolas (le Verdon)	Pas de TDC de référence. TDC histo: 2013,2014,2015,2016,2017,2018, descripteur: pied de dune	
7	2020	Casagac	SLGBC phase 1 - Analyse de l'évolution récente (2013-2019) du littoral de la pointe de la Negade (Soulac sur Mer) à l'épi saint Nicolas (Verdon sur Mer)	33	CC Médoc Atlantique	De la pointe de la Négade (Soulac) à l'épi Saint Nicolas (le Verdon)	Pas de TDC de référence. TDC histo: 2013,2014,2015,2016,2017,2018, 2019,2020 descripteur: pied de dune	
8	2021	Casagac	SLGBC Nord Medoc, phase 1 - Analyse de l'évolution récente (2013-2021) du littoral de la pointe de la Negade (Soulac sur Mer) à la jetée de Grave (Verdon sur Mer)	33	CC Médoc Atlantique	De la pointe de la Négade (Soulac) à la jetée de la Grave (le Verdon)	Pas de TDC de référence. TDC histo: 2013,2014,2015,2016,2017,2018, 2019,2020, 2021 descripteur: pied de dune	
10	2022	Casagac	SLGBC Nord Medoc, phase 2 - Actualisation de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de Soulac-sur-Mer au Verdon sur Mer	33	CC Médoc Atlantique	De Soulac au Verdon	Tdc histo non renseigné TC ref= 2020	2020
11	2021	Casagac	SLGBC Sud Médoc- Suivi du Littoral de Grayan-et-Hopital vensac, vendays-montalivet et Naujac sur mer (période 2018-2021)	33	CC Médoc Atlantique	CCMA	pas de tdc de réf. Histo: entre 2008 et 2018 et annuellement entre 2018 et 2021	
12	2020	Artelia	SLGBC Sud Médoc - Etude et AMO en vue de l'élaboration de la stratégie de gestion du phénomène d'érosion entre la pointe Negade et Naujac sur mer - Etape 1 à 4	33	CC Médoc Atlantique	De la Pointe de la Négade à Naujac-sur-Mer	TDC ref: mars 2019 (ISea) descripteur: pied de dune - trait de côte historique de 1985 à 2014	2018
13	2020	Casagac	SLGBC phase 1 - Observatoire du littoral de Lacanau (2020)	33	Lacanau	Lacanau	pas de Tc de réf. Tc Historique: de 2016 à 2020 (2x/an)	
14	2021	Casagac	SLGBC phase 1 - Observatoire du littoral de Lacanau (2021)	33	Lacanau	Lacanau	pas de Tc de réf. TC historique de 2016 à 2021	
15	2017	Casagac	Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de Lege Cap Ferret (étude 1 à 4) (2016-	33	Lège Cap-Ferret	Lège Cap Ferret	TDC de réf de 2014 (reprise des travaux d'artelia 2015) Tdc historiques: 1950 à 2014	2014
17	2017	Casagac	Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière sur la commune de La Teste de Buch - Etape 1: diagnostic du fonctionnement du littoral et reconnaissance des enjeux	33	La Teste de Buch	de la limite avec Arcachon (au nord) à la limite avec Biscarrosse (au sud). L'étude inclue également la partie occidentale du littoral avec notamment les passes du bassin d'Arcachon (traitées dans l'étude d'Artelia(2015))	Histo: 1985, 1998, 2000,2006,2007,2008,2009,2011,2014 TDC de réf: nov 2015	2015
20	2015	Artelia / Géotransfert	Erosion au niveau des passes du Bassin d'Arcachon - Elaboration d'une stratégie locale de gestion de la bande côtière - Phase 1 et 2	33	Cap-Ferret, SIBA, La Teste et Biscarrosse	de la plage de l'Horizon (Cap-Ferret) jusqu'à Biscarrosse	TDC réf 2014 OCA historique depuis 1950 à 2014 - pieds de dune	2014
21	2016	Artelia	SLGBC phase 1 - Etude d'accompagnement à l'élaboration de la stratégie locale de gestion de la bande côtière de Biscarrosse - Etape 1: diagnostic	40	CCGL / ville de Biscarrosse	commune de Biscarrosse (forêt domaniale au nord, zone militaire au sud)	Réf: TDC 2014 en considérant l'effacement des ouvrages actuels et l'alignement du Tdc avec les Tdc adjacents historique : 1945 - 2014	2014
23	2023	Artelia	SLGBC phase 2 - Etude hydrosédimentaire - détermination de la bande d'aléas "Erosion"	40	CCGL / ville de Biscarrosse	commune de Biscarrosse	Tdc réf: 2020 historique: 1985, 1998, 2000, 6, 7, 8, 9, 2016, 17, 18, 19, 20, 21	2020
24	2013	Casagac/ISL	Elaboration d'une stratégie locale de gestion du trait de côte intégrant le fonctionnement hydraulique et sédimentaire du courant de Mimizan. Etude hydraulique et définition de l'espace	40	CC Mimizan	Mimizan	TDC réf = 2009 historique : 1966, 1985, 1998, 2000, 2006, 7,8,9 descripteurs : pied de dune	2009
26	2017	Casagac	Etude de l'accompagnement à l'élaboration d'une stratégie locale de gestion du débouché du courant d'Huchet (étape 1 à 4) (2017)	40	Commune de moliets et Maa	Débouché du courant de Huchet	Pas de Tdc de réf historique: 1985, 1998, 2000, 6, 7, 8, 9, 11, 14 Données OCA (BRGM/RP-66277-FR, 2016)	
27	2016	Casagac	Etude de gestion de la bande côtière du Plan-Plage de Vieux-Boucau Port d'Albret, Diagnostic risque et Scénario de gestion (2016)	40	Mairie de Vieux-Boucau	Vieux-Boucau: de la plage des sablière (nord) jusqu'à la digue (sud)	Réf : 2015 (DGPS Casagac) historique : 1966, 1985, 1998, 2000, 6,7,8,9,11, 14 relevé de la position du PdP par photo-interprétation,	2015
28	2018	Casagac	Diagnostic global du littoral d'Hossegor et préconisation de gestion	40	Soorts-Hossegor	Soorts-Hossegor	pas de projection le diagnostic s'appuie sur l'étude OCNA 2018	
29	2015	Casagac / Artelia	Stratégie locale de la gestion du trait de côte de Capbreton, Etape 1 - Diagnostic détaillé du littoral	40	Capbreton	de Soorts Hossegor à Labenne	ref = Tdc 2014 (de Hossegor à la plage de la pointe à Capbreton) ref=Tdc 2012 au sud de la plage de la pointe historique: 1966, 1985, 1998, 2000, 2009 et 2006:2014 Descripteur : méthode OCNA, limite plage/dune selon les environnements	2014 et 2012
30	2016	Casagac / Artelia	Stratégie locale de la gestion du trait de côte de Capbreton, Etape 4 - Etude Stratégique	40	Capbreton	de Soorts Hossegor à Labenne	idem étape 1	2014 et 2012
31	2014	GARNIER C., MILLESCAMPS B. / BRGM	AgglomérationSud Pays Basque: Evaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière. Rapport final BRGM/RP-63588-FR, 66p., 63 fig., 2 tab., 3ann. (2014)	64	Agglomération Sud Pays Basque	De Guéthary (nord) à Hendaye (sud)	TdC de réf : 1954 et 2009 (actualisé en 2013) Descripteurs du TdC : - côte rocheuse : sommet falaise ou ouvrage longitudinal - fond de baie: pied de falaise dunaire, rupture topo, limite de végétation, ouvrage longitudinal	2013
32	2014	GARNIER C., MILLESCAMPS B. / BRGM	Agglomération Côte Basque Adour : Evaluation de l'aléa érosion côtière en 2023 et 2043 dans le cadre de la stratégie locale de gestion de la bande côtière. Rapport final RP-63780-FR, 78p., 78 fig., 5 tab., 4ann. (2014)	64	Agglomération Sud Pays Basque et Agglomération Côte Basque Adour	de Anglet à Hendaye	TdC de réf : 1954 et 2009 (actualisé en 2013) Descripteurs du TdC : - côte rocheuse : sommet falaise ou ouvrage longitudinal - fond de baie: pied de falaise dunaire, rupture topo, limite de végétation, ouvrage longitudinal	2013
33	En cours	BRGM	Projections de la position du trait de cote aux échéances +30 ans et +100 ans sur les littoraux du pays basque et du seignaux (en cours)	64	CAPB	CAPB		
34	2019	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de	17	DDTM17	Châtellillon-Plage	1950,1980,2006	non renseigné
35	2019	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de La Rochelle	17	DDTM17	La Rochelle	1937,2006,1950, 1980	non renseigné
36	2019	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de Yves	17	DDTM17	Yves	1937,1950,1980,2006	non renseigné
37	2020	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de	17	DDTM17	L'Houmeau	1950,1980,2006	non renseigné
38	2020	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de	17	DDTM17	Marsilly	1950,1980,2006	non renseigné
39	2020	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de	17	DDTM17	Nieul-Sur-Mer	1950,1980,2006	non renseigné
40	2021	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de	17	DDTM17	Angoulins-su-Mer	1950,1980,2006	non renseigné
41	2021	Artelia	PPRN Risques littoraux - Nord du département - Commune de	17	DDTM17	Aytré	1937,1950,1980,2006	non renseigné
42	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune du Bois-Plage-en-Ré	17	DDTM17	Le Bois-Plage-en-Ré	1950,1999,2009,2010	2010
43	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune d'Ars en Ré	17	DDTM17	Ars-en-Ré	1950,1999,2009,2010	2010
44	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune de La Couarde sur	17	DDTM17	La Couarde sur Mer	1950,1999,2009,2010	2010
45	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune de La Flotte	17	DDTM17	La Flotte	1950,1999,2009,2010	2010
46	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune des Portes en Ré	17	DDTM17	Les Portes en Ré	1791,1950,1999,2009,2010	2010
47	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune de Loix	17	DDTM17	Loix	1950,1999,2009,2010	2010
48	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune de Rivedoux-Plage	17	DDTM17	Rivedoux-Plage	1822,1950,1999,2009,2010	2010
49	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune de Saint-Clément	17	DDTM17	Saint Clément des Baleines	1950,1999,2009,2010	2010
50	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune de Sainte-Marie-de-	17	DDTM17	Sainte-Marie-de-Ré	1950,1999,2009,2010	2010

Appui à l'élaboration des cartes d'exposition au recul du trait de côte aux horizons +30 ans et +100 ans à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

