



**PRÉFET
DE LA VENDÉE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**PLAN DE PRÉVENTION
DES RISQUES LITTORAUX
DE L'ÎLE DE NOIRMOUTIER**



Phase 1 de l'étude globale d'élaboration

Analyse générale du site et du fonctionnement du bassin de risque



Mai 2024

La mer monte ! Gardons une longueur d'avance face au risque !

Révision du PPRL



Révision du Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) sur le territoire de l'île de Noirmoutier

Phase 1 : Analyse générale du site et du fonctionnement du bassin à risque



Ce rapport a été préparé conformément au système qualité de DHI certifié ISO 9001 par Bureau Veritas.

ISO 9001
Management System Certification
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S





Révision du Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) sur le territoire de l'île de Noirmoutier

Phase 1 : Analyse générale du site et du fonctionnement du bassin à risque

Préparé pour DDTM 85
Représenté par M.Raimbault



*Photo aérienne de l'île de Noirmoutier
(source : Agence Photo Valery Joncheray).*

Chef de Projet	Jérémie MARMUSE
Numéro de projet	21804227
Date de validation	Mai 2024
Révision	Final 1.3
Catégorie	Restreint

SOMMAIRE

1	Introduction sur le contexte du PPRL	18
1.1	Contexte général	18
1.2	Contexte particulier	22
2	Présentation du site	26
2.1	Caractéristiques générales de l'île	26
2.2	Hydrographie et urbanisation/structuration de l'île	30
2.2.1	Réseau hydrographique	30
2.2.2	Urbanisation et réseau routier	31
2.3	Topographie/morphologie d'ensemble et protections, risque de submersion et vulnérabilité	33
2.3.1	Topographie/morphologie d'ensemble et protections	33
2.3.2	Approche topographique de la submersion	41
2.3.3	Rapide point de vue sur les événements historiques	43
2.3.4	Evaluation de la vulnérabilité « extrême » de 2015	44
3	Données topographiques	51
3.1	Modèles numériques de terrain (MNT)	51
3.1.1	RGE ALTI® et Litto 3D® (IGN)	51
3.1.2	Levés de l'observatoire du littoral	54
3.1.3	Levé PCRS	56
3.1.4	Levé des étiers et de l'avant-port de Noirmoutier-en-l'Île	56
3.1.5	MNT bathymétrique de la façade Atlantique (SHOM)	57
4	Analyse géomorphologique de la zone d'étude	58
4.1	A l'échelle régionale	58
4.1.1	Formations rocheuses et sédimentaires et mouvements tectoniques à l'échelle de la Vendée littorale	58
4.1.2	Evolutions à l'échelle de l'estuaire de la Loire à partir de la dernière période glaciaire ...	62
4.2	A l'échelle de l'île	64
4.2.1	Façonnement et sols constitutifs de l'île : de l'histoire géologique à l'intervention humaine	64
4.2.2	Topographie des différentes parties de l'île	68
5	Analyse historique de la zone d'étude.....	85
5.1	Objectifs	85
5.2	Du Moyen-Âge jusqu'au 19 ^{ème} siècle : la période des grands travaux	86
5.2.1	Généralités sur le développement des activités humaines qui ont modelé l'île	86
5.2.2	La lutte contre les éléments naturels	87
5.2.3	Cartographie de l'île et de l'implantation humaine	95
5.3	Depuis la fin du 19 ^{ème} siècle : développement du littoral et structuration de la protection contre la mer	96
5.3.1	De la fin du 19 ^{ème} siècle à l'ouverture du pont	96
5.3.2	Depuis l'ouverture du pont	101
5.4	Evolutions de la vulnérabilité	106



6	Dynamiques hydro-sédimentaires et évolutions du littoral et des fonds marins.....	111
6.1	Les facteurs de fonctionnement et d'évolution du littoral.....	111
6.1.1	Généralités	111
6.1.2	L'évolution des côtes meubles liée aux forçages naturels – Notion de dérive littorale... ..	111
6.2	Unités morphosédimentaires, nature des fonds marins, sédimentologie et phénomènes hydrodynamiques du site.....	113
6.2.1	Les unités morphosédimentaires.....	113
6.2.2	Nature des fonds/sédimentologie	115
6.2.3	Les mécanismes hydrodynamiques à l'échelle des unités morphosédimentaires	116
6.3	Dynamiques sédimentaires à l'échelle des cellules et sous-cellules sédimentaires du site	122
6.3.1	Données locales et études disponibles	122
6.3.2	Définition des cellules et sous-cellules sédimentaires et présentation des mécanismes à cette échelle	123
6.4	Evolutions des plages, des cordons dunaires et du trait de côte	131
6.4.1	Etudes et données de suivi disponibles	131
6.4.2	Analyse générale	136
6.4.3	Analyse de la pointe du Devin à celle de l'Herbaudière	140
6.4.4	Analyse de la pointe de l'Herbaudière au Fort Larron	161
6.4.5	Analyse du port de Morin aux roches de la Loire	181
6.4.6	Analyse des roches de la Loire à la pointe de la Fosse	200
6.4.7	Pointe de la Fosse et goulet de Fromentine	214
7	Phénomènes météorologiques et marins	223
7.1	Niveaux marins.....	223
7.1.1	Définition du niveau marin	223
7.1.2	Niveaux caractéristiques de la marée	224
7.1.3	Mesures du niveau marin	228
7.1.4	Niveaux marins extrêmes de pleine mer : travaux du SHOM/CEREMA	237
7.1.5	Niveaux marins extrêmes de pleine mer issus de la modélisation	249
7.1.6	Conclusions sur les niveaux marins extrêmes de pleine mer.....	257
7.2	Climat de houle.....	258
7.2.1	Mesure des houles	258
7.2.2	Reconstruction d'un climat d'état de mer	259
7.2.3	Houles de tempêtes – conditions extrêmes.....	267
7.3	Probabilités conjointes niveau marin/vagues	270
7.4	Elévation du niveau marin lié au réchauffement climatique	271
7.4.1	Démarche générale du PPRL.....	271
7.4.2	Conséquences sur les niveaux extrêmes.....	271
7.4.3	Circulaire de juillet 2011	271
7.4.4	Décret et arrêté du 05 juillet 2019 (décret PPRI).....	272
7.4.5	Evolution des travaux scientifiques	273
8	Analyse des systèmes d'endiguement.....	280
8.1	Ouvrages et système d'endiguement	280
8.2	Contexte des systèmes d'endiguement.....	282
8.3	Localisation et description succincte	283
8.4	Description des ouvrages et travaux réalisés sur ces ouvrages	286
8.4.1	Ouvrages actuels du système d'endiguement.....	286
8.4.2	Travaux récents et travaux à venir concernant les systèmes d'endiguement.....	292



8.5	Niveaux de services	296
8.6	Travaux de fiabilisation	301
8.7	Scénarios de défaillance joués dans le cadre des études de dangers	301
8.7.1	Cadre réglementaire	301
8.7.2	Définition des brèches	302
8.7.3	Scénario hydraulique	304
8.8	Description succincte des ouvrages hors système d'endiguement	307
8.8.1	Croisement des zones basses et des ouvrages présents	307
8.8.2	Secteur de la Clère	308
8.8.3	Secteur du Vieil	310
8.8.4	Secteur de la Blanche	310
8.8.5	Pointe de la Loire	311
9	Fonctionnement hydraulique de l'île	312
9.1	Contexte général et casiers hydrauliques	312
9.2	Le marais et étiers	316
9.2.1	Présentation générale	316
9.2.2	Fonctionnement du réseau des trois étiers principaux	318
9.2.3	Propriétaires et gestionnaires	319
9.3	Pluviométrie	320
9.4	Le ruissellement	322
9.5	Réseaux d'eaux pluviales urbains	323
9.5.1	Généralités	323
9.5.2	Noirmoutier-en-l'Île	323
9.5.3	L'Épine	325
9.5.4	La Guérinière	327
9.5.5	Barbâtre	329
10	Présentation et analyse des événements historiques	330
10.1	Préambule	330
10.2	Analyse statistique des événements historiques	332
10.2.1	Description des événements ayant occasionné des dommages	333
10.2.2	Les différents types de dommages recensés	350
10.2.3	Répartition saisonnière des événements météo-marins qui ont occasionné des dommages	362
10.3	Focus sur quelques événements majeurs de submersion marine	362
10.3.1	Tempête de mars 1937	362
10.3.2	Tempête de 1978/1979	372
10.3.3	Tempête Xynthia de Février 2010	375
11	Aléa feu de forêt	389
11.1	Contexte de détermination de l'aléa : rappels du PPRL de 2015	389
11.2	Données disponibles pour la révision du PPRL	391
11.2.1	Atlas national	391
11.2.2	Atlas Pays-de-la-Loire	394
12	Analyse de la gouvernance	397
12.1	Acteurs intervenants ou liés à la gestion du risque inondation au sens large	397
12.1.1	Acteurs de gestion du risque	397



12.1.2	Compétence CCIN et GEMAPI	397
12.2	Document de planification et de gestion.....	398
12.3	Urbanisme et développement économique	399
12.3.1	Schéma de cohérence territoriale (SCOT)	399
12.3.2	Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUI)	400
12.3.3	Plan local d'urbanisme (PLU)	400
12.3.4	Plan Climat Air Eau et Energie Territor (PCEET).....	401
12.3.5	Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET)	402
12.4	La gestion des milieux aquatiques	402
12.4.1	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)	402
12.4.2	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)	403
12.5	La gestion du risque inondation.....	404
12.5.1	Territoire risque inondation (TRI).....	404
12.5.2	Plan de Gestion du Risque Inondation (PGRI).....	404
12.5.3	Stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI)	406
12.5.4	1.5.4 Plan d'action et de prévention des Inondation (PAPI).....	408
12.5.5	Plan de prévention des risques Littoraux (PPRL).....	410
12.5.6	Système d'endiguement et étude de dangers (EDD)	412
12.6	La sécurité civile	412
12.6.1	Document d'information communale sur les risques majeurs (DICRIM).....	412
12.6.2	Plan communal de Sauvegarde (PCS).....	412
12.6.3	1.6.3 Plan intercommunal de sauvegarde (PICS)	413
12.7	Interaction entre les documents	413
12.8	Conclusions	414

FIGURES

Figure 1.1 :	Evolution de la densité de population sur le littoral métropolitain depuis 1962 (Commissariat Général au Développement durable, 2016).	18
Figure 1.2 :	Tempêtes de submersion et tsunamis depuis 1500 sur les côtes de Vendée et de Charente-Maritime (Observatoire national de la mer et du littoral, 2011, d'après Garnier et Surville, 2010).....	22
Figure 1.3 :	Vulnérabilité des communes littorales de la région Pays-de-la-Loire (Chevillot-Miot, 2014).	23
Figure 2.1 :	Localisation du site d'étude à l'échelle de la Métropole et à l'échelle régionale (Google Earth).....	26
Figure 2.2 :	Découpage communal de l'île de Noirmoutier (CCIN).	27
Figure 2.3 :	Vue d'ensemble de l'île de Noirmoutier et localisation des polders de Müllembourg au Nord et de Sébastopol au Sud (IGN, Géoportail).	28
Figure 2.4 :	Occupation des sols sur l'île de Noirmoutier (Breen, Lagelouze, 2021).....	29
Figure 2.5 :	Eléments principaux du réseau hydrographique de l'île de Noirmoutier (BDTOPAGE®, 2022).	30
Figure 2.6 :	Découpage communale de l'île de Noirmoutier (CCIN) et bâti et routes principales et secondaires (BDTOPO® de juin 2023).	32
Figure 2.7 :	Topographie d'ensemble de l'île de Noirmoutier (PCRS, 2022).....	34
Figure 2.8 :	Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée de l'île de Noirmoutier (BRGM).	35
Figure 2.9 :	Cartographie des fonds marins autour de l'île de Noirmoutier (SCAN Littoral®, SHOM).	36
Figure 2.10 :	Localisation des ouvrages de protection contre la mer (CCIN) et topographie d'ensemble de l'île de Noirmoutier (PCRS, 2022).	37



Figure 2.11 : Bilan du suivi du trait de côte entre 1999 et 2022 (CCIN, OR2C). 39

Figure 2.12 : Topographie de l'île de Noirmoutier en lien avec les niveaux caractéristiques de marée et les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022) et routes principales (BDTOPO® juin 2023). 42

Figure 2.13 : Zones basses et urbanisation. (A.CREACH, 2015). 45

Figure 2.14 : Zones situées sous le niveau de référence actuel du PPRI 2015 à 4m en bleu (niveau moyen Xynthia) et urbanisation en juin 2023 en noir hachuré 46

Figure 2.15 : Définition et pondération du Critère 1 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015). 48

Figure 2.16 : Définition et pondération du Critère 2 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015). 48

Figure 2.17 : Définition et pondération du Critère 3 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015). 48

Figure 2.18 : Définition et pondération du Critère 4 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015). 48

Figure 2.19 : Délimitation et représentation des classes de l'indice V.I.E. (A.CREACH, 2015). 49

Figure 2.20 : Carte de synthèse des résultats de l'indice V.I.E. sur l'île de Noirmoutier avec pourcentages moyens sur les 4 communes des habitations concernées (A.CREACH, 2015). 50

Figure 3.1 : Carroyage du produit RGE ALTI® V2-0 au droit de Noirmoutier-en-l'Île. 52

Figure 3.2 : Litto 3D® de l'île de Noirmoutier en teintes hypsométriques (IGN). 53

Figure 3.3 : Dates des levés utilisés par dalles pour produit RGE ALTI® V2-0 sur le secteur Nord de Barbâtre (IGN). 54

Figure 3.4 : MNT bathymétrique de la façade Atlantique du SHOM autour de l'Île de Noirmoutier (Source : data.shom.fr). 57

Figure 4.1 : Les dépôts éocènes en Vendée Littorale, en noir – Extrait au droit de la zone d'étude (M.Ters). 59

Figure 4.2 : Carte géologique sommaire de la Vendée littorale (M.Ters). 61

Figure 4.3 : Tracé de la Loire et de ses affluents dans la baie de Bourgneuf il y a 18 000 ans (Horn *et al*/Gouleau, 1966/1975). 62

Figure 4.4 : Cartographie de la morphologie des fonds marins à l'échelle de l'estuaire de la Loire et de la baie de Bourgneuf (SCAN Littoral®, SHOM). 63

Figure 4.5 : Carte géologique de Noirmoutier (M.Ters). 64

Figure 4.6 : Etapes de la remontée du niveau marin depuis 5 000 ans aboutissant à la formation actuelle de l'île de Noirmoutier (Bernier et Gruet, 2011). 65

Figure 4.7 : Carte de Cornelli, 1697 (Collection privée). 66

Figure 4.8 : Déplacements historiques du wantij du Gois, en fonction de l'extension de l'île de Noirmoutier vers le Sud (Bernier et Gruet, 2011). 67

Figure 4.9 : Légendes des représentations topographiques utilisées. 68

Figure 4.10 : Topographie d'ensemble de l'île entre la pointe de l'Herbaudière et le Fort Larron (PCRS 2022 et scan Littoral® du SHOM). 69

Figure 4.11 : Topographie détaillée et zones déprimées de la pointe de l'Herbaudière à la pointe des Charniers (PCRS, 2022). 70

Figure 4.12 : Zoom sur les deux zones déprimées de la limite Est du bois de la Blanche à la pointe des Charniers (PCRS, 2022). 70

Figure 4.13 : Topographie détaillée et zones déprimées de la pointe des Charniers à la pointe de Saint-Pierre (PCRS, 2022). 71

Figure 4.14 : Zoom sur la zone déprimée en arrière du secteur du Vieil au sud immédiat de la pointe des Charniers (PCRS, 2022) et points bas. 72

Figure 4.15 : Zoom sur les deux parties du cordon dunaire de la Clère : dunes du Vieil et dunes de la Grande Lande (PCRS, 2022) 72

Figure 4.16 : Topographie détaillée, zones déprimées et points bas de la pointe de Saint-Pierre au Fort Larron (PCRS, 2022). 73

Figure 4.17 : Topographie d'ensemble de l'île entre la pointe de l'Herbaudière et le village de la Tresson (PCRS 2022 et scan Littoral® du SHOM). 74



Figure 4.18 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants de la pointe de l’Herbaudière à la pointe du Devin (PCRS, 2022). 75

Figure 4.19 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants au droit de la pointe du Devin (PCRS, 2022). 76

Figure 4.20 : Zoom sur la topographie du cordon à l’extrémité Sud de la pointe de Devin à l’interface avec la jetée du port de Morin (PCRS, 2022). 76

Figure 4.21 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants de la pointe du Devin au Fier (PCRS, 2022). 77

Figure 4.22 : Zoom sur la topographie du cordon au droit du port de Morin (en haut) et de la pointe de la Loire (en bas) – Localisation des cotes minimales de protection topographique (PCRS, 2022). 78

Figure 4.23 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants et des polders du Fier au village du Tresson (PCRS, 2022). 79

Figure 4.24 : Zoom sur la zone basse au droit des tronçons du Both et du Pulant et localisation du point bas (PCRS, 2022). 80

Figure 4.25 : Zoom sur la topographie du cordon dunaire au droit de la Cour et du village de la Tresson (PCRS, 2022). 80

Figure 4.26 : Topographie d’ensemble de l’île entre le village de la Tresson et la pointe de la Fosse (PCRS 2022 et scan Littoral® du SHOM). 81

Figure 4.27 : Topographie détaillée et zone déprimée des polders du village de la Tresson à la pointe de la Fosse (PCRS, 2022). 82

Figure 4.28 : Zoom sur la topographie de la flèche sableuse de la pointe de la Fosse (PCRS, 2022). 82

Figure 4.29 : Topographie d’ensemble de l’île du Pilier 83

Figure 4.30 : Topographie de l’île du Pilier en lien avec les niveaux caractéristiques de marée et les niveaux marins extrêmes. 84

Figure 5.1 : Dignes de Devin, relevés comparatifs des travaux faits à la digue, par Nicolas Dorotte (Coutureau et Maheux, 2000). 89

Figure 5.2 : Plan du Petit et du Grand Mullembourg en 1833 (Archives Départementales de la Vendée, 1D71). 91

Figure 5.3 : Extrait du Plan Général de l’île de Noirmoutier joint au procès-verbal de bornage du terrain sablaire concédé à la famille Jacobsen, dressé par l’Ingénieur soussigné le 10 décembre 1861 (Archives Départementales de la Vendée, 1D71). 91

Figure 5.4 : Historique de la poldérisation de l’île de Noirmoutier. 92

Figure 5.5 : Projets pour la construction de la digue Jacobsen et d’un chenal rectiligne pour le port, dessin de JC. Jacobsen vers 1800 (Cahiers du Patrimoine, 1994, P 118). 93

Figure 5.6 : Plan du port de Noirmoutier, relevé par J.Dingler, 1884 (Cahiers du Patrimoine, 1994, P 118). 94

Figure 5.7 : Carte de l’état-major de 1820-1866 de l’île de Noirmoutier (Géoportail) et localisation des principales zones bâties. 95

Figure 5.8 : La plage des Dames avec au fond, l’estacade (Archives Départementales de la Vendée, 6Fi 590). 96

Figure 5.9 : Plan de lotissement pour les terrains Jacobsen vers 1896 (Coutureau et Maheux, 1994). 97

Figure 5.10 : Cartographie de l’île de Noirmoutier de l’IGN dans les années 1950 et localisation des principales zones bâties (Géoportail). 98

Figure 5.11 : Vue de l’occupation des sols de l’île entre le port de Noirmoutier-en-l’Île et la pointe des Charniers (en haut) et au droit de la pointe de l’Herbaudière en mai 1934 (Géoportail). .. 99

Figure 5.12 : Vue du Sud de l’île de Noirmoutier en mai 1934 (en haut) et de l’emprise des terrains rendus à la mer en janvier 1945 (en bas) (Géoportail). 100

Figure 5.13 : Le pont de Noirmoutier (Archives Départementales de la Vendée, 6Fi 1153). 101



Figure 5.14 : Evolution de la population sur le territoire de l'île de Noirmoutier entre 1968 et 2019 (INSEE).....	102
Figure 5.15 : Evolution du nombre total de résidences sur le territoire de l'île de Noirmoutier entre 1968 et 2019 (INSEE).....	103
Figure 5.16 : Part (en %) des résidences principales et secondaires sur l'ensemble du territoire de l'île entre 1968 et 2019 (INSEE).	103
Figure 5.17 : Zones bâties principales actuelles sur l'île de Noirmoutier et réseau routier principal (BD TOPO® 2023), et réseau hydrographique (BDTOPAGE®, 2022).....	105
Figure 5.18 : Superposition des contours du bâti d'avant 1900, de 1950 et de juin 2023	107
Figure 5.19 : Superposition des contours du bâti d'avant 1900 et des zones sous les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022).....	108
Figure 5.20 : Superposition des contours du bâti de 1950 et des zones sous les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022).....	109
Figure 5.21 Superposition des contours du bâti de juin 2023 et des zones sous les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022).....	110
Figure 6.1 : Découpage du littoral de Noirmoutier et du continent autour de l'île en unités morphosédimentaires (CEREMA, 2020).	114
Figure 6.2 : Nature du trait de côte sur le littoral de Noirmoutier et du continent autour de l'île (CEREMA, 2019).	115
Figure 6.3 : Carte sédimentologique des côtes de France, ici autour de l'île de Noirmoutier (1 : 100 000, Vanney, 1971).	116
Figure 6.4 : Courants de marée 2D de vive-eau de Pleine Mer Brest -4h à Pleine Mer Brest -2h autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).	117
Figure 6.5 : Courants de marée 2D de vive-eau à la Pleine Mer Brest autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).....	118
Figure 6.6 : Courants de marée 2D de vive-eau de Pleine Mer Brest +1h à Pleine Mer Brest +3h autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).	119
Figure 6.7 : Courants de marée 2D de vive-eau à Pleine Mer Brest +5h autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).....	120
Figure 6.8 : Courants de marée 2D de vive-eau de Pleine Mer Brest +6h à Pleine Mer Brest -6h autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).	121
Figure 6.9 : Plages faisant l'objet d'un bilan sédimentaire par l'OR2C en 2008.	122
Figure 6.10 : Découpage du littoral de Noirmoutier et du continent autour de l'île en cellules hydrosédimentaires (CEREMA, 2019).....	124
Figure 6.11 : Identification des sous-cellules hydrosédimentaires sur façade Atlantique de l'île de Noirmoutier (DHI/GEOS, 2008).	125
Figure 6.12 : Synthèse de la dérive littorale sur la partie Nord-Est du littoral de Noirmoutier	127
Figure 6.13 : Pentes moyennes considérées dans la modélisation du transport sédimentaire sur la façade Ouest de l'île de Noirmoutier (DHI/GEOS, 2008).	128
Figure 6.14 : Synthèse de la dérive littorale sur la partie Ouest du littoral de Noirmoutier (DHI/GEOS, 2008).....	129
Figure 6.15 : Représentation schématique des dynamiques sédimentaires autour de l'île de Noirmoutier (Ifremer).	130
Figure 6.16 : Graduations de l'indicateur national de l'érosion côtière (CEREMA).	131
Figure 6.17 : Indicateur national de l'érosion côtière déterminé au droit de Noirmoutier-en-l'Île entre 1949 et 2011 (CEREMA).	132
Figure 6.18 : Indicateur national de l'érosion côtière déterminé au droit de L'Epine et de la Guérinière entre 1949 et 2011 (CEREMA).	132
Figure 6.19 : Indicateur national de l'érosion côtière déterminé au droit de Barbâtre entre 1949 et 2011 (CEREMA).	133



Figure 6.20 : Evolution du trait de côte entre 1999 et 2022 sur la base d'un suivi topographique au DGPS au droit de Noirmoutier-en-l'Île (CCIN). 134

Figure 6.21 : Evolution du trait de côte entre 1999 et 2022 sur la base d'un suivi topographique au DGPS au droit de l'Epine et de la Guérinière (CCIN). 134

Figure 6.22 : Evolution du trait de côte entre 1999 et 2022 sur la base d'un suivi topographique au DGPS au droit de Barbâtre (CCIN). 135

Figure 6.23 : Différences altimétriques entre le levé LiDAR PCRS (2022) et celui du Litto3D (2010).136

Figure 6.24 : Evolutions surfaciques de l'Île de Noirmoutier sur le long terme de 1832 à 2018 (en haut) et sur le court terme de 1999 à 2018 (en bas) (CCIN). 137

Figure 6.25 : Bilans sédimentaires sur les plages suivies par l'OR2C autour de l'île de Noirmoutier entre 1999 et 2007 : hors extractions/rechargements, en haut, et avec, en bas. 138

Figure 6.26 : Opérations d'extractions/rechargements sur l'île de Noirmoutier sur la période 1999-2007 (CCIN). 139

Figure 6.27 : Comparaison de la carte de l'état-major et du trait de côte de 2011 (CEREMA) sur le secteur de Luzéronde/L'Hommée. 140

Figure 6.28 : Comparaison des traits de côte de 1949 et 2011 (CEREMA) et point de stabilité sur le secteur de Luzéronde/L'Hommée. 141

Figure 6.29 : Evolution du trait de côte au nord et au sud de la plage de Luzéronde de 1945 à 2015 (CCIN). 142

Figure 6.30 : Synthèse hydrosédimentaire sur le secteur de Luzéronde/L'Hommée (CCIN). 144

Figure 6.31 : Synthèse des principales actions anthropiques menées depuis 1937 sur le tronçon Sud du secteur de la plage de Luzéronde/Dune de L'Hommée (OR2C). 145

Figure 6.32 : Vue de la zone de dépôt après travaux le 22 juin 2016. 146

Figure 6.33 : Coupe schématique des travaux de rechargement/reprofilage de la dune au nord des pieux hydrauliques du secteur Luzéronde/L'Hommée effectués à l'automne 2008. 146

Figure 6.34 : Evolutions du profil plage+dune du secteur de Luzéronde suivi par la CCIN au nord immédiat des pieux hydrauliques sur la période octobre 1999- février 2014 (CCIN). 147

Figure 6.35 : Vue de la haute plage au pied du perré des Sénégalais en janvier 2014 (CCIN). 147

Figure 6.36 : Comparaison de vues de la haute plage au Sud de la plage de Luzéronde entre mai 2011 et janvier/février 2014 (CCIN). 148

Figure 6.37 : Recul hivernal du trait de côte entre 2013 et 2014 (CCIN). 148

Figure 6.38 : Bilan sédimentaire entre 1999 et 2016 de la plage de Luzéronde (CCIN). 149

Figure 6.39 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto@3D, en vert) au droit de la plage de Luzéronde. 151

Figure 6.40 : Comparaison de la carte de l'état-major et du trait de côte de 2011 (CEREMA) sur le secteur de l'anse des Lutins. 152

Figure 6.41 : Traits de côte de 1950 à 2011 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur l'extrémité Sud de l'anse des Lutins. 153

Figure 6.42 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de l'anse des Lutins. 154

Figure 6.43 : Evolutions du trait de côte entre septembre 1999 et mai 2010 au droit de l'anse des Lutins (OR2C, CCIN). 155

Figure 6.44 : Comparaison des photographies aériennes au sud de la pointe de l'Herbaudière entre le 31/05/1990 (à gauche) et le 23/07/1992 (à droite) 156

Figure 6.45 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2011 au sud de la pointe de l'Herbaudière. 156

Figure 6.46 : Traits de côte de 1950 à 1990 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de l'enrochement (traits pointillés rouge) en partie Sud de l'anse de Luzan. 157

Figure 6.47 : Comparaison des photographies aériennes de septembre 1971 (à gauche) et octobre 1972 (à droite) (Géoportail). 158



Figure 6.48 : Evolutions du trait de côte entre septembre 2006 et mars 2008 au droit du perré de l'anse de Luzan en partie Nord de l'anse (CCIN). 158

Figure 6.49 : Comparaison de l'état de la plage et du trait de côte en novembre 1999 (à gauche) et en mars 2008 (à droite) (CCIN). 159

Figure 6.50 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de l'enrochement de l'anse de Luzan..... 160

Figure 6.51 : Progression de la flèche sableuse au droit de la digue Ouest du port de l'Herbaudière entre 1997 et 2006 (CCIN). 161

Figure 6.52 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 au droit du port de l'Herbaudière et de la plage de la Linière. 162

Figure 6.53 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de la plage de la Linière (ouvrages de protection non représentés). 162

Figure 6.54 : Bilan sédimentaire entre octobre 1999 et octobre 2007 de la plage de la Linière (OR2C). 163

Figure 6.55 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de la plage de Linière. 164

Figure 6.56 : Ouvrages de protection au droit du secteur de la pointe de la Gardette au Grand Vieil. 165

Figure 6.57 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 au droit du secteur de la pointe de la Gardette au Grand Vieil. 165

Figure 6.58 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du secteur non protégé du bois de la Blanche. 166

Figure 6.59 : Evolution du trait de côte entre septembre 1999 et septembre 2014 au droit de la plage du Petit Vieil (CCIN). 166

Figure 6.60 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de la plage du Petit Vieil. 167

Figure 6.61 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®t) entre la pointe de la Gardette et le Grand Vieil. 167

Figure 6.62 : Ouvrages de protection au droit de l'anse de la Clère et des pointes NE de l'île. 168

Figure 6.63 : Photographie aérienne du 1er juin 1945 au droit de l'anse de la Clère. 169

Figure 6.64 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2011 du Grand Vieil à la pointe de Saint-Pierre. 170

Figure 6.65 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit des dunes du Vieil (ouvrages de protection non représentés). 170

Figure 6.66 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du perré de la Clère (ouvrages de protection non représentés). 171

Figure 6.67 : Bilan sédimentaire entre octobre 1999 et octobre 2004 de la plage au droit de l'anse de la Clère (OR2C). 171

Figure 6.68 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®t) entre le Grand Vieil et la pointe de Saint-Pierre. 172

Figure 6.69 : Ouvrages de protection sur fond de photographie aérienne de mai 2022 et photographie aérienne du 1er juin 1945 (à droite) au droit des Sableaux. 174

Figure 6.70 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2011 et indicateur national de l'érosion côtière de 1949 à 2011 sur le secteur des Sableaux..... 175

Figure 6.71 : Bilans sédimentaires entre octobre 1999 et octobre 2007 (à gauche), entre octobre 1999 et novembre 2016 au centre (CCIN) et différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®t) à droite. 176

Figure 6.72 : Evolutions du stock sédimentaire de 1999 à 2007 (par rapport à 1999) au droit du secteur des Sableaux(OR2C). 177

Figure 6.73 : Evolutions de la plage au droit du secteur des Sableaux entre 1999 et 2007 (OR2C). 178



Figure 6.74 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de la zone Sud du secteur des Sableaux. 179

Figure 6.75 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) à l'extrémité Nord du trait de côte non protégé de la partie Sud du secteur des Sableaux. 180

Figure 6.76 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de la zone non protégé par un ouvrage longitudinal en partie Nord du secteur des Sableaux. 180

Figure 6.77 : Carte topographique IGN du secteur du port de Morin jusqu'au roches de la Loire. 181

Figure 6.78 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 sur le secteur de la pointe du Devin aux roches de la Loire. 182

Figure 6.79 : Indicateur national de l'érosion côtière de 1949 à 2011 sur le secteur du port de Morin aux roches de la Loire. 183

Figure 6.80 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit des 500 m au sud de l'épi-cale de la Bosse. 184

Figure 6.81 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit des Eloux. 185

Figure 6.82 : Flèche sableuse au droit de la plage du Morin au nord du port levée en juin 2013 (CCIN). 186

Figure 6.83 : Photographie aérienne de mai 1975 au droit du tronçon Bosse/Martinière. 187

Figure 6.84 : Photographie aérienne de mai 1990 sur le tronçon Saint-Jean/Martinière. 188

Figure 6.85 : Photographies aériennes montrant les étapes de construction de la digue Nord du port de Morin. 189

Figure 6.86 : Synthèse des actions anthropiques réalisées de 1978 à 1990 au droit du secteur des Eloux - En jaune : rechargement (CCIN). 191

Figure 6.87 : Synthèse des actions anthropiques réalisées de 1999 à 2010 au droit du secteur des Eloux – En jaune : rechargement (CCIN). 192

Figure 6.88 : Actions anthropiques réalisées en 2015 au droit du secteur des Eloux – En jaune : rechargement (CCIN). 193

Figure 6.89 : Bilan sédimentaire entre 1999 et 2013 au nord du tronçon des Eloux (CCIN). 194

Figure 6.90 : Trait de côte de 2010 superposé à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du premier casier de la Bosse. 195

Figure 6.91 : Suivi du trait de côte dans le secteur de la Bosse entre 2000 et 2008 (CCIN). 196

Figure 6.92 : Analyse schématique de la dynamique sédimentaire au droit des Eloux en 2012 (CCIN). 197

Figure 6.93 : Evolution du stock sédimentaire au droit du tronçon des Eloux (y compris Mougendrie) entre octobre 2014 (zéro) et septembre 2017 (CCIN). 197

Figure 6.94 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®) sur le secteur entre le port de Morin et la pointe de la Loire. 198

Figure 6.95 : Dune des Eloux après coup de vent du 16 novembre 2009 (CCIN). 199

Figure 6.96 : Etat du perré bas des Eloux en octobre 1999. 199

Figure 6.97 : Carte topographique IGN du secteur de l'anse de la Guérinière. 200

Figure 6.98 : Ouvrages de protection au droit de l'anse de la Guérinière. 201

Figure 6.99 : Photographie aérienne d'août 1951 au droit de la partie Ouest de l'anse de la Guérinière. 201

Figure 6.100 : Photographie aérienne de mai 1979 au droit du fond de l'anse de la Guérinière. 202

Figure 6.101 : Photographie aérienne de mai 1989 au droit du fond de l'anse de la Guérinière. 202

Figure 6.102 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 au droit de l'anse de la Guérinière. 203

Figure 6.103 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur le bord Ouest de l'anse de la Guérinière. 204



Figure 6.104 :	Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur la partie Ouest du fond de l'anse de la Guérinière.	205
Figure 6.105 :	Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur la partie Est du fond et sur le bord Est de l'anse de la Guérinière.....	205
Figure 6.106 :	Bilans sédimentaires entre octobre 1999 et octobre 2007 en haut (CCIN) et différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®) en bas.	206
Figure 6.107 :	Suivi du trait de côte dans le fond de l'anse de la Guérinière : état du 8 mars 2019 (OR2C).	207
Figure 6.108 :	Bilans sédimentaires entre octobre 1999 et octobre 2007 en haut (CCIN) et différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®) en bas pour la face Est de l'anse de la Guérinière.	208
Figure 6.109 :	Evolutions du cordon dunaire au sud immédiat du village de la Tresson de 2000 à 2010 (CCIN).....	209
Figure 6.110 :	Comparaison de la carte de l'état-major et du trait de côte de 2011 au droit du cordon dunaire de Barbâtre.	210
Figure 6.111 :	Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du perré du Midi (en rouge).	211
Figure 6.112 :	Indicateur national de l'érosion côtière de 1949 à 2011 sur le secteur du cordon dunaire de Barbâtre.	212
Figure 6.113 :	Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit du cordon dunaire de Barbâtre.....	213
Figure 6.114 :	Evolutions du delta de marée de 1702 à 2003 (Compilation Clouzot, Verger, Gruet, Bernier).	214
Figure 6.115 :	Nouvelle estacade et cale des Américains au droit de la face Est de la pointe de la Fosse en 1956, en haut, et prolongement du perré à l'ancrage de l'estacade en 1964, en bas (Géoportail).	215
Figure 6.116 :	Perré prolongé au sud de l'estacade : photo aérienne de mai 1989 (Géoportail), à gauche, et photographie des travaux de reprise en 2000.	216
Figure 6.117 :	Protections de la culée nord du pont : ouvrage provisoire d'avril-mai 2012, en haut, et ouvrage définitif en 2014, en bas.....	216
Figure 6.118 :	Schématisation des dynamiques naturelles et des interventions humaines majeures dans les processus sédimentaires au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).	217
Figure 6.119 :	Evolutions du trait de côte de 1832 (en jaune) à 1999 au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).....	218
Figure 6.120 :	Evolutions du trait de côte de septembre 1999 à avril 2011 au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).	219
Figure 6.121 :	Evolutions du trait de côte entre septembre et décembre 2011 au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).	219
Figure 6.122 :	Photographies des faces Est et Sud de la pointe de la Fosse en décembre 2011 : le 14, à gauche, et le 21, à droite (CCIN).	220
Figure 6.123 :	Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de la pointe de la Fosse.	220
Figure 6.124 :	Taux moyen de recul calculés au droit de 3 profils de la pointe de la Fosse entre 1832 et 2016 (CCIN).....	221
Figure 6.125 :	Bilan sédimentaire autour de la pointe de la Fosse entre 2008 et 2017 (CCIN)...	222
Figure 6.126 :	Synthèse des bilans sédimentaires autour de la pointe de la Fosse entre 2008 et 2017 (CCIN).....	222
Figure 7.1 :	Schématisation du run-up dans la zone de jet de rive (ou swash).	224
Figure 7.2 :	Composantes du niveau marin à la côte sans surcote liée au vent ou à un effet local (BRGM).....	224



Figure 7.3 : Sites de référence du SHOM pour la zone Loire-Vendée (SHOM). 225

Figure 7.4 : Localisation des marégraphes du RONIM (à gauche) et des marégraphes partenaires (à droite) du SHOM (SHOM, juillet 2023). 229

Figure 7.5 : Localisation du marégraphe de l’Herbaudière (GoogleEarth). 230

Figure 7.6 : Mesures du niveau marin en m IGN69 au marégraphe de l’Herbaudière de juin 2014 à fin 2020 (SHOM). 230

Figure 7.7 Position de l’écluse du Moulin, au fond du port de Noirmoutier en l’île 235

Figure 7.8 Série temporelle du niveau d’eau (en noir) en amont et en Aval de l’Ecluse du Moulin (période du 14/12/2022 au 03/01/2023). En orange sont indiquées les périodes d’ouverture (1) et de fermeture (0) des portes..... 236

Figure 7.9 : Carte de la zone « Loire-Vendée » et sites utilisés pour le calcul des niveaux extrêmes dans le produit 2012 (SHOM, CEREMA). 239

Figure 7.10 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 10 ans au droit du site d’étude : produits 2008 (en haut, à gauche) et 2012 (en haut, à droite) et incertitudes estimées pour le produit 2008 (en bas) (SHOM/CEREMA). 240

Figure 7.11 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 20 ans au droit du site d’étude : produits 2008 (à gauche) et 2012 (à droite) (SHOM/CEREMA). 241

Figure 7.12 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 50 ans au droit du site d’étude : produits 2008 (à gauche) et 2012 (à droite) (SHOM/CEREMA). 241

Figure 7.13 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 100 ans au droit du site d’étude : produits 2008 (à gauche) et 2012 (à droite) (SHOM/CEREMA). 242

Figure 7.14 : Carte composite des niveaux marins centennaux des produits 2008 et 2012 – Niveaux en cm IGN69 (SHOM/CEREMA). 243

Figure 7.15 : Cartographie des niveaux extrêmes centennaux en m IGN69 le long du trait de côte autour de l’île de Noirmoutier produite en 2022, et localisation des ports de référence encadrant (SHOM/CEREMA). 245