51	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile de Ré - Commune de Sainte Martin de	17	DDTM17	Saint Martin de Ré	1950, 1999, 2009, 2010	2010
52	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Estuaire de la Charente - Commune de	17	DDTM17	Fouas	non renseigné	non renseigné
53	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Estuaire de la Charente - Ile d'Aix	17	DDTM17	Ile d'Aix	non renseigné	non renseigné
54	2021	Artelia	PPRN Risques littoraux - Estuaire de la Charente - Port des Barques	17	DDTM17	Port des Barques	non renseigné	non renseigné
55	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune de Dolus	17	DDTM17	Dolus d'Oléron	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
56	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune de La Brée-Iles-	17	DDTM17	La Brée-Iles-Bains	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
57	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune de Château	17	DDTM17	Château d'Oléron	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
58	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune du Grand-Village	17	DDTM17	Grand-Village-Plage	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
59	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune de Saint-Denis	17	DDTM17	Saint-Denis-d'Oléron	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
60	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune de Saint-Georges	17	DDTM17	Saint-Georges-d'Oléron	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
61	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune de Saint-Pierre	17	DDTM17	Saint-Pierre-d'Oléron	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
62	2018	Artelia	PPRN Risques littoraux - Ile d'Oléron - Commune de Saint-Trojan-	17	DDTM17	Saint-Trojan-les-Bains	1950, 2000, 2003, 2006, 2010	2010
63	2022	Artelia	PPRN Erosion côtière-Submersion marine - Bourcefranc-Le-Chapus	17	DDTM17	Bourcefranc-Le-Chapus	non renseigné	non renseigné
64	2022	Artelia	PPRN Erosion côtière-Submersion marine - La Tremblade	17	DDTM17	La Tremblade	non renseigné	non renseigné
65	2022	Artelia	PPRN Erosion côtière-Submersion marine - Marennes-Hiers-	17	DDTM17	Marennes-Hiers-Brouage	non renseigné	non renseigné
66	2022	Artelia	PPRN Erosion côtière - Môle	17	DDTM17	Môle	non renseigné	non renseigné
67	2022	Artelia	PPRN Erosion côtière-Submersion marine - Saint-Froult	17	DDTM17	Saint-Froult	non renseigné	non renseigné
68	2022	Artelia	PPRN Risques littoraux - Embouchure et Nord-Gironde - Commune	17	DDTM17	Royan	1950, 1999, 2003	non renseigné
69	2022	Artelia	PPRN Risques littoraux - Embouchure et Nord-Gironde - Commune de Saint-Georg	17	DDTM17	Saint-Georges-de-Didonne	1950, 1999, 2003	non renseigné
70	2022	Artelia	PPRN Risques littoraux - Embouchure et Nord-Gironde - Commune	17	DDTM17	Talmont-sur-Gironde	1950, 1999, 2003	non renseigné
71	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Carcans	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
72	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Gravay-et-L'Hôpital	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
73	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Hourtin	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
74	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Lacanau	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
75	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Le Verdon sur Mer	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
76	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Lège-Cap-Ferret	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
77	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Naujac sur Mer	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
78	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Vendays Montalivet	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
79	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Vensac	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
80	2001		PPRN Avancée dunaire et recul du trait de côte - Commune de	33		Le Porge	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
81	2001		PPRN Risque inondation de la pointe du Médoc - Commune de	33		Soulac sur Mer	non renseigné	non renseigné
82	2019		PPRN Risque inondation par submersion marine - Commune de La	33		La Teste de Buch	1957, 1991, 1985, 1989, 1994	1994
83	2017	Casagac	PPRN Risques littoraux - Commune de Mimizan	40		Mimizan	1985, 1998, 2000, 2005, 2009, 2011, 2014, 2006, 2007, 2008	2014
84	2023	Artelia	PPRN Risques littoraux et inondation par débordement fluvial -	40		De Messanges à Soustons	non renseigné	2017
85	2021	DHI	PPRN Risques littoraux - Secteur du Bourret-Boudigau	40		Hossegor et Capbreton	1966, 1985, 1998, 2000, 2007, 2008, 2009, 2014	2017
87	2019	Casagac	Observatoire du littoral de l'île de Ré - Etat des lieux 2013-2018 (2019)	17	CdC Ile de Ré	Ile de Ré - plages sableuses	TDC sur la période 2013 à 2018 - Descripteurs = pied de dune, limite végétation, pied d'ouvrage et sommet de falaise - cartographiés	
88	2017	BRGM	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	17	Agence de l'Eau Adour-Garonne	Région nouvelle Aquitaine	réf = TDC 2014 ; Descripteurs dépendant de l'environnement littoral	2014
89	2021	BRGM/OCNA	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 - RP-71334-FR	17	Etat	Charente-Maritime	TDC histo de 1950 à 2018. Tdc de ref: 2018	2018
90	2011	BRGM: Aubie S., Mallet C., Favennec J.	Caractérisation de l'aléa érosion (2020-2040) de la Côte Aquitaine dans le cadre de l'étude stratégique de gestion du trait de côte. (2011) Rapport BRGM/RP-59095-FR	Region	Région/Etat	Région Aquitaine	TDC réf: 2009 (pied de dune)- Historique : 1966, 1985, 1998, 2000, 2006, 2007, 2008, 2009 Descripteur: séparation dune/plage et séparation falaise/estran	2009
91	2015	BRGM: Mallet C., Millescamps B., Hoareau A.	Estimation de l'évolution du trait de côte aux horizons 2020-2040- 2100 de la Dune du Pilat au Banc du Pineau et de Capbreton à l'embouchure de l'Adour. RP-64723-FR	Region	Région/Etat	Dune du Pilat au Banc du Pineau et de Capbreton à l'embouchure de l'Adour	TDC ref: 2009 - Historique: 1966, 1985, 1998, 2000, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013-Descripteur: Pied de dune pour les TC (en // limite dune forêt digitalisée)	2009
92	2016	Bernon N., Mallet C, R. Belon BRGM	Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2025 et 2050 BRGM/RP-66277-FR	Region	région/Etat	Région Aquitaine	TDC réf: 2014 - Historiques: 1966, 1985, 1998, 2000, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2014. Descripteurs: pieds de dune	2014
96	2006	Ifremer, Creocan,	Etude pour une gestion dynamique des sédiments sur les côtes du Bassin de Marennes-Oléron et le pertuis de Maumusson (2006)	17	CD17/DDTM17	Bassin de Marennes-Oléron (Arvert - Oléron, Pertuis Maumusson)	plusieurs TDC 1824 - 2005 - descripteur non précisé	
97	2018	Atredones	Atlas 2018 de suivi de l'érosion des côtes Oléronnaises	17	CdC de l'île d'Oléron - Oléron Espaces naturels	Ile d'Oléron	TDC historiques sur la période 1950-2016 + MNT 2017-2018 - Descripteurs non précisés	
98	2019	Cerema	INEC / Dynamique et évolution du littoral - Fascicule 6: synthèse des connaissances du littoral de la Pointe de Chémoulin à la Pointe de Suzac (2019)	17	Commande nationale	Loire-Atlantique (partiel), Vendée et Charente-Maritime	réf = date variable (INEC) - descripteurs dépendant de l'environnement littoral	
99	2019	Cerema SO - E. Vedie, C. Respaud; J.	Etude de la sensibilité aux instabilités des falaises estuariennes de Gironde en Charente-Maritime (2019)	17	DDTM17	Falaises de Saint-Palais-sur-Mer à Bazan	TDC existant (source, année non précisées) - Descripteurs = sommet de falaise, limite de végétation et pied d'ouvrage	
100	2016	Cerema SO - E. Vedie, C. Respaud; J. revel et F. Collin	Estimation du recul des falaises de la Pointe du Chay	17	DDTM17	Falaise de la Pointe du Chay (Angoulins-sur-Mer)	réf = TDC 2014, historique = TDC de 1985 à 2014 Descripteur = limite de végétation	2014
101	2022	Université de La Rochelle / UMR LIENSs - E. Chaumillon, J. Maura Mussio	Etude des évolutions morphologiques interannuelles et séculaires de 37 plages de Charente-Maritime	17	CD 17	Plages de Saint Georges-de-Didonne, Presqu'île d'Arvert et îles d'Oléron et de Ré. Localement	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	2018
102	2017	BRGM	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 RP-67395-FR	Region	Agence de l'Eau Adour-Garonne	De Yves à Saint-Georges-de-Didonnes	TDC ref: 2014 - Historique 1985-2014- Descripteurs: pieds de dune et pieds de falaise	2014
103	2015	Artelia	Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage - Connaissance des événements historiques et principe de modélisation	17	DDTM17 - SMASS	Seudre - Brouage	réf = TDC 2014, TDC historiques = 1937, 1945, 1970, 1999 - Descripteur dépendant de l'environnement littoral	2014
105	2020	Artelia	Etude de définition de dispositifs de défense contre la mer - Retrait des ouvrages et renaturation du secteur de la Gautrelle (2020)	17	CD17	Port du Douhet - Plage de la Gautrelle - Plage des Saumonnards	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	2017
109	2018	Univ. Bordeaux I - EPOC (Castelle et al.)	Spatial and temporal patterns of shoreline change of a 280-kmhigh energy disrupted sandy coast from 1950 to 2014: SW France	Region	Projet Recherche	Arvert - Oléron	réf = TDC 2014 - TDC historiques sur la période 1950-2014. Descripteurs = pied de dune, limite de végétation, pied d'ouvrage	2014
110	2019	Université La Rochelle -	Chaire Régionale Evénements Extrêmes et érosion du trait de côte: mesures, modélisation numérique et impacts sociétaux	17	Projet de recherche	Arvert - Oléron	Historiques = TDC 1824, 1882, 1958, 2018 ; plusieurs TDC sur période 2016 - 2017	
119	2023	BRGM: Martins L. Bernon N.	Caractérisation du recul des côtes rocheuses de Charente-Maritime entre 1950 et 2018 (BRGM/RP-72315-FR)	17	Etat	Charente-Maritime	TDC histo: 1950 et 2018	

Annexe 4 Impact du changement climatique sur les environnements littoraux de Nouvelle-Aquitaine (Bernon *et al.*, 2024, modifié)

Le recul du trait de côte dépend d'une multitude de paramètres physiques. Les principaux sont : l'élévation du niveau de la mer, le régime de vague, les marées, les précipitations, les températures et les variations des niveaux piézométriques dans les aquifères. Le changement climatique modifiant ces paramètres, il impactera directement les évolutions de chaque environnement côtier et doit être pris en compte dans les projections futures.