Figure 7.16 : Périodes de retour des valeurs extrêmes de surcote PM pour la pointe de Saint-Gildas (SHOM/CEREMA, 2022). 246

Figure 7.17 : Périodes de retour des valeurs extrêmes de surcote PM pour les Sables d’Olonne (SHOM/CEREMA, 2022). 247

Figure 7.18 Emprise, maillage et bathymétrie interpolée du modèle HD_{BZHS}. 249

Figure 7.19 Détail du maillage et de la bathymétrie interpolée du modèle HD_{BZHS} autour de Noirmoutier. 250

Figure 7.20 Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés à Saint-Nazaire. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion..... 251

Figure 7.21 Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés à L’Herbaudière. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion..... 252

Figure 7.22 Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés aux Sables d’Olonne. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion. 253

Figure 7.23 Positionnement des points pour l’analyse des niveaux marins extrêmes issue de la modélisation HD_{BZHS}. 254

Figure 7.24 Analyse extrême des niveaux marins, à partir de la base de données HD_{BZHS}, au point P1 – en m MSL 255

Figure 7.25 Analyse extrême des niveaux marins, à partir de la base de données HD_{BZHS}, au point P4 – en m MSL. 256

Figure 7.26 : Position des houlographes au large du réseau CANDHIS au large de Noirmoutier 258

Figure 7.27 Emprise, maillage et bathymétrie interpolée du modèle SW_{BZHS}..... 260

Figure 7.28 Détail du maillage et de la bathymétrie interpolée du modèle SW_{BZHS} autour de Noirmoutier. 260

Figure 7.29 Comparaison des hauteurs de vagues significatives mesurées et modélisées à l’Île d’Yeu Nord. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion. 261



Figure 7.30	Comparaison des hauteurs de vagues significatives mesurées et modélisées au Plateau du Four. Haut : série temporelle, centre : diagramme de dispersion, bas : roses.	262
Figure 7.31	Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés à l'Herbaudière. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion.	263
Figure 7.32	Séries temporelles et statistiques des hauteurs significatives des vagues	265
Figure 7.33	Séries temporelles et statistiques des périodes pic des vagues.	265
Figure 7.34	Roses(haut) et tableau d'occurrence des vagues (1979 – 2022).	266
Figure 7.35	Extrapolation des valeurs extrêmes à partir des mesures à la bouée Ile d'Yeu nord (source CEREMA)	267
Figure 7.36	Analyse extrême des hauteurs significatives, à partir de la base de données SW _{BZHS} , au point Ile d'Yeu nord	269
Figure 7.37	Graphique d'analyse conjointe vague-niveau d'eau au point ile d'Yeu nord (P4) réalisée avec les modèles régionaux SW _{BZHS} et HD _{BZHS}	270
Figure 7.38	Variation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale pour différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GIEC, 2014).	274
Figure 7.39	Variation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale pour différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GIEC, 2019).	275
Figure 7.40	Trajectoires de réchauffement climatique planétaire selon les 5 scénarios SSP-RCP retenus par le GIEC pour les décideurs.	276
Figure 7.41	Trajectoires de réchauffement climatique planétaire selon les 5 scénarios SSP-RCP retenus par le GIEC pour les décideurs.	278
Figure 7.42	Projections d'élévation du niveau de la mer, en m, pour les scénarios SSP5-8.5 et SSP5-8.5 « Low Confidence » pour 2120 et 2130 au point long :-3/Lat :47 au large de Noirmoutier par rapport à la période 1995-2014 fournies sur le site de la NASA sur la base des travaux du GIEC de 2019.	279
Figure 8.1	Représentation schématique des notions de système de protection, système d'endiguement et de zones potentiellement protégée et zone protégée (CEREMA).	281
Figure 8.2	Vue d'ensemble des ouvrages classés en systèmes d'endiguement et des zones protégées.	284
Figure 8.3	Ouvrages traversants classés dans le système d'endiguement Cœur de l'île, inscrits dans l'arrêté préfectoral de classement.	285
Figure 8.4	Historiques des grands travaux réalisés entre 1970 et 2013 sur les ouvrages classés en système d'endiguement (CCIN).	288
Figure 8.5	Photos des travaux de consolidation du perré du Fier en 2009 et 2010/2011, en haut et au milieu et du perré de la Rampe en 2013, en bas (CCIN).	289
Figure 8.6	Photos des travaux de rehausse de la digue de Sébastopol en 2014 (CCIN).	290
Figure 8.7	Photos de la digue du Gois rehaussée par un muret et des batardeaux (janvier 2023).	290
Figure 8.8	Photos des travaux de consolidation du perré du Both en 2016 (CCIN).	291
Figure 8.9	Photos des travaux de consolidation du perré du Mortrit en 2016 (CCIN).	291
Figure 8.10	Photos du mur des Sableaux après travaux (2023).	292
Figure 8.11	Illustration du fonctionnement des portes secteur (CCIN,2022)	292
Figure 8.12	Localisation des des digues à rehausser.	293
Figure 8.13	Insertion paysagère des trois portes anti-submersion (ARCADIS 2022) : porte du Moulin, porte de l'Arceau et porte des Coëfs.	294
Figure 8.14	Présentation des niveaux de services d'une digue (France digue).	296
Figure 8.15	Niveaux de services des ouvrages du système d'endiguement Cœur de l'île. Les cases surlignées en jaune sont des sections non classées. Les niveaux en rouge sont ceux inférieurs à 4,20 m IGN69.	299
Figure 8.16	Niveaux de services des ouvrages du système d'endiguement Sableaux-Jacobsen. Les cases surlignées en jaune sont des sections non classées. Les niveaux en rouge sont ceux inférieurs à 4,20 m IGN69.	300



Figure 8.17 : Evolution de la proportion du linéaire de digue concernée par des défaillances pour chaque niveau marin. 300

Figure 8.18 : Evolution de la proportion du linéaire de digue concernée par des défaillances pour chaque niveau marin en prenant en compte le projet des trois étiers. 301

Figure 8.19 : Définition des scénarios de défaillance réglementaires à étudier dans le cadre des études de dangers. 302

Figure 8.20 : Scénarios hydrauliques définis dans les études de dangers. 304

Figure 8.21 : Scénarios hydrauliques définis dans les études de dangers. 305

Figure 8.22 : Zone inondée pour le scénario 3-4. 306

Figure 8.23 : Localisation des ouvrages de protection contre la mer (CCIN) et topographie d'ensemble de l'île de Noirmoutier (PCRS, 2022). 308

Figure 8.24 : Système de protection de la Clère (source : étude de dangers) 309

Figure 8.25 : Localisation des points bas du secteur du Vieil. 310

Figure 8.26 : Localisation des points bas du secteur de la Blanche. 310

Figure 8.27 : Système de protection la pointe de la Loire (source : étude de dangers) 311

Figure 9.1 : Ensemble du réseau hydrographique de l'île de Noirmoutier avec localisation des ouvrages traversants. 313

Figure 9.2 : Casiers hydrauliques – secteur Nord. 314

Figure 9.3 : Casiers hydrauliques – secteur Sud. 315

Figure 9.4 : Bassins versants des trois étiers principaux (ARCADIS 2023). 316

Figure 9.5 : Réseau hydrographique sur le secteur des marais avec positionnement des écluses (EGIS 2014) – Mise à jour des surfaces des bassins versants des trois étiers principaux (ARCADIS 2023). 317

Figure 9.6 : Calendrier des enjeux conchylicoles en Baie de Bourgneuf – focus sur l'île de Noirmoutier (CRC). 319

Figure 9.7 : Pluviométrie annuelle à Noirmoutier depuis 1896 (source : MeteoFrance, 2003). 321

Figure 9.8 : Localisation des secteurs soumis aux ruissellements. 322

Figure 9.9 : Inondation place de la république à Noirmoutier-en-l'île dans la soirée du 20 juin 2022 : une partie des commerces a été inondée. ©DR. 324

Figure 9.10 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de Noirmoutier-en-l'île. 325

Figure 9.11 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de l'Epine. 326

Figure 9.12 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de la Guérinière. 327

Figure 9.13 : Branches individuelles et indépendantes du réseau EP au droit du boulevard de l'Océan à la Guérinière. 328

Figure 9.14 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de Barbâtre. 329

Figure 10.1 : Représentation schématique de la submersion marine par franchissements (BRGM) – Franchissements de la digue d'Étretat en décembre 2019 (CD76). 331

Figure 10.2 : Représentation schématique de la submersion marine par débordement (BRGM). 331

Figure 10.3 : Représentation schématique de la submersion marine par rupture d'ouvrage (BRGM). 332

Figure 10.4 : Localisation des différents polders dans le secteur de la Grande Roche/L'enclos au sud de l'île de Noirmoutier (CCIN). 363

Figure 10.5 : Photographies de mars 1937 : brèche dans la digue du polder de la Grande Roche (la mer est à gauche de la digue). 364

Figure 10.6 : Positionnement des brèches et emprise de la submersion de mars 1937 proposés au droit de Barbâtre : sur le fond de la carte de l'IGN de 1950, en haut, et sur la photoaérienne de 2022 avec bâti actuel, en bas. 365



Figure 10.7 : Terrains en jaune sous la cote 1,8 m IGN69 (LiDAR 2022) sur le secteur des polders de la Grande Ruche et de l'Enclos.	366
Figure 10.8 : Photographies de mars 1937 (non datées) : brèche dans la digue du Tresson et polder inondé, en haut et au milieu, et RN148 submergée, en bas.	367
Figure 10.9 : Positionnement de la brèche et emprise de la submersion de mars 1937 proposés au droit de la Guérinière côté Est : sur le fond de la carte de l'IGN de 1950, en haut, et sur la photoaérienne de 2022 avec bâti actuel, en bas.	368
Figure 10.10 : Contours topographiques à 1,4 m IGN69 (en vert) et 1,6 m IGN69 (en jaune) au droit de la digue de la Nouvelle Brille (à gauche) et de la Berge (à droite) – LiDAR 2022 (PCRS).	369
Figure 10.11 : Carte IGN1950 et emprise de la submersion proposée supposés de la submersion de mars 1937 au droit de l'Epine côté Est.	370
Figure 10.12 : Carte IGN1950 et emprise de la submersion proposée supposés de la submersion de mars 1937 au droit de l'Epine côté anse.	370
Figure 10.13 : LiDAR 2022 : zone dépressive submergée par franchissements en mars 1937 au droit de la Court dans l'anse de la Guérinière.	371
Figure 10.14 : Photographies de la brèche dans la digue du polder de Sébastopol et de l'inondation en arrière fin 1978/début 1979.	372
Figure 10.15 : Photographies de l'inondation des polders de la commune de Barbâtre fin 1978/début 1979.	373
Figure 10.16 : Positionnement de la brèche et emprise de la submersion de 1978/1979 proposés au droit Barbâtre sur le fond de la photo aérienne de 2022 avec bâti actuel.	374
Figure 10.17 : Analyse des niveaux marins et des surcotes à La Rochelle lors de la tempête Xynthia (Pineau-Guillou et al.2010 et estimation des phénomènes de résonance sur le plateau lors de la tempête (Berrin et al. 2012).	376
Figure 10.18 : Niveaux extrêmes estimés à Noirmoutier lors de la tempête Xynthia (source Service mer CCN, mars 2010).	377
Figure 10.19 : Champs de vent (m/s) et de pression atmosphérique (hPa) issus de la base de données CFSR, pendant la tempête Xynthia, le 27 février 2010 à 21h TU (en haut) et le 28 février 2010 à 03h TU (en bas).	378
Figure 10.20 Maillage et bathymétrie (mMSL) du modèle local de Noirmoutier.	379
Figure 10.21 : propagation des houles autour de Noirmoutier lors de la tempête Xynthia à l'aide du modèle local – 28 février 2010 03h (haut) et 04h (bas) TU.	380
Figure 10.22 : Evolution des houles et niveaux d'eau autour de Noirmoutier, lors de la tempête Xynthia février 2010.	381
Figure 10.23 : Elévation de la surface libre (m MSL) le 28 février à 02h15 TU.	382
Figure 10.24 : Xynthia : Elévation de la surface libre (m MSL) le 28 février à 03h15 TU.	383
Figure 10.25 : Xynthia : Elévation de la surface libre (m MSL) le 28 février 2010 à 04h00 TU.	383
Figure 10.26 : Photographie du polder de Sébastopol inondé pendant la tempête Xynthia.	384
Figure 10.27 : Photographie d'ensemble du secteur des étiers inondé pendant la tempête Xynthia.	384
Figure 10.28 : Photographies des submersions au droit du port de Noirmoutier-en-l'Île pendant la tempête Xynthia (F.Gendron).	385
Figure 10.29 : Photographies de la dégradation des ouvrages à l'extrémité Est de la digue de Jacobsen pendant la tempête Xynthia.	385
Figure 10.30 : Zones inondées pendant Xynthia au droit des étiers et du secteur des Sableaux avec cotes des crêtes de digue de l'époque (CCIN).	386
Figure 10.31 : Actualisation en 2012 de l'emprise des zones inondées au moment de Xynthia au droit de la zone des étiers (CCIN).	387
Figure 10.32 : Zones inondées pendant Xynthia au droit du polder de Sébastopol avec cotes des crêtes de digue de l'époque (CCIN).	387



Figure 10.33 : Submersions par franchissement au droit du Vieil pendant Xynthia (CCIN). 388

Figure 11.1 : Sensibilité des types de peuplements aux incendies selon leur inflammabilité et leur combustibilité utilisée dans le PPRL 2015..... 389

Figure 11.2 : Evaluation de d'aléa (ou sensibilité) au feu de forêt. 390

Figure 11.3 : Carte nationale de sensibilité aux feux de forêt, juin 2023 (MTE, Kayrros) – Noirmoutier-en-Ile. 392

Figure 11.4 : Carte nationale de sensibilité aux feux de forêt, juin 2023 (MTE, Kayrros) – L'Épine et La Guérinière. 392

Figure 11.5 : Carte nationale de sensibilité aux feux de forêt, juin 2023 (MTE, Kayrros) – Barbâtre. 393

Figure 11.6 : Carte régional de l'aléa feux de forêt, juin 2022 (DREAL Pays-de-la-Loire) – Noirmoutier-en-Ile. 395

Figure 11.7 : Carte régional de l'aléa feux de forêt, juin 2022 (DREAL Pays-de-la-Loire) – L'Épine et La Guérinière. 395

Figure 11.8 : Carte régional de l'aléa feux de forêt, juin 2022 (DREAL Pays-de-la-Loire) – Barbâtre. 396

Figure 12.1 Actions de la SLGRI. 407

Figure 12.2 Bilan du PAPI (CCIN). 409

Figure 12.3 Classes d'aléa du PPRL actuel. 411

Figure 12.4 Croisement aléa/enjeux du PPRL actuel. 411

Figure 12.5 Interaction entre les différents documents..... 414

TABLEAUX

Tableau 3.1 : Caractéristiques des levés LiDAR de l'OR2C disponibles au droit de l'île de Noirmoutier. 55

Tableau 6.1 : Opérations de rechargement au droit du tronçon Bosse/Saint-Jean/Martinière. 190

Tableau 6.2 : Opérations de rechargement au droit du tronçon Bosse/Saint-Jean/Martinière. 193

Tableau 6.3 : Opérations de rechargement au droit de l'anse de la Guérinière. 203

Tableau 7.1 : Niveaux de marée de référence à l'Herbaudière et à Fromentine (embarcadère) (SHOM, 2022). 226

Tableau 7.2 : Niveaux de marée de référence aux Sables d'Olonne et à Saint-Nazaire (SHOM, 2022). 227

Tableau 7.3 : Positions relatives en m IGN69 des 0 des systèmes altimétriques « marins » pour les sites sur le littoral étudié. 227

Tableau 7.4 : Niveaux d'eau validés SHOM les plus hauts mesurés au marégraphe de l'Herbaudière du 06/07/1990 au 06/02/2023 en données temps différé. 231

Tableau 7.5 : Niveaux d'eau validés SHOM les plus hauts mesurés au marégraphe de l'Herbaudière pour la tempête Céline en données temps différé. 232

Tableau 7.6 : Comparaison des niveaux d'eau validés SHOM les plus hauts mesurés au marégraphe de l'Herbaudière du 06/07/1990 au 01/10/2023 (en données temps /différé) avec les mesures aux autres marégraphes de la zone 233

Tableau 7.7 : Niveaux d'eau maximum validés temps différé SHOM pendant Xynthia mesurés aux marégraphes de Saint-Nazaire, de Saint-Gildas et des Sables d'Olonne, avec surcote correspondante (SHOM). 234

Tableau 7.8 : Comparaison des estimations de niveaux extrêmes de PM (en cm IGN69) dans les différents travaux du SHOM/CEREMA pour la pointe de Saint-Gildas. 246

Tableau 7.9 : Comparaison des estimations de niveaux extrêmes de PM (en cm IGN69) dans les différents travaux du SHOM/CEREMA pour le port des Sables d'Olonne. 247

Tableau 7.10 : Proposition des niveaux extrêmes en m IGN69 estimés au droit du trait de côte de l'île de Noirmoutier d'après l'ensemble des travaux SHOM/CEREMA..... 248



Tableau 7.11 :	Comparaison des niveaux marins extrêmes issus de la modélisation DHI et des travaux du SHOM/CEREMA aux points P1 et P4 autour de l'île de Noirmoutier.....	257
Tableau 7.12	Caractéristiques des houlographes au large de Noirmoutier	259
Tableau 7.13	Tempêtes mesurées au point ile d'Yeu nord, avec les plus fortes houles	268
Tableau 7.14 :	Recommandations de l'ONERC de 2010 sur l'élévation du niveau moyen de la mer, en m, à considérer au niveau national.	272
Tableau 7.15 :	Surcotes marines liées aux conséquences du réchauffement climatique à considérer dans les PPRL, selon la circulaire de juillet 2011.	272
Tableau 7.16 :	Projections du GIEC de 2013 (AR5) sur l'élévation du niveau moyen de la mer, en m, selon 4 scénarios.	273
Tableau 7.17 :	Révisions et compléments des projections du GIEC en 2019 sur l'élévation du niveau moyen de la mer, en m, par rapport à la période 1995-2014 pour trois scénarios	276
Tableau 7.18 :	Correspondances entre scénarios SSP-RCP et scénarios RCP du GIEC.	277
Tableau 7.19 :	Projections d'élévation du niveau de la mer, en m, <u>pour les scénarios SSP5-8.5 et SSP5-8.5 « Low Confidence » au point long :-3/Lat :47 au large de Noirmoutier par rapport à la période 1995-2014</u> fournies sur le site de la NASA sur la base des travaux du GIEC de 2019.	278
Tableau 8.1 :	Caractéristiques des systèmes d'endiguement de l'île de Noirmoutier.	283
Tableau 8.2 :	Brèches retenues dans les scénarios des études de dangers.	303
Tableau 9.1	Surface des bassins versants naturels des trois étiers principaux de Noirmoutier.....	316
Tableau 12.1 :	Dates d'approbation des PLU et dernières versions.....	400
Tableau 12.2 :	Dates d'approbation des PCS.....	413



1 Introduction sur le contexte du PPRL

1.1 Contexte général

La vulnérabilité d'une grande partie du littoral français s'illustre au travers des phénomènes tels que la submersion marine, l'inondation liée au débordement des cours d'eau côtiers ou l'érosion des côtes meubles. Ces processus directement liés aux actions hydrauliques marines et terrestres peuvent être aggravés par les activités humaines.

Le littoral à l'échelle nationale constitue également une zone de forte fréquentation depuis les années 50 et l'avènement de la société de loisirs et des congés payés, ce qui se traduit par une urbanisation qui s'est densifiée de plus en plus proche de la mer et donc de plus en plus vulnérable aux risques côtiers. De 1962 à 2016, la population des communes littorales métropolitaines a augmenté de 42%.

La population littorale a fortement augmenté au début des années 60 et suit globalement la même tendance que celle de la population française depuis 1968 pour la métropole : +0,7% en 2016 pour le littoral contre +0,6% pour la France entière..

Le graphique suivant montre cependant que cette évolution n'est pas tout à fait la même pour l'ensemble du littoral métropolitain. Ainsi, la densité de population augmentait de +0,3% plus vite que la moyenne nationale sur la Méditerranée et le Sud Atlantique.

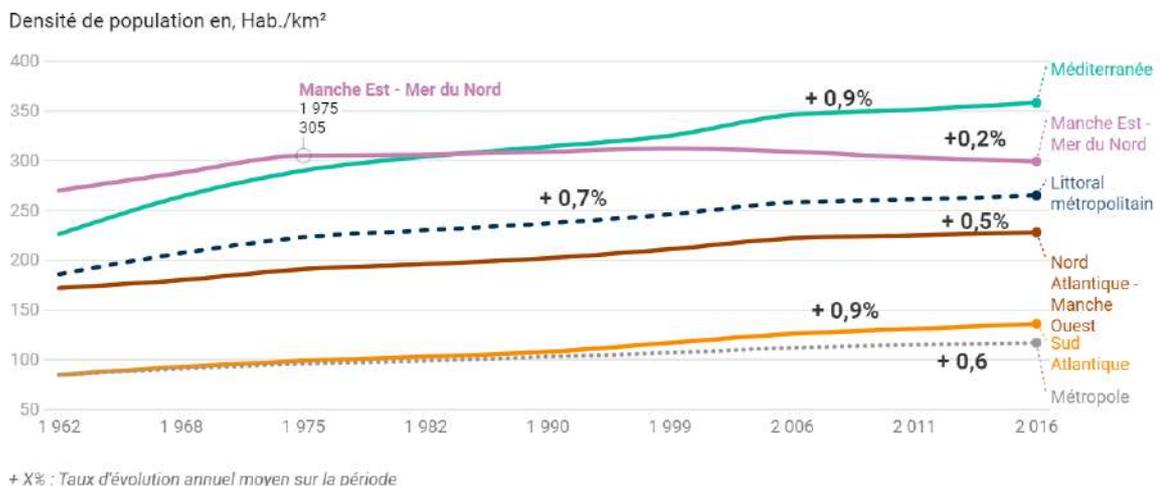


Figure 1.1 : Evolution de la densité de population sur le littoral métropolitain depuis 1962 (Commissariat Général au Développement durable, 2016).

La tendance est une augmentation des situations à risque du fait d'une part de l'augmentation de l'aléa de submersion marine lié aux effets du changement climatique, et d'autre part du développement des enjeux sur les littoraux.



Par définition, le risque de submersion marine est la combinaison potentielle d'un aléa d'origine météo-marine touchant des côtes basses qui sont susceptibles d'être inondées et où sont localisées des enjeux plus ou moins vulnérables.

Les phénomènes d'érosion des côtes meubles se matérialisent par un abaissement de la plage ou/et un recul du trait de côte vers l'intérieur des terres. Ces phénomènes peuvent engendrer ou aggraver une submersion marine des zones basses en arrière du trait de côte en entraînant par exemple la ruine partielle ou totale d'un ouvrage de protection, ou une brèche traversante dans un cordon dunaire mince. Pour les côtes meubles, la perte de matériaux constitutifs de la cote peut être soit définitive, soit faire partie d'un cycle saisonnier ou d'un cycle plus long de pertes et de gains de ces matériaux.

La répétition d'évènements tempétueux ayant des conséquences plus ou moins catastrophiques, et notamment l'évènement Xynthia de fin février 2010 sur le littoral à l'origine d'un lourd bilan humain, a conduit et a encouragé les services de l'État à renforcer la politique de prévention des inondations.

Afin de limiter la vulnérabilité des biens et des personnes, des plans de prévention des risques littoraux (PPRL) sont donc élaborés dans les zones exposées.

Le PPRL est un outil de gestion adapté dans l'aménagement de ces zones. Il cartographie les risques littoraux et régit l'urbanisation des territoires.

Concernant le cadre réglementaire, il faut noter que les Plans de préventions des risques naturels prévisibles sont régis par le code de l'environnement par les articles L 562-1 à L562-9. Le décret n° 95-1089 modifié par les décrets n° 2005-3 du 4 janvier 2005 n° 2007-1467 du 16 octobre 2007 précise les procédures et dispositions relatives à l'élaboration des plans de préventions des risques naturels prévisibles.

Selon ce cadre, un plan de prévention des risques a pour objet :

- De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;
- De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;



- De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1^o et au 2^o, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;
- De définir, dans les zones mentionnées au 1^o et au 2^o, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Par ailleurs, la méthodologie de détermination des aléas littoraux a été précisée dans la circulaire du 27 juillet 2011 et dans le guide méthodologique d'élaboration des PPRL publié en janvier 2014. Les principales conclusions de ce guide qui précisent le travail de détermination de l'aléa sont :

- La prise en compte du changement climatique à courte échéance dans la définition des niveaux marins ;
- La prise en compte des impacts du réchauffement climatique à une échéance de 100 ans ;
- La prise en compte de l'ensemble des phénomènes dynamiques pour l'établissement du scénario de référence (composantes statiques du niveau marin et composantes dynamiques liées à l'action de la houle) ;
- La prise en compte des incertitudes ;
- L'élaboration de cartes informatives en l'absence d'ouvrage de protection ou de dispositifs naturels participant au système de protection.

En complément, il a été publié le 05 juillet 2019 le décret n°2019-715 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine » et un arrêté relatif à la détermination, qualification et représentation cartographique de l'aléa de référence et de l'aléa à échéance 100 ans s'agissant de la submersion marine dans le cadre de l'élaboration ou de la révision de ces plans.

Ces textes réglementaires les plus récents concernant les PPRi portent essentiellement sur l'aléa de référence à retenir en lien avec le changement climatique et sur la prise en compte des systèmes d'endiguement. Ils reviennent également sur la qualification et la cartographie des niveaux d'aléa ainsi que les principes du zonage réglementaire. Un guide d'application de ces textes a été publié.

Enfin, la loi Climat et Résilience du 22 août 2021 (Loi n°2021 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets) prend des dispositions pour la recomposition des territoires littoraux dont l'occupation et l'usage est remise en question par les effets du changement climatique : érosion du trait de côte, élévation du niveau marin, augmentation de la fréquence des aléas naturels. L'objectif est de soutenir les opérations d'aménagement permettant de soustraire progressivement (sur plusieurs années ou décennies) les activités, les biens et les personnes de ces menaces, tout en maintenant le plus longtemps possible les activités sur les secteurs impactés.



Le volet « trait de côte » de la loi (articles 236 à 248) se fonde sur la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte élaborée en 2012 et actualisée en 2017 (révisée tous les 6 ans), et est complété par l'ordonnance n°2022-489 du 6 avril 2022 relative à l'aménagement durable des territoires littoraux exposés au recul du trait de côte.

Ce volet se fonde sur 4 priorités :

- Connaître et faire connaître l'évolution du trait de côte ;
- Décliner les outils juridiques nécessaires pour gérer les biens existants particulièrement vulnérables au recul du trait de côte ;
- Encadrer le régime des nouvelles constructions dans les zones exposées ;
- Permettre la recomposition spatiale.

En application de l'article L.321-15 du code de l'environnement, la liste des communes dont l'action en matière d'urbanisme et la politique d'aménagement doivent être adaptées aux phénomènes hydro-sédimentaires entraînant l'érosion du littoral est établie par le décret n°2023-698 du 31 juillet 2023 (modifiant le décret n°2022-750 du 29 avril 2022).

Cette liste est composée :

- d'une part de communes identifiées en tenant compte de la particulière vulnérabilité de leur territoire au recul du trait de côte, sur la base des connaissances scientifiques disponibles et de la connaissance des biens et activités exposés, et dont les conseils municipaux ont délibéré favorablement ;
- d'autre part de communes volontaires pour s'engager dans des actions d'adaptation, et dont les conseils municipaux ont délibéré en ce sens.

En application de la loi Climat et Résilience, ces communes (ou les communautés de communes compétentes en matière de PLU) doivent intégrer au PLU, ou document en tenant lieu, une carte locale d'exposition de leur territoire au recul du trait de côte. Elles doivent établir cette carte, ou ont la possibilité de reprendre celle existante dans le PPRL le cas échéant.

La carte doit délimiter les zones exposées au recul du trait de côte à l'horizon 30 ans et à un horizon entre 30 et 100 ans. Le rapport de présentation doit comprendre une synthèse des études techniques prises en compte pour établir ces zones et des actions de lutte contre l'érosion côtière et des actions issues des stratégies locales de gestion intégrée du trait de côte mises en œuvre, si elles ont été prises en compte.



1.2 Contexte particulier

Les régions Pays de la Loire et Poitou-Charentes ont fait l'objet de recherches approfondies sur les événements de tempêtes de submersion jusque 2010 jugées relativement exhaustive par ses auteurs : Figure 1.2.

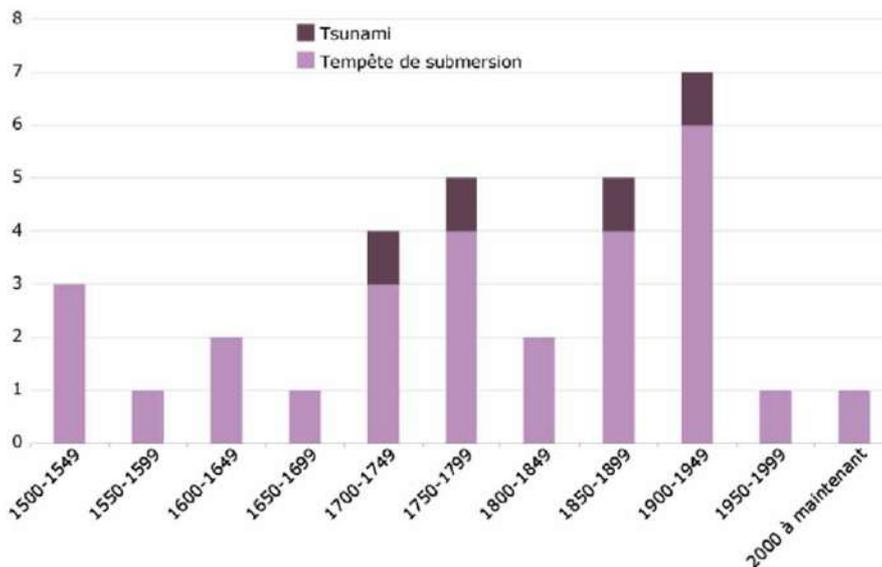


Figure 1.2 : Tempêtes de submersion et tsunamis depuis 1500 sur les côtes de Vendée et de Charente-Maritime (Observatoire national de la mer et du littoral, 2011, d'après Garnier et Surville, 2010).

L'histoire de l'île de Noirmoutier est intrinsèquement liée à l'évolution du niveau de la mer et aux travaux d'aménagement qui ont consisté à conquérir des espaces sur la mer (polders) et à protéger le territoire contre les submersions marines et l'érosion des plages et du trait de côte.

Etant donné la nature même d'île et compte-tenu de sa topographie majoritairement basse, l'île de Noirmoutier est en effet particulièrement exposée à ces aléas marins. Pour le secteur de l'île et de la baie de Bourgneuf dans son ensemble, Eugène (2010) a recensé 23 événements de submersion marine entre l'an 30 et 2010, dont certains violents comme celui de 1937.

L'évolution historique croissante de l'urbanisation et des activités économiques sur l'île ont fait grandir le risque vis-à-vis de ces derniers.

Ainsi, différents travaux basés sur l'IBC (Intensité du Bâti situé sous les niveaux centennaux actuels dans les communes ayant fait l'objet d'un arrêté de Catastrophes naturelles d'origine marine) menés par le CETMEF en 2009, et sur un indice reposant sur des critères d'ordres physiques, historique, anthropique et de gestion du risque de submersion marine menés par Chevillot-Miot en 2014 font ressortir l'île de Noirmoutier comme particulièrement vulnérable au risque de submersion marine.



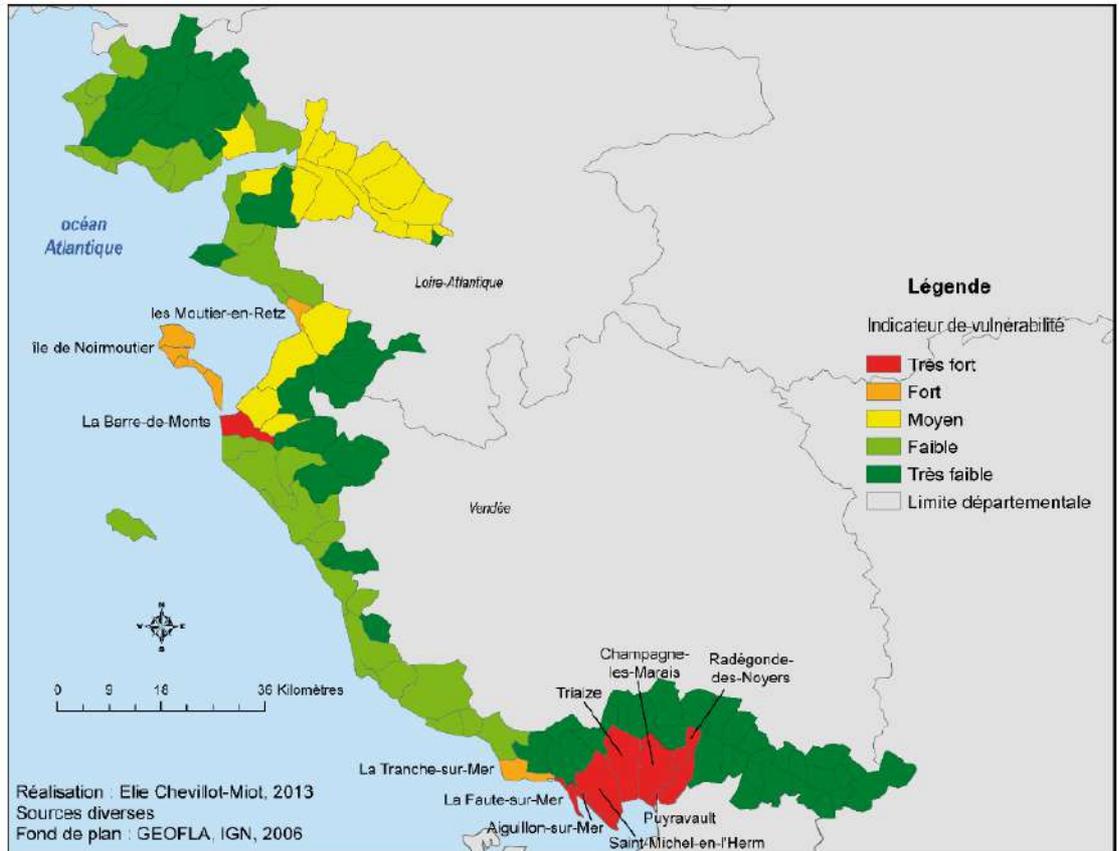


Figure 1.3 : Vulnérabilité des communes littorales de la région Pays-de-la-Loire (Chevillot-Miot, 2014).

Les évènements vécus ont de tout temps fait évoluer la gestion des risques littoraux sur l'île. La tempête de décembre 1978, avec la rupture de la digue du Gois, a fait naître leur gestion globale à l'échelle de l'intercommunalité, échelle minimale appropriée pour ces sujets. La Communauté de Communes de l'île de Noirmoutier (CCIN) possède aujourd'hui la compétence « sécurité des biens et des personnes face à la mer » et porte la Gestion des Milieux Aquatiques et la Prévention des Inondations (GEMAPI).

A la suite de la tempête Xynthia en février 2010, particulièrement dévastatrice à l'échelle de la Vendée et qui a provoqué des submersions limitées sur l'île, l'État a prescrit en janvier 2011 la réalisation d'un PPRL pour l'ensemble de l'île de Noirmoutier et la CCIN s'est engagée dans une démarche de Programme d'Actions de Prévention des Inondations. (PAPI) labellisé en juillet 2012.

Le PPRL prescrit en 2011 a été approuvé le 30 octobre 2015. Il se base sur une étude des aléas réalisée par DHI/GEOS et ne prend pas en compte les effets du changement climatique.

Afin d'intégrer ces effets et de revoir en conséquence la cartographie des aléas, la Direction Départementale des Territoires et de Mer (DDTM) de la Vendée a confié au groupement DHI/TACT/ANTEA GROUP/GEOS l'étude globale aboutissant à la révision du PPRL de 2015.



Outre la mise à jour des aléas, la présente révision du PPRL a évidemment pour objectif de reprendre l'analyse des enjeux et le zonage réglementaire et sa cartographie.

A noter que cette révision s'inscrit à la suite immédiate ou en parallèle de plusieurs démarches réglementaires et d'aménagement/développement du territoire de l'île qui concernent la protection contre la mer et l'urbanisme :

- Les études de dangers de deux systèmes d'endiguement réalisées par EGIS pour le compte de la CCIN entre 2019 et 2021. Ces études de dangers ont abouti à la régularisation du système d'endiguement (SE) du Cœur de l'île et du secteur Sableaux-Jacobsen. Deux arrêtés de juin 2022 indiquent la composition des SE, la délimitation de la zone protégée ainsi que la classe et le niveau de protection des SE. La CCIN est donc gestionnaire de ces SE ;
- Le projet porté par la CCIN dans le cadre du PAPI de réalisation d'une porte au droit de chacun des étiers du Moulin, de l'Arceau et des Coëfs, et de rehausser les digues de protection adjacentes à la cote de protection topographique de 5,05 m IGN69. La fin des travaux est prévue à ce stade pour mi-2026. **La volonté de l'État est de prendre en compte ce projet d'aménagement dans la présente révision du PPRL ;**
- Le projet d'établissement d'un Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUI) à l'échelle de l'île de Noirmoutier porté par la CCIN.

D'autre part, L'île de Noirmoutier dans son ensemble a été reconnue en novembre 2012 comme Territoire à Risque Important d'Inondation (TRI) au titre de la Directive Inondation. Une Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI) a été approuvée le 10 septembre 2018.

Enfin, l'Observatoire Régional des Risques côtiers en Pays-de-la-Loire, OR2C) est opérationnel depuis 2016. Son objectif est d'apporter les outils scientifiques et techniques pour mieux comprendre les dynamiques littorales à l'échelle régionale. Sa mission est également de suivre les évolutions du trait de côte et des plages. Ses productions intègrent notamment la réalisation de levés LiDAR aéroportés sur l'ensemble de la région, et également la quantification de la mobilité du trait de côte.

Les côtes sableuses de Noirmoutier sont soumises à problématiques d'érosion, même si globalement l'île présente sur le long terme une évolution positive significative de sa surface terrestre. Les éléments factuels sur les phénomènes d'évolutions des plages et du trait de côte (gains et pertes) issus des données d'observations et de suivi disponibles sont présentés au paragraphe 6.4.

Aucune des 4 communes de l'île de Noirmoutier n'apparaît cependant dans la liste du décret n°2023-698 du 31 juillet 2023 (Section précédente).