I. Élévation du niveau de la mer

L'élévation du niveau de la mer global est causée par différents processus (Figure 34) dont les principaux sont :

- un accroissement du volume des océans par dilatation thermique, dû à l'élévation de leur température ;
- un apport de masse causé par la fonte des glaciers continentaux et les inlandsis (c'est à dire les calottes de glace du Groenland et de l'Antarctique) qui contribuent également à l'augmentation du volume d'eau dans l'océan ;
- les échanges de masse avec les eaux de surface et souterraines ;

Les deux premiers processus listés ci-dessus sont des conséquences directes du déséquilibre énergétique global induit par l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Church *et al.*, 2013).

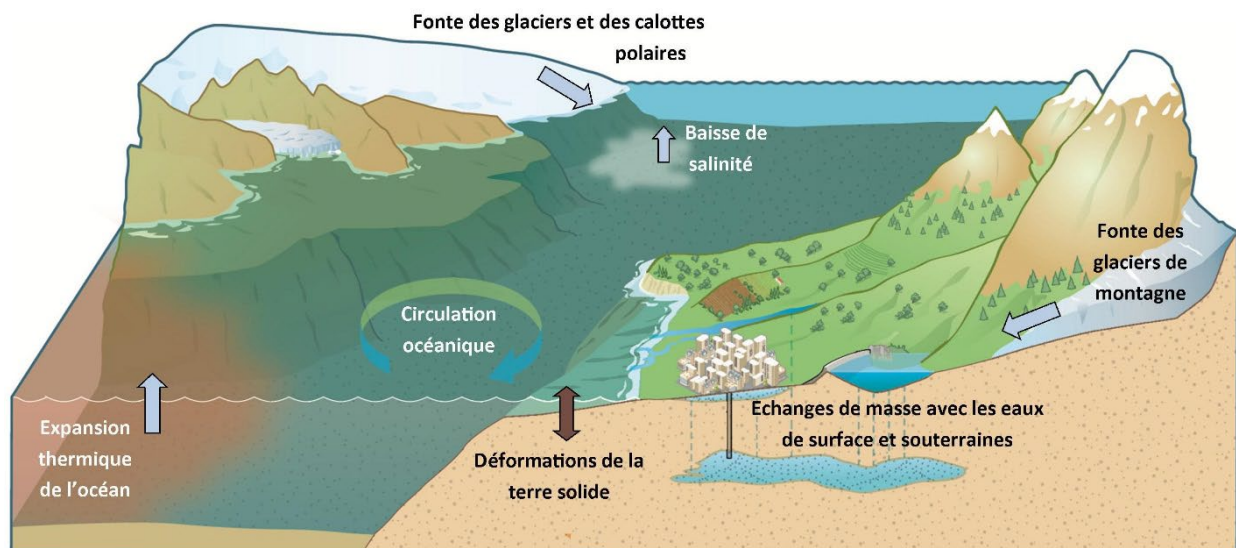


Figure 34 - Processus à l'origine des variations du niveau marin (Cazenave et le Cozannet, 2014)

A l'échelle du globe, le niveau marin croît en accélérant : de 1,3 [0,6 – 2,1] mm/an entre 1901 et 1971, de 1,9 [0,8 – 2,9] mm/an entre 1971 et 2006 et de 3,7 [3,2 – 4,2] mm/an entre 2006 et 2018 pour un total de 20 cm entre 1901 et 2018 (IPCC, 2021). D'après le 6^{ème} rapport d'évaluation (AR6) du GIEC, le niveau marin moyen continuera de s'élever au-delà de 2100.

Bien qu'elle soit souvent quantifiée à l'échelle mondiale, l'élévation du niveau de la mer n'est pas uniforme et varie selon les régions. Ces variations régionales sont liées aux changements de la circulation océanique, de la forme du géoïde et de la déformation de la Terre solide induits par les transferts de masse de la terre vers l'océan. En outre, à l'échelle locale, qui est l'échelle la plus pertinente pour concevoir des stratégies d'adaptation côtière, l'élévation du niveau de la mer induite par le climat peut être amplifiée (resp. atténuée) par l'affaissement (resp. le soulèvement) des terres. Tous ces processus entraînent des écarts importants entre les projections locales de l'évolution relative du niveau de la mer et les projections correspondantes du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale (Figure 37).

Les valeurs d'élévation du niveau marin sont projetées par rapport à la période de référence 1995-2014 et considèrent différents scénarios futurs dits SSP (Shared Socio-Economic Pathways). Notons que ces valeurs d'élévation du niveau marin tendent aujourd'hui à être exprimées selon des niveaux de réchauffement global d'ici la fin du siècle. Les informations suivantes sont extraites du site Internet <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>. Elles correspondent aux projections d'élévation du niveau de la mer basées sur l'évaluation présentée dans le dernier rapport GIEC (IPCC, 2023). Ces projections sont notamment disponibles pour 4 localités de Nouvelle-Aquitaine : La Rochelle-La Pallice, Port Bloc, Boucau et Saint Jean-de-Luz (Socoa).

II. Mouvements verticaux du sol

En cas de subsidence ou surrection du sol avérées, il est judicieux d'ajouter (subsidence) ou de soustraire (surrection) la contribution des mouvement verticaux du sol aux tendances du niveau marin relatif. La vitesse des mouvements verticaux du sol peut être par exemple obtenue à partir des données du réseau GNSS du service d'observations SONEL ou de l'*European Ground Motion Service* (EGMS) de Copernicus (<https://egms.land.copernicus.eu/>).

Les données des stations GNSS (Tableau 11), présentes sur le territoire néo-aquitain, indiquent en moyenne à l'échelle régionale un mouvement vertical du sol de -0.71 ± 0.25 mm/an d'après l'analyse produite par l'Université de La Rochelle (Gravelle *et al.*, 2023). Le service Copernicus EGMS fournit, au sein de la bande littorale de Nouvelle-Aquitaine, une tendance de -1.21 mm/an (erreur quadratique moyenne de 1.60 mm) sur la période 2019-2023 (Figure 35).

	Ile d'Aix	La Rochelle	Royan	Ferret	Mimizan	Biarritz	Socoa
Date de mise en route	2012	2001	2007	2005	2012	2007	2005
Date d'arrêt	--	--	--	2016	--	--	--
Vitesse moyenne [mm/an]	-1,39 +/- 0,28	-0,44 +/- 0,18	-0,10 +/- 0,16	-0,55 +/- 0,51	-0,22 +/- 0,20	-0,79 +/- 0,2	-1,53 +/- 0,23

Tableau 11 - Vitesses moyennes des mouvements verticaux du sol, extraites des stations GNSS, réparties sur le territoire de Nouvelle-Aquitaine (<https://egms.land.copernicus.eu/>)

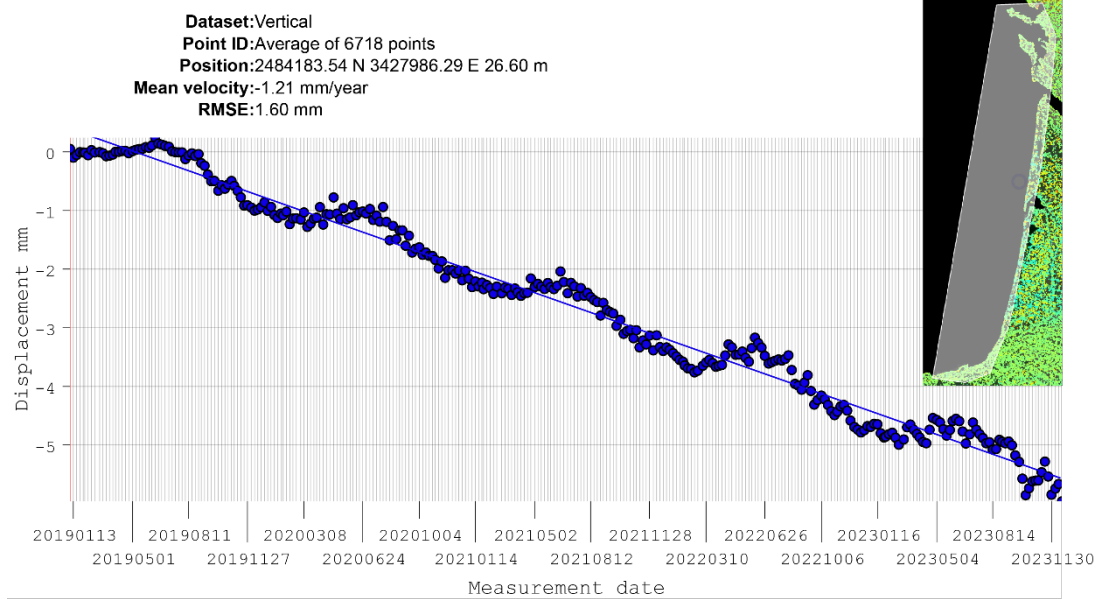


Figure 35 - Mouvements verticaux du sol mesurés à partir des données du service Copernicus EGMS. Les points de la bande côtière sur lesquels l'analyse s'appuie se trouvent dans le polygone blanc de l'extrait cartographique

Etudiée à l'échelle européenne comparativement aux données GNSS, il a été démontré l'existence d'un biais dans l'estimation des vitesses de mouvements verticaux du sol lié au référentiel géodésique utilisé pour calibrer le service Copernicus EGMS (Thieblemont *et al.*, 2024). Ce biais, pour le Sud-Ouest de la France, entraîne une surestimation de la subsidence de 0,65 mm/an.

Enfin, dans le but de comparer les projections du niveau marin moyen avec la topographie locale, il est nécessaire d'intégrer les projections de la trajectoire régionalisée d'élévation du niveau de la mer dans le référentiel altimétrique local.

III. Évolution des conditions océanographiques

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

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

1. Etats de mer

Les réanalyses et les mesures effectuées en mer suggèrent que la hauteur moyenne des vagues s'est élevée en Atlantique Nord-Est, entre 1958 et 2002 (IPCC, 2013). Le rapport du GIEC (IPCC, 2019) confirme cette tendance, déterminant que la hauteur moyenne des vagues s'est élevée de 0,8 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 changements futurs des régimes de vagues sont élevées. L'enjeu actuel est de quantifier ces incertitudes, en identifiant celles qui sont issues des désaccords entre modèles de climat, de la variabilité interne du système climatique et du scénario de changement climatique.

Une des méthodes mises en œuvre pour cerner l'évolution des états de mer est de constituer un échantillon de multiples projections des états de mer futurs et d'en extraire les résultats les plus statistiquement robustes. Cette méthode, mise en œuvre à l'échelle mondiale et pour différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, suggère pour l'Atlantique Nord, une diminution des moyennes annuelles de la hauteur significative des vagues et une réorientation vers le nord de la direction moyenne des vagues (Figure 36, Morim *et al.*, 2019).