L'étude est découpée en 4 phases :

1. La **phase 1** concerne l'analyse générale du site et du fonctionnement du bassin de risque. Cette analyse concerne l'historique, la géomorphologie, les phénomènes météorologiques et marins, les ouvrages et systèmes d'endiguement, les causes des inondations et l'hydrodynamique terrestre. Cette phase complètera/mettra à jour l'étude précédente DHI/GEOS de 2015 ;
2. La **phase 2** de caractérisation des aléas et scénarios de référence et réalisation des cartographies des scénarios modélisés, intégrant les effets du changement climatique et prenant en compte les systèmes d'endiguement. Des scénarios pour information seront établis en lien avec la SLGRI et le PAPI ;
3. La **phase 3** d'analyse et de caractérisation des enjeux et de leur cartographie ;
4. La **phase 4** de caractérisation et d'élaboration du zonage réglementaire et de sa cartographie.

Tout au long de l'étude, le groupement doit mettre en place une approche sociétale pour intégration continue de la population et des acteurs locaux dans l'étude. Des outils de communication-sensibilisation-association doivent être développés à ces fins.

A noter que la révision du PPRL intègre également l'aléa feu, comme en 2015,



2 Présentation du site

2.1 Caractéristiques générales de l'île

L'île de Noirmoutier est une île de 49 km² qui se situe sur la côte atlantique, au nord de la Vendée. Elle est orientée NO-SE et a une façade tournée vers l'océan Atlantique et une autre qui délimite la baie de Bourgneuf au NE de l'île.



Figure 2.1 : Localisation du site d'étude à l'échelle de la Métropole et à l'échelle régionale (Google Earth).

Elle fait environ 19 km de long de la pointe de l'Herbaudière au Nord à la pointe de la Fosse au Sud. Sa largeur est variable, de 800 m à l'endroit le plus étroit au centre à plus de 6,5 km sur sa partie Nord.

L'île est en réalité une presqu'île étant donné qu'il est possible de la rejoindre autour de la plupart des basses mers via le passage du Gois qui relie le Sud-Est de l'île à la commune continentale de Beauvoir-sur-Mer. Elle est séparée du continent par le goulet de Fromentine, large d'à peine 500 m. Depuis 1971, un pont relie la pointe Sud de l'île, pointe de la Fosse, à la commune de la Barre-de-Mont située sur le continent.



Elle est essentiellement composée de zones urbanisées, de marais salants qui occupent un vaste espace en partie centre-nord de l'île, et de surfaces agricoles au Nord et au droit des polders (espaces clos conquis sur la mer au moyen d'endigements et asséchés par drainage) sur la façade Est de la partie Sud. Les deux polders de Müllembourg au NE et de Sébastopol au SE de l'île sont aujourd'hui des réserves naturelles : Figure 2.3 et Figure 2.4.

Des espaces naturels boisés et des espaces de landes sont également présents en bord de mer au Nord de l'île et sur sa façade Ouest.

L'île de Noirmoutier est composée de 4 communes, qui sont du Nord au Sud :

- Noirmoutier en l'île : 1 979 ha ;
- L'Épine : 873 ha ;
- La Guérinière : 785 ha
- Barbâtre : 1 254 ha.

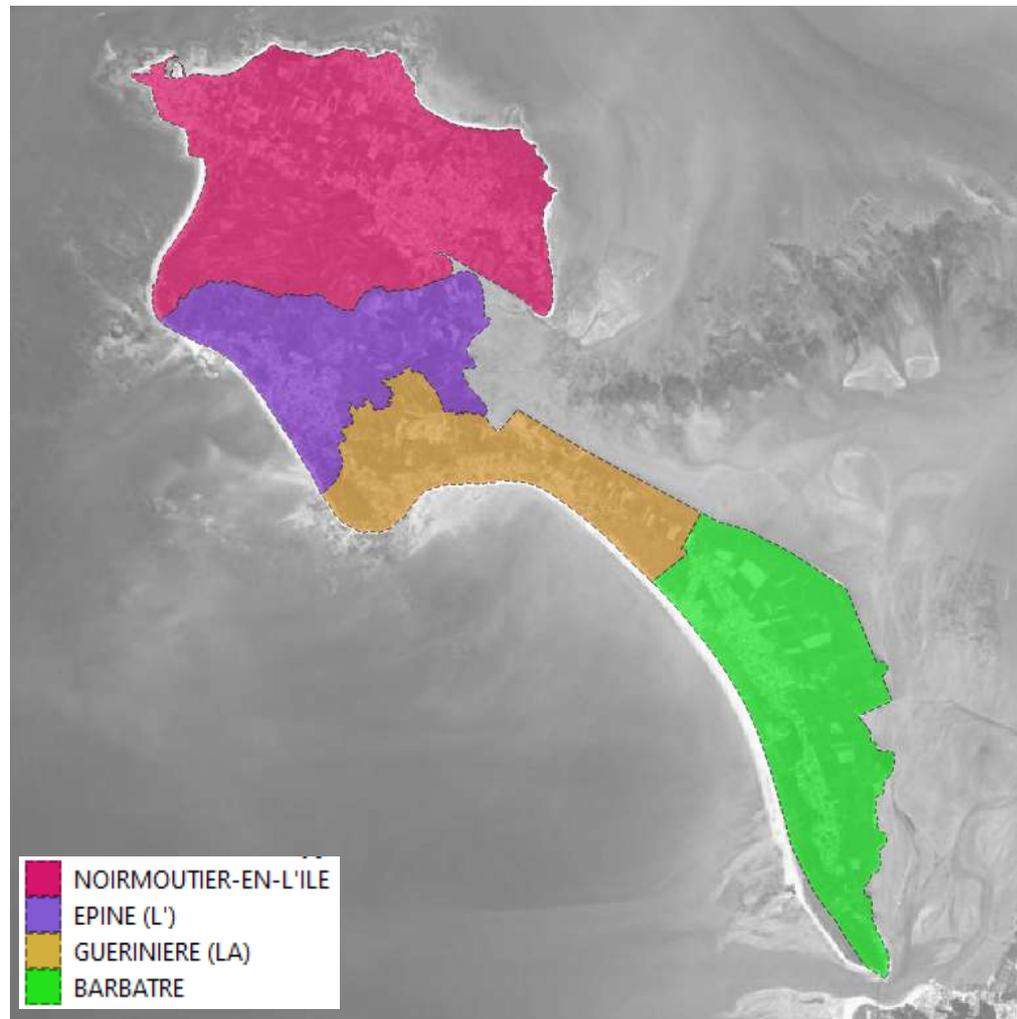


Figure 2.2 : Découpage communal de l'île de Noirmoutier (CCIN).



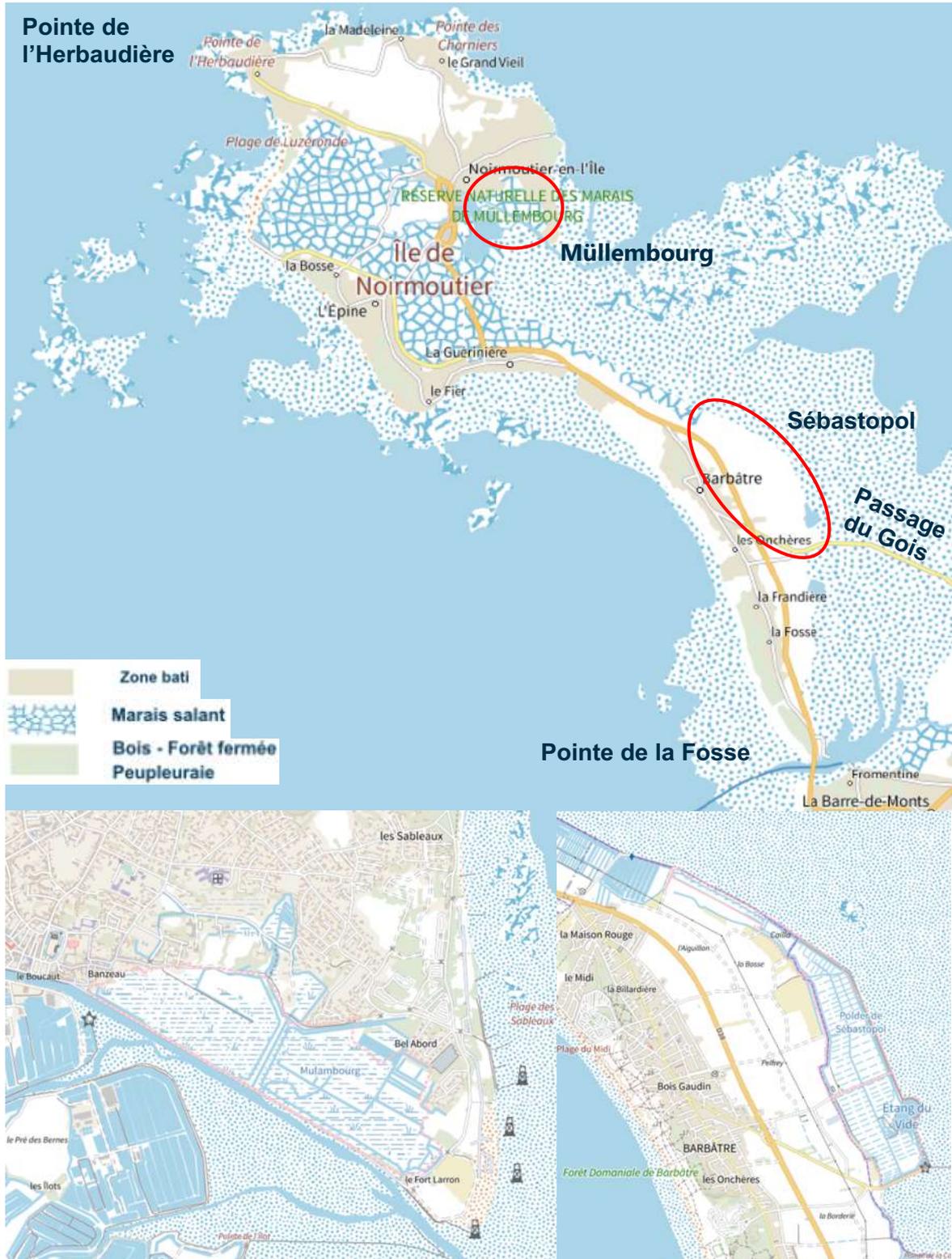


Figure 2.3 : Vue d'ensemble de l'île de Noirmoutier et localisation des polders de Müllembourg au Nord et de Sébastopol au Sud (IGN, Géoportail).



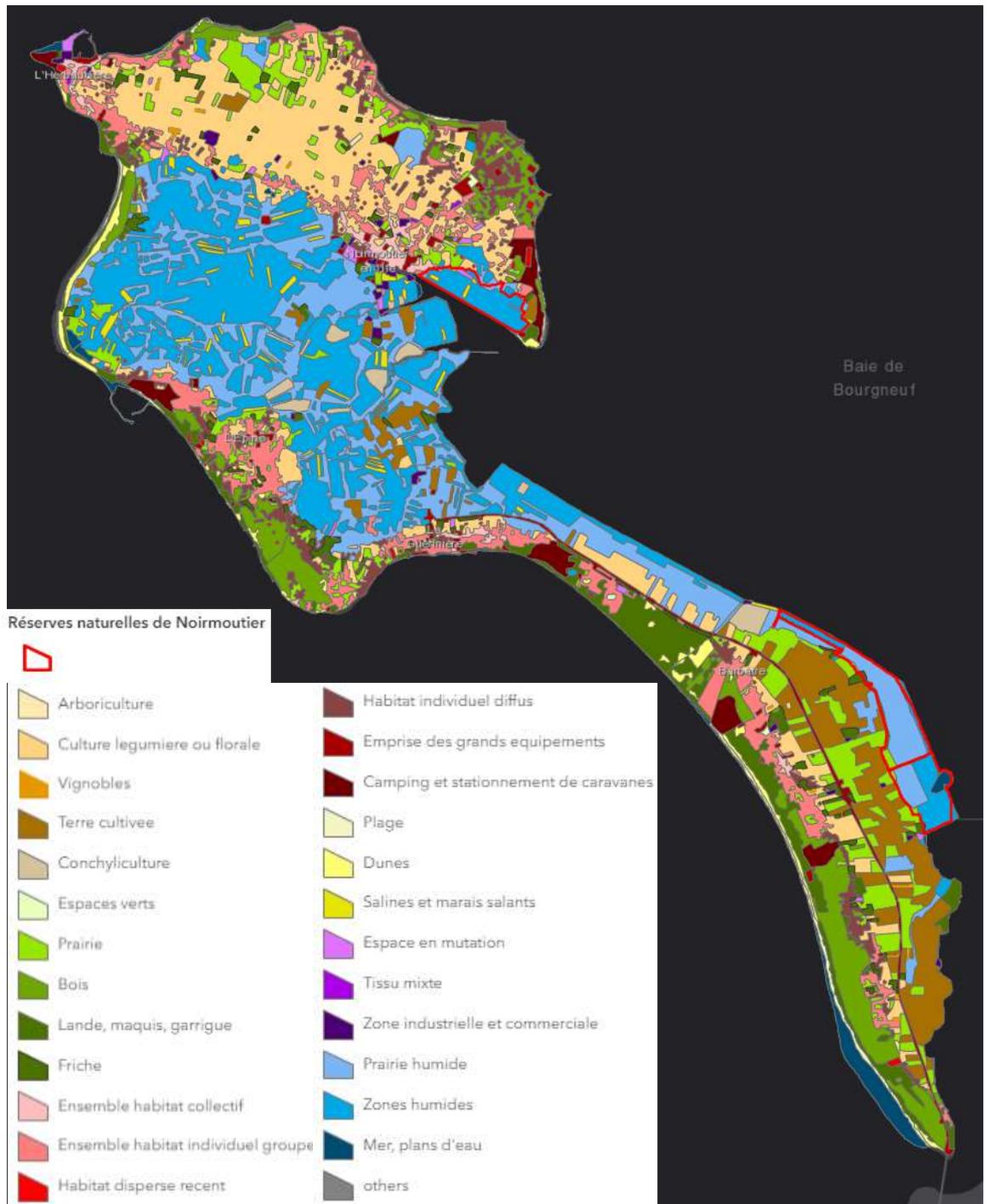


Figure 2.4 : Occupation des sols sur l'île de Noirmoutier (Breen, Lagelouze, 2021).



2.2 Hydrographie et urbanisation/structuration de l'île

2.2.1 Réseau hydrographique

Les zones basses de l'île sont parcourues par un réseau hydrographique essentiellement façonné par le développement du territoire avant 1900 : Section 5.2.1.

La figure suivante montre les éléments principaux du réseau hydrographique actuel.

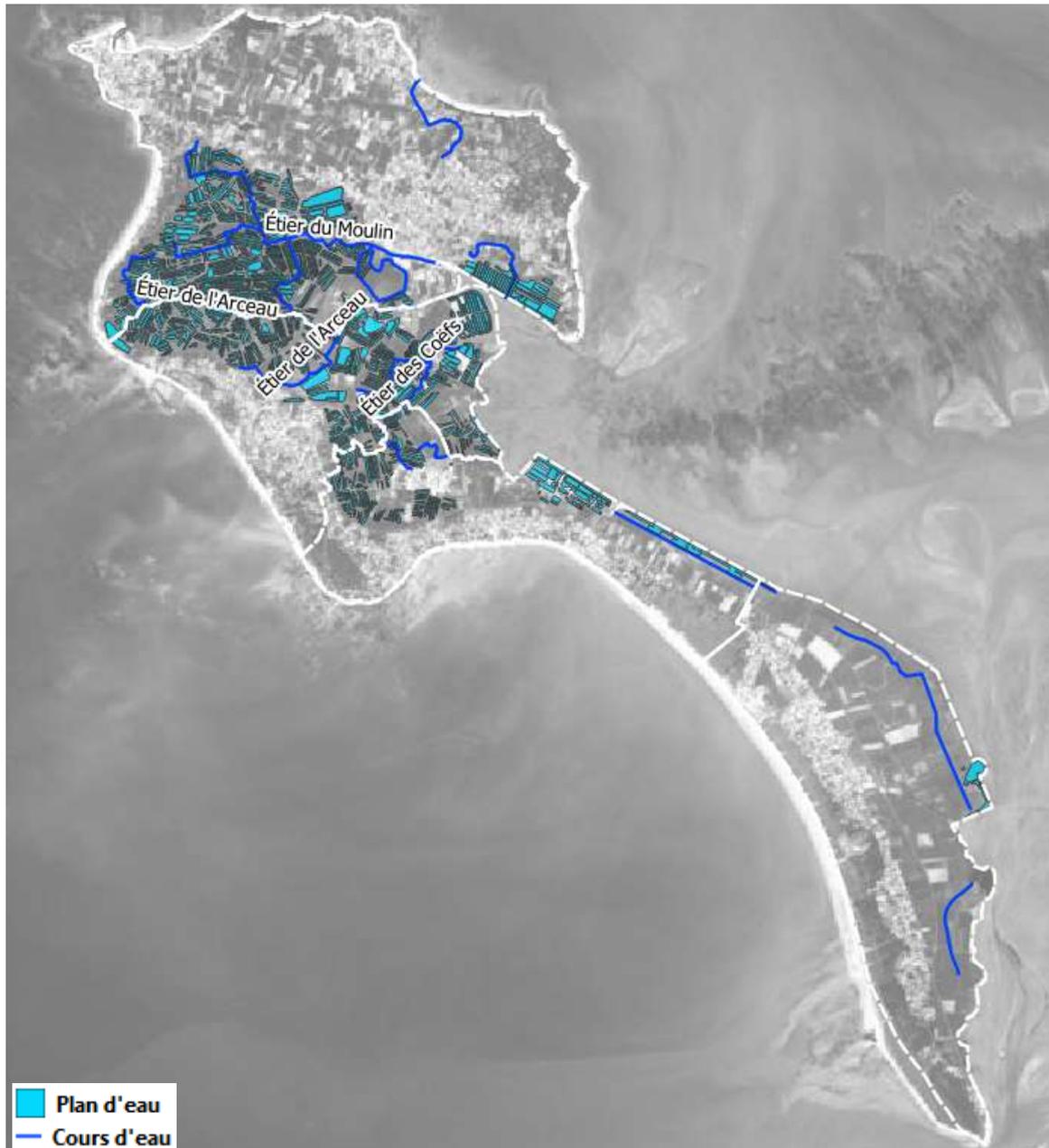


Figure 2.5 : Eléments principaux du réseau hydrographique de l'île de Noirmoutier (BDTOPAGE®, 2022).



Il se situe en quasi-totalité au droit des marais salants, partie intégrante du réseau, et des polders qu'il alimente en eau de mer et qu'il draine. Il est noté en particulier la présence des 3 étiers principaux au droit des marais salants : du Nord au Sud, celui du Moulin, celui de l'Arceau et celui des Coëfs. Ces étiers font communiquer les marais avec la mer, avec une embouchure au droit de la baie de Bourgneuf.

Ce réseau hydrographique comprend de nombreux ouvrages hydrauliques, qu'ils soient de gestion/régulation des eaux ou des ouvrages de communication (ouvrages traversants) entre les parties du réseau, comme entre les marais salants et les étiers notamment.

Il draine également une grande partie du réseau des eaux pluviales des secteurs urbanisés de l'île via de nombreux exutoires.

2.2.2 Urbanisation et réseau routier

La Figure 2.6 montre une vue d'ensemble du bâti et du réseau routier (principal et secondaire) de l'île actuellement (BDTOPO® de juin 2023). Les emprises des communes y sont indiquées.

Ce sont les espaces hors marais salants et polders, c'est-à-dire l'extrémité Nord, au droit de Noirmoutier en l'île, et la façade Atlantique des 3 autres communes, qui sont urbanisés.

Le réseau routier principal dessert les zones habitées au droit de Noirmoutier-en-l'île. Sur ces trois communes de L'Épine, La Guérinière et Barbâtre, il marque la séparation des zones bâties à l'Ouest et des polders et marais à l'Est et au Nord.

En comparant la cartographie actuelle à celle des années 1950, il est remarqué une densification/extension significative du bâti, notamment autour des axes du réseau routier principal. Avec la réalisation du pont à l'extrémité Sud de l'île, la RD38 a été créée à l'Est de l'ancienne route qui remontait du Sud au Nord sur les communes de Barbâtre, La Guérinière et l'Épine (sauf au droit de la partie sud de l'Épine où l'ancien tracé a été conservé), avec une extension du bâti vers cette nouvelle route.



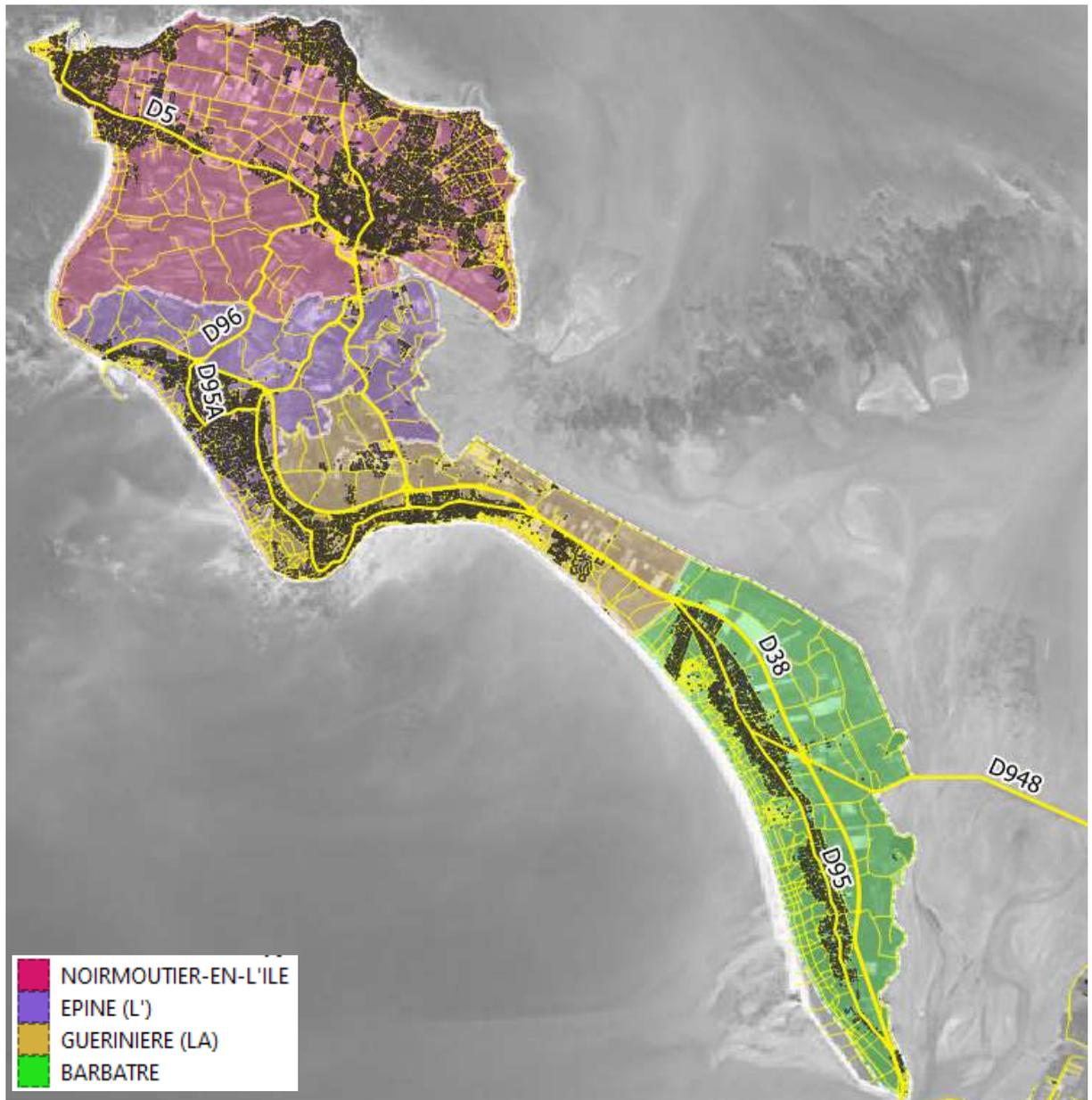


Figure 2.6 : Découpage communal de l'île de Noirmoutier (CCIN) et bâti et routes principales et secondaires (BDTOPO® de juin 2023).



2.3 Topographie/morphologie d'ensemble et protections, risque de submersion et vulnérabilité

2.3.1 Topographie/morphologie d'ensemble et protections

La topographie d'ensemble de l'île de Noirmoutier est illustrée par la figure suivante. Elle est en lien direct avec son histoire géologique, et plus largement celle de la Vendée littorale, et la nature des sols qui la constituent. La majorité de l'île est une zone basse, avec des terrains hauts tout au Nord et tout le long de la façade atlantique sur une bande de largeur variable.

Les terrains les plus bas de l'île se situent sur la façade Est côté baie de Bourgneuf au droit notamment de la Tresson et de la Nouvelle Brille et des polders de Müllembourg et de Sébastopol. Les terrains les plus hauts autour de 21 m IGN69, sont au droit du Bois de la Chaise à l'extrémité NE de l'île.



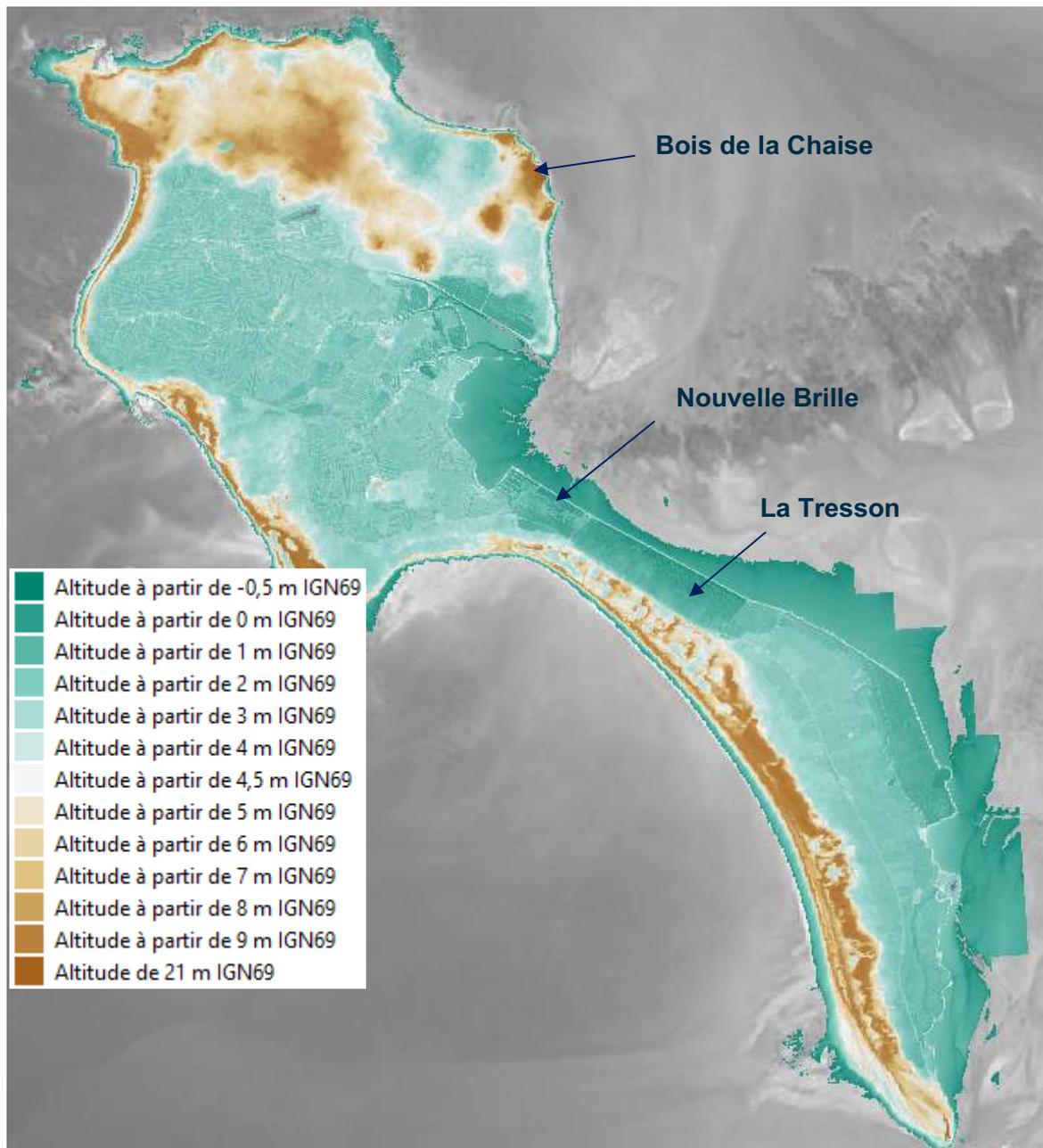


Figure 2.7 : Topographie d'ensemble de l'île de Noirmoutier (PCRS, 2022).

Ces terrains hauts correspondent au socle rocheux de l'île (Granite et calcaires) et aux formations dunaires : Figure 2.8. Le reste des terrains, principalement les marais et les polders, sont bas. Les formations dunaires en cordons sont présentes sur une grande majorité du trait de côte de l'île, du Fort Larron à la pointe de la Fosse.



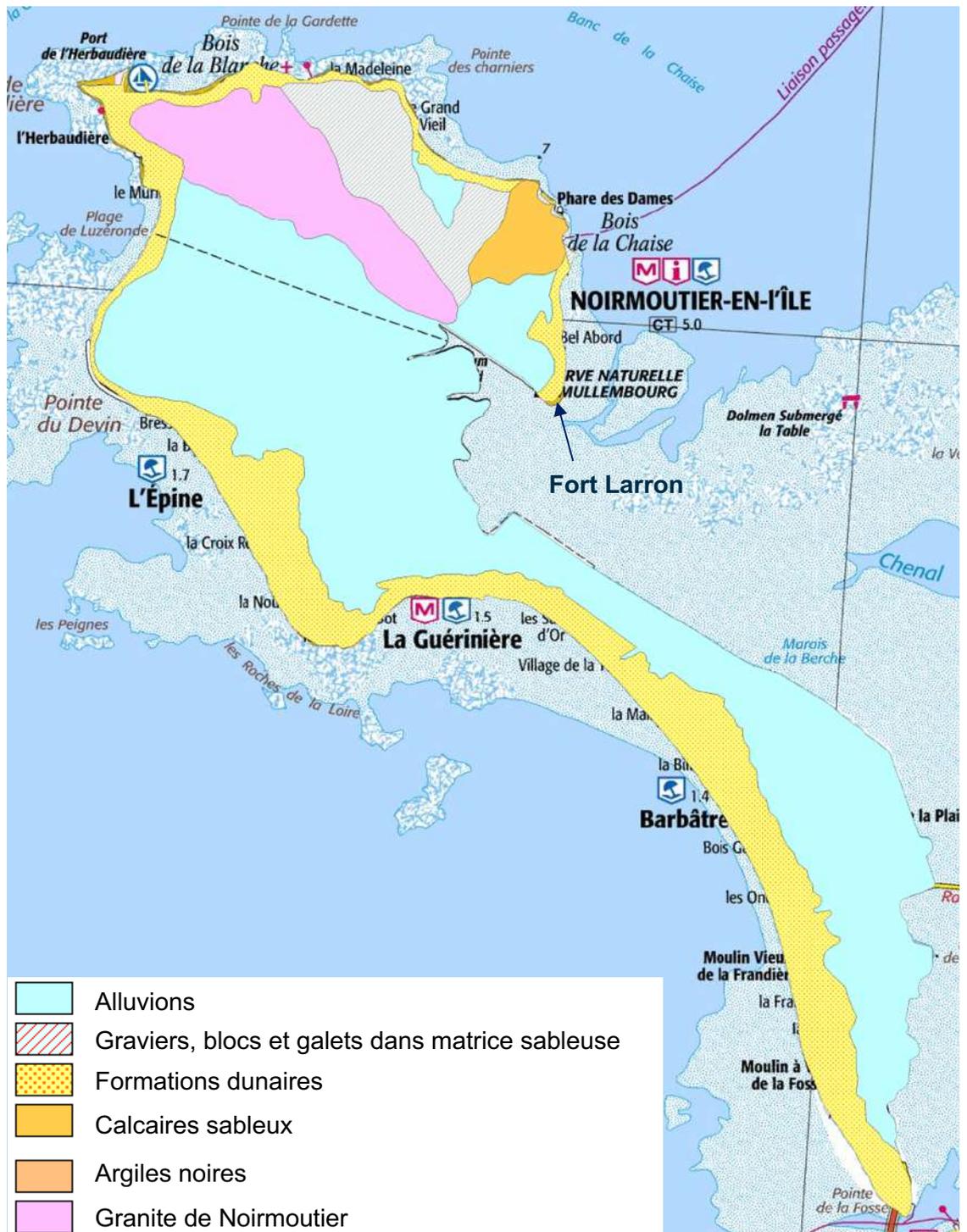


Figure 2.8 : Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée de l'île de Noirmoutier (BRGM).



Le socle rocheux se prolonge en mer par un platier rocheux, large à l'échelle de toute l'île, qui affleure fréquemment et constitue des hauts fonds à faible pente. Sur la façade Ouest, il est ainsi au minimum de plusieurs centaines de mètres de large (entre 500 m et 1 km), sauf au droit du cordon dunaire de Luzéronda (Figure 2.10) et des lieux-dits La Billardière/Bois Gaudin/Les Onchères au droit de la commune de Barbâtre. A ce niveau, la largeur du platier n'est que de 200 m.

Au droit de la partie Sud de l'île, l'estran se découvre sur 1,5 km au niveau des platiers rocheux du Chabot au nord et du Banc de Braillard au sud.

C'est au droit de la façade Nord de l'île que ce platier est globalement le moins large, voire très peu large (jusqu'à moins de 50 m) au droit du Bois de la Chaise.

Sur la façade Est de l'île, l'estran se découvre sur des largeurs de plusieurs kilomètres, et sur la totalité de la largeur entre l'île et le continent en partie Sud.

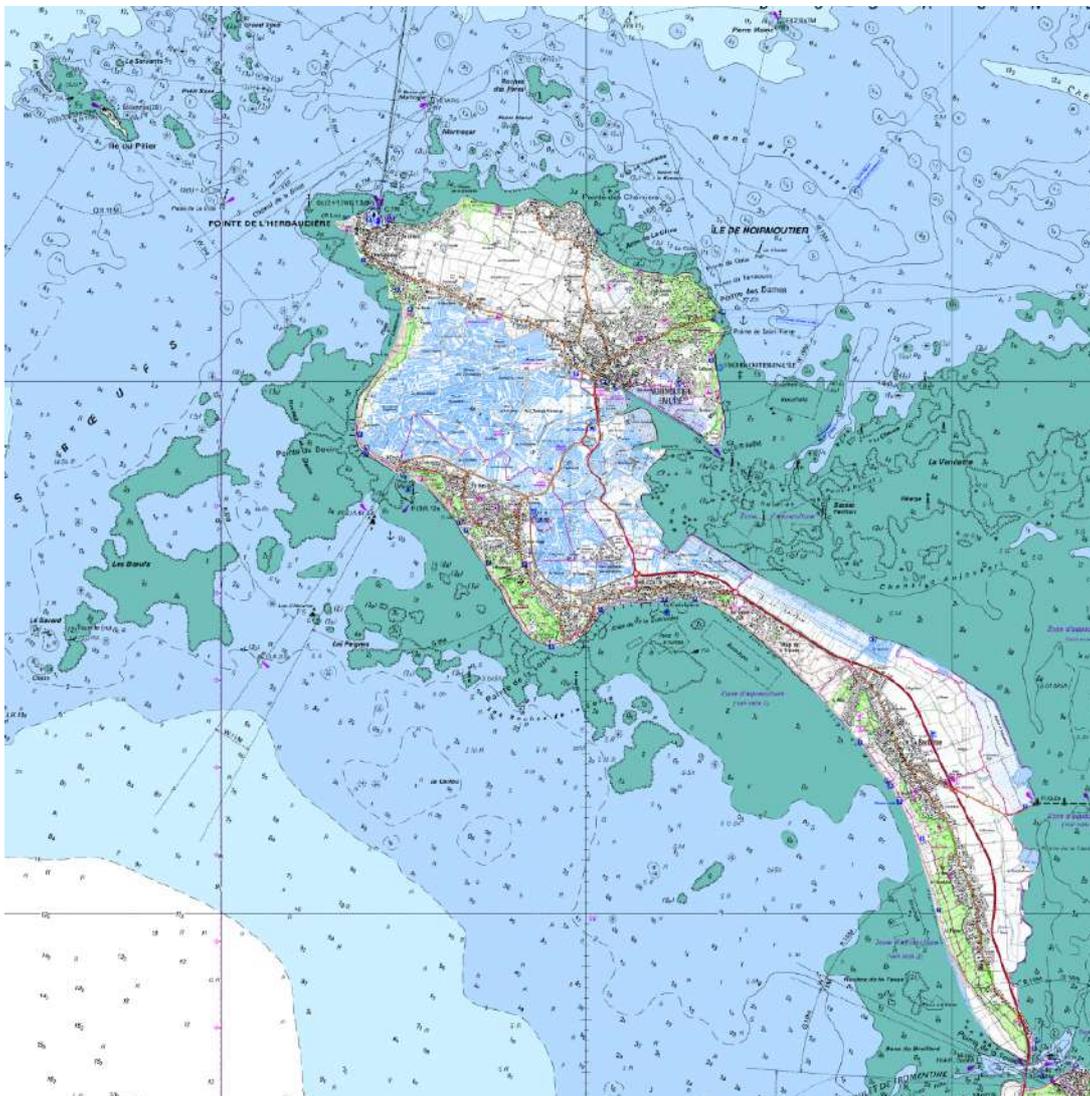


Figure 2.9 : Cartographie des fonds marins autour de l'île de Noirmoutier (SCAN Littoral®, SHOM).



Les formes de cordons dunaires apportent une protection topographique naturelle contre les submersions, mais avec des caractéristiques géométriques variables et des évolutions possibles de ces caractéristiques du fait du phénomène d'érosion : Figure 2.11.

En plus de ces protections naturelles contre les submersions marines, de nombreux ouvrages longitudinaux (digues, perrés, murs, etc.) et transversaux (épîs, cales, émissaires, etc.) ont été réalisés au droit du trait de côte pour protéger l'île contre les aléas littoraux et pour les activités économiques et touristiques littorales (ports, accès à la mer, etc.). Ces ouvrages sont superposés à la topographie d'ensemble de l'île sur la Figure 2.10.

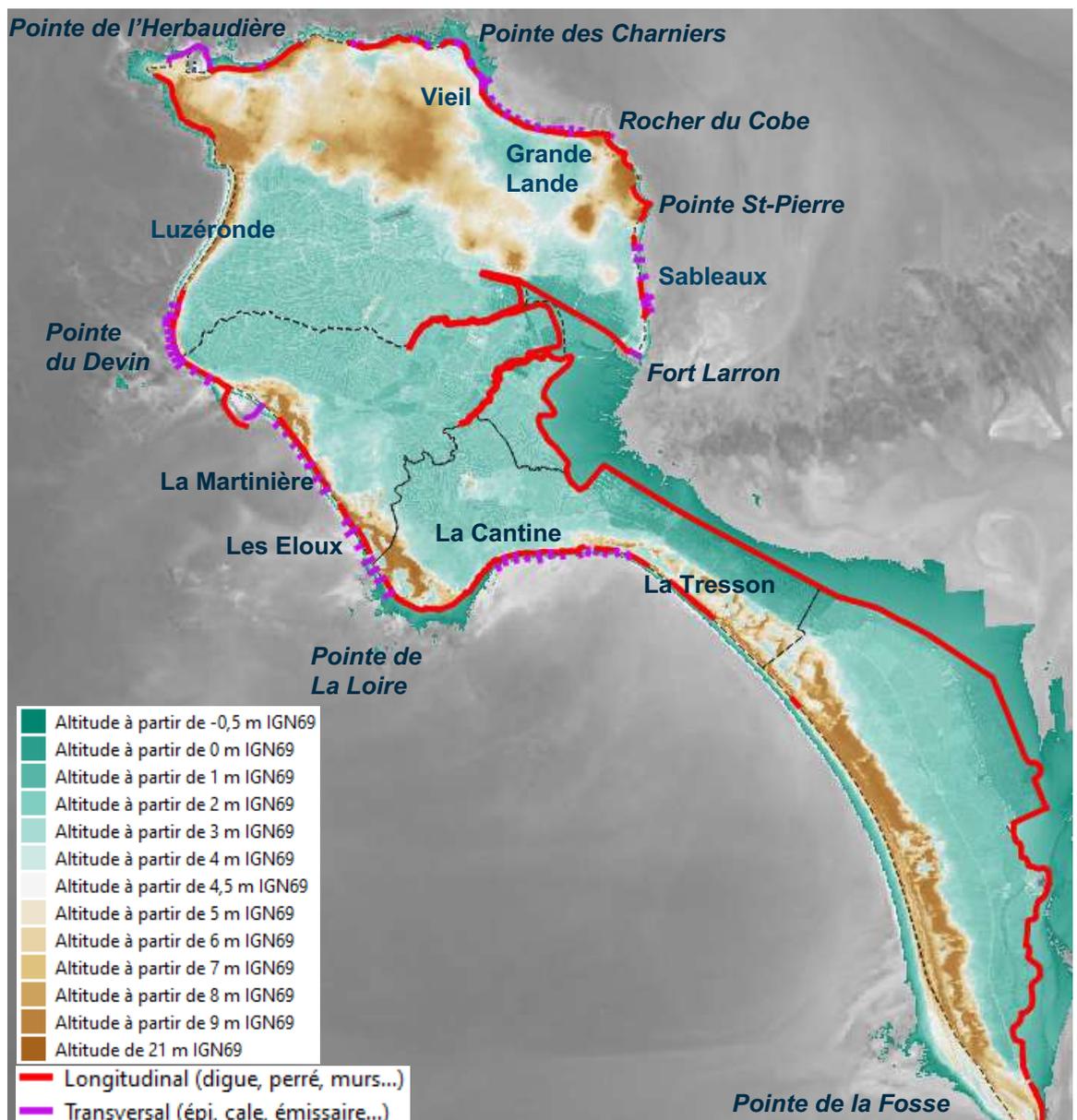


Figure 2.10 : Localisation des ouvrages de protection contre la mer (CCIN) et topographie d'ensemble de l'île de Noirmoutier (PCRS, 2022).



Des opérations de rechargements des plages en sables sont également effectuées sur les secteurs montrant de l'érosion. Les sables sont extraits au droit des secteurs en accretion autour de l'île. Sur la période 1999-2007, c'est ainsi 200 à 250 000 m³ de sables qui ont été déplacés d'un secteur à un autre.

Enfin, des protections dites « douces » de type ganivelles, clôture, branchages, etc. sont mises en œuvre au droit des cordons dunaires.

La figure suivante donne un aperçu général de l'**évolution récente à moyen terme (un peu plus de 20 ans de 1999 à 2022)** des cordons dunaires.



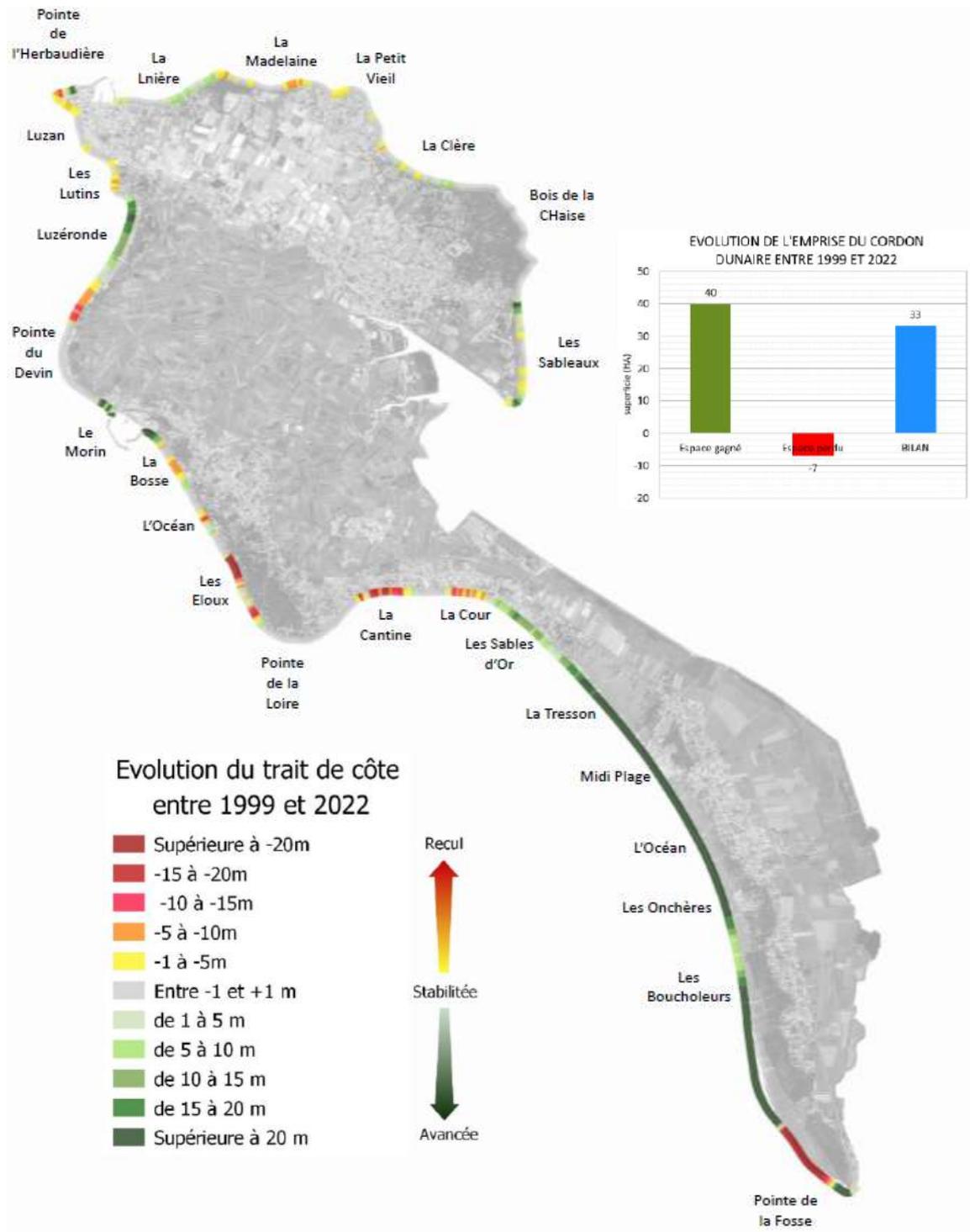


Figure 2.11 : Bilan du suivi du trait de côte entre 1999 et 2022 (CCIN, OR2C).



De l'ensemble de ces données, il ressort que l'île de Noirmoutier est constituée de 3 parties :

- **Celle au Nord, entre la pointe Nord-Ouest de l'Herbaudière et Fort Larron**

Le substratum rocheux forme des pointes délimitant des baies dans lesquelles se sont développés des cordons littoraux :

- Le cordon de La Linière/Madeleine/Vieil situé entre l'Herbaudière et la Pointe des Charniers, qui s'étend sur environ 4 500 mètres. Il est interrompu à son extrémité Ouest par le port de l'Herbaudière qu'il intègre ;
- Le cordon de la Clère, entre la Pointe des Charniers et le rocher du Cobe, qui s'étend sur environ 1 800 mètres de long.

Par ailleurs, la flèche Sableuse des Sableaux à l'est s'étend selon une direction Nord/Sud au sud de la pointe Saint-Pierre sur 2 000 m de long environ jusqu'au chenal du port de Noirmoutier.

La topographie est globalement haute sur la partie Ouest, de la pointe de l'Herbaudière à la pointe des Charniers, avec le plateau rocheux qui est entrecoupé par quelques zones basses d'emprises limitées en arrière immédiate du trait de côte.

Sur la partie Est, de la pointe des Charniers au Fort Larron, les terrains sont majoritairement bas, à l'exception du socle calcaire du Bois de la Chaise, et sont protégés par des cordons dunaires peu développés, c'est-à-dire minces et moins hauts, et des ouvrages de protection sur les secteurs du Vieil et de la Grande Lande au nord et des Sableaux à l'est.

- **La façade Atlantique, de la pointe de l'Herbaudière au nord à la pointe de la Fosse au sud**

Elle s'étire sur une longueur d'un peu plus de 22 km selon un axe Nord-Ouest/Sud-Est entre la Pointe de l'Herbaudière au nord et le goulet de Fromentine au sud. Elle est bordée par un cordon dunaire faisant face à l'océan Atlantique qui isole de la mer les terres basses en arrière, et se prolonge au Sud par une puissante flèche sableuse en progression.

Cette façade se divise en deux sous-parties :

- De la pointe de l'Herbaudière au village de la Tresson au sud de la commune de la Guérinière

Sur ce linéaire d'environ 14 km, il est noté un cordon dunaire de caractéristiques géométriques très variables. A l'exception du secteur de Luzéronde où il constitue la seule protection sur environ 2 500 m de trait de côte, le cordon est très majoritairement complété par un ouvrage de protection longitudinal, sauf au droit de quelques courts tronçons. Le cordon dunaire de Luzéronde est relativement moins développé qu'au Sud de cette sous-partie.



Plusieurs tronçons subissent de l'érosion, comme celui des Eloux en limite Sud de la commune de l'Épine.

Il est noté deux secteurs d'un peu moins de 2 km de long où le cordon est nettement plus mince et moins haut : celui de la pointe du Devin, à cheval sur les communes de Noirmoutier-en-l'Île et de l'Épine, et celui de la Cantine au droit de la Guérinière. **Ces secteurs sont des points de faiblesse historiques de la protection contre la mer.**

Cette sous-partie intègre le port de Morin, au Sud immédiat de la pointe du Devin, achevé en 2000.

- Du village de la Tresson à la pointe de la Fosse

Sur ce linéaire d'environ 8 km, le cordon dunaire est toujours haut et devient massif sur la commune de Barbâtre. Il n'est plus complété par des ouvrages de protection contre la mer et fait office de seul rempart contre la mer.

- **La façade Est du Fort Larron à la pointe de la Fosse**

Sur un linéaire cumulé de plus de 20 km, le trait de côte est entièrement artificialisé sur ce secteur avec des digues quasi-continues qui délimitent et protègent les vastes terrains bas que sont les marais salants et les polders de la submersion marine face à la baie de Bourgneuf. La dernière digue construite à l'origine pour cet ensemble date de 1856. Depuis 2012, consécutivement à la tempête Xynthia, de nombreux travaux ont été réalisés sur ces ouvrages afin de les conforter et de rehausser le niveau de protection topographique (ou apparent).

Ce secteur intègre le port de Noirmoutier et son chenal d'entrée et, du Nord au Sud, les embouchures des 3 étiers du Moulin (l'embouchure est le chenal du port), de l'Arceau et des Coëfs qui parcourent les marais salants. A ce jour, les échanges hydrauliques entre ces étiers et la mer sont gérés/régulés par trois ouvrages principaux équipant le réseau des marais salants : une écluse au droit de chacun des étiers.

Des travaux sont cependant à venir pour mettre en œuvre des portes anti-submersion au droit de l'embouchure des étiers et rehausser les digues autour de ces débouchés.

2.3.2 Approche topographique de la submersion

La carte suivante est une **approche topographique de la submersion**. Elle montre les surfaces de l'île qui seraient submergées pour les différents niveaux caractéristiques de la marée jusqu'aux Plus Hautes Mers Astronomiques et le niveau de 4 m IGN69, en considérant qu'il n'y ait aucun ouvrage anthropique de protection et aucune digue intérieure (y compris remblais routiers). Le niveau de 4 m IGN69 correspond au niveau extrême moyen de Xynthia estimé autour de l'île et également au niveau moyen centennal actuel (Section 7.1.4).

L'approche topographique de la submersion est différente de l'approche dynamique, pour laquelle des modélisations sont nécessaires.



Les niveaux 4,80 et 5 m IGN59 sont également mis en évidence. Le niveau de 5 m est celui pris en référence par la CCIN pour la consolidation et la rehausse des digues de protection dont elle a en charge la gestion. Au-delà de 5 m IGN69, c'est le fond de la vue aérienne qui apparaît (en gris) sur la carte. Les routes principales et les limites communales sont représentées sur la carte.

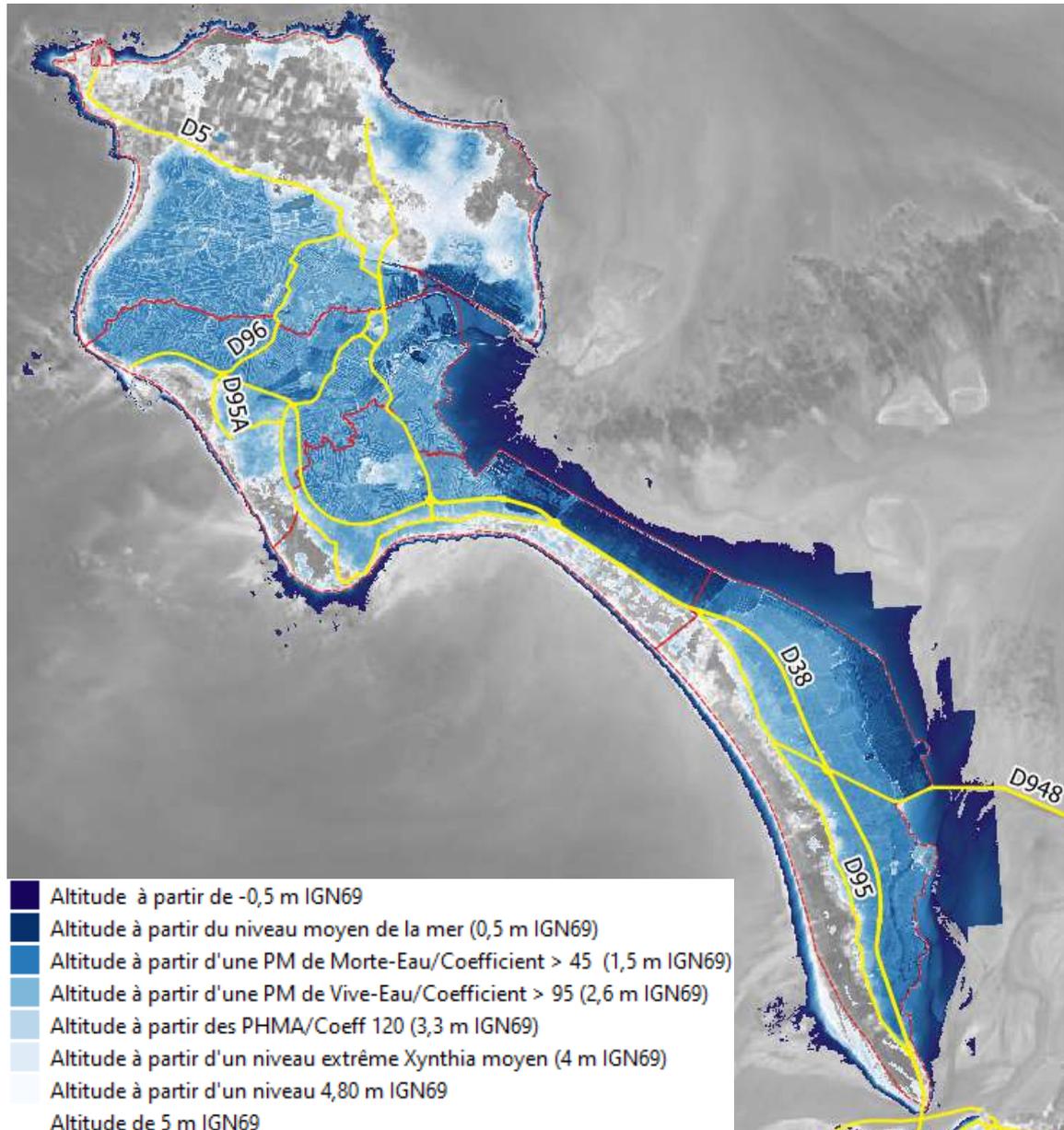


Figure 2.12 : Topographie de l'île de Noirmoutier en lien avec les niveaux caractéristiques de marée et les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022) et routes principales (BDTOPO® juin 2023).



Cette représentation montre que le vaste espace de marais et les polders sur la façade Est de la partie Sud de l'île seraient, sans ouvrages de protection, des zones très majoritairement inondées pour les seules marées astronomiques (sans surcote). Il en est de même pour une partie des surfaces bâties des communes de l'Épine, La Guérinière et Barbâtre à l'Ouest de la RD38.

A Noirmoutier-en-l'Île, les terrains bas et bâtis exposés sont ceux en bordure des marais salants et ceux situés à l'Est de la RD95. Pour ces derniers, ceux bordant le trait de côte (Sableaux à l'est et Grande Lande/Vieil au nord) sont sous les marées astronomiques tandis que les terrains au milieu des terres (Petite Lande, Les touches) pourraient être impactés par des niveaux extrêmes entre 4 et 5 m IGN69 uniquement.

2.3.3 Rapide point de vue sur les événements historiques

L'île de Noirmoutier a été relativement très peu impactée par la tempête Xynthia de février 2010, du fait de sa position au Nord des plus forts vents enregistrés pendant la tempête. Il est en effet estimé que seuls 3% du territoire ont été inondés (Devaux et *al.*, 2012). Il a été noté :

- A Noirmoutier-en-l'Île, des submersions par franchissements dans le secteur du Vieil, aux Sableaux, à l'ouest de la digue Jacobsen, ainsi que dans les marais du Champ Pierreux et une inondation du port par débordement : 26 hectares inondés au total, soit 1% de la surface communale. 182 constructions ont été touchées ;
- A l'Épine, des submersions par franchissements au droit du polder du Bon Port : 96 hectares inondés, soit 11% de la commune ; 90 constructions ont été inondées ;
- A Barbâtre, des submersions autour du Gois : 14 hectares inondés, soit 1% de la surface communale. Pas de bâti impacté.

Xynthia a également causé des désordres sur les ouvrages de protection et les cordons dunaires sur les façades Ouest et Est de l'île.

L'évènement « récent » de submersion le plus important dans son amplitude est celui de 1937 où les deux tiers de l'île ont été submergés (Garnier et *al.*, 2012), par rentrées d'eau à l'ouest via des ruptures dans le cordon dunaire et à l'est. Les conséquences sur le bâti de l'époque ont été à priori très faibles et le bilan humain semble avoir été limité (Garnier et *al.*, 2012), avec un bâti moins développé qu'actuellement et une population moindre, et du fait d'un système d'alerte efficace.

Tout début 1979, une brèche dans le polder Sébastopol en partie Sud de l'île a entraîné la submersion de 500 ha de polders (Eugène, 2010).



2.3.4 Evaluation de la vulnérabilité « extrême » de 2015

En 2015, **après l'établissement du PPRL**, A.CREACH a mis en œuvre une évaluation de la vulnérabilité à un risque potentiellement « mortel » à travers l'exposition du bâti résidentiel pour plusieurs communes de Vendée et de Charente-Maritime, dont celles de l'île de Noirmoutier.

La carte en Figure 2.13, établie dans le cadre de cette étude, complète l'approche « statique » de la submersion faite au paragraphe précédent. Elle donne un aperçu général de l'exposition du bâti de l'île par rapport à un niveau marin extrême de 4,20 m IGN69 (aléa de référence « actuel » retenu dans le PPRL de 2015). Les données topographiques utilisées sont celles du Litto 3D et la donnée d'occupation du territoire prise en compte date de 2006.

Selon cette carte, 25% de la surface de l'île est potentiellement vulnérable au niveau marin extrême de 4,20 m IGN69.

La Figure 2.14 complète la carte présentée en Figure 2.13 en actualisant les contours du bâti par ceux de juin 2023 et en prenant en référence un niveau de 4.0 m IGN69 correspondant au niveau Xynthia moyen autour de l'île.



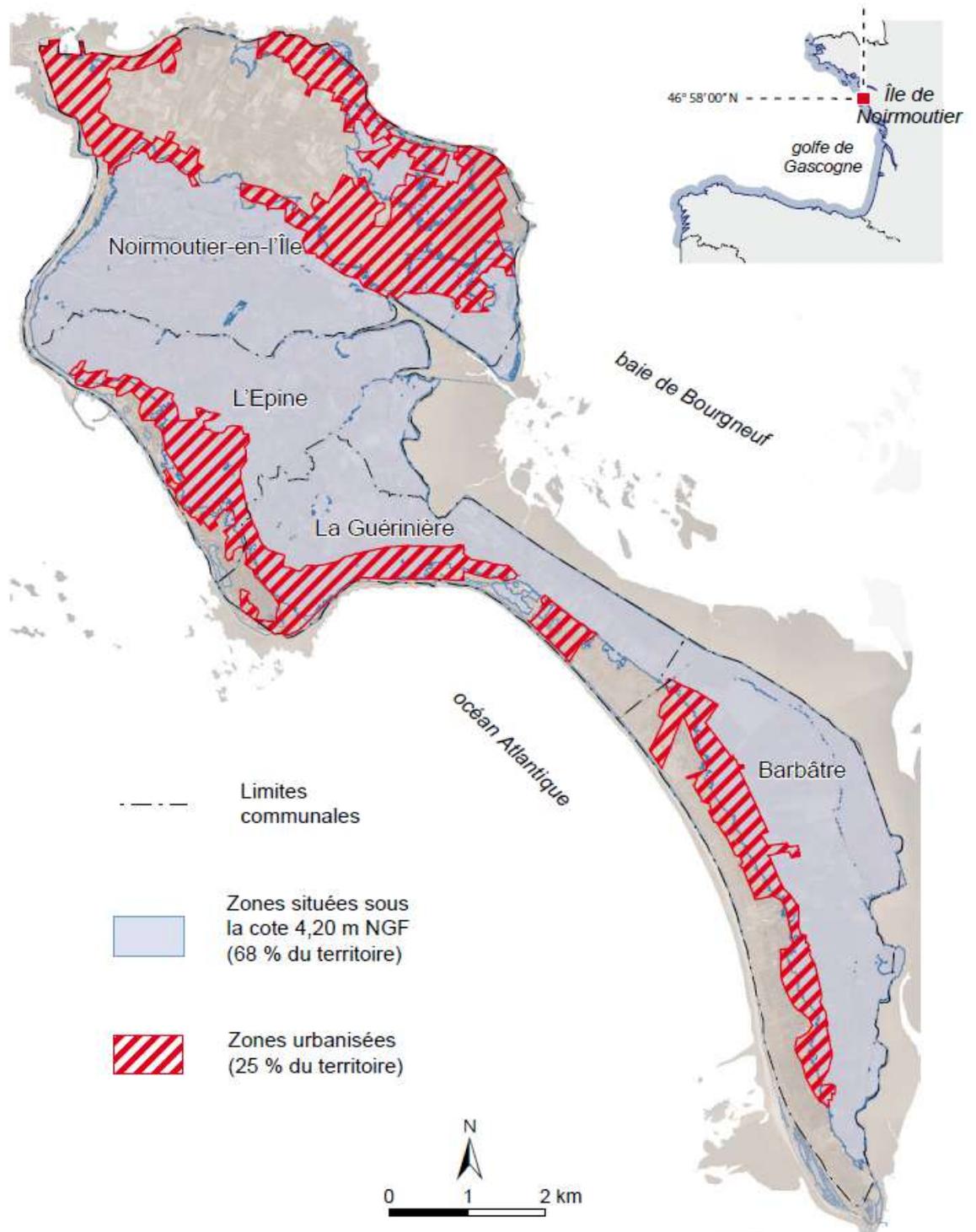
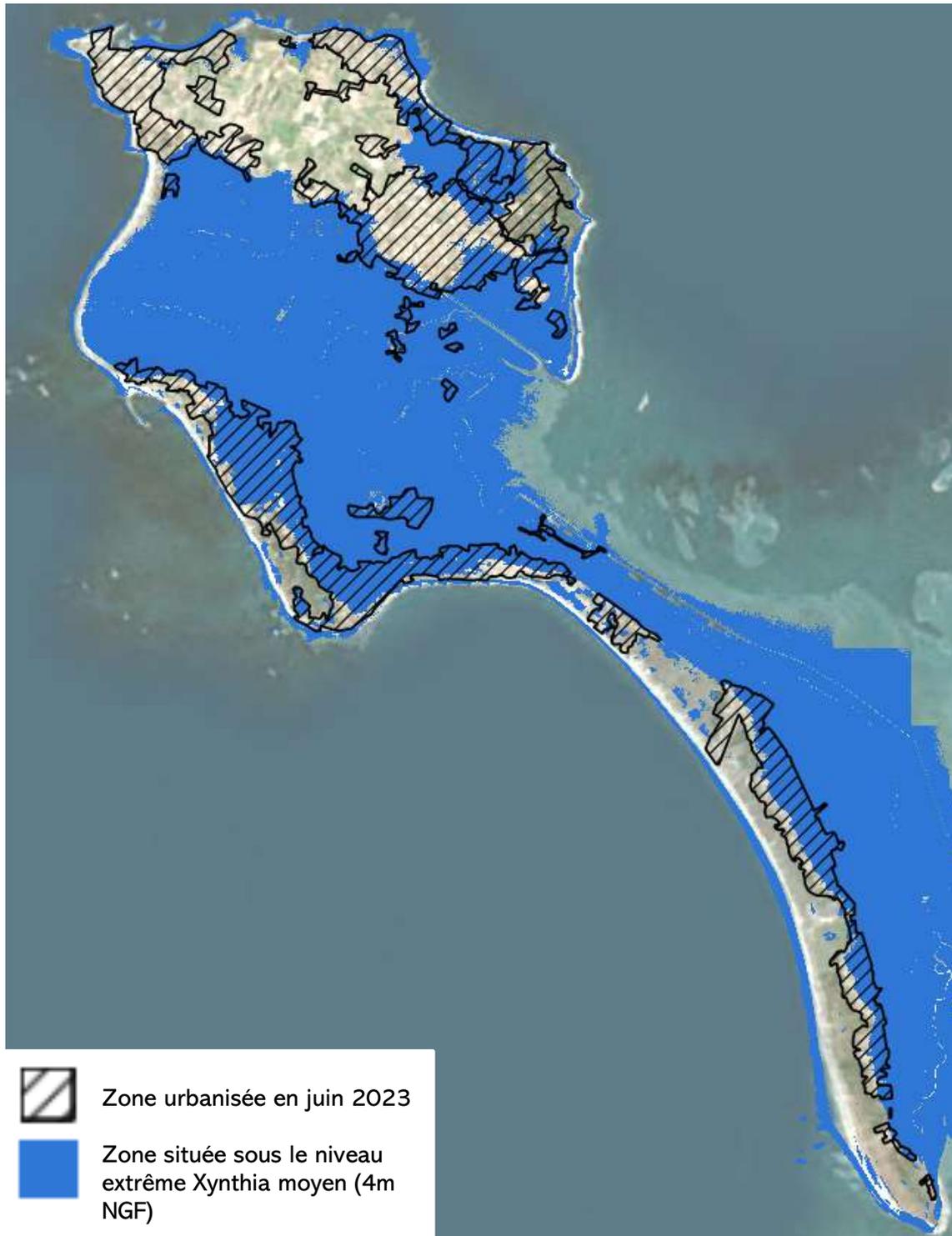


Figure 2.13 :Zones basses et urbanisation. (A.CREACH, 2015).





-  Zone urbanisée en juin 2023
-  Zone située sous le niveau extrême Xynthia moyen (4m NGF)

Figure 2.14: Zones situées sous le niveau de référence actuel du PPRI 2015 à 4m en bleu (niveau moyen Xynthia) et urbanisation en juin 2023 en noir hachuré



Pour évaluer la vulnérabilité « extrême », A.CREACH a utilisé pour se faire un indice nommé V.I.E. (Vulnérabilité Intrinsèque Extrême) qui repose également sur une approche topographique (et non dynamique) de la submersion.

Cet indice est établi sur la base de la somme pondérée de 4 critères identifiés comme prépondérants dans la création d'une vulnérabilité « extrême » suite à la tempête Xynthia :

1. Critère 1 : la hauteur d'eau potentielle par logement. 5 classes de hauteurs d'eau sont considérées avec une vulnérabilité nul en zone non inondable, faible en deçà de 50 cm d'eau, moyenne entre 0,5 et 1 m d'eau et forte entre 1 et 2 m d'eau. Elle est enfin très forte pour plus de 2 m d'eau, classe où le seuil de danger critique est dépassé. Les niveaux d'eau considérés sont les niveaux de référence de 4,20 m (actuel) et 4,80 m IGN69 (2100) de Xynthia pris en compte dans le PPRL 2015, et les données topographiques utilisées sont celles de la BT TOPO de l'IGN et du Litto-3D ;
2. Critère 2 : la distance des constructions aux ouvrages de protections que sont les digues et perrés (uniquement). Les cordons dunaires sont considérés protecteurs face au risque submersion ;
3. Critère 3 : la typologie architecturale des constructions : données de terrain de 2012/2014 ;
4. Critère 4 : la distance aux zones refuges, définies ici comme les secteurs de terrain naturel suffisamment élevés (+0,30 m au-dessus de l'aléa de référence) et suffisamment grand (plus de 100 m²) pour pouvoir regrouper un certain nombre de personnes en attente d'une évacuation. La distance considérée est à vol d'oiseau.

A chaque critère est attribué un classement, et in fine un nombre de points, dépendant de la vulnérabilité :

- 0 : non vulnérable = 0 point ;
- 1 : faiblement vulnérable = 1 point ;
- 2 : moyennement vulnérable = 2 points ;
- 3 : fortement vulnérable = 3 points ;
- 4 : très fortement vulnérable = 4 points.

Le critère 2 comporte deux sous-critères qui permettent d'ajouter ou de retrancher un demi-point à la note : l'état fonctionnel des ouvrages de protection (donnée PPRL 2015) et l'effet cuvette (remplissage plus rapide et pas d'évacuation de l'eau). Sa note est tout de même comprise entre 0 et 4.

Les zones basses distinctes et « fermées » n'ayant pas de point à moins de 100 m du trait de côte ne sont pas considérées comme inondables.



La méthodologie de notation des différents critères est résumée par les 4 figures suivantes :

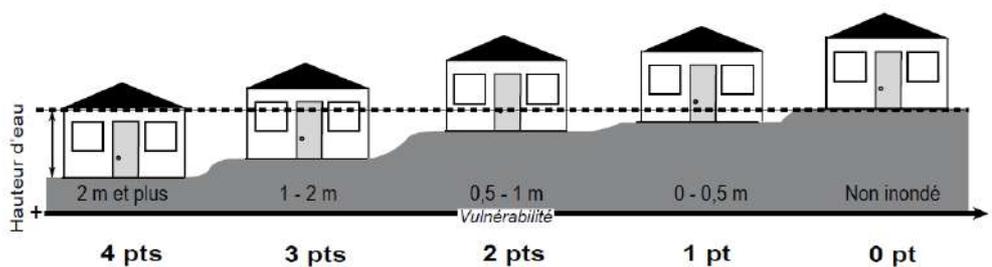


Figure 2.15 : Définition et pondération du Critère 1 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015).



Effet «cuvette» (si concerné par un ouvrage de protection) = + 0,5 pts
 Zone = - située sous le niveau marin de référence
 - située à moins de 100 m de la mer
 - pente inférieure à 2%

Critère de «fontionnalité» de l'ouvrage
 - Faible à très faible état fonctionnel = + 0,5
 - Moyen état fonctionnel = 0
 - Bon état fonctionnel = - 0,5

Figure 2.16 : Définition et pondération du Critère 2 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015).

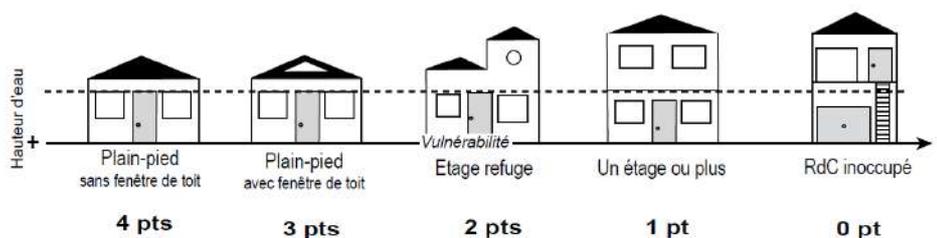


Figure 2.17 : Définition et pondération du Critère 3 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015).

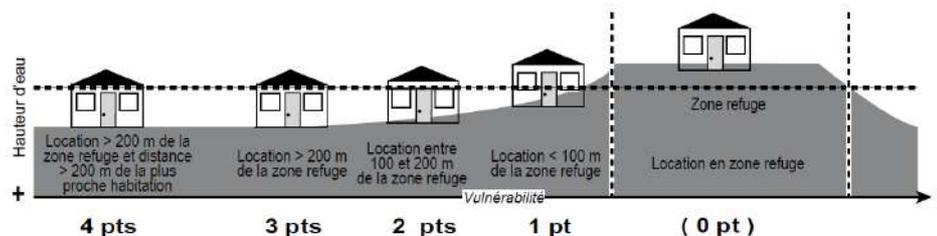


Figure 2.18 : Définition et pondération du Critère 4 pour l'analyse V.I.E. (A.CREACH, 2015).



Le calcul retenu pour l'indice V.I.E. est l'addition des notations de chaque critère, pondérées d'un coefficient 2/3 pour le Critère 1 et d'un coefficient 1/3 pour le Critère 4 qui sont corrélés, et d'un coefficient de 1 pour les deux autres critères. L'indice est nul si la note du Critère 1 est 0.

L'indice V.I.E. a été calculé pour l'aléa actuel et un aléa 2100 en prenant en compte une élévation de +60 cm du niveau marin dans le Critère 1 et le Critère 4.

Les résultats de l'indice ont été enfin hiérarchisés en 4 classes représentant les niveaux de vulnérabilité homogènes. Elles représentent ainsi l'indice V.I.E. en fonction de sa valeur grâce au code couleur suivant :

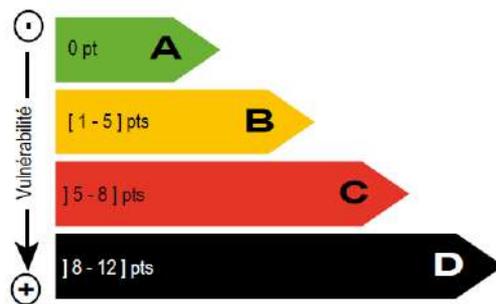


Figure 2.19 : Délimitation et représentation des classes de l'indice V.I.E. (A.CREACH, 2015).

La définition des classes est la suivante :

- Classe verte (A) : regroupe les bâtiments qui ne sont pas situés dans des zones potentiellement submersibles (altitude supérieure à la cote de l'aléa de référence) et qui, de ce fait ne présentent pas de vulnérabilité au risque de submersion ;
- Classe orange (B) : regroupe les constructions qui sont localisées dans des zones potentiellement submersibles mais où les hauteurs d'eau sont faibles, l'architecture adaptée et les bâtiments relativement éloignés d'un ouvrage de défense contre la mer ;
- Classe rouge (C) : regroupe les bâtiments où la vulnérabilité est importante mais non mortelle en l'absence d'autres sources de vulnérabilité (vulnérabilité liée à la capacité de déplacement, prise de risque) ; les hauteurs d'eau importantes peuvent être compensées par une adaptation architecturale des constructions, leur proximité à une zone de refuge ou leur éloignement aux ouvrages de défense contre la mer limitant ainsi une brutale montée des eaux ;
- Classe noire (D) : regroupe les bâtiments où un risque mortel n'est pas à exclure en cas d'évènement de submersion marine, notamment car les hauteurs d'eau peuvent y être importantes, l'architecture inadaptée à ce niveau de risque ou du fait de leur trop grande proximité à un ouvrage de défense contre la mer susceptible de connaître une défaillance.



Le résultat général synthétique de cette évaluation pour l'île de Noirmoutier est le suivant, avec la représentation des classes qui représentent uniquement 30% de l'ensemble du bâti communal :

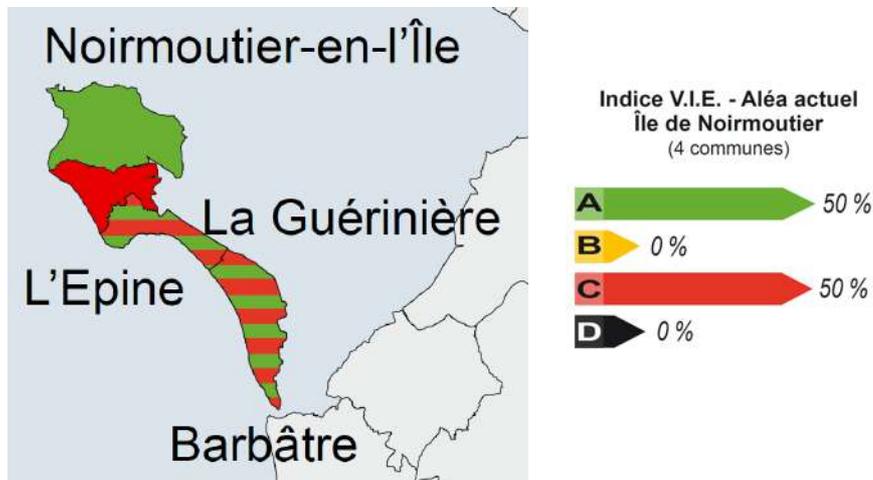


Figure 2.20 : Carte de synthèse des résultats de l'indice V.I.E. sur l'île de Noirmoutier avec pourcentages moyens sur les 4 communes des habitations concernées (A.CREACH, 2015).

Il est noté que c'est la commune de l'Épine qui ressort de cette analyse comme la plus vulnérable, puis les deux communes de la Guérinière et de Barbâtre au Sud de l'île.



3 Données topographiques

De nombreuses données topographiques, altimétriques (à terre) et bathymétriques (en mer), sont disponibles sur le territoire concerné par l'étude.