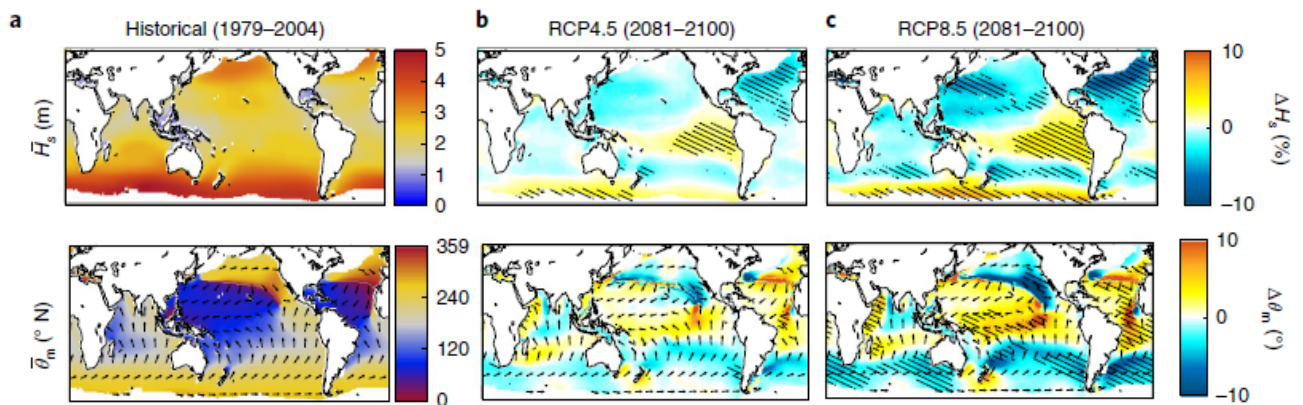


Figure 36 - États de mer moyens simulés actuels (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et 8.5 ; les zones hachurées indiquent les régions où les évolutions projetées sont robustes. La robustesse est évaluée par le niveau de consensus des modèles autour de 1/la significativité du changement dans les évolutions projetées des états de mer, et 2/ le signe du changement (source : extrait de Morim *et al.*, 2019)

Ces résultats confirment les travaux plus anciens, mais régionalisés aux côtes de l'Europe occidentale. Charles *et al.* (2012) ont forcé un modèle de vagues avec des vents du modèle Arpège-Climat de Météo-France. Dans le cas du scénario de changement climatique A2 (scénario de fortes émissions de gaz à effets de serre retenu par le GIEC en 2007), ils obtiennent une baisse des hauteurs de vagues de 5 à 11 % dans le golfe de Gascogne, ainsi qu'un décalage vers le nord d'environ 5° des directions des vagues (Figure 37). 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.

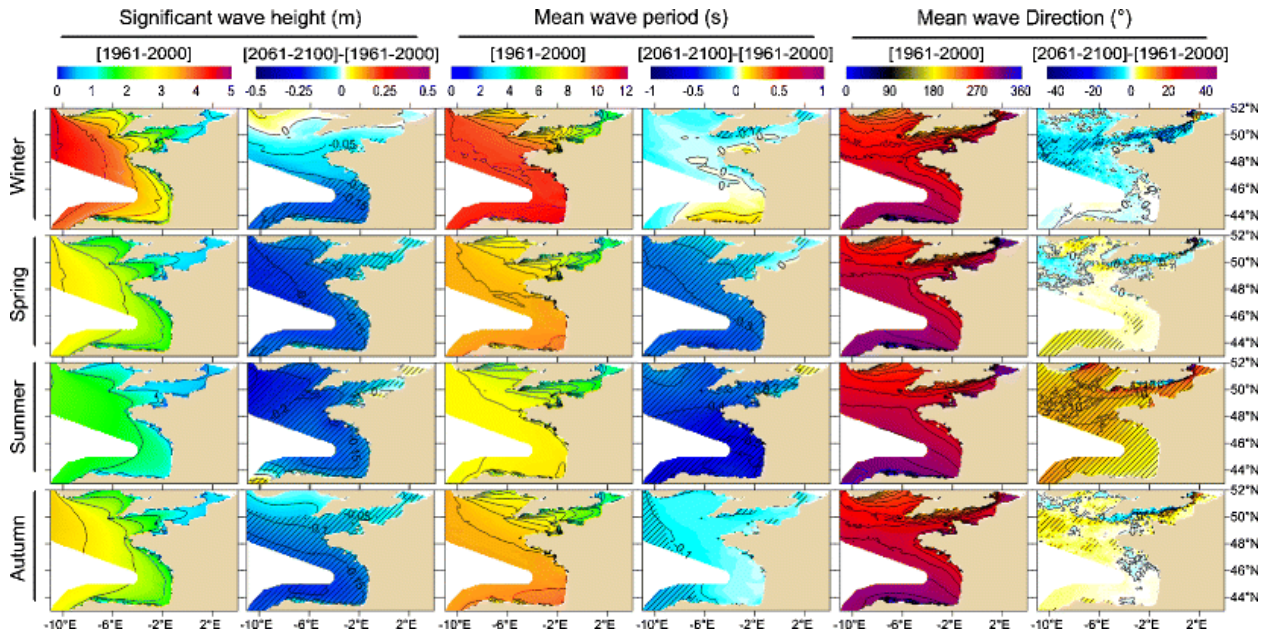


Figure 37 - Cartes présentant les hauteurs, périodes et directions actuelles des vagues dans le Golfe de Gascogne, ainsi que les changements anticipés pour un scénario de changement climatique A2 (scénarios du rapport de 2007 du GIEC - Extrait de Charles et al. (2012)) Ces projections sont basées sur le modèle Arpège-Climat de Météo-France. Les zones hachurées indiquent un changement significatif à 95 %.

2. Évènements de fortes houles

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

Les travaux relatifs aux évènements de fortes houles actuels et futurs s'appuient généralement sur les modèles climatiques globaux et les bases de données associées, et s'intéressent en particulier aux modèles de vagues. Dans ces modèles sont introduites les futures conditions à l'origine de la génération des houles, notamment les vents, issues des simulations climatiques globales selon les différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Les résultats montrent de grandes divergences à l'échelle du globe entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud. Une augmentation importante des épisodes de fortes houles est attendue au niveau des zones tropicales et dans les hautes latitudes de l'hémisphère sud, alors qu'une diminution générale de ces épisodes ressort dans l'hémisphère nord (Figure 38, Morim *et al.*, 2021). Meucci *et al.* (2021) ont par ailleurs démontré statistiquement une baisse des hauteurs significatives des vagues pour des évènements extrêmes de l'ordre de 5 à 15% et une baisse de la fréquence des évènements extrêmes par an.

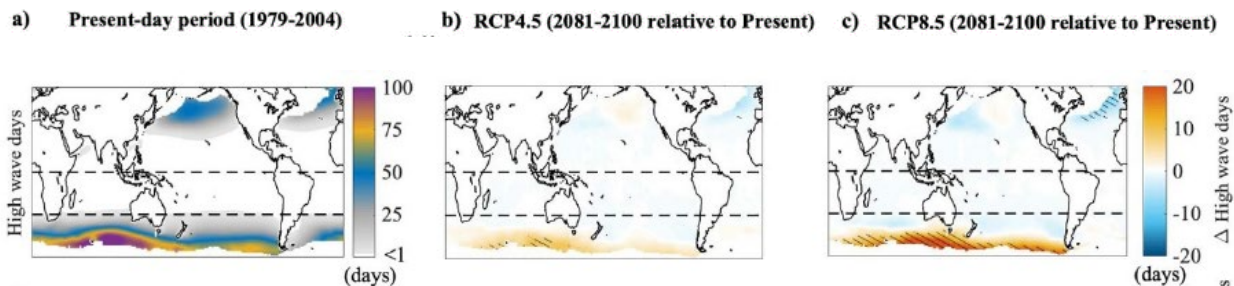


Figure 38 - Evénements de fortes houles simulés pour la période actuelle (1979-2004) et évolutions projetées pour la période 2081-2100, en fonction des scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 (extrait de Morim et al., 2021)

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

3. Marées et surcotes

Les travaux de D. Idier et al. (2017) (Figure 39) étudient les impacts de l'élévation du niveau marin moyen sur les dynamiques de marées, le long des côtes ouest-européennes. Ils démontrent que les dynamiques des marées 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 (où l'élévation du niveau de la mer varie spatialement au sein du site d'étude). Selon les localisations, les modifications de la dynamique des marées contribuent pour +/-15 % à l'élévation du niveau marin moyen (soit l'équivalent de 15 cm en plus ou en moins si la mer monte d'1 mètre). Cette étude démontre également une sensibilité de ce phénomène à la présence de défenses côtières.

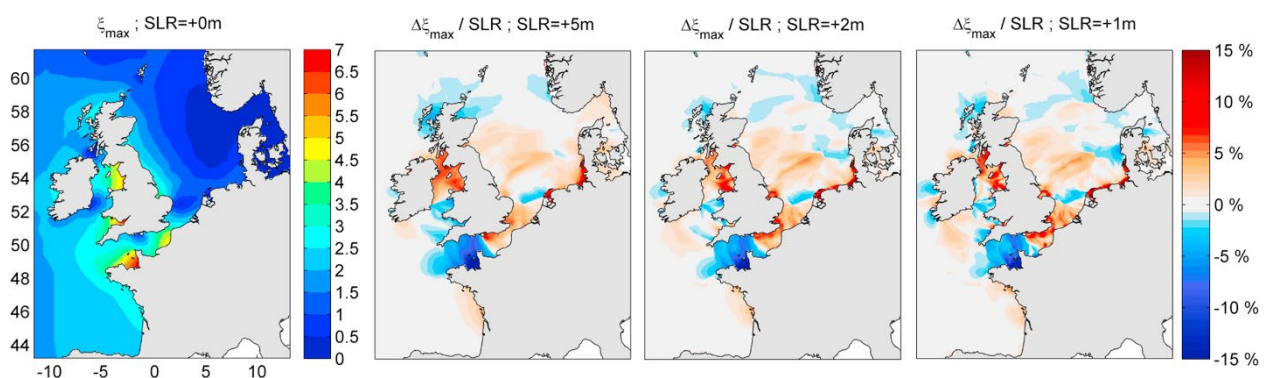


Figure 39 - Valeurs absolues (m) des niveaux maximaux de pleine mer, par rapport aux niveaux moyens, pour le scénario de référence (SLR = 0 m, à gauche) et changements relatifs pour 3 scénarios d'élévation du niveau marin (SLR = 5, 2, 1 m ; 3 cartes de droites)

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 intermédiaire (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 (Figure 40). Les impacts en termes de dynamique sédimentaire pourraient être significatifs dans la Manche, mais plus restreints au sud du golfe de Gascogne.