Ces données sont de deux grands types :

- Les modèles numériques de terrain (MNT), consistant en un maillage régulier ou non de points représentant la topographie d'une surface généralement de grande ou très grande ampleur. Les points caractéristiques de la topographie (ruptures de pente, crêtes, etc.) ne sont pas forcément représentés (car ne correspondant pas exactement en planimétrie aux nœuds de la grille du MNT). Les méthodologies d'acquisition et la densité de ces points diffèrent ;
- Les relevés topographiques ponctuels, linéaires ou surfaciques consistant à décrire de manière détaillée des éléments topographiques particuliers d'une zone donnée ou des ouvrages, en représentant généralement l'ensemble des points caractéristiques. Ici, les relevés qui nous intéressent sont notamment ceux concernant les profils de plage, les ouvrages ayant un rôle dans la protection contre les submersions marines (destinés ou non à cette protection), les cours d'eau et marais, ou encore les ouvrages de gestion/régulation des eaux terrestres.

Cette section recense les données principales identifiées susceptibles d'être exploitées dans le cadre de la présente étude pour la révision du PPRL, en indiquant celles exploitées dans le cadre du PPRL de 2015.

Ce recensement n'est pas exhaustif et d'autres données, notamment des relevés d'ouvrages, pourront être présentées ultérieurement dans le rapport.

3.1 Modèles numériques de terrain (MNT)

3.1.1 RGE ALTI® et Litto 3D® (IGN)

Le RGE ALTI® est un modèle numérique de terrain (MNT) maillé qui a pour vocation la description de la surface terrestre naturelle ou aménagée par l'homme. Le MNT est nettoyé de tous les éléments de sursol (bâti, végétation, ponts notamment) et ouvert au droit des cours d'eau pour permettre l'écoulement. Il n'a pas vocation à décrire le fond des cours d'eau ou plan d'eau.

Le RGE ALTI® couvre la totalité de la partie terrestre, à minima jusqu'au trait de côte et en partie l'estran jusqu'à la limite des acquisitions topographiques mises en œuvre (cas par cas en fonction de la topographie et du régime de marée).

La version 1-0 du levé RGE ALTI® a été initiée en 2009 et une version 2-0 a été initiée en 2014 en intégrant des nouvelles acquisitions de données LiDAR notamment à l'intérieur des terres.



La donnée récupérée et utilisée pour cette étude est la V2-0 au pas de 1 m. Le MNT est découpé en dalles de 1 km². Le carroyage des dalles intéressant la zone d'étude est fourni en figure suivante. Les dalles ont été téléchargées sur le site de l'IGN (Geoservices.ign.fr), ainsi qu'une couche SIG spécifique à ces dalles donnant notamment les renseignements sur les dates de levés et la méthodologie utilisée.

Les altimétries sont en m IGN69.



Figure 3.1 : Carroyage du produit RGE ALTI® V2-0 au droit de Noirmoutier-en-l'Île.

Le RGE ALTI® est un produit composite qui, selon les zones en France, assemble des données plus ou moins précises acquises par des méthodologies différentes et à des périodes différentes.



Au droit de l'île de Noirmoutier, zone littorale et inondable, les données du produit V2-0 ont toutes été acquises par la technologie du LiDAR aéroporté. Précisément, le produit est composé des éléments suivants :

- Des données de la « partie terrestre » Litto 3D®, c'est-à-dire couvrant le maximum d'estran découvert, acquises entre le 16 juin 2010 et le 13 octobre 2010. Ce levé LiDAR topographique a été réalisé avec une précision au minimum métrique (1 à 3 point/m²), une précision altimétrique meilleure que 20 cm (10 cm hors zones boisées) et une précision planimétrique meilleure que 50 cm ;
- **D'un levé LiDAR topographique réalisé entre le 17 janvier et le 03 février 2019 sur l'ensemble de l'île.** Ce levé a été réalisé avec un capteur récent plus puissant et précis que celui du Litto 3D®. La résolution et la précision du levé n'ont pas été établies mais elles sont donc au moins équivalentes à celles annoncées ci-avant.



Figure 3.2 : Litto 3D® de l'île de Noirmoutier en teintes hypsométriques (IGN).



A priori, comme indiqué dans le descriptif de contenu du produit RGE ALTI®, les données Litto 3D® sont uniquement utilisées en complément de celles plus récentes de 2019 et prioritaires.

Sur la figure suivante, il est montré un exemple des données prises en compte dans le produit RGE ALTI® V2-0 par dalles au droit du secteur Nord de la commune de Barbâtre. Le levé de 2019 est effectivement le seul pris en compte pour les dalles exclusivement terrestres ou intégrant une bande d'estran jamais (ou rarement) recouverte par la mer. Pour les autres dalles au droit de l'estran, il est utilisé le levé de 2019 si disponible et le levé 2010 en complément sur les zones recouvertes par la mer au moment des survols de 2019 (c'est-à-dire les zones fréquemment recouvertes ou rarement découvertes).



Figure 3.3 : Dates des levés utilisés par dalles pour produit RGE ALTI® V2-0 sur le secteur Nord de Barbâtre (IGN).

3.1.2 Levés de l'observatoire du littoral

L'Observatoire Régional des Risques Côtiers (OR2C) réalise des campagnes aéroportées annuelles sur l'ensemble du littoral des Pays de la Loire pour la production de modèles numériques topographiques, grâce à la plateforme LiDAR de l'Observatoire des Sciences de l'Univers Nantes Atlantique (OSUNA).

Les levés réalisés sont répertoriés sur un catalogue disponible en ligne sur le site [Catalogue OR2C \(univ-nantes.fr\)](http://Catalogue OR2C (univ-nantes.fr)).

Les altimétries sont en m IGN69.



Les informations sur les levés LiDAR sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 3.1 : Caractéristiques des levés LiDAR de l'OR2C disponibles au droit de l'île de Noirmoutier.

Communes	Date du levé	Pas	Densité de points par m ²		Espacement maximum des points	Précision altimétrique
			Mini	Moyenne		
Noirmoutier en l'île*	Septembre 2013	0,5 m		3,7	0,74 m	30 cm
	05/10/2016	1 m	3,5			30 cm
	25/05/2017	1 m	4,29	5,91	0,94 m	30 cm
	20/06/2018	1 m	4,9	5,9	0,94 m	30 cm
	17/06/2019	1 m	3,68	5,07	0,47 m	30 cm
	30/07/2020	0,5 m	5,63	14,62	0,75 m	Mieux que 9 cm
	30/05/2021	0,5 m	4,36	12,3	0,88 m	3 cm
Barbâtre	25/05/2017	1 m	4,29	5,91	0,94 m	30 cm
	20/06/2018	1 m	4,9	5,9	0,94 m	30 cm
	17/06/2019	1 m	3,68	5,07	0,47 m	30 cm
	30/07/2020	0,5 m	5,63	14,62	0,75 m	Mieux que 7 cm
La Guérinière**	Juin 2015	1 m	6,31	8,7	0,47 m	30 cm
	25/05/2017	1 m	4,29	5,91	0,94 m	30 cm
	17/06/2019	1 m	3,68	5,07	0,47 m	30 cm
	30/07/2020	0,5 m	5,63	14,62	0,75 m	Mieux que 11 cm
	30/05/2021	0,5 m	4,36	12,3	0,88 m	3 cm

*Le levé intègre une petite surface de la partie Nord-Est de la commune de l'Epine
 **Les levés intègre une petite surface des communes de L'Epine et de Barbâtre



3.1.3 Levé PCRS

Le projet Global PCRS consiste en la production d'un Plan de Corps de Rue Simplifié sur l'ensemble du territoire Vendéen en plusieurs tranches. Dans ce cadre, il a été décidé d'acquérir un Référentiel topographique à Très Grande Echelle (RTGE) homogène intégrant le PCRS. Ce RTGE est produit à partir de levés topographiques réalisés via différentes techniques de levés :

- La photogrammétrie aérienne (avec orthophoto haute précision) ;
- Le roulage d'un véhicule équipé d'un LiDAR avec production de vues immersives 3D ;
- Des relevés topographiques terrestres traditionnels.

La donnée est contrôlée établie est contrôlée puis publiée par Géo Vendée.

La partie LiDAR aérien a été levée le 13 juin 2022, par basse-mer avec un coefficient de marée de 87. Sa précision est de 15 cm en altimétrie et de 20 cm en planimétrie. **Les altimétries sont en m IGN69.**

3.1.4 Levé des étiers et de l'avant-port de Noirmoutier-en-l'Île

En 2022, une cartographie de l'avant-port de Noirmoutier-en-l'Île et des étiers du Moulin, de l'Arceau et des Coëfs a été réalisée par :

- Photogrammétrie pour l'avant-port et lasergrammétrie LiDAR au drone aérien pour les berges des étiers (zones hors d'eau). La société Ocealis-Consulting a réalisé ces levés ;
- Drone bathymétriques (sondeur multifaisceaux) pour la partie en eau des étiers, par la Cadden.

A partir de ces levés haute densité (en termes de nombre de points), il a été réalisé un MNT de précision centimétrique complet de berge à berge pour environ 4 km d'étiers.

Des orthophotographies haute résolution des zones levées ont également été prises à l'aide du drone aérien.

Egalement, des levés topo-bathymétriques ont été effectués en 2014 en 21 sections dans l'étier de L'Arceau en amont de l'écluse (étude SMAM, Baley 2014 Ces données permettent d'affiner la cote de chenal en amont des écluses.

Les altimétries sont en m IGN69.



3.1.5 MNT bathymétrique de la façade Atlantique (SHOM)

Le MNT bathymétrique de façade Atlantique à une résolution de 0.001° (~ 111 m) a été réalisé par le SHOM dans le cadre du projet HOMONIM.

Il englobe une partie de Mer du Nord, la Manche ainsi que le Golfe de Gascogne. Au large, ce MNT s'étend au-delà du talus jusqu'à environ 4 800 m de profondeur.

Le MNT a été développé afin d'être implémenté dans les modèles hydrodynamiques afin de produire des prévisions aussi précises que possible des hauteurs d'eau et d'états de mer à la côte et donc d'améliorer la pertinence de la Vigilance Vagues-Submersion.

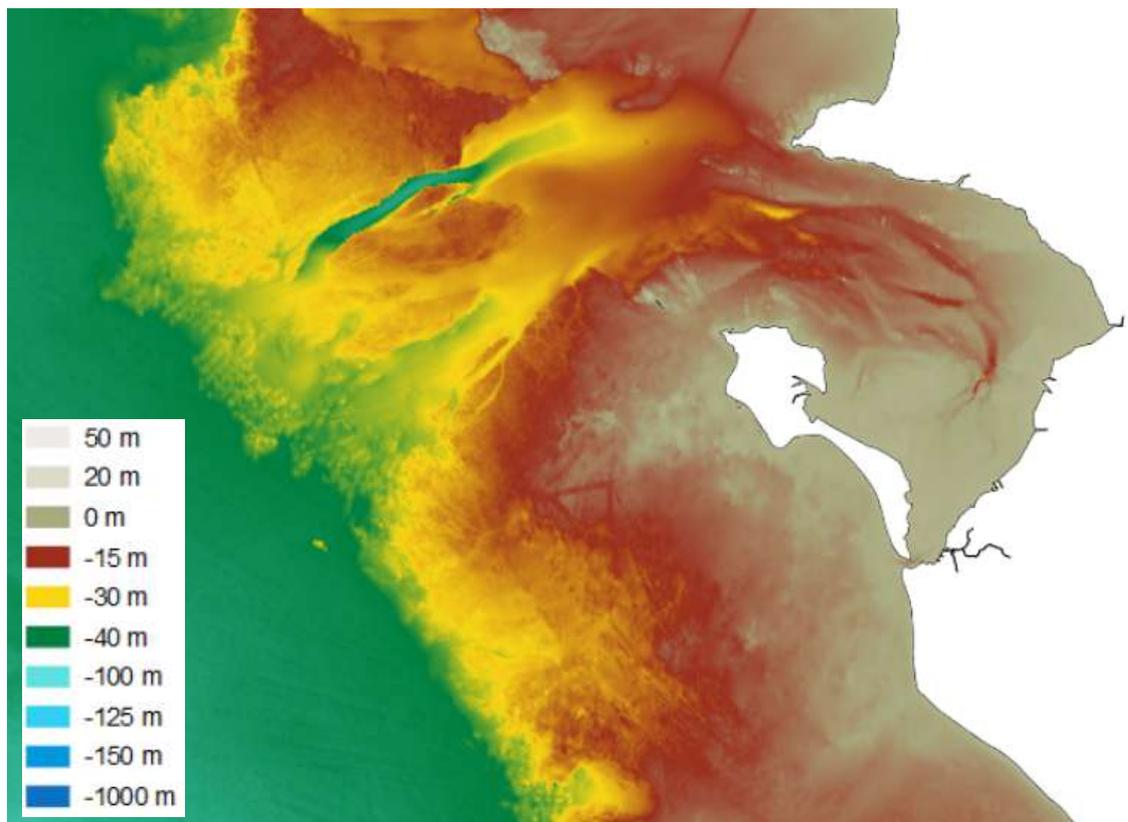


Figure 3.4 : MNT bathymétrique de la façade Atlantique du SHOM autour de l'Île de Noirmoutier (Source : data.shom.fr).

Les altimétries sont en m MSL (Mean Sea Level).



4 Analyse géomorphologique de la zone d'étude

4.1 A l'échelle régionale

4.1.1 Formations rocheuses et sédimentaires et mouvements tectoniques à l'échelle de la Vendée littorale

Le site d'étude est localisé à la rencontre de trois unités géomorphologiques fondamentales :

1. Le **socle rocheux cristallin précambrien de Vendée** vieux de plus de 500 millions d'années, reliant entre la péninsule de Bretagne et le Massif Central. Ce socle a été localement affecté par les événements tectoniques de l'orogénèse hercynienne il y a 400 à 250 millions d'années environ ;
2. **Les formations sédimentaires, surtout calcaires, du Bassin d'Aquitaine**, qui retracent l'histoire des transgressions marines du mésozoïque (-200 à -65 millions d'années environ) et du cénozoïque (à partir de -65 millions d'années environ) sous lesquelles a été submergée une grande partie du socle rocheux ancien ;
3. Le **Plateau continental**, qui descend lentement sous les eaux de l'océan Atlantique.

Dans les formes sédimentaires de surface, on distingue également pour la zone d'étude qui nous intéresse de plus petites unités morphologiques, qui sont :

- a) Les Dunes littorales ;
- b) Les Marais Flandrien côtiers, ici le Marais Breton qui s'étend notamment au droit de Bouin (et jusque Machecoul à l'Est) et des Pays-de-Mont, séparés ou non de la mer par une dune.

Toutes ces unités présentent globalement une direction comprise entre Est-Ouest et Nord-Ouest-Sud-Est.

Dans cet ensemble, l'île de Noirmoutier s'interpose entre l'océan Atlantique et la Baie de Bourgneuf, dont elle constitue la limite Sud-Ouest et qui est fermée au Nord par la pointe Saint-Gildas.

Entre l'île et le continent, le goulet de Fromentine, large d'environ 500 m, relie l'océan et la baie de Bourgneuf.

La morphologie de la zone d'étude a particulièrement été étudiée par M.Ters dans son ouvrage « *La Vendée Littorale – Étude de géomorphologie* » (1988).



La baie de Bourgneuf prolongée à l'Est par le golfe de Machecoul dans les terres sont délimités au Nord et au Sud par les reliefs très nets du socle rocheux ancien, et sont bordées par des failles. Il est fait l'hypothèse qu'ils constituent une vaste dépression datant d'avant le milieu du Crétacé (-100 millions d'années environ). Le plateau rocheux ancien de la baie de Bourgneuf s'est légèrement affaissé du fait de mouvements tectoniques et présente une inclinaison douce vers le Nord, sans relèvement de sa limite Sud.

Le Marais de Monts prolongé à l'Est par le Bassin de Chalans représente également une vaste dépression de la même époque que la précédente. Cette dépression s'appuie au Nord sur le talus rocheux ancien cristallin de Beauvoir à Chalans et prolonge un bassin sous-marin entre les îles d'Yeu et de Noirmoutier.

Ces dépressions et bassins ont fait l'objet de plusieurs transgressions marines : de -100 à -95 millions d'années au Cénomaniens (Crétacé), de -50 à -40 millions d'années à l'Eocène (Lutétien) et de -15 à -10 millions d'années au Miocène (Cénozoïque), et le plus récemment à l'holocène lors de la transgression flandrienne.

La transgression marine éocène est celle qui intéresse particulièrement la zone d'étude avec la formation de dépôts calcaires qui forment aujourd'hui des blocs découpés plus ou moins dénivelés les uns par rapport aux autres, et qui constituent pour certains des « îlots » en saillie. On les trouve dans les terres, dans le Marais Breton, et en mer où ils forment des hauts fonds à l'Ouest et à l'Est de l'île de Noirmoutier. Outre le calcaire massif, les dépôts éocènes consistent également en cailloutis, sables et calcaires sableux.

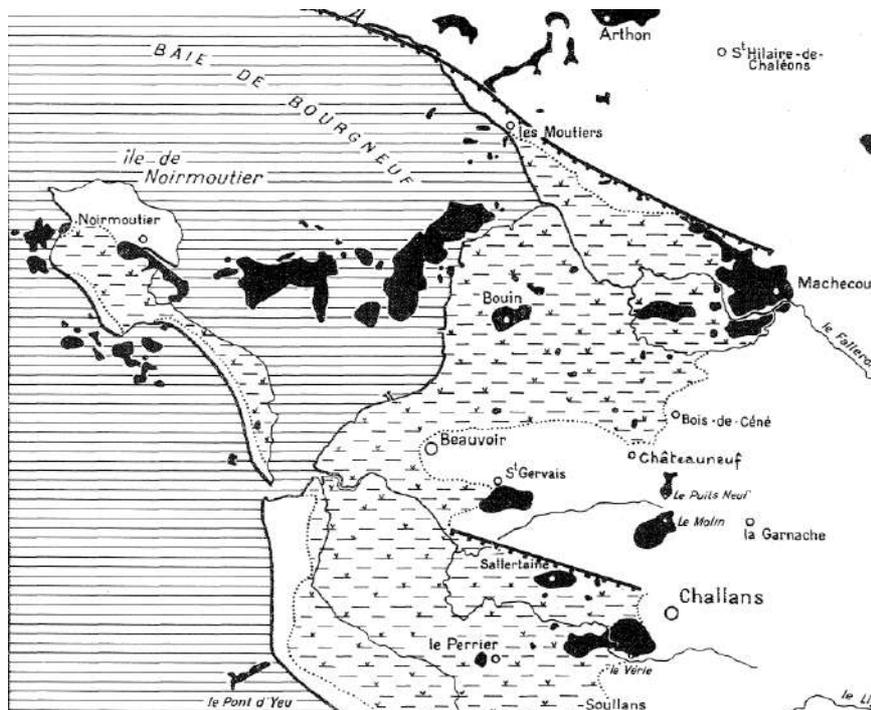


Figure 4.1 : Les dépôts éocènes en Vendée Littorale, en noir – Extrait au droit de la zone d'étude (M.Ters).



Le niveau de la mer à la transgression éocène paraît avoir été très inférieur à celui de la transgression céno manienne. Le niveau atteint aux transgressions suivantes semble avoir été encore inférieur à celui de l'éocène.

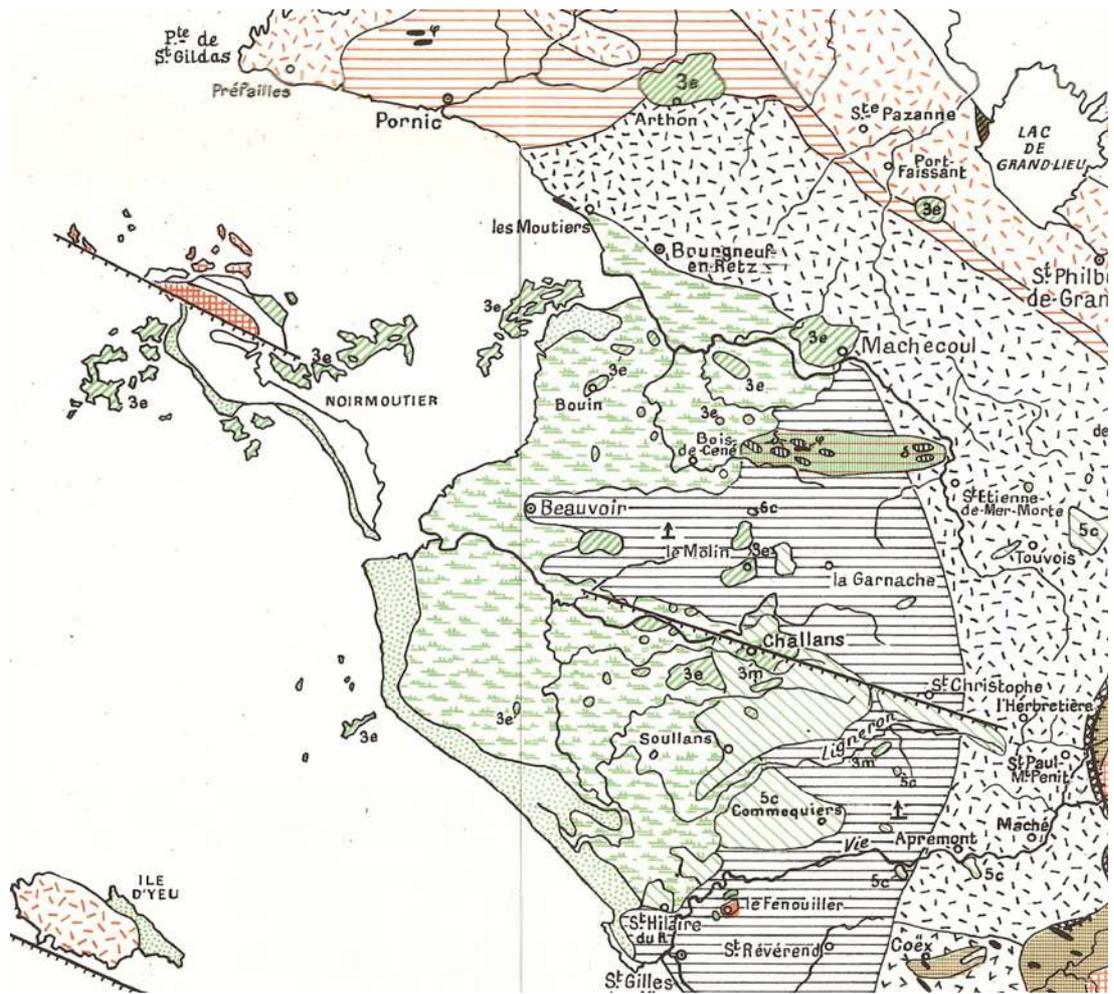
Toute la bande côtière, avec ses marais, est légèrement affaissée vers l'Ouest. De manière générale, de nombreux mouvements tectoniques ont eu une grande importance dans la structuration de la zone côtière et dans la création des dépressions/bassins avant la transgression éocène. Les mouvements ont été cependant de faible ou très faible amplitude (quelques mètres à une vingtaine, au maximum), mais ont suffi à engendrer une grande variété d'aspects dans une région au relief insignifiant.

La tectonique post-éocène (Cénozoïque) a accentué l'affaissement du Marais Breton vers l'Ouest, mais avec des mouvements de très faible ampleur (quelques mètres), et a créé de petites failles qui ont brisé la couverture calcaire de la baie de Bourgneuf et du golfe de Machecoul. Compte-tenu de la faible épaisseur des dépôts, M.Ters ne fait l'hypothèse de mouvements contemporains de ces derniers liés à un phénomène de subsidence.

L'activité tectonique subsiste, avec notamment un séisme qui s'est produit en 1799, avec son épocentre situé entre Barbâtre et Bouin.

Concernant le plateau continental, sa pente est faible (0,3 à 1% sur sa bordure interne et 0,12% jusqu'à la profondeur de 200 m à 170 km de la côte actuelle) et dans la continuité ou quasi de celle du continent, et il apparaît remarquablement peu accidenté. La plateforme rocheuse y est tapissée par des formations meubles de sables, galets et coquilles. Une partie au moins de ce plateau a pu se trouver émergée, au cours de périodes plus ou moins lointaines.





**FORMATIONS SÉDIMENTAIRES
PRIMAIRES, SECONDAIRES, TERTIAIRES et QUATÉNAIRES**

Marais Flandrien	6c Crétacé (Turonien)
Dunes littorales	5c " (Cénomanién)
P Pliocène (Redonien)	J Jurassique
3m Miocène (Hélvétien)	L Lias
3e Eocène (Lutétien)	H Houiller

+++ *Synclinaux siluriens du Haut-Bocage*

MÉTAMORPHISME et OROGÈNE

PHASE HERCYNIENNE	PHASE BRIOVÉRIENNE
Mylonites de Pierre Levée au Caillola	Mylonites de St Paul-M ^t Penit
Granite	Granite d'Olonne
Micaschistes	Micaschistes de St Gilles
Gneiss	Gneiss d'Apremont
Amphibolites et autres roches basiques.	Porphyroïdes de Mareuil

FORMATIONS BRIOVÉRIENNES

Phtanites
Grès
Cipolins
Rhyolites de Chardrie
Schistes

Figure 4.2 : Carte géologique sommaire de la Vendée littorale (M.Ters).



4.1.2 Evolutions à l'échelle de l'estuaire de la Loire à partir de la dernière période glaciaire

Le pic de la dernière période glaciaire date d'il y a 21 000 ans environ. C'est à partir de ce pic que s'est principalement façonné la morphologie actuelle du littoral. Ces évolutions « récentes » sont particulièrement bien décrites pour le site étudié par P. Bernier et Y. Gruet dans leur ouvrage de 2011 « *Environnement Littoral, sédimentation et biodiversité de l'estran, île de Noirmoutier (Vendée)* ».

Il y a 18 000 ans, avec un niveau de la mer situé 110 m plus bas, le trait de côte devait être situé à une centaine de kilomètres plus à l'Ouest qu'actuellement et l'île de Noirmoutier n'était pas une île en tant que telle. La Loire avait un cours proche de l'actuel et ses affluents venant du sud traversaient la baie de Bourgneuf et ont marqué leur passage en creusant le chenal de Fain par l'actuel goulet de Fromentine au sud de l'île de Noirmoutier, le chenal de la Pierre et le chenal du Centre (ces derniers prolongeant la rivière du Falleron).

Les roches plus tendres ont facilité cette chenalisation pendant cette dernière période glaciaire.

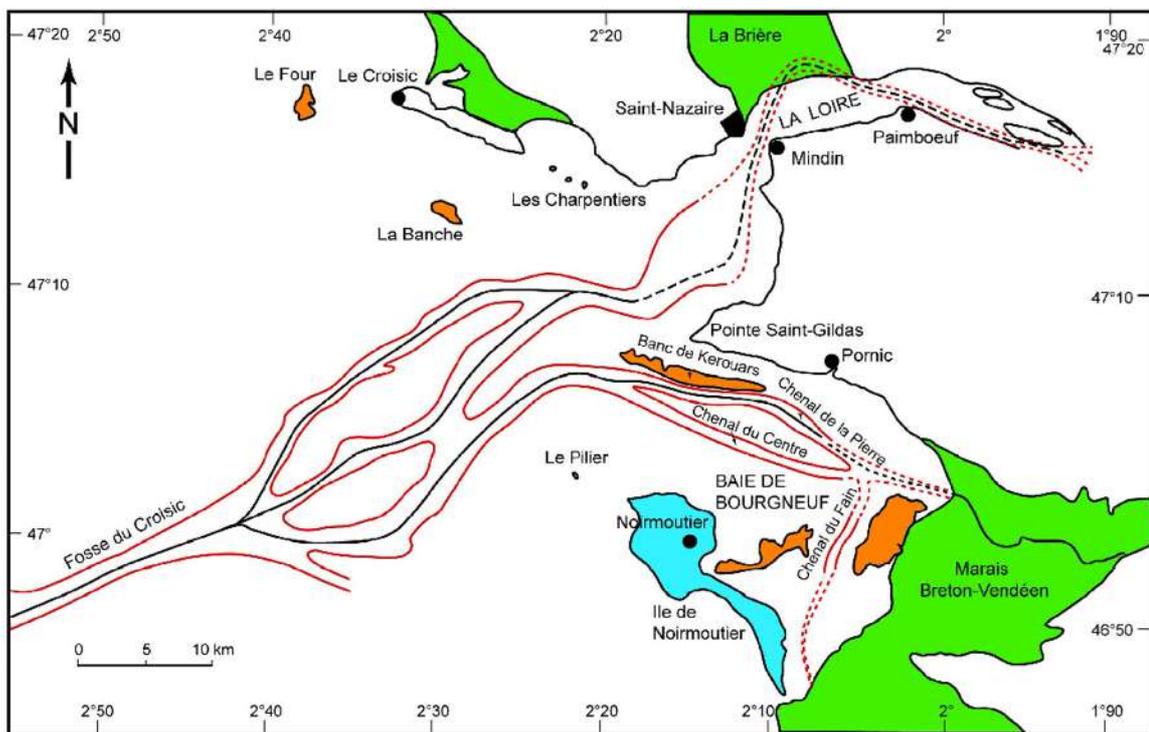


Figure 4.3 : Tracé de la Loire et de ses affluents dans la baie de Bourgneuf il y a 18 000 ans (Horn et al/Gouleau, 1966/1975).

La morphologie de la baie de Bourgneuf est profondément marquée par cette période, comme l'atteste la cartographie actuelle des fonds marins dans la baie de Bourgneuf : Figure 4.4.



Dans la baie, les bas-fonds représentent les anciennes vallées, suffisamment abritées pour être remplies de sédiments fins ou de vases. Les reliefs latéraux, entre ces vallées, peuvent être sableux ou rocheux.

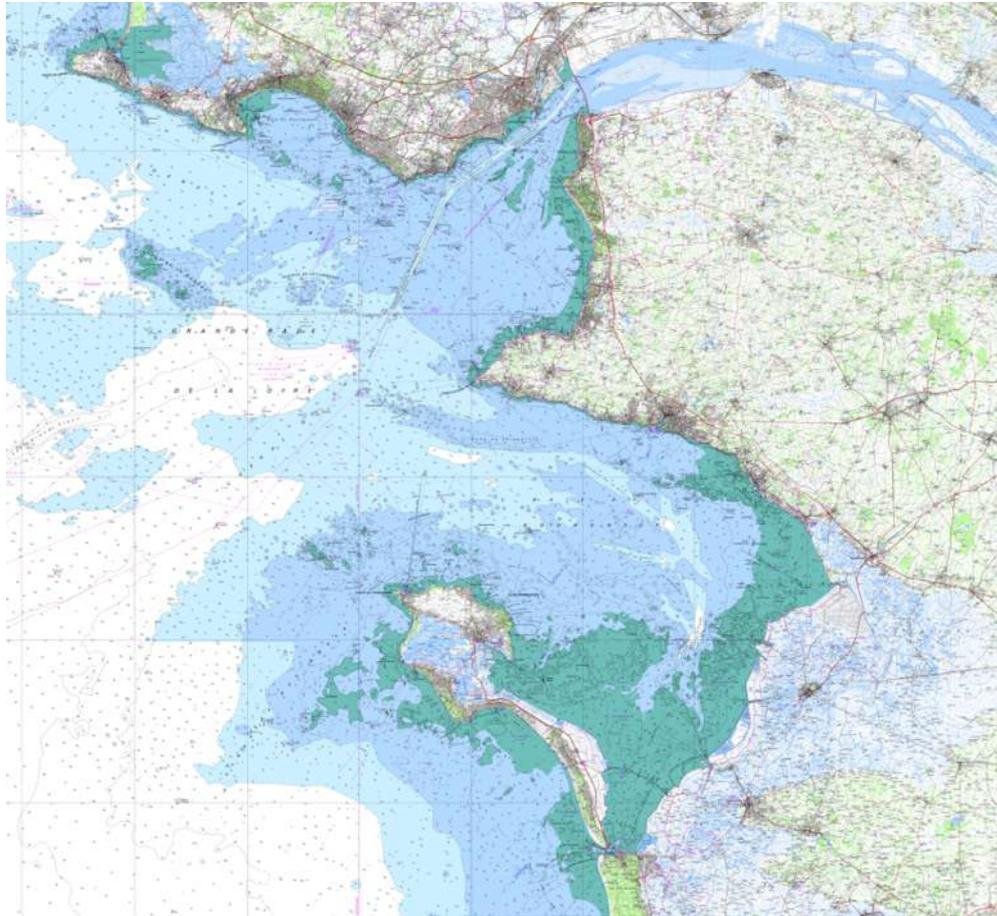


Figure 4.4 : Cartographie de la morphologie des fonds marins à l'échelle de l'estuaire de la Loire et de la baie de Bourgneuf (SCAN Littoral®, SHOM).

Au fur et à mesure du réchauffement climatique, le niveau de la mer s'est élevé par paliers et les terres ont été progressivement inondées, avec la création d'un littoral de plages et dunes ensuite érodées et englouties, avec un rapprochement progressif de ce littoral vers sa position actuelle.

La morphologie des côtes actuelles résulte donc essentiellement de la remontée du niveau marin depuis 10 000 ans. C'est au cours de cette période, et notamment des 5 000 dernières années, que se sont mis en place la plupart des systèmes côtiers actuels (baies, estuaires) de la marge atlantique.

Les importants apports fluviaux à la mer, dont les sables, se sont répartis sur le littoral en le modelant et en lui donnant son aspect actuel. Les sables anciens, ceux de l'érosion marine et surtout des coquilles marines se sont mêlés à ces apports continentaux.

Les dunes et les plages de l'île de Noirmoutier et les dunes du Pays-de-Mont dans le prolongement ont été modelés grâce à l'apport des sables issus de la Loire (Ligérien).



4.2 A l'échelle de l'île

4.2.1 Façonnement et sols constitutifs de l'île : de l'histoire géologique à l'intervention humaine

L'île de Noirmoutier existe en tant qu'île depuis le crétacé moyen (100 M d'années). Elle a cependant été depuis soit rattachée au continent, soit entourée d'eau soit submergée en créant des hauts fonds au gré des diverses phases de transgressions/régressions marines.

Sur sa partie Nord, il est donc distingué le socle rocheux cristallin (micaschistes et gneiss) plus haut. Ce môle de 7 km de long et 3 km de large au maximum est bordé au Sud par une faille. Ses pointes rocheuses, prolongées par le platier rocheux, forment des baies qui ont permis le développement de cordons dunaires littoraux sur la face Nord de l'île. Le bâti cristallin est prolongé au nord-ouest au large par les îlots du Pilier.

Les îlots calcaires de l'éocène forment des hauts fonds autour de l'île, à l'ouest avec la pointe de Devin, les Bœufs, les roches de la Loire notamment, et à l'est avec les rochers de la Vendette.

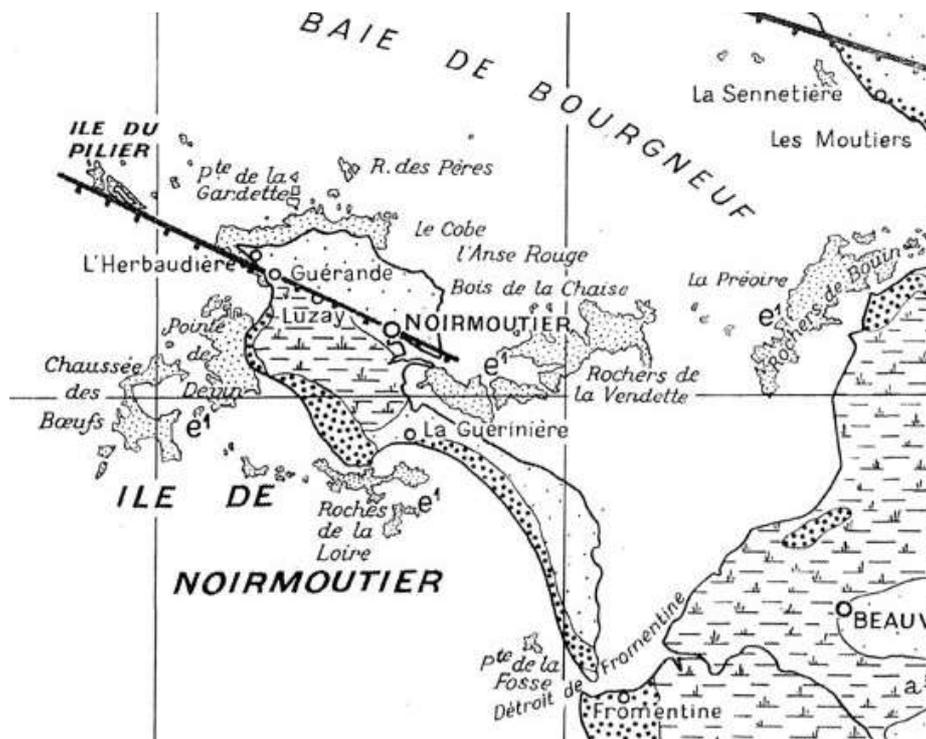


Figure 4.5 : Carte géologique de Noirmoutier (M.Ters).

Sur le socle cristallin, au Nord, on observe des placages de sables et argiles datant du Paléocène (entre les transgressions crétacé et éocène) et des argiles noires, sables et grès au bois de la Chaise (éocène). Des dépôts sableux d'origine marine en falaise sont également observables au nord-est de l'île.



La dernière transgression marine, la transgression Flandrienne datant de l'Holocène (-12 000 ans), a façonné l'île telle qu'elle se présente aujourd'hui avec la création des cordons dunaires, dont celui sur toute la façade Ouest de l'île, et le colmatage en vases des espaces entre le socle rocheux. Au sud de la faille, le cordon à l'Ouest forme une crête haute avec à l'est du cordon des terrains déprimés

Le soubassement des marais salants est constitué d'argiles qui sont observables sur l'estran à basse mer de vive-eau au Sud immédiat du port de Morin. Elles sont souvent recouvertes de sable et peuvent aussi être dégagées à l'occasion d'épisodes érosifs de la plage ou de travaux. Ces niveaux d'argile sont également retrouvés au nord de la pointe de Devin, aux Rochers des Peignes et, côté baie de Bourgneuf, aux Ileaux et à la Chaussée.

La figure suivante retrace les étapes d'évolution de l'île depuis il y a 5000 ans.