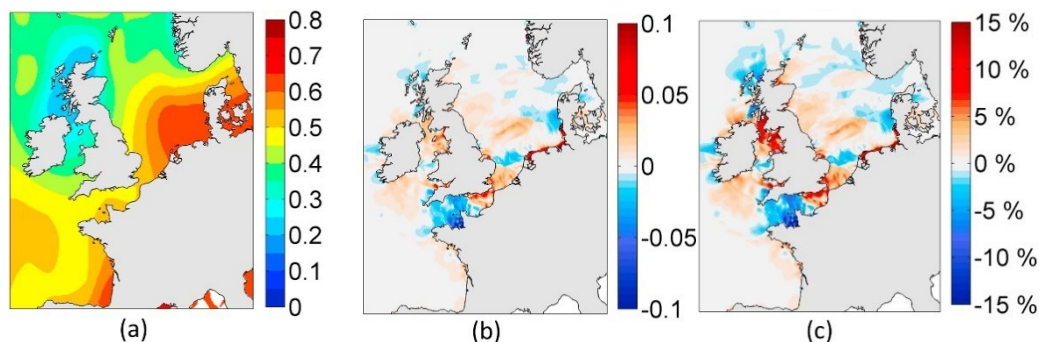


Figure 40 - (a) Distribution non uniforme de l'élévation du niveau marin moyen (en m) pour le scénario intermédiaire pour la période 2081 - 2100 (IPCC, 2013) ; variation absolue (b) et relative (c) du niveau de marée haute, induit par ce même scénario

IV. Evolution des variables continentales

1. Evolution des températures et précipitations

Le dernier rapport du GIEC (IPCC, 2021) prévoit, sans équivoque, l'augmentation générale future des températures moyennes annuelles à l'échelle du globe, quel que soit le scénario d'émissions de gaz à effet de serre considéré. Sans de fortes réductions de ces émissions dans les prochaines décennies, le réchauffement global dépassera 1,5°C à 2°C, au cours du 21ème siècle. Les précipitations annuelles sur les terres émergées du globe devraient augmenter en moyenne de 2,4 % (-0,2 - +4,7 %, fourchette probable) dans le cas du scénario SSP1-1.9, de 4,6 % (1,5 - 8,3 %, fourchette probable) dans le cas du scénario SSP2-4.5 et de 8,3 % (0,9 - 12,9 %, fourchette probable) dans le cas du scénario SSP5-8.5 d'ici à 2081-2100 par rapport à 1995-2014 (Arias *et al.*, 2021)

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

Selon une trajectoire de réchauffement en France métropolitaine de +2,7°C en 2050 et +4°C en 2100, les écarts dans le Sud-Ouest par rapport à la température moyenne annuelle actuelle (période de référence 1976-2005) seront respectivement de +2°C et de +3,4°C (valeurs

médianes). Selon cette même trajectoire de réchauffement, les cumuls annuels de précipitations diminueront légèrement (entre 0 et -10 % d'ici 2100) (Figure 41).

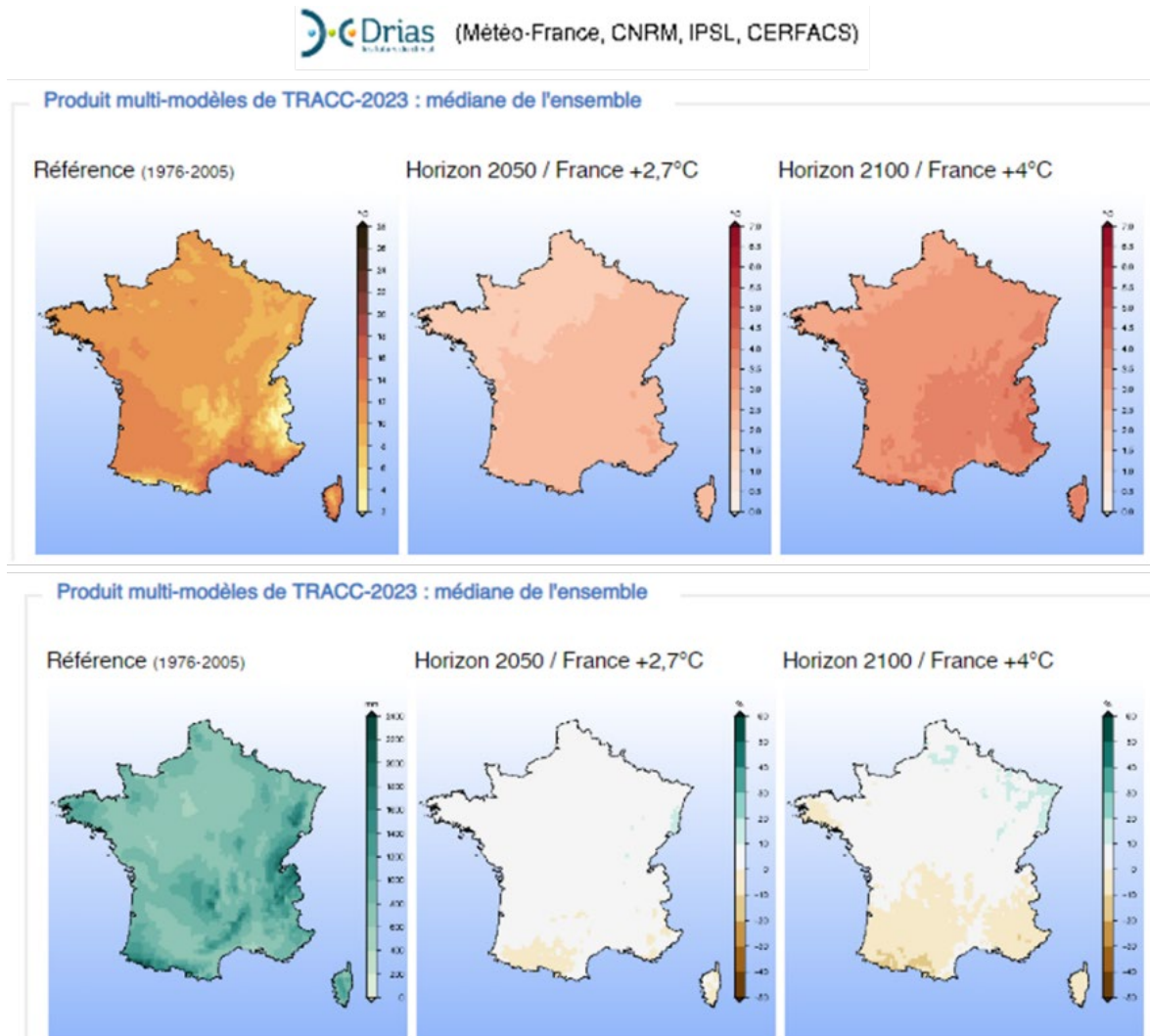
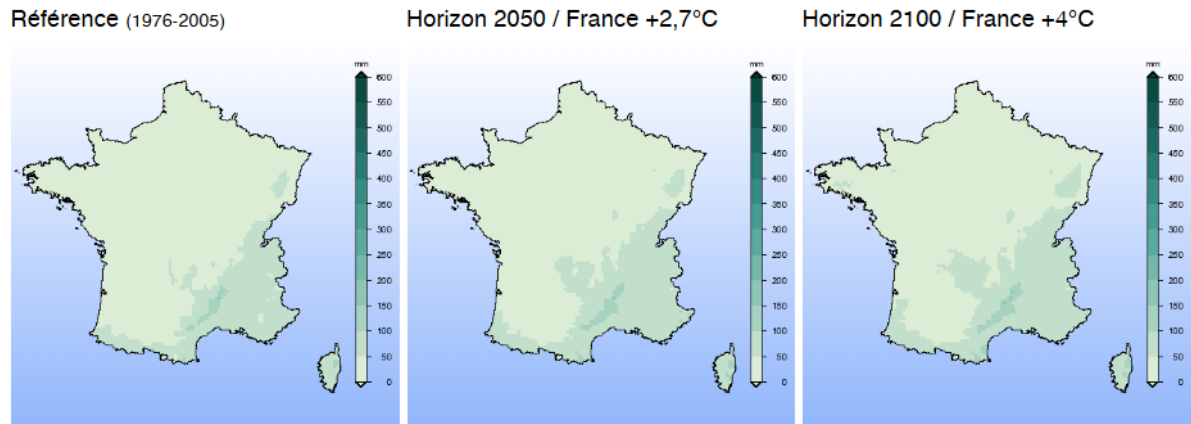


Figure 41 - Températures moyennes (degrés Celsius, en haut) et précipitations moyennes (mm, en bas) de la France métropolitaine : valeurs moyennes annuelles pour la période de référence 1976-2005 (à gauche) et écarts à cette valeur à l'horizon temporel moyen (2050) pour les scénarios de réchauffement en France métropolitaine de +2,7°C (au milieu) et de +4°C (à droite) - produits « multi-modèles » de DRIAS-2020, médianes de l'ensemble (source : Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)

Toutefois, à l'instar des prévisions à l'échelle mondiale, et toujours suivant la trajectoire de réchauffement en France utilisée précédemment, les extrêmes seront plus marqués, avec une augmentation des durées de périodes de sécheresse (nombres de jours consécutifs sans précipitations) et une hausse du nombre de jours de précipitations fortes et extrêmes. En outre, le nombre de jours avec un sol sec sera plus important de plusieurs dizaines de jours par an par rapport à l'actuel, dès 2050, et de l'ordre d'une cinquantaine de jours pour le sud de la région d'ici 2100 (Figure 42).

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



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

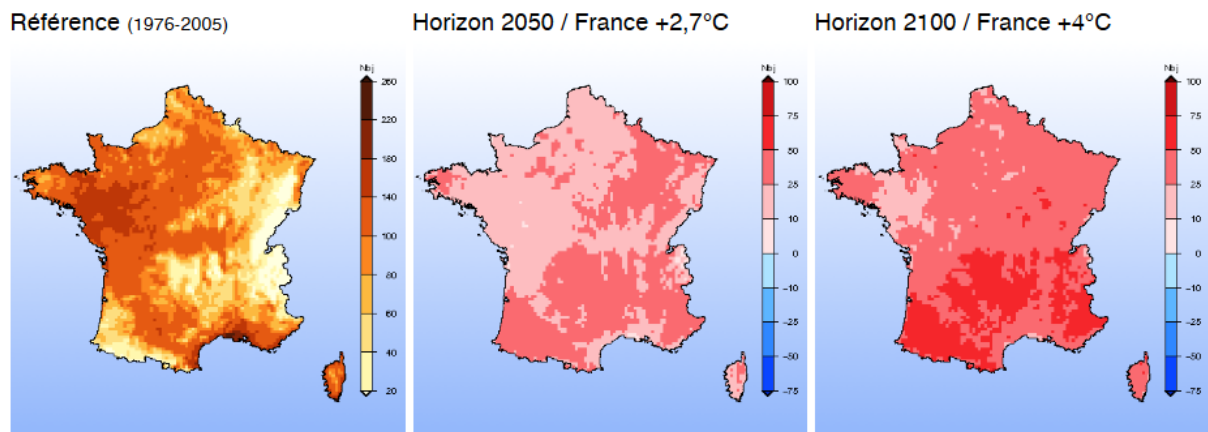


Figure 42 - Intensité des précipitations extrêmes (moyenne pour la période autour des horizons temporels, valeurs médianes) (en haut) ; nombre de jours avec un sol sec (SWI < 0,4) : valeur de référence et écart à cette valeur par horizon (en bas)
(source : Dias, données Météo-France, CERFACS, IPSL)

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

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

2. Évolution des quantités d'eaux superficielles et souterraines

Le projet « Explore2 », porté par l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture l'alimentation et l'environnement (INRAE) et l'Office International de l'Eau (OIEau) propose des projections hydrologiques des eaux de surface et souterraines de référence, mises en ligne via la plateforme « Drias, les futurs de l'eau ²⁰ ». Les conséquences du changement climatique pour ces hydro-systèmes sont liées aux évolutions de la recharge et à l'évolution des prélèvements. Les projections futures sont réalisées sur la base de « narratifs » qui constituent des trajectoires d'évolutions du climat sous l'impact du changement climatique, ils ne portent pas sur l'aspect « prélèvements ».

Les résultats sont comparables pour les principaux cours d'eau présents dans les Pyrénées-Atlantiques (La Nive, La Nivelle). Quels que soient les narratifs simulés et d'ici la fin du siècle, il est estimé une diminution progressive de la moyenne annuelle du débit journalier de ces cours d'eau au cours des prochaines décennies (de l'ordre de 10 à 30%). A l'exception du scénario traduisant un fort réchauffement et de forts contrastes saisonniers en précipitations, une augmentation de l'occurrence des crues de période de retour 10 ans, de même que des étiages de période de retour 5 ans. Un extrait des résultats pour la Nive est fourni ci-après (Figure 43).

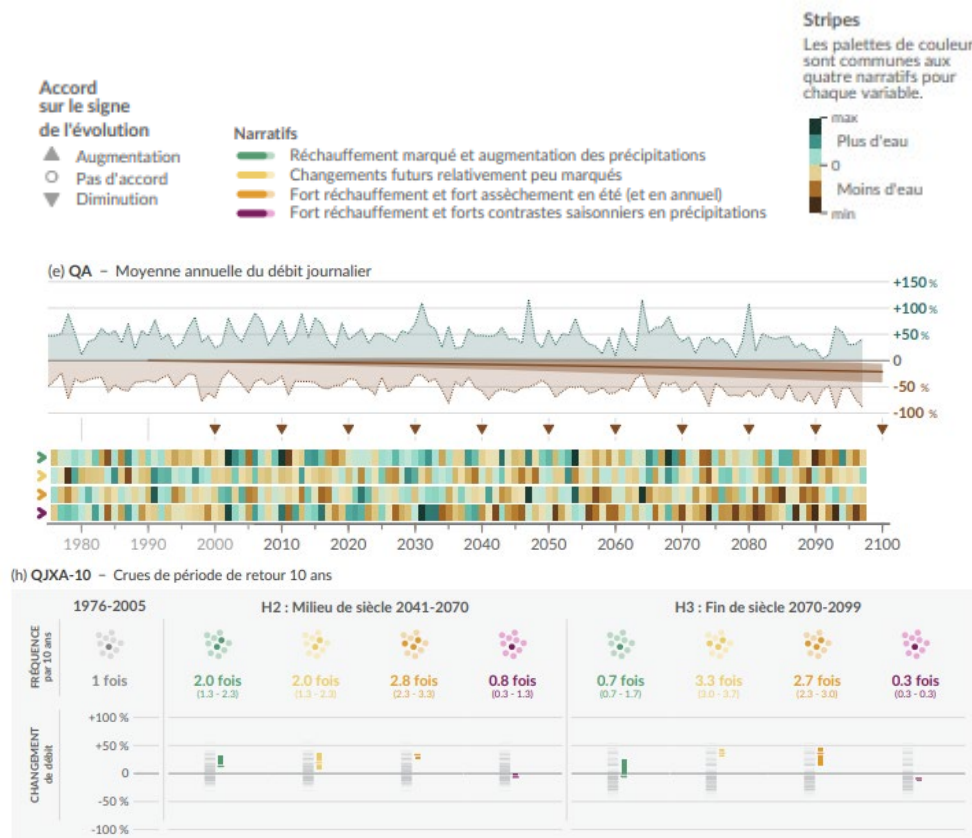


Figure 43 - Projections de l'évolution de la moyenne annuelle du débit journalier (au milieu) et des crues de période de retour 10 ans (en bas), pour La Nive à Cambo-les-Bains (source : drias-eau.fr/accompagnement/carteFicheResultatsExplore2/)

²⁰ <https://www.drias-eau.fr/>

Explore 2 a également été l'occasion de travailler sur la ressource en eau, toutefois limité à l'emprise nord-aquitaine dans notre région, en lien avec les outils de modélisation disponibles (Vergnes et al., 2024). Il indique des tendances qui, sans pouvoir être généralisées, fournit des éléments d'information quant au comportement de systèmes aquifères dans un contexte de changement climatique. D'une manière générale, la synthèse des résultats montre une augmentation globale des valeurs médianes projetées des niveaux de nappe pour tous les scénarios de changement climatique, ces hausses ne dépassant pas +3 m si l'on considère l'hypothèse « sans prélèvements » dans la ressource. Les résultats indiquent également que les prélèvements induisent des rabattements (i.e. baisse de niveau) de nappe pluri-métriques qui sont susceptibles de masquer ces hausses de niveaux piézométriques induits par le changement climatique (Figure 44).

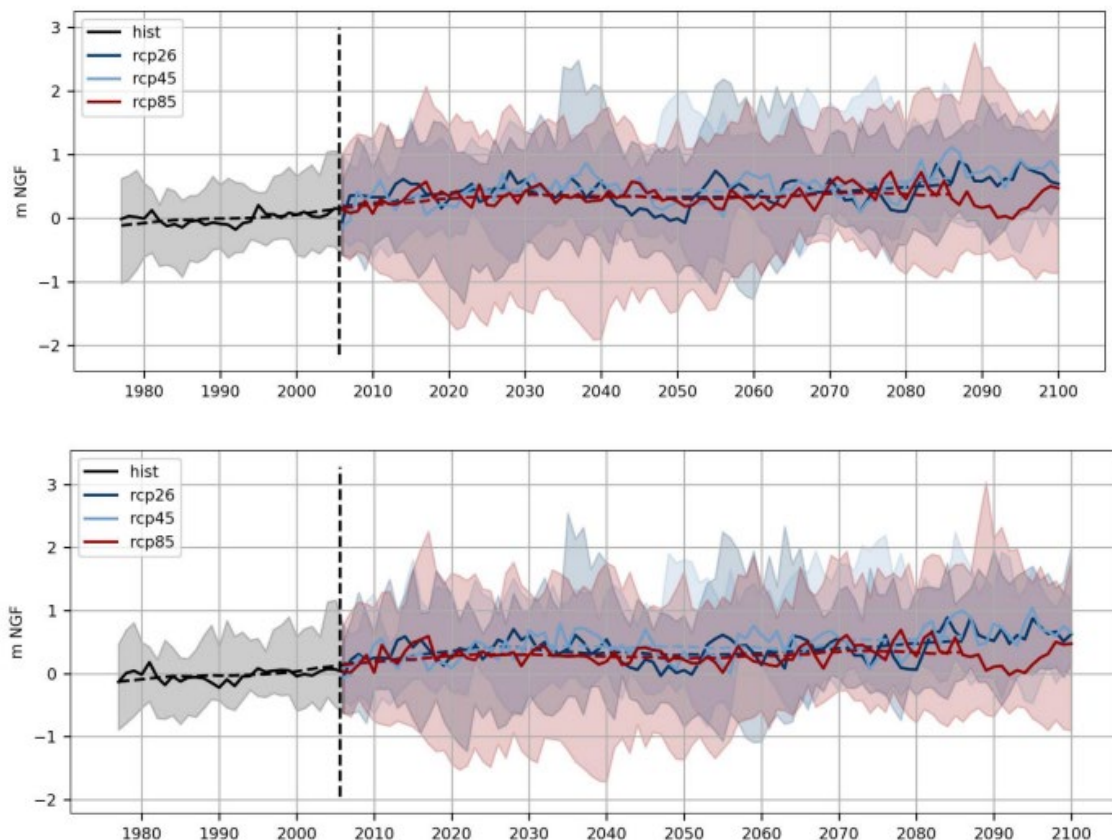


Figure 44 - Évolution des niveaux piézométriques moyens annuels agrégés spatialement sans prélèvements pour la période de référence (noir) et les 3 scénarios RCP du GIEC. L'évolution est donnée en anomalie par rapport à la moyenne sur la période de référence 1976-2005. Les enveloppes correspondent au minimum et au maximum de l'ensemble. Les courbes en traits pleins représentent la médiane de l'ensemble. Traits pleins : médiane de l'ensemble, traits pointillés : médiane de l'ensemble avec application d'une moyenne mobile de fenêtre fixée à 30 ans (ensemble Explore2-2024, ADAMONT). En haut : aquifère du plio-quatenaire. En bas : aquifère de l'Oligocène. Extrait de Vergnes et al., 2024.

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

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

Annexe 5 Éléments d'approfondissement pour le traitement des incertitudes

Les incertitudes sont inhérentes à tout exercice de projection d'un milieu naturel. Elles interviennent à toutes les étapes de travail. La plus-value d'une analyse des incertitudes est multiple :

- 1) elle sert à la réalisation de l'étude : il s'agit de permettre au prestataire une analyse critique de différents choix (données, valeurs de paramètres, scénarios) à chaque étape de la chaîne de traitement, i.e. d'identifier les aspects sur lesquels un bon niveau de confiance peut être accordé et ceux sur lesquels il y a des limites qui doivent être communiquées et améliorées ;
- 2) elle sert à aider à la prise de décision : il s'agit de qualifier et, si possible, de quantifier le niveau de confiance à accorder aux résultats finaux de projections du trait de côte, i.e., d'identifier les zones où les résultats peuvent être intégrés afin d'appuyer efficacement les acteurs du littoral dans les actions de gestion, et celles où des précautions sont à prendre ;
- 3) elle sert dans la communication : il s'agit d'apporter une analyse complète et un moyen de crédibiliser les résultats auprès de l'ensemble des acteurs concernés.