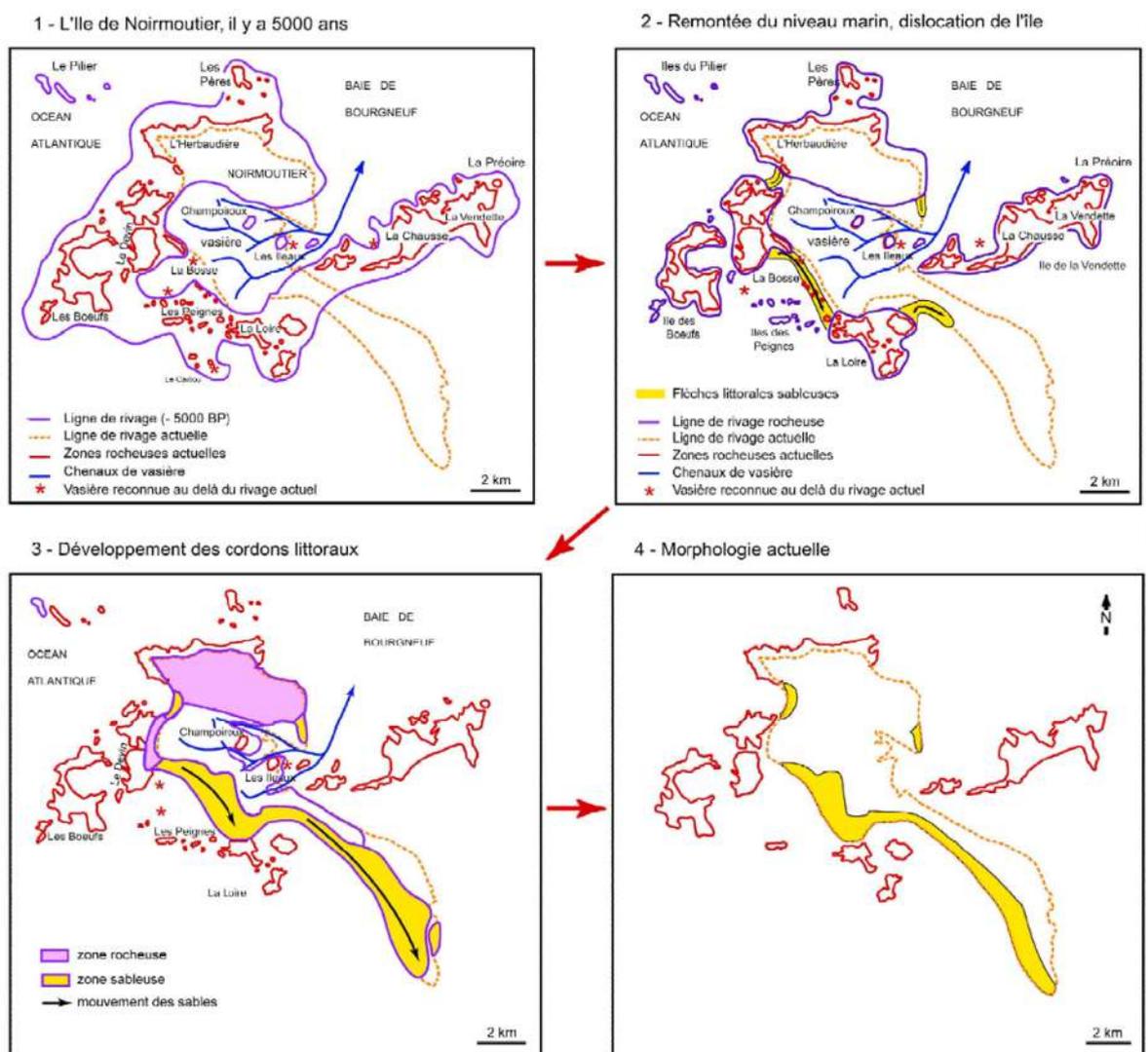


Figure 4.6 : Etapes de la remontée du niveau marin depuis 5 000 ans aboutissant à la formation actuelle de l'île de Noirmoutier (Bernier et Gruet, 2011).



Il y a 5 000 ans, le niveau de la mer aurait donc été 4 à 5 m en-dessous du niveau d'aujourd'hui, avec les marais salants actuels qui formaient un espace de vasière s'étendant à l'ouest et à l'est des limites du littoral actuel. Cette vasière était protégée des actions de la mer par le socle rocheux (rochers de l'Herbaudière, du Devin, des Bœufs, des Peignes et de la Loire) qui constituait une forme en « C » de l'île. Cette vasière se découvrait avec le mouvement de la marée.

L'île avait alors une forme de « C » dans lequel s'insérait la vasière au droit de laquelle pointaient des hauts-fonds (Champs Pierreux, Les Ileaux). La vasière était drainée par des chenaux à l'emplacement desquels ont très certainement été installés les étiers actuels.

Avec l'élévation du niveau marin, l'île s'est ensuite disloquée tout en gardant une zone protégée grâce à la mise en place d'un cordon dunaire à Luzéronde et aux Eloux.

Dans un troisième temps, avec la poursuite de la montée du niveau de la mer, les dunes de la façade Ouest ont reculé jusqu'à leur emplacement actuel et ont progressé vers le Sud pendant les deux derniers millénaires pour acquérir la forme actuelle de la partie Sud de l'île. L'onde de marée arrivant de l'ouest a dû contourner la partie rocheuse de l'île par le nord et par le sud, engendrant un tombolo qui s'est incliné ensuite vers le sud-est du fait d'une masse d'eau rapidement beaucoup plus considérable en provenance de la baie de Bourgneuf par rapport à celle s'introduisant par le sud. La dérive littorale a ainsi progressivement façonné la masse sableuse jusqu'à la pointe de la Fosse.

Les cartes anciennes montrent bien une île de Noirmoutier très ouverte vers l'Est.



Figure 4.7 : Carte de Cornelli, 1697 (Collection privée).

Les cordons dunaires se sont ainsi formés progressivement depuis la fin de la dernière période glaciaire. La présence d'un socle rocheux a permis le piégeage et l'accumulation des apports sableux (de la Loire et du remaniement des sédiments déposés sur la plate-forme continentale) sous l'action des courants de marée, des houles océaniques et des vents de Nord et d'Ouest.



A l'époque contemporaine, l'homme s'est implanté sur l'île. Le développement de ses activités a achevé de façonner le territoire avec l'exploitation et donc le modelage de la vasière centrale et l'extension des terrains à l'Est par la poldérisation.

Avec un niveau marin de plus en plus haut (et donc le socle rocheux de plus en plus submergé), et avec les phénomènes d'érosion côtière, des protections anthropiques ont été réalisées en complément des formations rocheuses et dunaires naturellement hautes protectrices.

Concernant le passage du Gois (gué dans la mer), il est à l'origine un haut-fond de particules fines déposées au flot à l'endroit de la rencontre biquotidienne des eaux pénétrant dans la baie de Bourgneuf avec celles introduites par le Sud. Ce type de haut-fond est appelé « wantij », en Néerlandais. La possibilité de joindre le continent à pied depuis l'île, en utilisant ce haut-fond, est signalée dès le 9^{ème} siècle (Piet, 1863).

Néanmoins, du fait de son origine, la position de ce passage s'est donc déplacée du Nord au Sud au fil du temps au rythme de l'extension de l'île vers le Sud-Est. Avec cette extension et le raccourcissement du goulet entre l'île et le continent, la quantité d'eau venant du Sud a donc diminué et la rencontre avec les eaux issues de la baie s'est donc déportée vers le Sud.

Le passage a été fixé au 19^{ème} siècle en un chemin plus carrossable et est devenu une route au 20^{ème} siècle. La flèche sableuse à l'extrémité Sud de l'île a en revanche continué de progresser vers le Sud jusqu'à la configuration actuelle où le goulet fait 500 m de large environ au minimum. L'actuel passage n'est donc plus le lieu de rencontre des eaux de la baie et du goulet, qui est situé à 600-800 m de la route actuelle (2011).

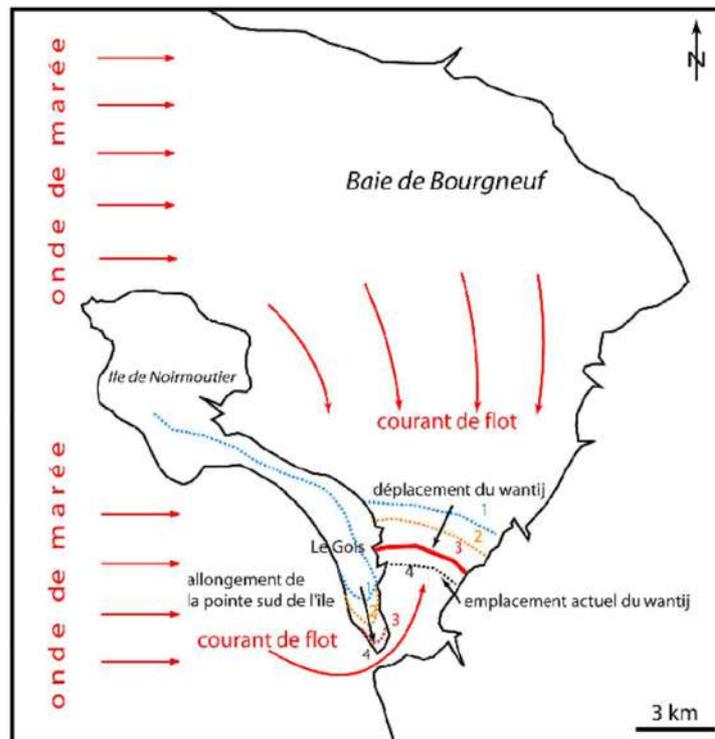


Figure 4.8 : Déplacements historiques du wantij du Gois, en fonction de l'extension de l'île de Noirmoutier vers le Sud (Bernier et Gruet, 2011).



4.2.2 Topographie des différentes parties de l'île

4.2.2.1 Objectif et généralités

Le présent paragraphe a pour objectif d'aborder en détails la topographie actuelle de l'île, en particulier celle des terrains en bordure littorale qui constituent une protection contre la mer.

Une vue générale des ouvrages anthropiques complétant cette protection est donnée sur les cartes (ouvrages longitudinaux en rouge et transversaux en violet) ainsi que sur certaines le réseau hydrographique en bleu.

Les limites communales et le réseau routier principal y sont également indiqués.

La topographie utilisée est celle du Lidar de 2022 du PCRS. Les légendes topographiques des cartes fournies sont les suivantes :

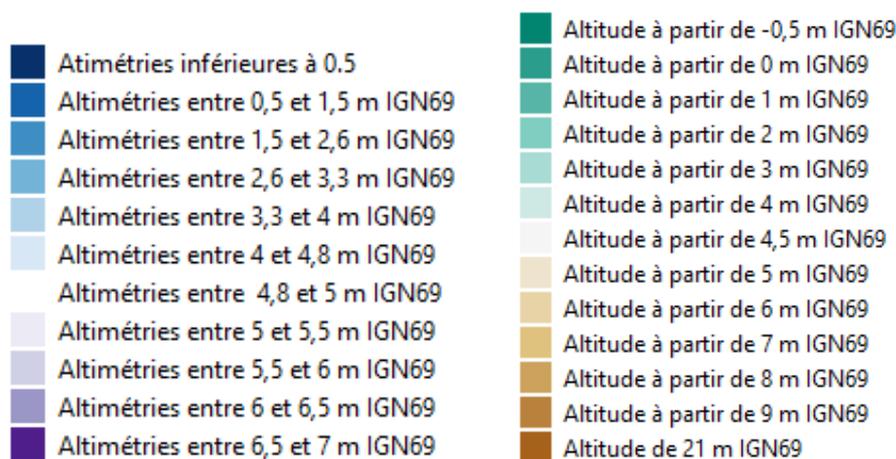


Figure 4.9 : Légendes des représentations topographiques utilisées.

Pour les cartes où les altimétries représentées s'arrêtent à 7 m IGN69, les terrains plus hauts sont soit figurés en ombrage, soit via le fond de l'orthophoto la plus récente disponible (Géoportail, 2022).

Il est indiqué dans les paragraphes suivants un volume estimatif des différents cordons dunaires. Ce travail, en « première approche » a été réalisé par la CCIN, l'Observatoire du Littoral, en 2016 sur la base du Litto3D de 2010. La base du volume est considérée à 5 m IGN69, en intégrant le cas échéant le haut de plage. Pour les secteurs au Nord-Ouest de l'île (Herbaudière, Linière/madeleine, Vieil), il existe une incertitude sur la cote du toit du socle rocheux. Cette estimation du volume des cordons est à prendre à titre indicatif.

Enfin, il est localisé des points bas de la protection topographique littorale sous la cote 4,5 m IGN69. Ces points bas sont bien les altimétries du terrain nu, c'est-à-dire hors bâti ou ouvrage anthropique de protection contre la mer.



4.2.2.2 Entre la pointe de l'Herbaudière et le Fort Larron

La figure suivante donne une vue d'ensemble de la topographie terrestre prolongée par les fonds marins entre la pointe de l'Herbaudière à l'ouest et le Fort Larron à l'est.

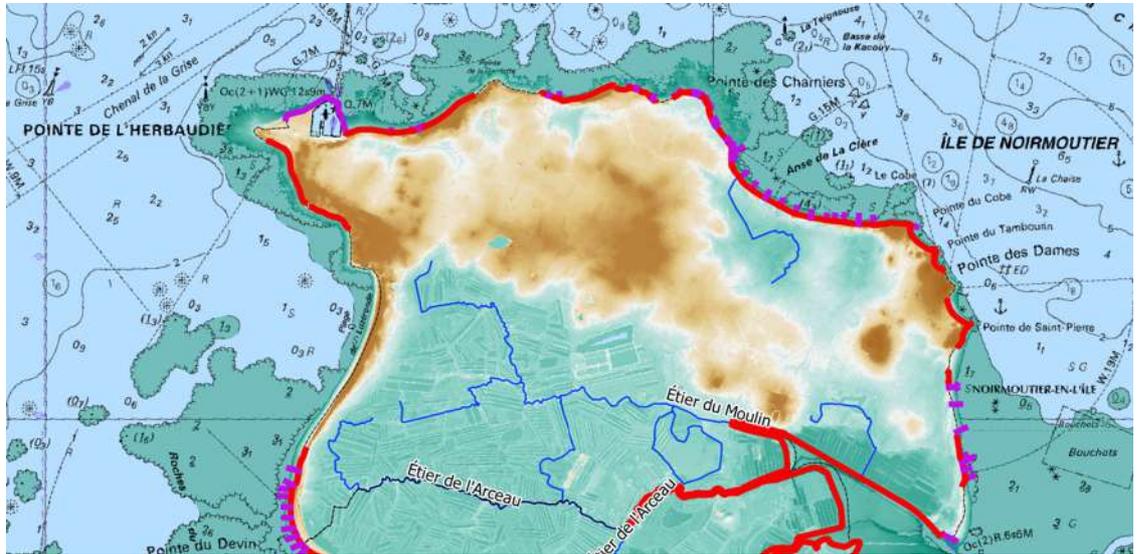


Figure 4.10 : Topographie d'ensemble de l'île entre la pointe de l'Herbaudière et le Fort Larron (PCRS 2022 et scan Littoral® du SHOM).

De la pointe de l'Herbaudière à la pointe des Charniers

Les terrains du socle granitique sont généralement hauts avec une altimétrie supérieure à 5,5 m IGN69 pour la grande majorité d'entre eux. Le cordon de la pointe de l'Herbaudière et celui de La Linière/Madeleine/Vieil orientés Ouest-Est offrent une protection topographique minimale continue à cette même cote de 5,5 m IGN69. Leur volume a été estimé à 62 000 m³ (300 ml environ) pour le premier et 1 148 000 m³ (3 800 ml environ) sur la base du Lidar de 2010.

Les terrains les plus bas sur cette partie de l'île sont juste en dessous de 3 m IGN69 et se trouvent entre le bois de Blanche et la Madeleine. Les terrains les plus hauts sont ceux du cordon dunaire en arrière immédiat du trait de côte au droit de la partie Est de la conche des Normands et à l'ouest de la Madeleine. Ils se situent à une altitude comprise entre 10 et 15 m IGN69.

En arrière du cordon, on distingue 4 zones déprimées, sous la cote 5 m IGN69, avec deux zones à l'est, au droit de la Madeleine et de la pointe des Charniers qui sont tout juste connectées et dans la continuité de la grande zone déprimée au droit de l'anse de la Clère. La largeur du cordon dunaire qui sépare l'estran de ces 4 zones est très variable, de minimum 30 m en base (5 m IGN69) localement au droit de la pointe des Charniers ou encore 40 m en base en limite Est du Bois de la Blanche à un peu plus de 200 m en base au droit de la conche des Normands ou encore de la Madeleine.

A l'exception de la pointe de l'Herbaudière, du bois de la Blanche et d'un court tronçon entre la Madeleine et la pointe des Charniers, l'ensemble du linéaire du cordon est protégé par un ouvrage longitudinal de protection contre la mer.



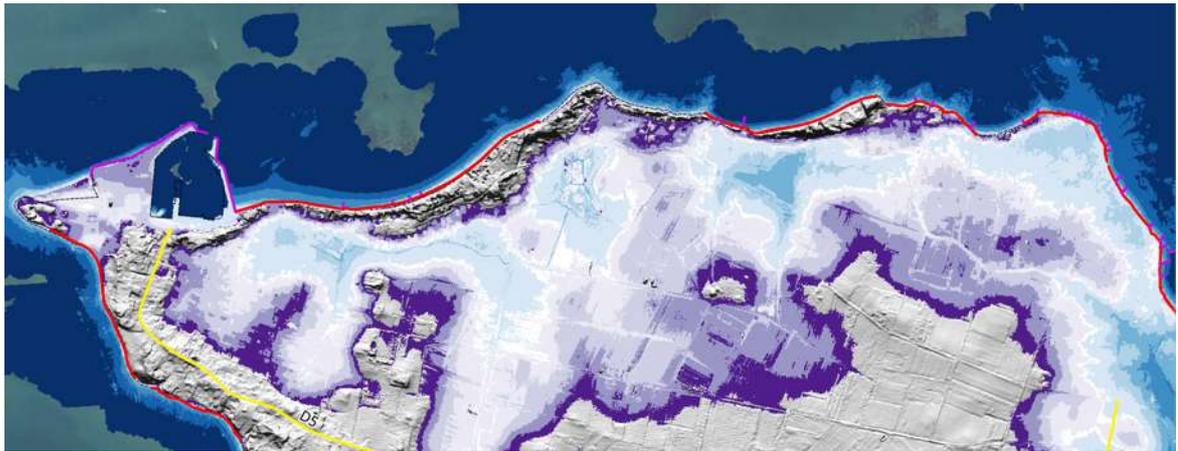


Figure 4.11 : Topographie détaillée et zones déprimées de la pointe de l'Herbaudière à la pointe des Charniers (PCRS, 2022).



Figure 4.12 : Zoom sur les deux zones déprimées de la limite Est du bois de la Blanche à la pointe des Charniers (PCRS, 2022).



De la pointe des Charniers à la pointe de Saint-Pierre

En arrière du trait de côte longeant la plage de la Clère, on observe une zone déprimée qui correspond à une zone de remplissage alluviale ancienne. Elle est bordée à l'ouest par la RD95. La surface sous la cote 4 m IGN69 est d'environ 140 ha, avec 40 ha entre 1,5 et 2,6 m IGN69. Les points les plus bas sont autour de 1 m IGN69.

De la pointe des Charniers au Grand Vieil, secteur du Vieil, il n'apparaît aucun cordon dunaire. Les terrains en arrière du trait de côte sont bas, avec une cote de protection topographique généralement comprise entre 4 et 4,5 m, et entre 3,5 et 4 m IGN69 au niveau de deux points bas localisés sur la Figure 4.14.

Au droit de la plage de la Clère se distinguent la partie Ouest, avec les dunes du Vieil plus minces, 20 m de large en base au minimum, et avec une protection topographique minimale continue entre 5 et 5,5 m IGN69 et celles de la Grande Lande plus développées (35 m en base au minimum) et plus hautes offrant une protection topographique minimale entre 6,5 et 7 m IGN69 : Figure 4.15.

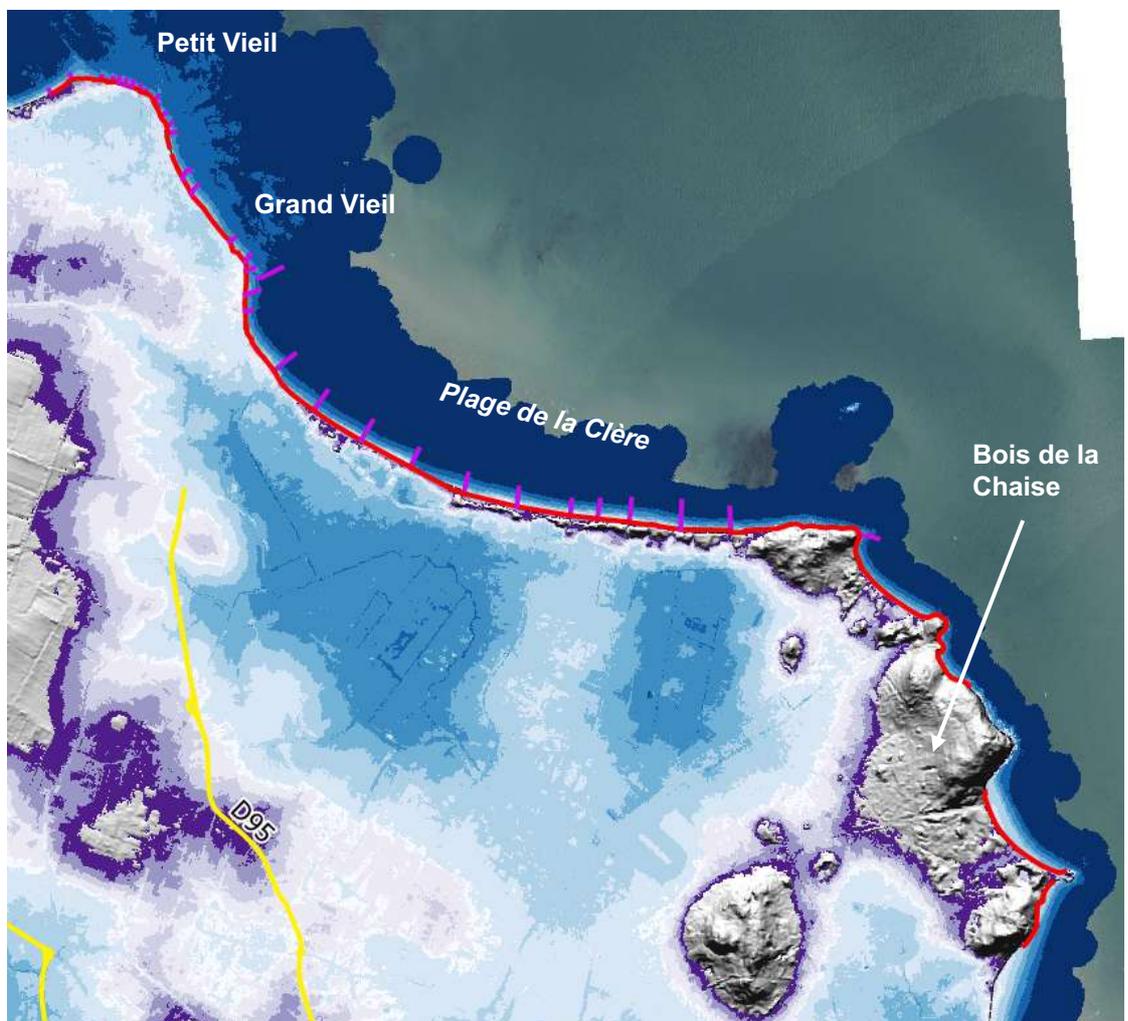


Figure 4.13 : Topographie détaillée et zones déprimées de la pointe des Charniers à la pointe de Saint-Pierre (PCRS, 2022).





Figure 4.14 : Zoom sur la zone déprimée en arrière du secteur du Vieil au sud immédiat de la pointe des Chamiers (PCRS, 2022) et points bas.

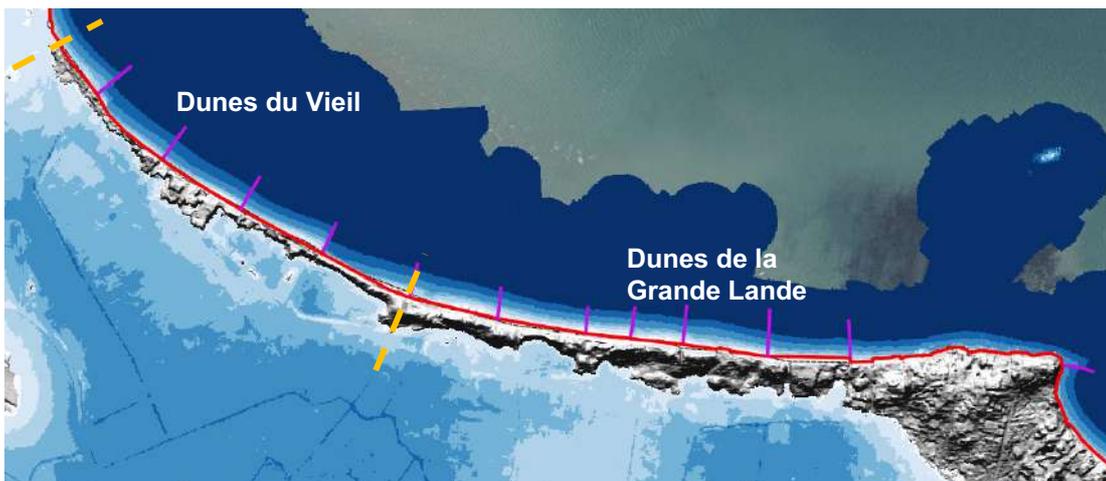


Figure 4.15 : Zoom sur les deux parties du cordon dunaire de la Clère : dunes du Vieil et dunes de la Grande Lande (PCRS, 2022)

L'ensemble du cordon dunaire de la Clère, orienté ONO-ESE et qui s'étend sur environ 1 500 ml, a un volume estimé à 187 000 m³ sur la base du LiDAR 2010. Son altimétrie maximale est autour de 7 m IGN69 en partie Ouest et autour de 8 m IGN69 au droit de la Grande Lande.

A l'est, entre le rocher de Cobe et la pointe de Saint-Pierre, on trouve un socle rocheux à l'altimétrie élevée avec le point culminant de l'île, autour de 20 m IGN69, situé au bois de la Chaise.

Quasiment tout le linéaire de trait de côte est protégé par un ouvrage longitudinal de protection contre la mer, y compris le secteur du Vieil.



De la pointe de Saint-Pierre au Fort Larron

Ce secteur est celui dit des Sableaux. Un cordon peu développé et orienté Nord-Sud assure une protection topographique faible généralement tout juste au-dessus de 4 m IGN69, voire 4,5 m IGN69 en partie Sud. Son volume a été estimé à 12 500 m³ (1 800 ml environ) sur la base du Litto3D 2010.

Plusieurs points bas entre 3,5 et 4 m IGN69 sont relevés au droit du cordon (Figure 4.16).

En arrière de ce cordon se distingue une zone déprimée avec environ 165 ha sous la cote 4 m IGN69 dont le polder de Müllembourg, zone la plus basse avec 45 ha entre 0,5 et 1,5 m IGN69 et une altimétrie souvent proche de la cote 0,5 m IGN69 (hors levées de terre).

Le trait de côte est protégé par un ouvrage longitudinal de protection contre la mer sur un peu plus d'un quart du linéaire total du cordon dunaire.

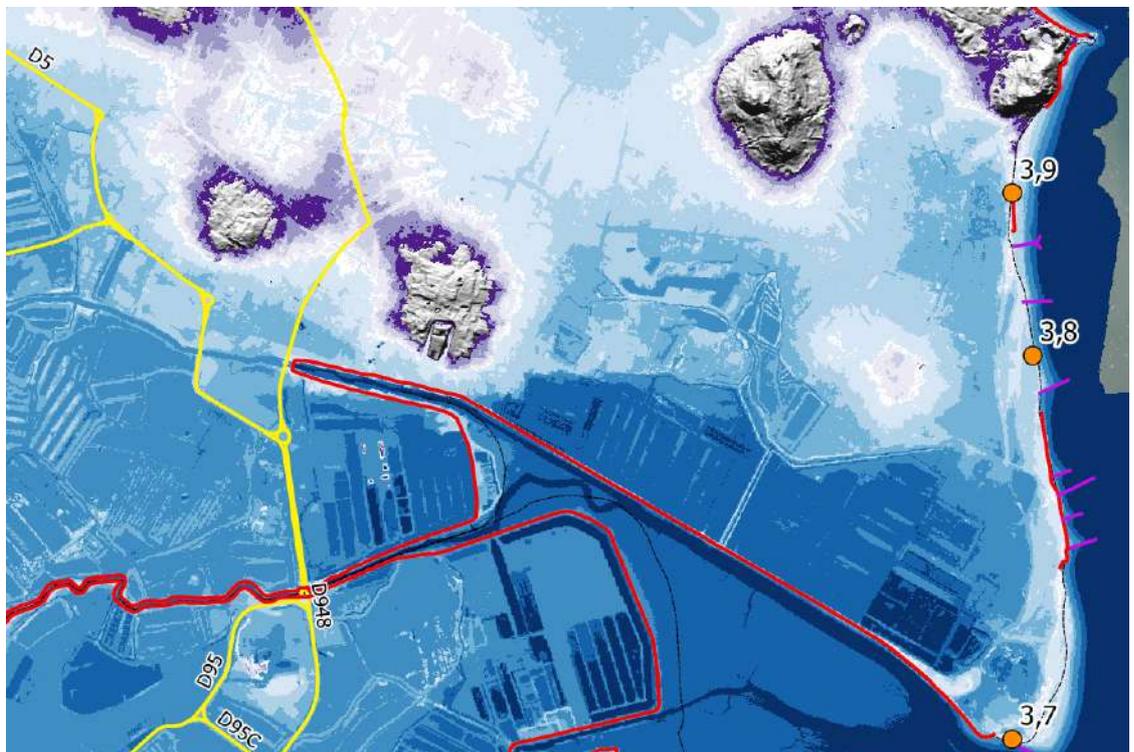


Figure 4.16 : Topographie détaillée, zones déprimées et points bas de la pointe de Saint-Pierre au Fort Larron (PCRS, 2022).

Points de faiblesse de la protection topographique

Les points de faiblesse de la protection topographiques des terrains se situent donc au Vieil et aux Sableaux, avec cette protection qui atteint seulement 4/4,5 m IGN69 et des points bas entre 3,5 et 4 m IGN69. Les cordons dunaires sont inexistantes ou quasi (plus faible volume de cordon estimé pour l'île pour les Sableaux).



4.2.2.3 Entre la pointe de l'Herbaudière et le village de la Tresson

La figure suivante donne une vue d'ensemble de la topographie terrestre prolongée par les fonds marins entre la pointe de l'Herbaudière au nord (Noirmoutier-en-l'Île) et le village de la Tresson au sud (Guérinière).

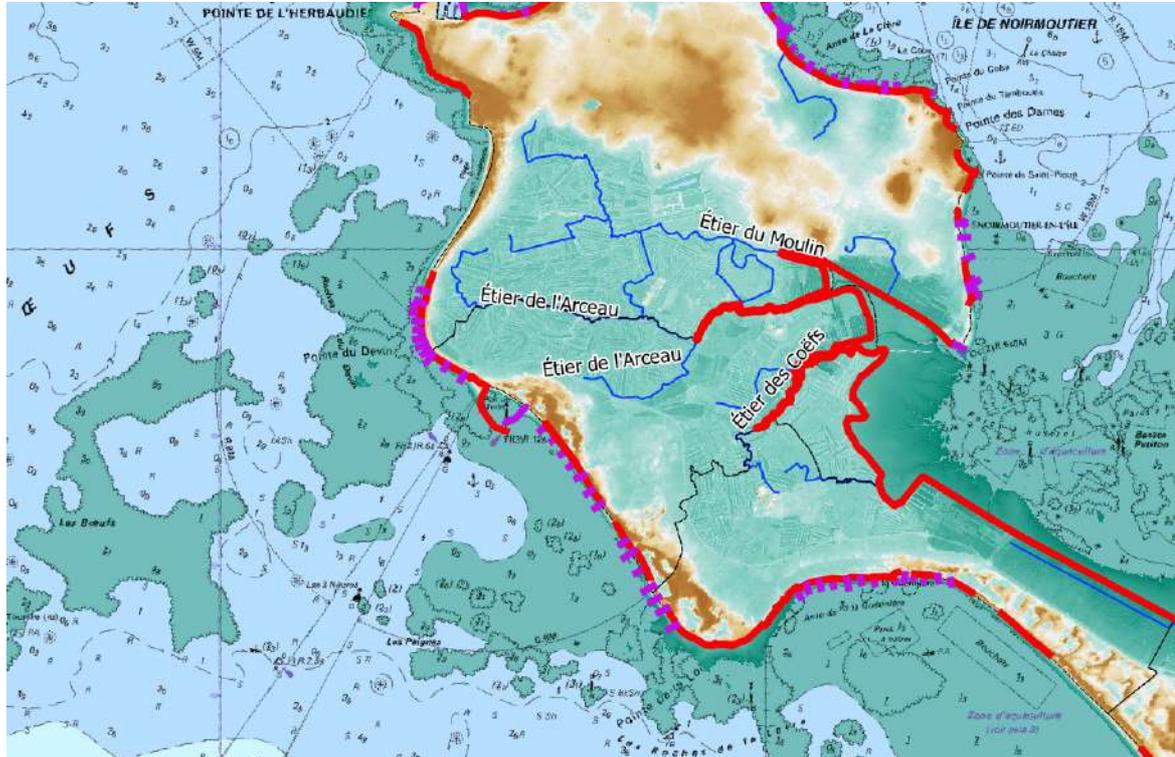


Figure 4.17 : Topographie d'ensemble de l'île entre la pointe de l'Herbaudière et le village de la Tresson (PCRS 2022 et scan Littoral® du SHOM).

Le massif rocheux calcaire apparaît largement sur l'estran de la pointe du Devin à la pointe de la Loire. Entre cette dernière et la Guérinière, le rivage ouvert au Sud-Sud-Ouest forme une baie en partie protégée de l'agitation par les divers platiers (de la Loire, des Mouneries, de Chabot).

De la pointe de l'Herbaudière à la pointe du Devin

Ce secteur est celui du nord au sud de l'Herbaudière Ouest, de la plage des Lutins et de la grande plage de Luzéronde. Il est protégé par un cordon dunaire présentant une cote de protection topographique minimale continue autour de 7,5 m IGN69. L'altimétrie maximale du cordon atteint entre 10 et 12 m IGN69.

Ce cordon est beaucoup plus développé en largeur au droit de l'Herbaudière Ouest et de la plage des Lutins qu'au droit de la plage de Luzéronde. Il change également d'orientation entre ces deux secteurs. D'abord NO-SE, il devient de direction NNE-SSO au droit de Luzéronde. Le volume du cordon au droit de l'Herbaudière Ouest et de la plage des Lutins (1 400 ml environ) a été estimé à 1 817 000 m³ sur la base du Litto3D 2010, tandis que celui de Luzéronde (2 300 ml environ) a été estimé à 749 000 m³.



La largeur du cordon de Luzéronde diminue significativement du nord au sud. Ce cordon de Luzéronde protège la vaste zone déprimée des marais salants sur une largeur maximale en base de presque 300 m au nord et minimale d'environ 40 m au sud.

Seul le tronçon de l'Herbaudière Ouest et l'extrémité Sud du cordon de Luzéronde, à la transition avec la pointe du Devin, est protégé par un ouvrage longitudinal.

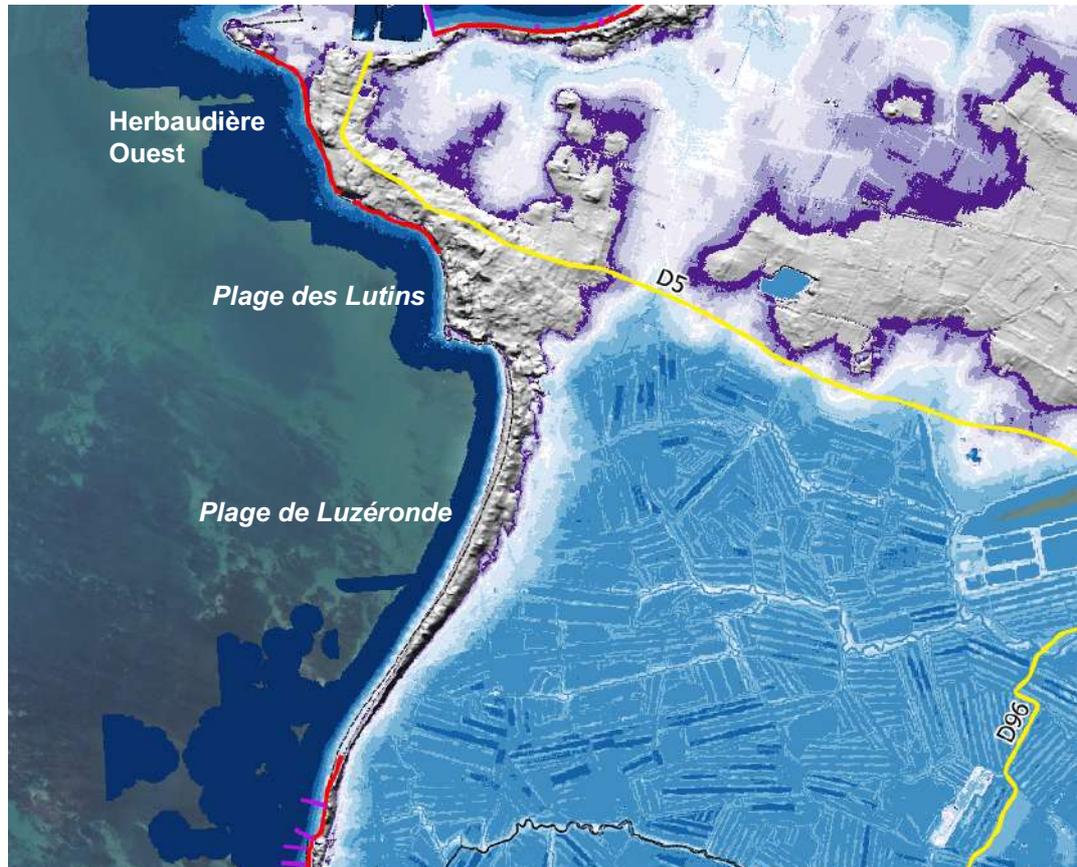


Figure 4.18 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants de la pointe de l'Herbaudière à la pointe du Devin (PCRS, 2022).

La pointe du Devin

Le secteur de la pointe du Devin s'étend donc de la plage de Luzéronde au Nord au port de Morin au sud. Il est partagé entre les communes de Noirmoutier-en-l'Île et L'Épine. Le trait de côte est orienté quasiment Nord-Sud au droit de Noirmoutier-en-l'Île et NO-SE au droit de L'Épine.

A ce niveau, le cordon dunaire offre une protection topographique minimale quasi-continue de 6 m IGN69. Sa largeur au-dessus de cette cote étant toutefois très mince. Son altitude maximale est autour de 8 m IGN69.



La largeur en base du cordon (à 5 m IGN69) est comprise entre 45 et 120 m. Cette largeur apparaît toutefois relativement homogène. Son volume du cordon (1 300 ml environ) a été estimé à 76 000 m³ sur la base du Litto3D 2010.

La protection topographique minimale est toutefois comprise entre 5 et 6 m IGN69 au sud du cordon, à l'interface avec la jetée du port de Morin.