Se poser la question des incertitudes est d'autant plus important que la démarche de cartographie des zones d'exposition au recul du trait de côte (à l'horizon 30 ans et à un horizon compris entre 30 et 100 ans) dans les documents d'urbanisme appelle les collectivités à bâtir un projet de territoire de long terme (Collectif BRGM/Cerema, 2022).

Cette annexe vise à fournir au prestataire des éléments scientifiques et techniques complémentaires, au document national. Comme la totalité des éléments détaillés dans ce rapport, il s'agit de recommandations, non prescriptives, qui pourront être utilisées ou adaptées en fonction du contexte local étudié.

I. Cadre général

Pour décrire de manière cohérente les incertitudes affectant les différents processus à l'origine de la mobilité du trait de côte, il est recommandé de définir un cadre de gestion des incertitudes qui sera appliqué pour l'étude. La prise en compte rigoureuse et objective de cette problématique est un moyen de crédibiliser les résultats d'une étude et définir les besoins en données complémentaires. C'est l'objectif de la gestion des incertitudes, qui se décline en différentes étapes :

- Etape 1 : « classement des sources d'incertitude ». Cette étape vise à identifier où se situent les différentes incertitudes le long de la chaîne de traitement et de caractériser leur type en les classant.
- Etape 2 : « représentation des sources d'incertitude ». Cette étape vise à analyser le socle de connaissances disponibles (informations / données / dires d'experts, etc.) pour représenter chacune d'elle sous forme mathématique.
- Etape 3 : « propagation des incertitudes ». Cette étape vise à étudier comment les différentes sources d'incertitudes interagissent tout le long de la chaîne de traitement, et comment cette accumulation impacte l'estimation finale de la projection du recul du trait de côte. Cette étape vise à caractériser la gamme des possibles intégrant les incertitudes.

II. Classement des sources d'incertitudes (Etape 1)

Parmi les différentes classifications existantes (Refsgaard *et al.*, 2007 ; Brown, 2004 ; Kwakkel *et al.*, 2010), nous proposons de se concentrer sur un classement « pragmatique » selon le type d'incertitude. Cette étape vise à s'interroger sur l'origine de l'incertitude, savoir si celle-ci provient de :

- la mesure des paramètres physiques (liée à la qualité / précision de la donnée) : incertitude de type « mesure » ;
- l'estimation de la valeur d'un paramètre : incertitude de type « paramétrique » ;
- la sélection du ou des modèles appropriés : incertitude de type « modèle » ;
- la sélection d'un scénario d'évolution future : incertitude de type « scénario d'évolution ».

Le Tableau 11 donne des exemples basés sur l'évaluation du recul du trait de côte dans les systèmes sableux.

Type	Exemple
Incetitude de mesure	Incetitudes sur les positions de traits de côte historiques anciens liées aux supports cartographiques et photographiques utilisés (résolution, précision de l'ortho-rectification) et subjectivité du tracé propre à l'opérateur
Incetitude paramétrique	Tx, Lmax, taux de subsidence, et contribution liée à l'élévation du niveau marin.
Incetitude liée au choix des modèles	Sélection de loi de Bruun versus d'autres modèles comme le modèle PCR (« Probabilistic Coastline Recession ») de Ranasinghe <i>et al.</i> (2012)
Incetitude liée au choix des scénarios d'évolution	Hypothèses d'évolution morphologique et hydrosédimentaire (ex : stocks sédimentaires disponible sur une plage dans 30, 50, 100 ans), à des choix politiques ou de gestion (ex : pérennité des ouvrages)

Tableau 12 - Exemples de classification des incertitudes basés sur l'évaluation du recul du trait de côte dans les environnements sableux

III. Représentation des sources d'incertitudes (Etape 2)

Cette étape vise à rassembler le socle de connaissances disponibles (informations / données) et à l'analyse dans le but de contraindre les gammes de valeurs d'incertitudes. Le but est ici d'affecter à chaque source d'incertitudes un format (mathématique) de représentation. Cette étape peut reposer sur les formats de représentation suivants :

- Loi de probabilités (p.e. loi normale, uniforme) ;
- Meilleure estimation (par exemple la valeur de la médiane) et un intervalle associé à un niveau de confiance (p.e. intervalle qualifié de « vraisemblable » (i.e. « likely ») dans les rapports du GIEC défini à un niveau de confiance de 66%) ;
- Meilleure estimation (par exemple la valeur de la médiane) et une erreur traduisant la dispersion autour de la meilleure estimation ;
- Gamme de variation (p.e. intervalle de valeur défini par une borne min et max ou défini par la connaissance d'une erreur de mesure) ;
- Nombre limité de scénarios avec des pondérations de vraisemblance par exemple avec un scénario « médian » et un scénario « sécuritaire ».

Ces formats s'organisent de celui très informatif, car il pondère la vraisemblance de chaque valeur au sein de la gamme de variation, mais exige un socle de connaissances riche (en particulier constitué d'observations de qualité en nombre importants) jusqu'à celui le moins informatif (les scénarios identifiés donnent seulement les valeurs possibles sans moyen de les distinguer), mais pouvant être mis en œuvre dans un contexte de connaissances très parcellaires.

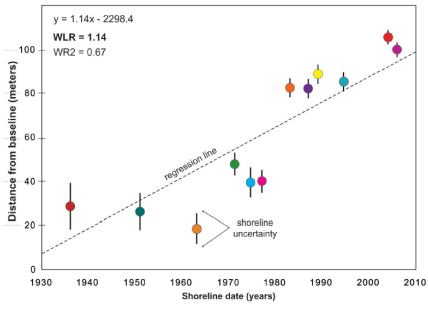
Type	Description	Format de représentation
Incertitude de mesure	Positions de traits de côte historiques acquis depuis une certaine date	Estimation par dire d'expert en analysant les supports utilisées (cartographiques et photographiques), les données DGPS et la subjectivité de l'opérateur lors du tracé : incertitude sous forme d'une meilleure estimation complétée par une gamme de variation de l'ordre de 5 mètres globalement sur tout le secteur (voir un exemple sur le site de Mimizan, rapport BRGM-66122-FR)
Incertitude paramétrique	Estimation de Tx à partir des observations	Gamme d'erreur estimée par exemple par analyse statistique via une régression pondérée « WLR » en intégrant les erreurs de position comme illustré ici :  Extrait de Himmelstoss <i>et al.</i> (2021)
Incertitude liée au choix des modèles	Choix entre les différents modèles de régression (voir p.e. Rapport RP-66122-FR ; Himmelstoss <i>et al.</i> (2021).	Les tests de sensibilité préliminaires en prenant différentes approches ont montré le faible impact sur Tx. Cette source d'incertitude n'est pas intégrée dans l'étape de propagation.

Tableau 13 - Exemple d'une analyse des incertitudes pour l'étape d'estimation du taux de recul annuel (noté Tx)

Le Tableau 12 donne un exemple d'analyse suite aux étapes 1 et 2 sur un exemple fictif d'estimation du taux de recul annuel (Tx). Il est important de noter que c'est l'analyse du socle de connaissances qui permet de décider si l'incertitude considérée est intégrée ou non dans la phase de propagation. Cette 2^{ème} étape vise donc à rassembler les éléments nécessaires pour argumenter leur prise en compte ou non dans l'étape 3. Elle peut se baser sur des tests de sensibilité réalisés au préalable ou une analyse de la littérature scientifique et technique.

En Nouvelle-Aquitaine, le rapport (Bernon, 2021) donne un exemple d'une analyse du socle de connaissance, au sujet de la prise en compte de l'impact du changement climatique sur les 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 hexagonale seront peu affectés par le changement climatique ».

IV. Propagation des incertitudes (Etape 3)

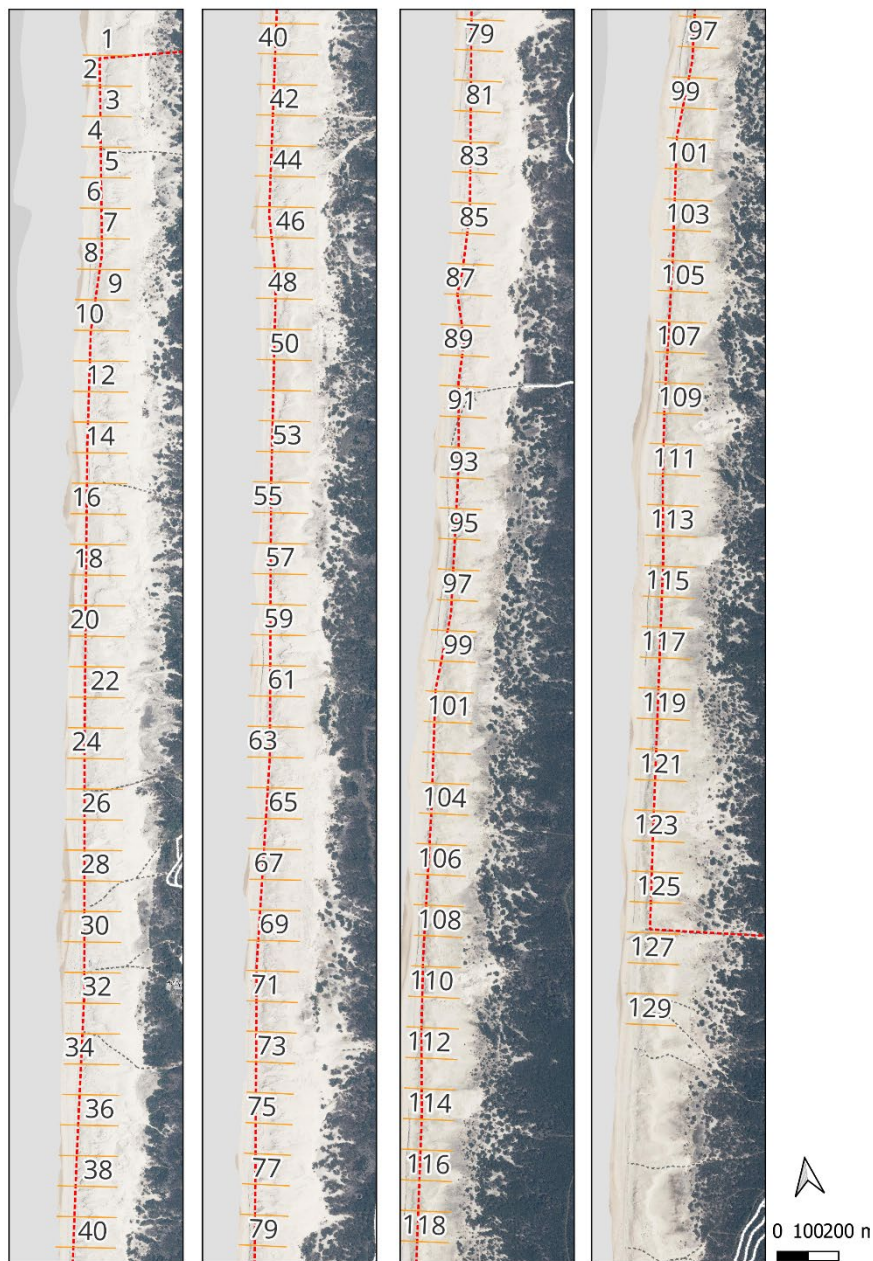
Cette étape se base sur l'étape 2, qui permet de choisir un cadre méthodologique approprié. Selon les formats de représentation, l'impact du cumul des incertitudes peut être mené de différentes manières. Le Tableau 13 décrit plusieurs situations selon les résultats de l'étape 2 et donne des options de propagation en se basant sur les 3 cas définis dans les recommandations nationales.

Résultats de l'étape 2	Approche de propagation
Toutes les incertitudes sont représentées par des scénarios avec pondération (p.e. « médian » et « sécuritaire »)	Cas 1 "approche intervalle" : le recul est estimé en combinant les hypothèses de travail pour les différents « scénarios optimiste/pessimiste »)
Les différentes incertitudes sont représentées par des gammes de valeurs	Cas 1 "approche intervalle" : combinaison des bornes min / max de chacune des gammes pour définir les bornes du recul
Les différentes incertitudes sont représentées par des gammes de valeurs et une meilleure estimation (p.e. médiane)	Cas 1 "approche intervalle" : combinaison des bornes min / max de chacune des gammes pour définir les bornes du recul + calcul du recul pour la meilleure estimation
Gammes de valeurs, une meilleure estimation et <u>plusieurs</u> sources d'incertitude représentée par un ensemble de scénarios.	Cas 1 "approche intervalle" : la combinaison des bornes min/ max pour chacune des gammes et pour chaque scénario
Lois de probabilités, et scénarios (avec ou sans pondération)	Cas 2 "approche probabiliste" : la propagation est réalisée dans le cadre probabiliste pour chacun des scénarios. Les incertitudes représentées par des gammes de valeurs sont associées à des lois de probabilités uniformes et ceux représentées par une meilleure estimation et une gamme de valeurs par une loi triangulaire. Selon les données, la sélection de la loi de probabilité peut se baser sur Mishra (2002). La propagation peut se faire par exemple par échantillonnage aléatoire de type « Monte-Carlo ».
Lois de probabilités, gammes de valeurs avec meilleure estimation, et scénarios (avec ou sans pondération)	Cas 3 "approche extra-probabiliste" : la propagation est réalisée dans le cadre extra-probabiliste pour chacun des scénarios. La propagation peut se faire par exemple en combinant échantillonnage aléatoire de type « Monte-Carlo » et calcul d'intervalles.

Tableau 14 - Approche de propagation selon les résultats de l'étape 2

Annexe 6 Détermination des taux de recul annuel moyen (Tx) sur le cas test de la commune du Porge

1996 - 2023			1950 - 2023 ans		
OBJECTID	LRR	LR2	OBJECTID	LRR	LR2
1	0.31	0.06	1	-0.52	0.44
2	0.36	0.11	2	-0.51	0.47
3	0.5	0.27	3	-0.48	0.46
4	0.51	0.24	4	-0.52	0.52
5	0.89	0.6	5	-0.45	0.42
6	1.13	0.54	6	-0.46	0.38
7	0.7	0.39	7	-0.42	0.4
8	0.53	0.22	8	-0.38	0.34
9	0.63	0.44	9	-0.44	0.42
10	0.54	0.45	10	-0.53	0.52
11	0.43	0.33	11	-0.58	0.59
12	0.28	0.1	12	-0.57	0.59
13	0.03	0	13	-0.55	0.62
14	0.34	0.15	14	-0.55	0.58
15	0.82	0.54	15	-0.53	0.49
16	0.96	0.47	16	-0.48	0.39
17	1.02	0.73	17	-0.52	0.46
18	0.27	0.15	18	-0.5	0.47
19	-0.02	0	19	-0.42	0.45
20	0.07	0.02	20	-0.37	0.4
21	0.03	0.02	21	-0.44	0.55
22	0.23	0.11	22	-0.51	0.58
23	0.38	0.2	23	-0.59	0.6
24	0.39	0.17	24	-0.55	0.64
25	0.11	0.02	25	-0.7	0.73
26	-0.2	0.1	26	-0.65	0.77
27	0.09	0.04	27	-0.68	0.74
28	0.08	0.09	28	-0.64	0.73
29	0.06	0.03	29	-0.68	0.77
30	0	0	30	-0.61	0.76
31	-0.25	0.19	31	-0.6	0.8
32	-0.47	0.79	32	-0.57	0.86
33	-0.57	0.55	33	-0.65	0.91
34	-0.1	0.08	34	-0.53	0.79
35	0.01	0	35	-0.48	0.7
36	-0.02	0	36	-0.44	0.57
37	-0.17	0.11	37	-0.42	0.52
38	-0.04	0	38	-0.47	0.52
39	0.04	0	39	-0.48	0.49
40	0.32	0.27	40	-0.46	0.46
41	0.39	0.37	41	-0.46	0.44
42	0.22	0.15	42	-0.41	0.38
43	-0.11	0.05	43	-0.37	0.33
44	-0.04	0.02	44	-0.4	0.38
45	-0.32	0.61	45	-0.42	0.41
46	-0.27	0.23	46	-0.49	0.48
47	0.17	0.07	47	-0.52	0.51
48	0.29	0.18	48	-0.46	0.48
49	0.29	0.3	49	-0.33	0.35
50	0.44	0.53	50	-0.28	0.28
51	0.54	0.6	51	-0.3	0.35
52	0.54	0.73	52	-0.27	0.34
53	0.57	0.81	53	-0.33	0.36
54	0.62	0.65	54	-0.36	0.34
55	0.43	0.6	55	-0.37	0.37
56	0.47	0.48	56	-0.33	0.31
57	0.27	0.17	57	-0.34	0.35
58	-0.28	0.33	58	-0.35	0.41
59	-0.24	0.22	59	-0.42	0.52
60	-0.23	0.14	60	-0.43	0.53
61	0.25	0.19	61	-0.4	0.46
62	0.7	0.63	62	-0.41	0.4
63	0.98	0.65	63	-0.42	0.36
64	1.05	0.65	64	-0.43	0.35
65	0.67	0.36	65	-0.42	0.39
66	0.27	0.16	66	-0.35	0.36
67	0.22	0.27	67	-0.3	0.33
68	0.22	0.2	68	-0.22	0.21
69	0.36	0.2	69	-0.23	0.18
70	0.86	0.45	70	-0.21	0.11
71	0.71	0.4	71	-0.19	0.11
72	0.63	0.38	72	-0.23	0.18
73	0.82	0.43	73	-0.3	0.25
74	0.27	0.11	74	-0.24	0.27
75	0.29	0.08	75	-0.27	0.32
76	0.35	0.09	76	-0.3	0.35
77	0.49	0.23	77	-0.28	0.32
78	0.42	0.23	78	-0.29	0.32
79	0.38	0.3	79	-0.2	0.17
80	0.16	0.05	80	-0.19	0.21
81	0.42	0.27	81	-0.2	0.24
82	0.55	0.22	82	-0.28	0.27
83	0.38	0.13	83	-0.25	0.25
84	0.18	0.04	84	-0.26	0.28
85	0.18	0.04	85	-0.24	0.25
86	0.06	0	86	-0.21	0.15
87	0.37	0.17	87	-0.19	0.13
88	0.4	0.17	88	-0.29	0.26
89	0.8	0.34	89	-0.33	0.24
90	0.6	0.3	90	-0.31	0.27
91	0.35	0.15	91	-0.25	0.25
92	0.09	0.01	92	-0.24	0.25
93	0.32	0.08	93	-0.14	0.09
94	0.2	0.03	94	-0.09	0.04
95	0.26	0.05	95	-0.04	0.01
96	0.74	0.51	96	0.02	0
97	0.78	0.6	97	0.03	0.01
98	0.3	0.07	98	0.02	0
99	0.52	0.17	99	0.04	0.01
100	0.94	0.35	100	0.15	0.08
101	1.26	0.47	101	0.15	0.06
102	1.05	0.43	102	0.14	0.06
103	0.71	0.35	103	0.18	0.11
104	0.39	0.14	104	0.17	0.12
105	0.16	0.03	105	0.12	0.08
106	0.24	0.08	106	0.16	0.16
107	0.26	0.09	107	0.16	0.21
108	0.28	0.13	108	0.13	0.15
109	0.19	0.03	109	0.09	0.05
110	-0.01	0	110	0.09	0.03
111	0.11	0.01	111	0.15	0.08
112	0.43	0.11	112	0.19	0.1
113	0.7	0.23	113	0.18	0.08
114	0.84	0.38	114	0.25	0.14
115	0.63	0.27	115	0.26	0.19
116	0.46	0.18	116	0.17	0.14
117	0.9	0.36	117	0.2	0.15
118	0.7	0.25	118	0.22	0.18
119	0.55	0.11	119	0.17	0.11
120	0.46	0.07	120	0.16	0.09
121	0.48	0.09	121	0.23	0.18
122	0.65	0.24	122	0.25	0.27
123	0.66	0.29	123	0.23	0.24
124	0.49	0.21	124	0.17	0.13
125	0.22	0.03	125	0.14	0.06
126	0.3	0.03	126	0.06	0.01
127	0.31	0.06	127	0.07	0.01
128	0.76	0.31	128	-0.03	0
129	0.73	0.38	129	-0.04	0.01





Centre scientifique et technique

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

Direction régionale Nouvelle-Aquitaine - site de Bordeaux

Parc Technologique Europarc
24 avenue Léonard de Vinci
33600 Pessac
Tél. : 05 57 26 52 70

www.brgm.fr