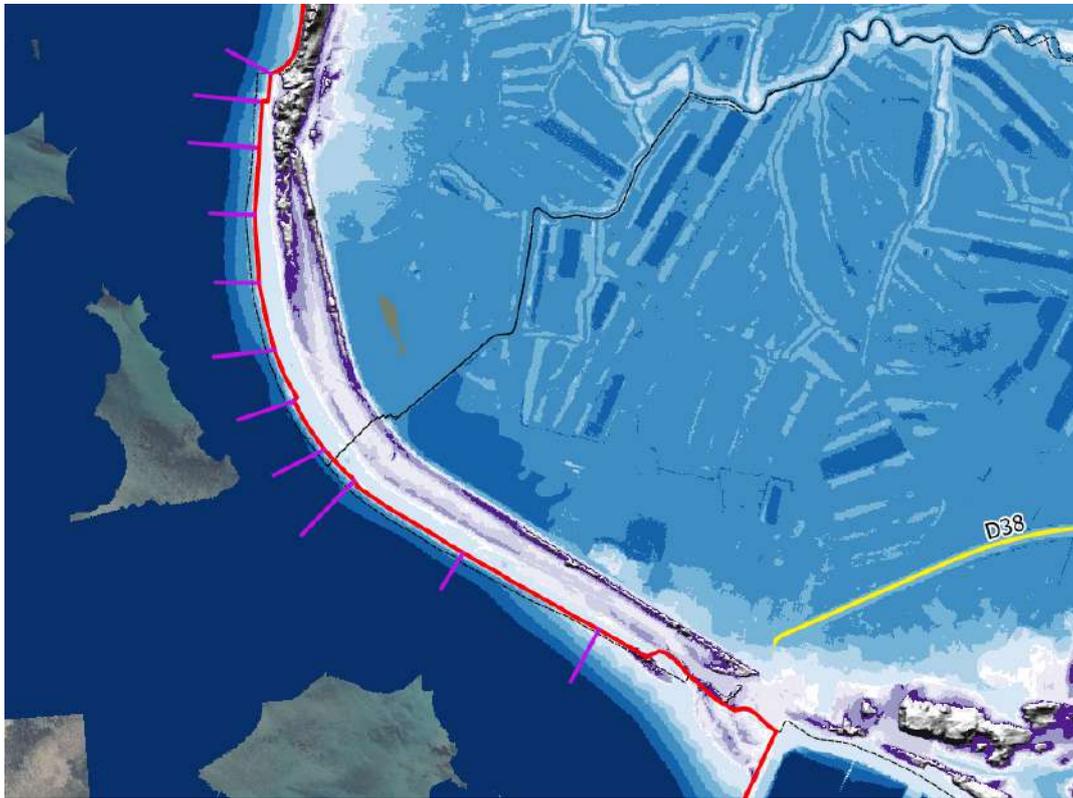


Figure 4.19 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants au droit de la pointe du Devin (PCRS, 2022).

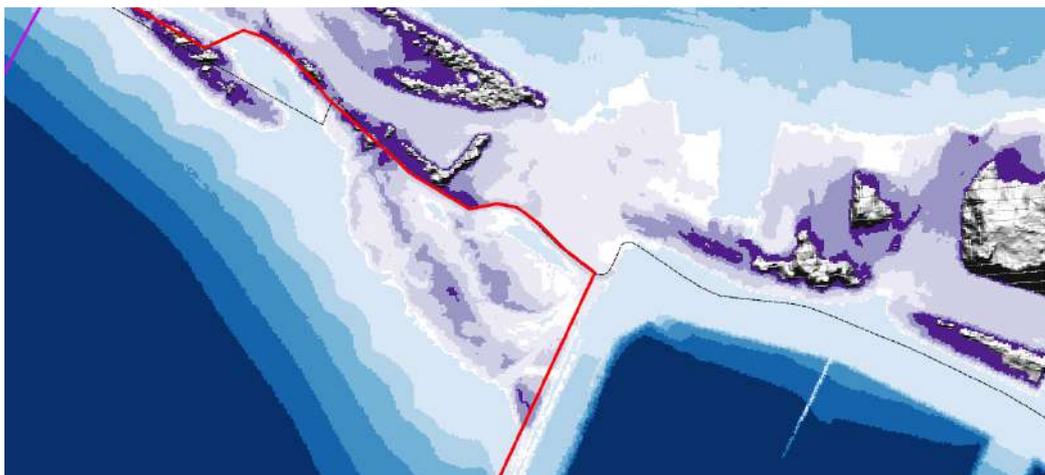


Figure 4.20 : Zoom sur la topographie du cordon à l'extrémité Sud de la pointe de Devin à l'interface avec la jetée du port de Morin (PCRS, 2022).



De la pointe du Devin au Fier

Sur le secteur de la pointe du Devin au Fier, le cordon dunaire qui protège la zone des marais salants bas est large (700 à 800 m au maximum) sur sa partie Nord au droit de la plage de la Bosse et sur sa partie Sud au droit de la plage des Eloux, mais avec des petites zones déprimées en son sein. Il est orienté NNO-SSE.

En partie centrale, au droit de la plage de l'Épine, ce cordon est beaucoup moins large mais présente tout de même une largeur minimale en base (à 5 m IGN69) autour de 50 m. De plus, il présente une crête élevée autour de 10 m IGN69 en général, et au minimum supérieure à 8 m IGN69 (point le plus bas, relativement, au droit de la route dans le prolongement de la RD95A).

Le cordon offre une protection topographique minimale continue de 5,5 m IGN69. Ses altimétries maximales sont autour de 15 m IGN69. Son volume a été estimé à 3 775 000 m³ sur environ 4 200 ml sur la base du Litto3D 2010.

Les cotes minimales de protection se situent au niveau de routes aux extrémités Nord et Sud, entre 5,5 et 6 m IGN69, avec une connexion à une petite zone déprimée au droit de ces points plus « bas », relativement. Une barrière topographique entre 6 et 6,5m IGN69 existe entre ces zones déprimées et la zone basse des marais salants en arrière.

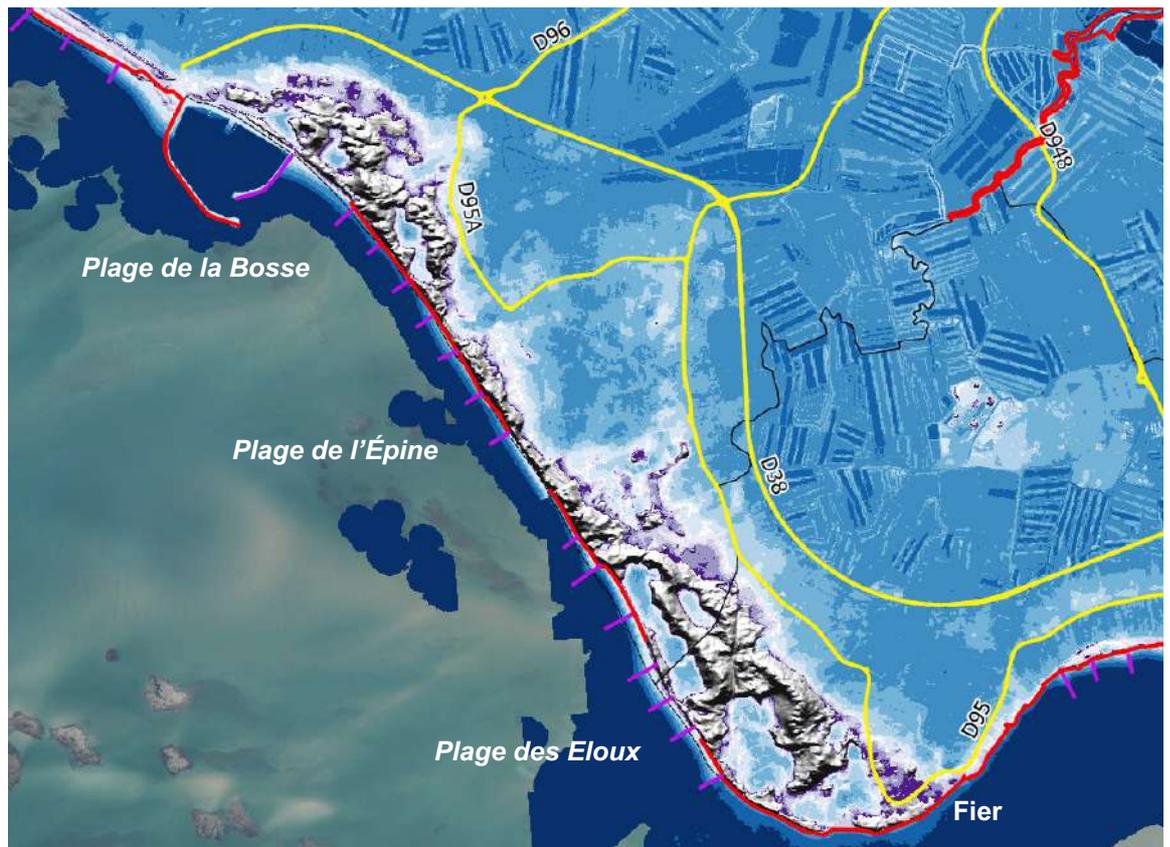


Figure 4.21 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants de la pointe du Devin au Fier (PCRS, 2022).



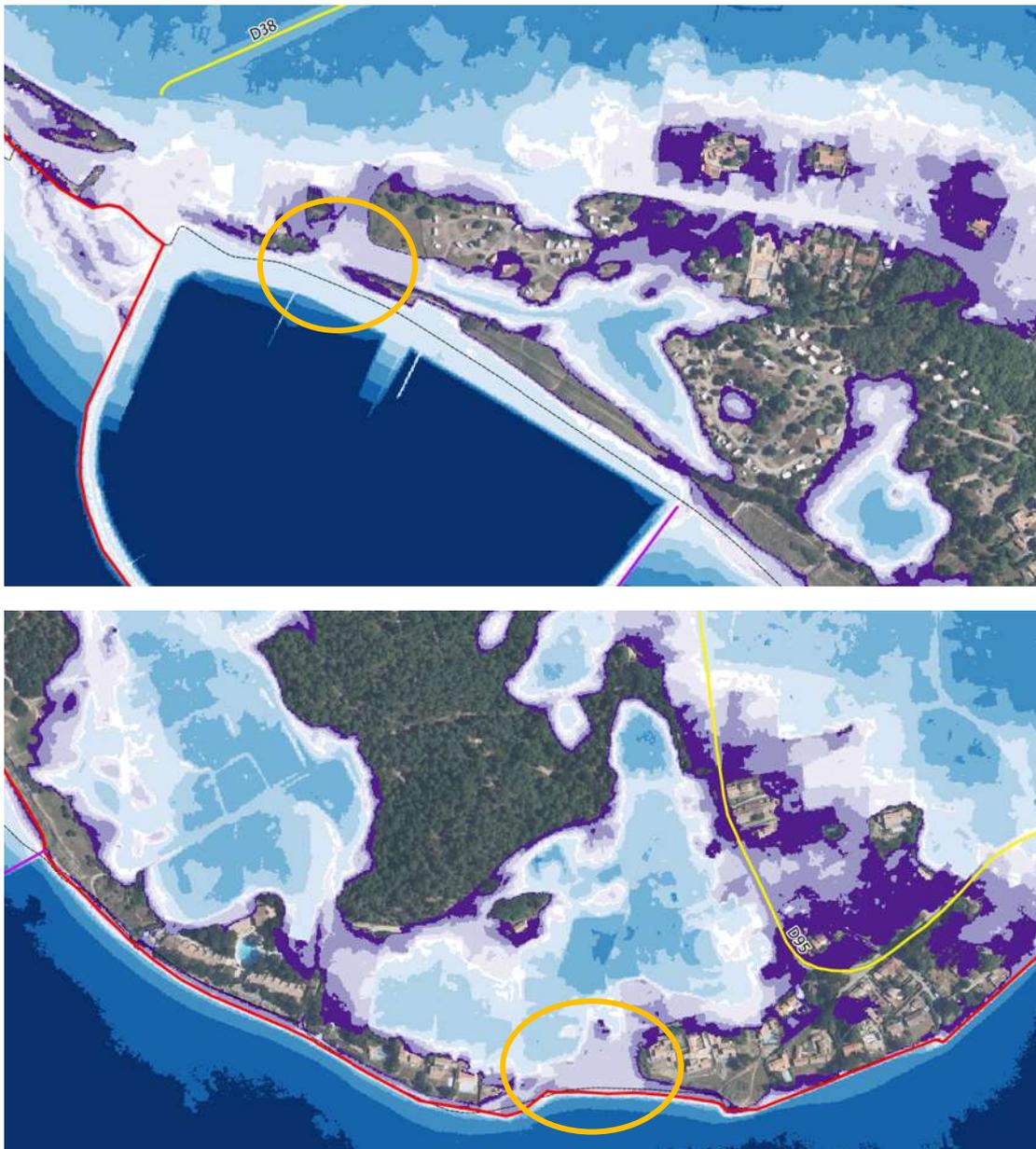


Figure 4.22 : Zoom sur la topographie du cordon au droit du port de Morin (en haut) et de la pointe de la Loire (en bas) – Localisation des cotes minimales de protection topographique (PCRS, 2022).

A l'exception de 3 tronçons de 300 à 450 m, un au droit de chacune des plages, le trait de côte est protégé par un ouvrage longitudinal.



Du Fier au village de la Tresson

Sur le secteur au droit de l'anse de la Guérinière du Fier au village de la Tresson, il est distingué trois tronçons.

A l'Ouest, sur environ 500 m dans la continuité du Fier, au droit du Both et de la plage de la Cantine, il n'apparaît quasiment aucun cordon dunaire. Les terrains en arrière du trait de côte sont bas, avec une cote de protection topographique minimale quasiment continue de 4,5 m, sauf au niveau d'un point bas à 4,3 m IGN69 localisé sur la Figure 4.14.

Au niveau du Pulant, toujours au droit de la plage de la Cantine, le cordon dunaire est peu développé sur environ 1 100 m, avec une largeur en base (à 5 m IGN69) minimale de l'ordre de 20 à 25 m et maximale d'une centaine de mètres. La largeur minimale se situe au niveau de la rue du Calvaire au droit de la plage de la Cantine. La protection topographique minimale est entre 5 et 5,5 m IGN69 en continu. La zone basse se trouve juste en arrière de ce cordon.

Enfin, au niveau de la Cour et jusqu'au village de la Tresson, le cordon dunaire est de largeur très variable, avec de nombreuses zones déprimées en son sein, entre le trait de côte et la RD qui le borde en arrière. Sa largeur minimale en base (à 5 m IGN69) est d'une cinquantaine de mètres au droit du camping de la Sourderie. Sa largeur maximale est de plus de 600 m. La protection topographique minimale est comprise entre 6,5 et 7 m IGN69 en continu. En arrière de ce cordon, on trouve les polders de la Nouvelle Brille et de la Tresson. Sa cote maximale est autour de 10-12 m IGN69.

Il existe un ouvrage longitudinal de protection contre la mer en continu sur les deux premiers tronçons et morcelé sur le troisième.



Figure 4.23 : Topographie détaillée et zone déprimée des marais salants et des polders du Fier au village du Tresson (PCRS, 2022).



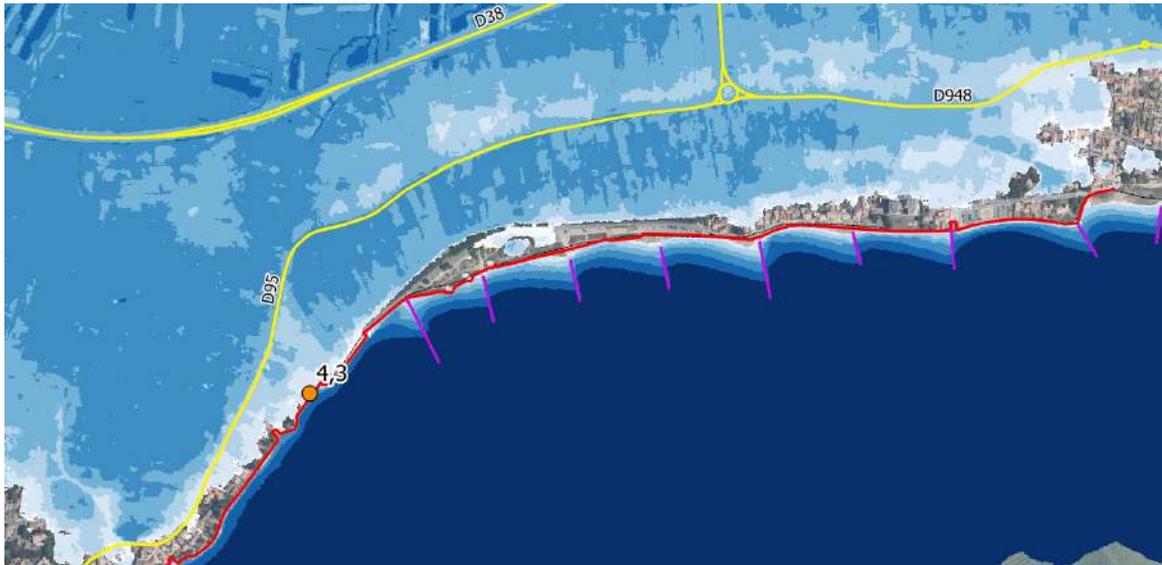


Figure 4.24 :Zoom sur la zone basse au droit des tronçons du Both et du Pulant et localisation du point bas (PCRS, 2022).



Figure 4.25 :Zoom sur la topographie du cordon dunaire au droit de la Cour et du village de la Tresson (PCRS, 2022).

Le volume du cordon dunaire du Fier au Pulant inclus a été estimé à 154 000 m³ sur la base du Litto3D 2010 sur un linéaire de 2 300 ml environ.



4.2.2.4 Entre le village de la Tresson et la pointe de la Fosse

La figure suivante donne une vue d'ensemble de la topographie terrestre prolongée par les fonds marins entre le village de la Tresson au nord (Guérinière) et la pointe de la Fosse (Barbâtre). Le trait de côte est globalement orienté NNO-SSE.

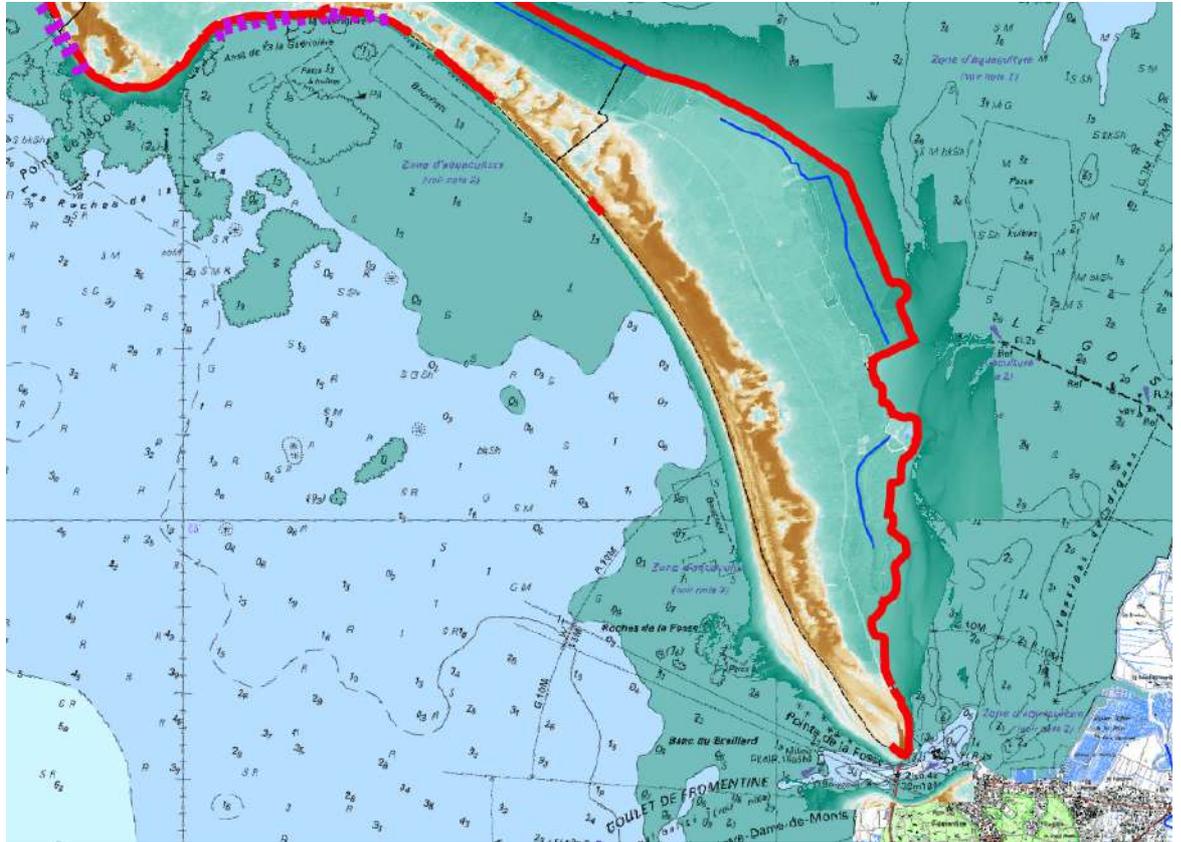


Figure 4.26 : Topographie d'ensemble de l'île entre le village de la Tresson et la pointe de la Fosse (PCRS 2022 et scan Littoral® du SHOM).

Jusqu'au lieu-dit du Midi, le cordon dunaire est dans la continuité de celui jusqu'au village de la Tresson, c'est-à-dire de largeur variable et avec des zones déprimées en son sein, mais avec une largeur en base (à 5 m IGN69) minimale toutefois importante, autour de 200 m. Au sud du Midi et jusqu'à la flèche sableuse qui forme la pointe de la Fosse, le cordon dunaire est puissant avec une largeur en base (à 5 m IGN69) minimale de 500-600 m et maximale d'un peu plus d'1 km.

La protection topographique minimale du cordon dunaire du village du Tresson jusqu'à la flèche sableuse est entre 7,5 et 8 m IGN69 en continu. L'altimétrie maximale du cordon est autour de 15 m IGN69. Ce cordon protège les terrains bas des polders. Le volume du cordon de la Cour à l'extrémité Sud de l'île a été estimé à 11 958 000 m³ sur la base du Litto3D de 2010 sur un linéaire d'environ 10,6 km.

Au droit de la flèche sableuse à l'extrémité Sud, la morphologie des dunes est perturbée avec les altimétries qui diminuent progressivement jusqu'à descendre entre 4,5 et 5 m IGN69 à la terminaison de la flèche. A ce niveau toutefois, la RD en arrière, dans le prolongement du pont, repose sur un remblai haut



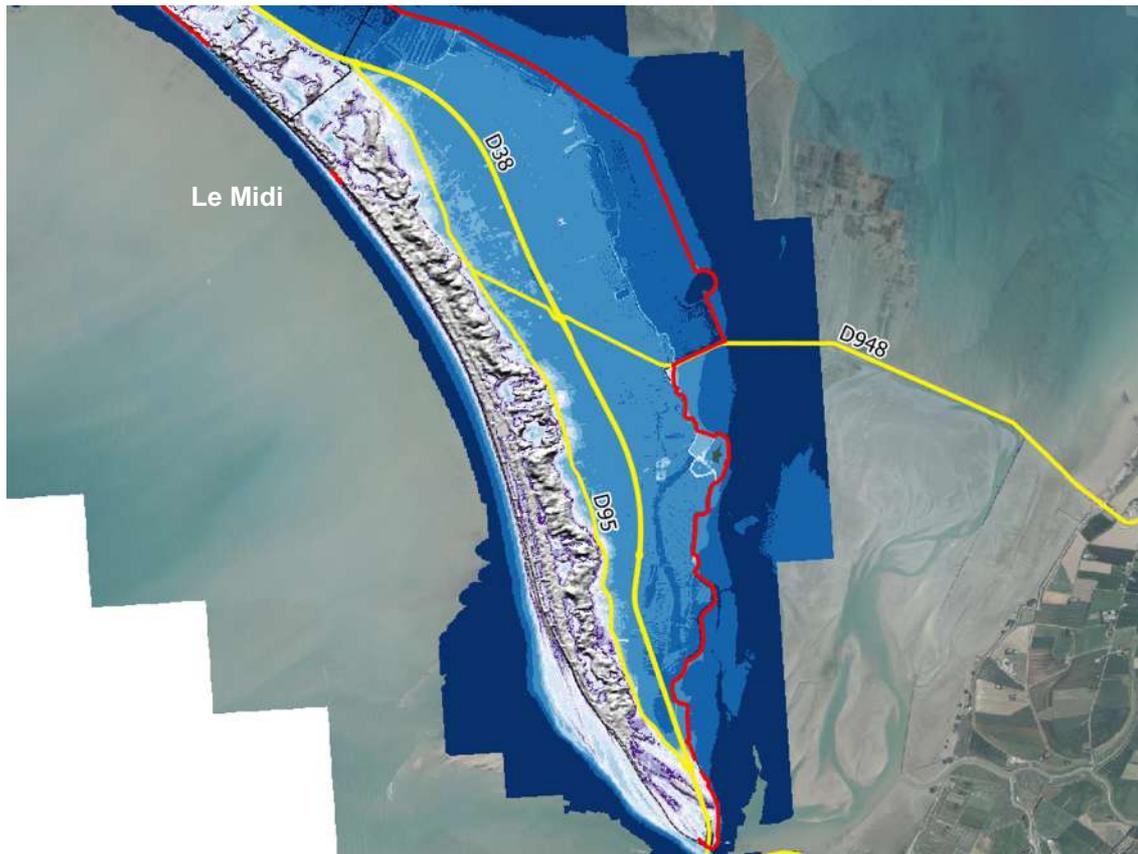


Figure 4.27 : Topographie détaillée et zone déprimée des polders du village de la Tresson à la pointe de la Fosse (PCRS, 2022).

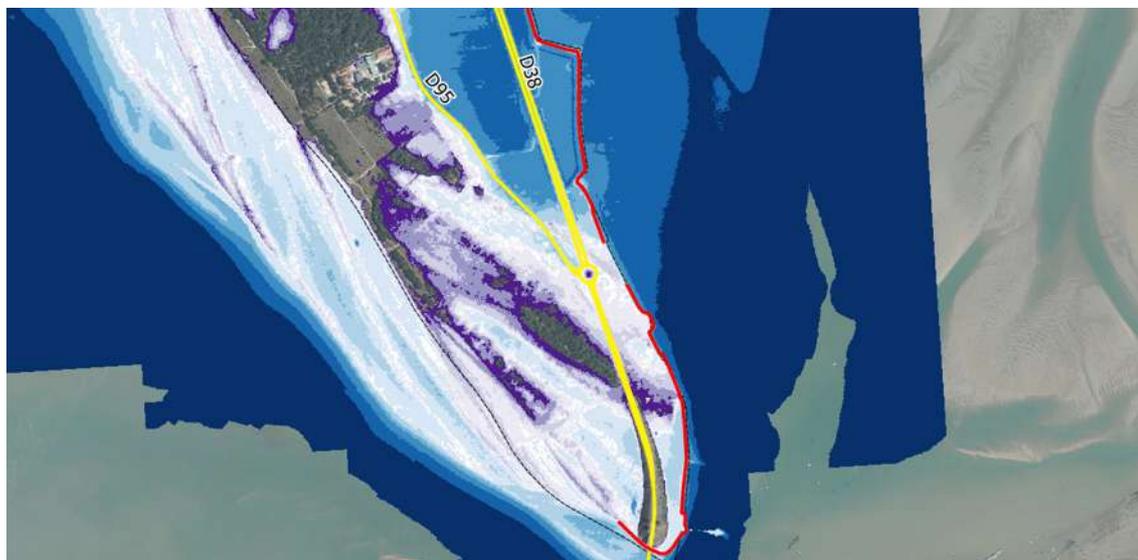


Figure 4.28 : Zoom sur la topographie de la flèche sableuse de la pointe de la Fosse (PCRS, 2022).

Ce secteur n'est protégé par un ouvrage longitudinal que sur une distance courte (120 m) au niveau du Midi.



4.2.2.5 La façade Est entre le port de Noirmoutier-en-l'Île et la pointe de la Fosse

Les terrains sont constitués des marais salants et des polders et représentent une vaste zone déprimée sous le niveau des plus hautes mers astronomiques. Il n'y a pas réellement de sens à dégager de points bas spécifiques sur cette façade entièrement protégée contre la mer par des digues longitudinales.

4.2.2.6 L'île du Pilier

L'île du Pilier se trouve au nord-ouest de l'île de Noirmoutier, à une distance d'environ 4500 mètres, séparée de cette dernière par le canal de la Crise.

Historiquement, cette île a été choisie en raison de sa position géographique stratégique pour la surveillance et a été habitée depuis très longtemps.

La figure suivante donne une vue d'ensemble de la topographie terrestre de l'île du Pilier. La topographie permet de distinguer le sémaphore, construit au cœur de l'île, sur son point culminant, dans le but d'offrir une vue optimale sur l'océan/

L'essentiel des terres de l'île présente une topographie relativement élevée, en comparaison avec les niveaux extrêmes et en particulier la zone d'implantation du sémaphore,

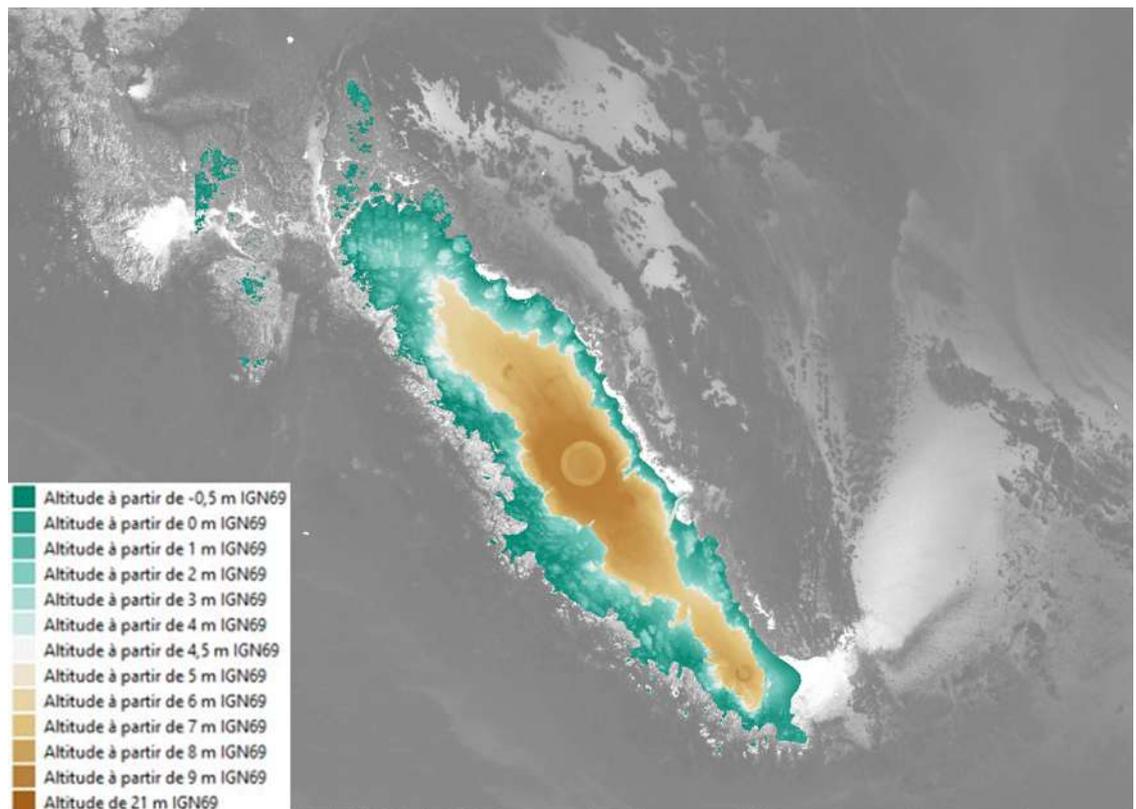


Figure 4.29: Topographie d'ensemble de l'île du Pilier



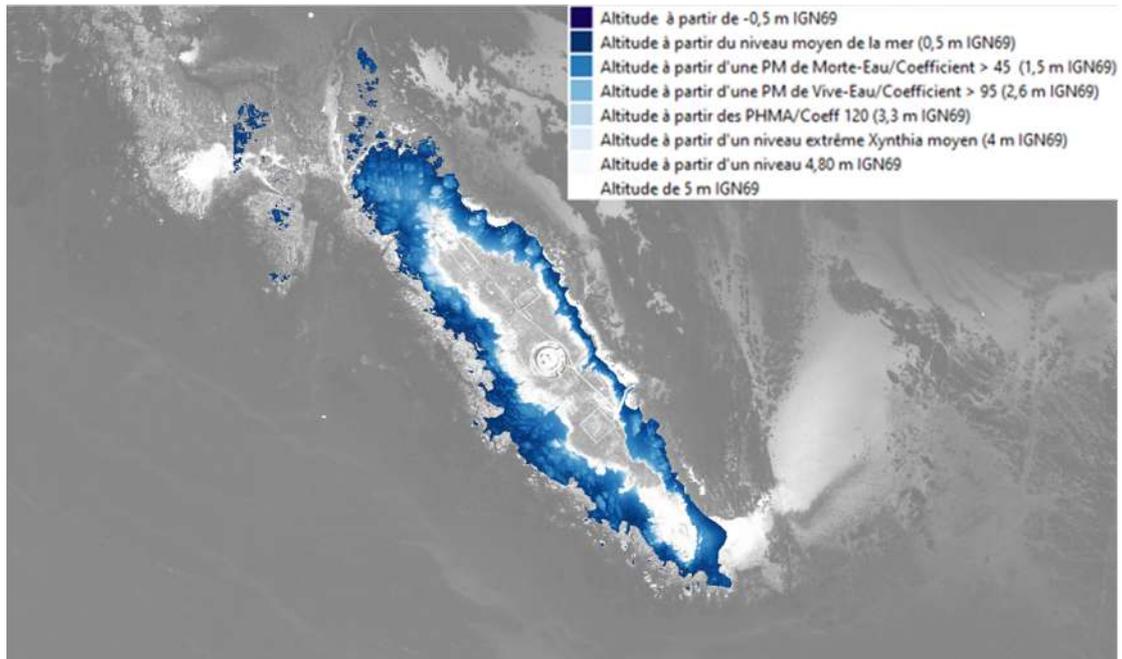


Figure 4.30 : Topographie de l'île du Pilier en lien avec les niveaux caractéristiques de marée et les niveaux marins extrêmes



5 Analyse historique de la zone d'étude

5.1 Objectifs

Les objectifs de l'analyse historique de la zone d'étude sont de mettre en évidence :

- L'évolution de l'occupation des sols, et notamment de l'urbanisation, dans les zones exposées ;
- L'historique de la constitution du système de protection actuel contre les submersions, en recherchant les raisons des évolutions en lien avec le développement de l'implantation et des activités humaines et avec les événements subis par le passé.

Sur l'île de Noirmoutier, la prise en compte des risques littoraux est très ancienne et a été modelée par les événements vécus, et notamment les événements de submersions marines les plus impactants de 1937 et de 1978/1979.

La tempête Xynthia, en février 2010 a été moins marquante sur l'île mais, du fait du niveau d'eau atteint, sert d'évènement de référence pour le PPRL de 2015.

Ces événements ont été initiateurs de changements dans la gestion de la protection et, surtout pour Xynthia, d'aménagements du système de protection de l'île.

Ce dernier est constitué des cordons dunaires et d'un ensemble unique de digues, perrés, remblais, épis et autres ouvrages de protection, parfois très anciens, contre la submersion marine et l'érosion du trait de côte. Les ouvrages ont récemment été structurés en deux systèmes d'endiguement complémentaires gérés par une équipe d'agents territoriaux spécialisés et une organisation « gémapienne » adaptée à la protection du littoral insulaire.



5.2 Du Moyen-Âge jusqu'au 19^{ème} siècle : la période des grands travaux

5.2.1 Généralités sur le développement des activités humaines qui ont modelé l'île

Il a été vu au chapitre précédent que dans l'histoire géologique de l'île s'est constitué dans sa partie centrale un vaste espace de vasières, c'est-à-dire de marais humides, qui était initialement protégé de l'océan Atlantique par le socle rocheux et les cordons dunaires qui se sont progressivement édifiés de la pointe de l'Herbaudière jusqu'au goulet de Fromentine.

C'est d'abord le développement de l'activité agricole au sens large du terme qui a fait évoluer l'île de Noirmoutier : la transformation des marais humides en marais salants pour l'activité salicole, tout d'abord, puis plus tard à partir du 17^{ème} siècle la poldérisation sur la façade Est de l'île avec des gains de terrain sur la baie de Bourgneuf pour diverses activités comme le pâturage, les cultures, l'ostréiculture, ou encore l'aquaculture

Il est attribué notamment au moine Saint-Philibert, aux environs de 674, la création marais salants. Il encouragea la population à mettre son sol en valeur non seulement en réalisant d'importants travaux de drainage via les trois étiers, et en consolidant les dépôts de boues amenés par les marées en les ceinturant de digues, mais également en organisant la récolte du sel.

La vaste lagune en partie centre-nord de l'île a ainsi été aménagée avec la création de remblais/chaussées pour retenir l'eau et la canalisation de 3 étiers qui permettent à l'eau de circuler.

C'est ensuite à partir du 17^{ème} siècle que des centaines d'hectares furent gagnés sur la mer selon des techniques issues des procédés flamands avec la poldérisation sur la façade Est de l'île. Des digues ont ainsi été réalisées sur l'estran pour délimiter les polders et les protéger contre la mer. En partie Sud de l'île, ces polders ont été réalisés directement en arrière du cordon dunaire de la façade Atlantique de l'île.

Grâce à ces nouvelles terres gagnées sur la mer (jusqu'au 19^{ème} siècle), les cultures céréalières et les prairies pâturées furent étendues.



5.2.2 La lutte contre les éléments naturels

5.2.2.1 Généralités

Deux types de menaces contraignaient les Noirmoutrins dans leur ambition de gagner des terres sur la mer en particulier, mais également, de manière plus générale, dans l'aménagement de leur territoire insulaire :

- Les volements de sables qui recouvrent habitations et terres agricoles

La mobilité du sable et le déplacement des dunes vers l'intérieur des terres (entre le 15^{ème} siècle et le début du 19^{ème} siècle) sous l'action des vents dominants d'Ouest et de Sud-Ouest constituent un danger pour les villages et les champs.

C'est pour cette raison que, au cours du 19^{ème} siècle, furent prises des mesures visant :

- d'une part à développer un couvert végétal pour maintenir le sable en place (le 14 décembre 1810 est décrété par Napoléon « l'ensemencement, la plantation et la culture de végétaux reconnus les plus favorables à la fixation des dunes »).

Les Forêts domaniales gérées par l'Office National des Forêts s'étendent aujourd'hui sur 2 secteurs de surfaces importantes (Pointe de l'Herbaudière – Pointe du Devin et La Maison Rouge (Barbâtre) - Pointe de la Fosse), et 3 autres secteurs de surfaces moins importantes (Bressuire – Saint-Jean, Maugendrie – Pointe de la Loire et La Guérinière – Les Sables d'Or),

- et d'autre part à limiter la dégradation des cordons dunaires liée à une forte fréquentation (Arrêté préfectoral de 1820 qui interdit le parcours des bestiaux sur les dunes mais également de n'y opérer aucune coupe).

- Les tempêtes qui provoquent des destructions et des inondations des zones basses

L'action des vagues lors des tempêtes pouvait déstabiliser localement ce rivage. La rupture du cordon dans ses parties les plus étroites, ainsi que la destruction des digues, (inondations des zones basses), étaient devenues rapidement une véritable menace pour les activités humaines. Elles allaient fortement contrarier les habitants dans leur ambition de maintenir les terres gagnées sur la mer.

Pour empêcher le recul du trait de côte et assurer la pérennité des diverses activités agricoles notamment, des ouvrages de protection (digues) ont été édifiés dès le 18^{ème} siècle. **Ces travaux de grande envergure ont d'abord été réalisés dans les secteurs les plus sensibles aux inondations se situant sur la façade Atlantique, à savoir celui de la pointe du Devin, et ceux du Both, de Pulant et du Fier au droit de l'anse de la Guérinière.**



C'est à partir de cette période que se développe l'idée de stabiliser le trait de côte et que se généralise la mise en place d'ouvrages longitudinaux (digues, perrés) ou transversaux (ensemble d'épis perpendiculaires à la plage).

5.2.2.2 Sur le littoral Atlantique

C'est donc sur la façade la plus exposée de l'île, à l'Ouest, au droit des points les plus sensibles que sont mises en place les premières grandes digues, là où les dunes trop basses et trop étroites ne permettent pas de contenir les terrains déprimés de l'île à l'abri.

Pointe de Devin, la première grande digue de l'île

Les roches du Devin, relativement hautes, présentes devant la pointe du même nom et la nature même de pointe n'ont pas favorisé la création d'un cordon dunaire à cet endroit.

Si la préservation des bords de mer revenait habituellement aux propriétaires, la protection de la pointe de Devin est considérée comme d'utilité publique dès le milieu du 18^{ème} siècle. Les dégâts causés par les tempêtes avaient montré le risque d'inondation de tous les marais salants et la nécessité vitale d'effectuer des travaux de défense contre la mer à cet endroit pour la préservation de l'île et de l'activité salicole (Coutureau et Maheux, 1994). Le prince de Condé, seigneur de l'île et le roi qui la lui racheta en 1767 considéraient que ces ouvrages d'utilité collective devaient être financés par tous les propriétaires de l'île.

Une première tranche de travaux est réalisée dès 1770 par l'ingénieur Lamandé. Cependant, le manque d'entretien et la fragilité de l'ouvrage entraînent de nombreuses campagnes de réparations au rythme des tempêtes dévastatrices (comme celle de décembre 1771). Dès 1777, Lamandé fait réparer l'ouvrage et un épi destiné à fixer les sables au pied de la dune est construit perpendiculairement à la digue : c'est la première tentative de ce genre, due à un particulier, en France (Denis-Heurtin, 1959).



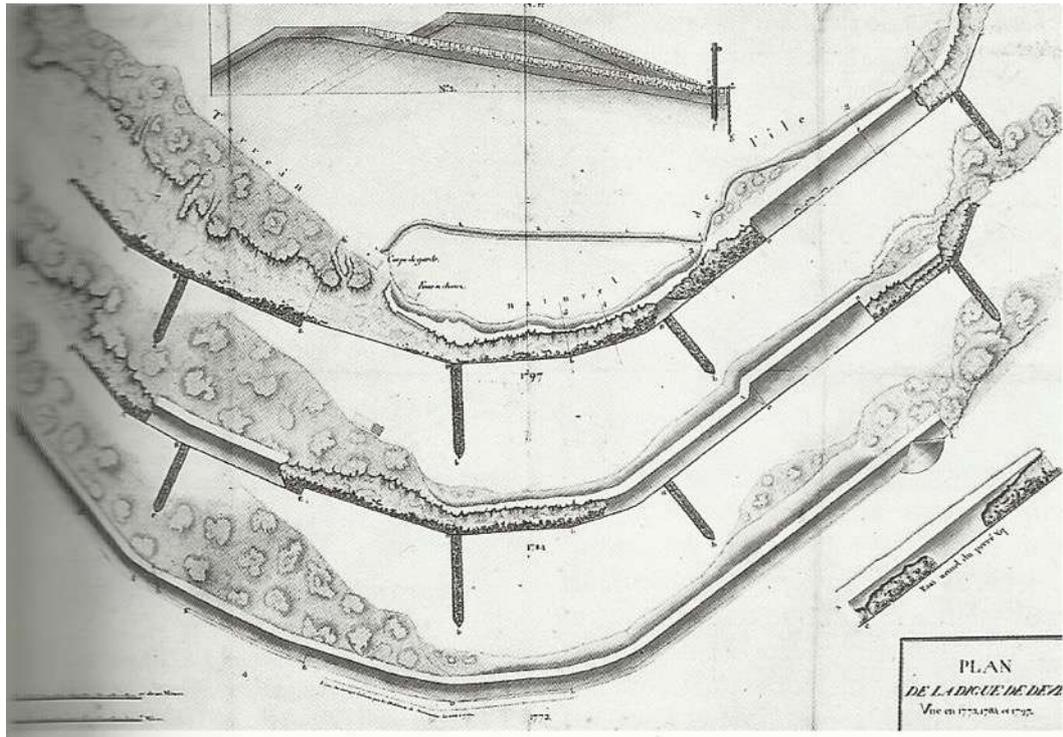


Figure 5.1 : Dignes de Devin, relevés comparatifs des travaux faits à la digue, par Nicolas Dorotte (Coutureau et Maheux, 2000).

La tempête de Février 1781 impose cependant la reconstruction totale de l'ouvrage qui ne peut être menée que partiellement par l'ingénieur Dorotte de 1784 à 1788. Tout ce travail est d'ailleurs réduit à néant par la tempête de Janvier 1791 et les travaux ne reprennent pas dans le contexte des guerres de Vendée. Dans la crainte d'une nouvelle submersion, les habitants font construire une digue secondaire, dite "de retraite" et faite de sable recouvert de terre sur 233 mètres. Malgré l'urgence de la situation (nombreux dégâts lors de tempêtes), rien de définitif n'est fait avant 1815.

De 1815 à 1819 les travaux reprennent sous la direction de l'ingénieur Leroy. Une nouvelle digue de première ligne est reconstruite, l'espace entre cet ouvrage et la "digue de retraite" est remblayé et huit épis de bois fourrés viennent protéger ces travaux. Ces huit épis sont remplacés entre 1846 et 1857. Les travaux exécutés durant cette période aboutissent donc à une refonte quasi-définitive des ouvrages de Devin. Des réparations menées par l'ingénieur Dingler de 1880 à 1882 permettent à ces constructions de résister jusqu'à nos jours malgré les travaux fréquents engendrés par les tempêtes comme celle de 1972, qui entraîne, à partir de 1976, la mise en place d'enrochements longitudinaux massifs sur toute la longueur de l'ouvrage (Coutureau et Maheux, 1994).



La Guérinière : la tempête de février 1838 comme élément déclencheur

Au sud de la pointe de Devin, les petites digues privées établies sur la côte de Pulant à la Guérinière sont détruites par la tempête du 25 février 1838, et les terres situées en arrière sont submergées. En accord avec la loi de Septembre 1792, leur reconstruction est considérée comme "nécessaire à la sureté de l'île" et prise en charge par l'Etat.

De 1840 à 1880, les ingénieurs Plantier puis surtout Dingler, réalisent donc plus de 1700 mètres d'ouvrages de défense allant du Fier jusqu'à la Cour et formés de "grandes digues maçonnées" et d'épis en bois ou en pierre (Coutureau et Maheux, 1994).

5.2.2.3 Sur la côte Nord

La côte Nord, particulièrement exposée aux vents de Nord-Ouest est également l'objet de l'attention des habitants à la fin du 19^{ème} siècle. Pour défendre leurs maisons menacées, ils élèvent, entre 1870 et 1883, 1.650 mètres de murs discontinus aux villages de La Madeleine et du Vieil, des épis de pierres sèches protégeant ces ouvrages (Denis-Heurtin, 1959).

Aux mêmes dates, d'importants ouvrages sont également exécutés aux Sableaux sur 450 mètres.

5.2.2.4 Sur la côte orientale

Des ouvrages de conquête destinés à l'agriculture et à la saliculture

Les digues qui protègent la côte orientale de l'île sont donc apparues au fur et à mesure du développement des gains de terrain sur la mer pour la création des polders.

Si les premiers dessèchements sont apparus au Moyen-âge, c'est au 18^{ème} siècle que le phénomène prend beaucoup plus d'ampleur.

En 1745, Cornil-Guislain Jacobsen crée un dessèchement de 17 hectares appelé "La Lyde" à la pointe de la Fosse, puis, il dessécha de 1770 à 1772 et de 1783 à 1787 près de 250 hectares. En 1772, Joubert des Ouches obtient l'autorisation de mettre en valeur les lais de mer situés entre l'entrée du port et "La Tresson". Vers 1785, Lebreton des Grapillières réalise les dessèchements du "Boucaut" et des "Retraites" au sud du port. Enfin, dans le même temps, François Boucheron, un négociant, façonne ses prises de "La Berche" et de "Cailla". L'ensemble des terres nouvelles gagnées sur la mer au 18^{ème} siècle est d'environ 400 hectares.

Les polders du 19^{ème} siècle montrent des techniques plus performantes et plus maîtrisées. Jean-Corneille Jacobsen fit réaliser les polders du "Petit Mullembourg" (22 hectares en 1812) et du "Grand Mullembourg" (37 hectares en 1818) pour y créer des marais salants. Ils sont protégés par une digue de 1600 mètres de longueur.



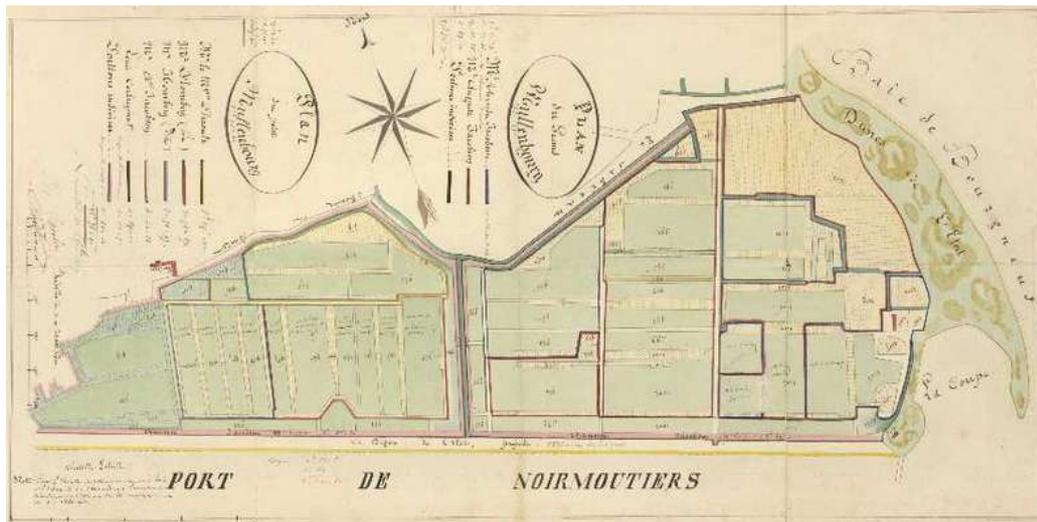


Figure 5.2 : Plan du Petit et du Grand Mullembourg en 1833 (Archives Départementales de la Vendée, 1D71).

Son fils, Auguste Jacobsen, est l'initiateur des deux grands polders de la Guérinière. Celui de "La Nouvelle Brille" referme 64 hectares essentiellement en marais salants en 1830 tandis que, le polder de "La Tresson", d'une surface de 144 hectares destinés à être mis en culture, fut terminé en 1833.

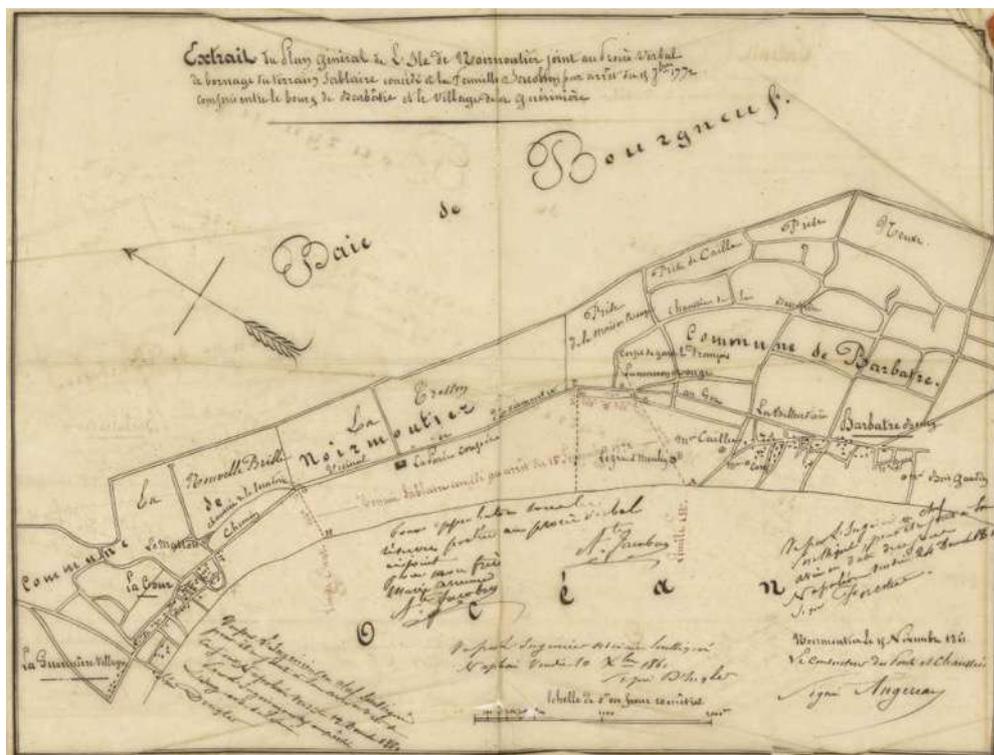


Figure 5.3 : Extrait du Plan Général de l'île de Noirmoutier joint au procès-verbal de bornage du terrain sablaire concédé à la famille Jacobsen, dressé par l'ingénieur soussigné le 10 décembre 1861 (Archives Départementales de la Vendée, 1D71).



Le polder de Sébastopol est réalisé en 1855, sur 124 hectares, par les actionnaires de la "Société générale agricole de drainage, d'endiguement et d'irrigation". En un peu plus d'un demi-siècle, l'île s'était encore agrandie de plus de 400 hectares.

L'historique de la poldérisation est synthétisé sur la figure suivante. Un code couleur est utilisé pour marquer l'âge de création des polders : du bleu/vert pour les plus anciens au rouge pour les plus récents. La poldérisation a donc commencé au sud autour avec l'Enclos vieux (autour de 1700), La Lyde (1745) et La Grande rousse (1760). Elle s'est poursuivie au Nord de la commune de Barbâtre et autour du débouché des étiers jusque 1812/1818 avec la création des polders de Müllembourg. Les deux polders les plus grands et les plus récents, relativement, sont celui de la Tresson au droit de l'Épine et de Sébastopol au droit de Barbâtre.

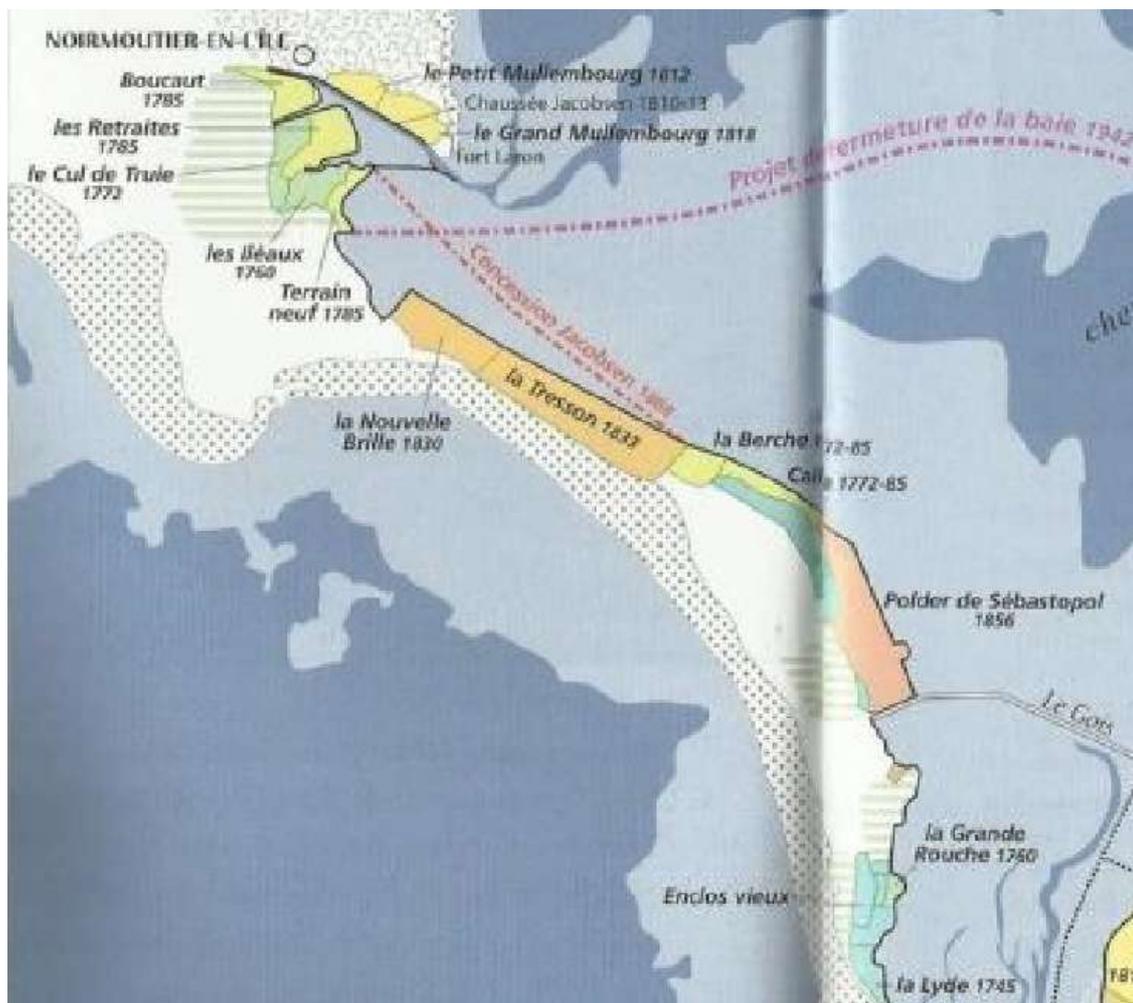


Figure 5.4 : Historique de la poldérisation de l'île de Noirmoutier.



La construction d'un grand port de commerce

Au début du 18^{ème} siècle, le port de Noirmoutier n'est qu'une rive sinueuse dont l'envasement rend la circulation des navires difficile. La formation de la "place au-devant du château" gagnée sur les vases pendant la première moitié du 18^{ème} siècle, permet de créer le "quay neuf" avant 1768 sur une ligne d'ouvrages en pierres sèches d'environ 150 m. L'ouvrage en pierres sèches du "barrage de la Coupe", long de 120 m est édifié entre 1806 et 1808. Dans le même temps est construit l'éperon de Fort Larron, long de 53 m pour protéger l'entrée de la passe.

Entre 1804 et 1816, la digue de dessèchement de 1600 m de longueur des polders de Jacobsen constitue la rive Nord d'un nouveau chenal rectiligne et servant de quai de halage. En 1812-1813, la rive Sud du port est redressée par la nouvelle digue revêtue qui protège les dessèchements de Boucaud (Coutureau et Maheux, 1994).

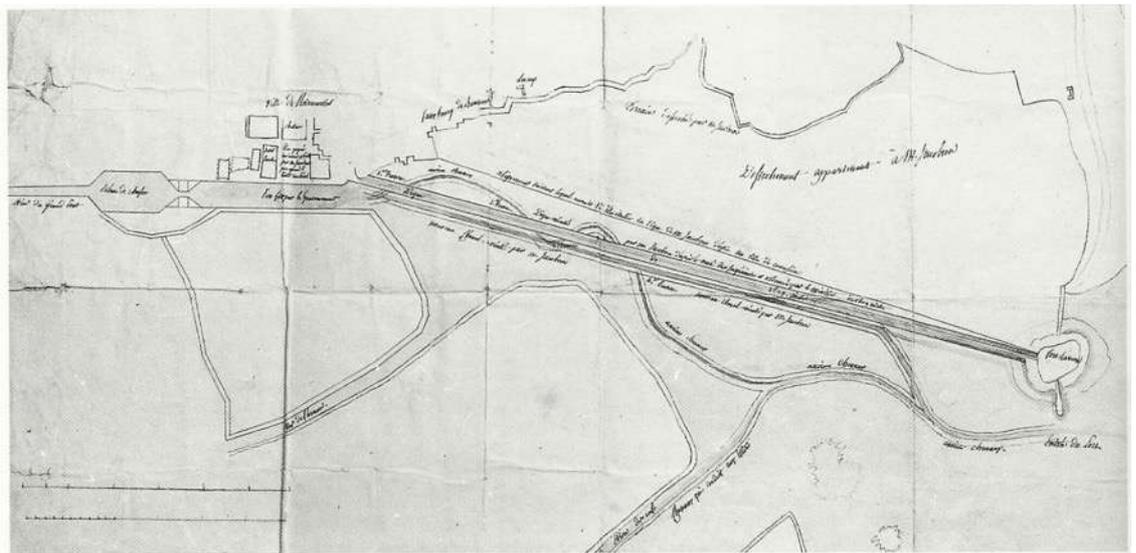


Figure 5.5 : Projets pour la construction de la digue Jacobsen et d'un chenal rectiligne pour le port, dessin de JC. Jacobsen vers 1800 (Cahiers du Patrimoine, 1994, P 118).

1859 à 1862 : la jetée des Ileaux est construite sur 530 m (puis prolongée de 952 m de 1863 à 1866). De 1877 à 1882, le côté Sud de la passe est protégé par un ouvrage de 280 m ancré sur cette même jetée des Ileaux alors que dans le même temps on procède au creusement du chenal.





Figure 5.6 : Plan du port de Noirmoutier, relevé par J.Dingler, 1884 (Cahiers du Patrimoine, 1994, P 118).



5.2.3 Cartographie de l'île et de l'implantation humaine

La carte de l'état-major en figure suivante donne un aperçu général de l'île de Noirmoutier avant 1900, entre 1820 et 1866. Les principales zones bâties sont figurées en orange. Les limites actuelles de l'île apparaissent également.

A cette époque, l'urbanisation est peu développée. Il est déjà distingué les bourgs principaux des 4 communes, ainsi que des zones un peu plus habitées comme celle de l'Herbaudière au nord-ouest et celle de la Fosse à l'extrémité Sud.



Figure 5.7 : Carte de l'état-major de 1820-1866 de l'île de Noirmoutier (Géoportail) et localisation des principales zones bâties.



5.3 Depuis la fin du 19^{ème} siècle : développement du littoral et structuration de la protection contre la mer

Après avoir été modelée par l'activité agricole, l'île s'est transformée depuis la fin du 19^{ème} siècle au gré du développement lié à l'attractivité et aux autres activités littorales du territoire, et en particulier du tourisme.

La présence humaine de plus en plus dense, notamment sur les terrains en arrière du trait de côte, et les conséquences des événements marins vécus ont structuré la prise en compte du risque et fait évoluer les aménagements et les actions de protection contre la mer, voire les limites de l'île.

5.3.1 De la fin du 19^{ème} siècle à l'ouverture du pont

5.3.1.1 L'essor progressif du tourisme

Le littoral atlantique est marqué, à partir du dernier quart du 19^{ème} siècle, par le développement des stations balnéaires avec la mode des "bains de mer". De plus, grâce à l'arrivée du chemin de fer, les temps de trajet sont réduits et un nombre croissant de destinations deviennent accessibles. Dans les années 1870, Noirmoutier profite notamment de la nouvelle ligne ferroviaire Paris-Pornic pour mettre en place une liaison maritime qui donne accès à l'estacade de la plage des Dames, dans le bois de la Chaise.



Figure 5.8 : La plage des Dames avec au fond, l'estacade (Archives Départementales de la Vendée, 6Fi 590).

Le Bois de la Chaise devient une véritable petite ville d'été séparée du bourg ancien de Noirmoutier où s'établissent des familles nantaises, angevines et parisiennes. A partir de 1870, les premiers lotissements voient le jour. Le nombre de chalets passe de 33 en 1892 à 69 en 1900 et à près de 110 en 1914.



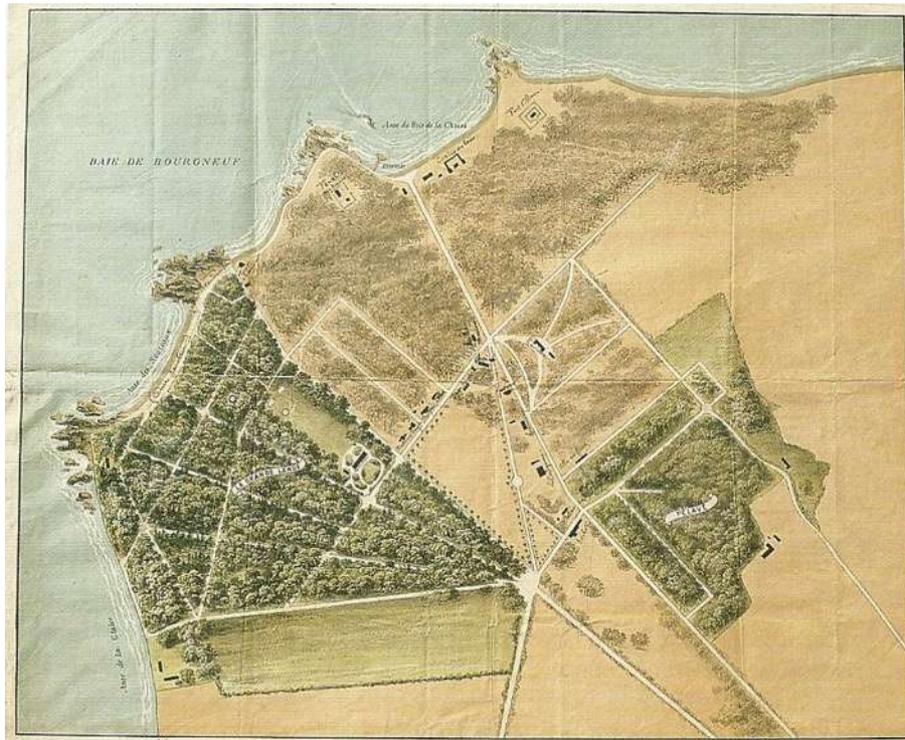


Figure 5.9 : Plan de lotissement pour les terrains Jacobsen vers 1896 (Coutureau et Maheux, 1994).

Il faut attendre le début du 20^{ème} siècle pour voir quelques estivants s'établir sur la plage du Vieil, puis l'entre-deux guerres pour que l'implantation des villas gagne le bois des Eloux à L'Epine, La Guérinière et, dans une moindre mesure, l'Herbaudière.

A partir des années 1930, l'influence du tourisme se fait sentir dans l'ensemble de l'île pendant l'été. La construction de nouveaux hôtels et l'apparition des premières colonies de vacances témoignent de sa véritable évolution.

5.3.1.2 Le début du développement du bâti

Avec l'essor progressif de l'attractivité littorale et du tourisme se produit un développement des surfaces bâties de l'île.

La figure suivante est la cartographie de l'île de Noirmoutier réalisée par l'IGN dans les années 1950 avec les principales zones bâties figurées en violet.

Le bâti se développe le long des axes routiers, à l'exception de la RD traversant les marais salants, et sur le bord de mer. Par rapport au milieu du 19^{ème} siècle, il est noté à une extension modérée des principaux bourgs à ce stade mais surtout le développement du bâti au droit du Bois de la Chaize au nord-est de l'île.



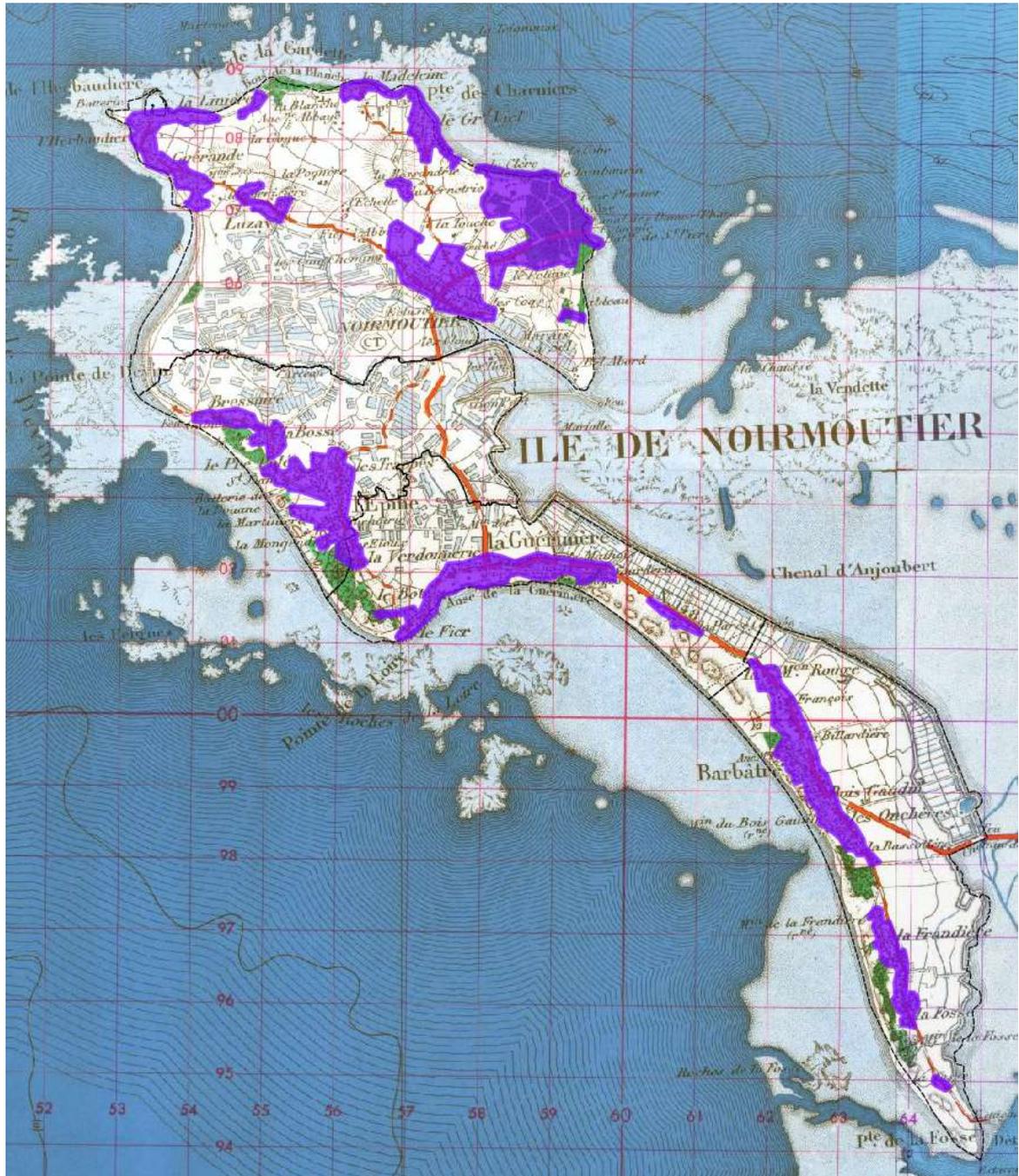


Figure 5.10 : Cartographie de l'île de Noirmoutier de l'IGN dans les années 1950 et localisation des principales zones bâties (Géoportail).





Figure 5.11 : Vue de l'occupation des sols de l'île entre le port de Noirmoutier-en-l'Île et la pointe des Charniers (en haut) et au droit de la pointe de l'Herbaudière en mai 1934 (Géoportail).



5.3.1.3 Evolutions de la protection contre la mer

Avant la tempête de 1937, un polder devant le polder de la Lyde au droit de la Fosse au sud de l'île, s'étendait plus en avant sur la mer. A la suite de la création d'une brèche dans la digue, une partie des terrains a été rendue à la mer.

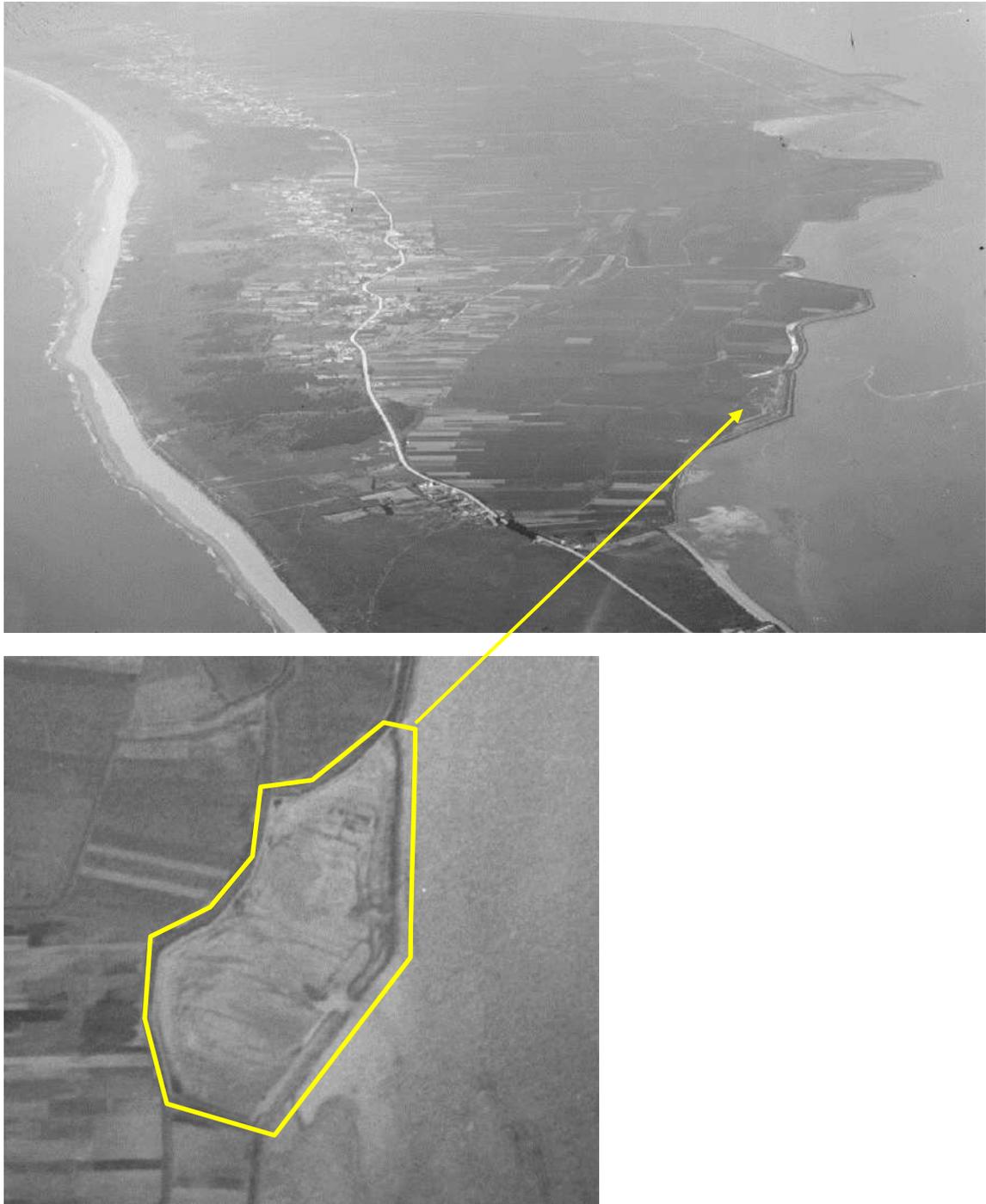


Figure 5.12 : Vue du Sud de l'île de Noirmoutier en mai 1934 (en haut) et de l'emprise des terrains rendus à la mer en janvier 1945 (en bas) (Géoportail).



5.3.2 Depuis l'ouverture du pont

5.3.2.1 Construction du pont, aménagement du port du Morin et évolutions du réseau routier

En 1901-1902, un premier projet de pont au-dessus du goulet de Fromentine est envisagé mais la profondeur du passage, la rapidité du courant et le coût de la construction font abandonner cette idée.

C'est dans les années 1960, alors que le trafic automobile estival sur le passage du Gois arrive à saturation que le projet revoit le jour. Les travaux commencent en mai 1969. Le pont, long de 563 mètres est ouvert à la circulation en juillet 1971 et permet aux habitants et aux estivants de ne plus être dépendants de la marée. Le rattachement au continent constitue un tournant pour le développement touristique de l'île.

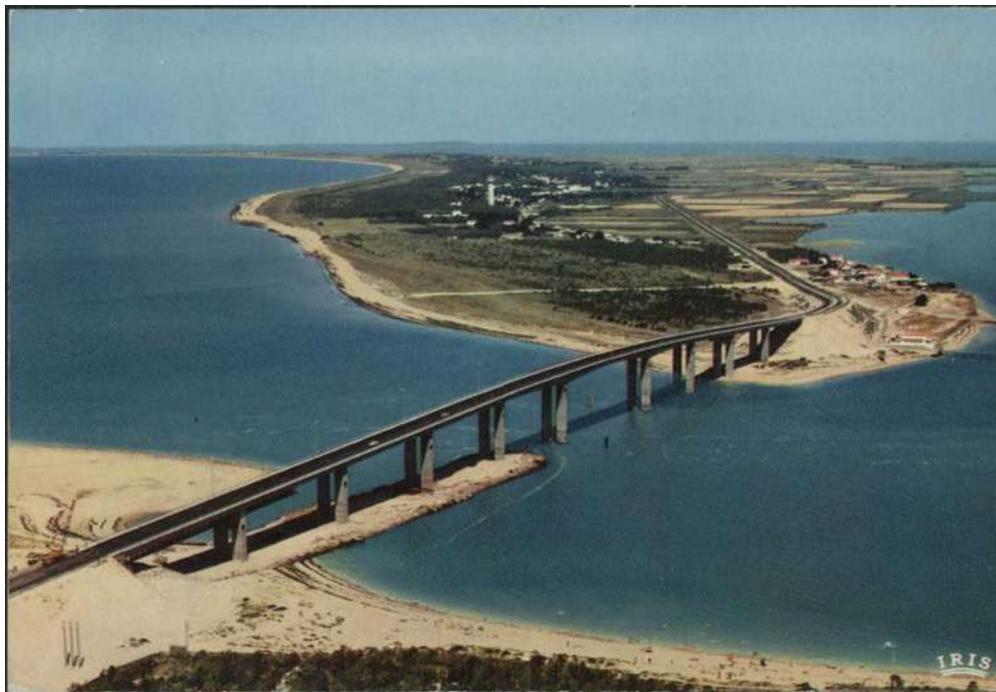


Figure 5.13 : Le pont de Noirmoutier (Archives Départementales de la Vendée, 6Fi 1153).

Dans les années 1970, l'île de Noirmoutier s'ouvre à la plaisance. En 1973, la darse Est du port de l'Herbaudière, jusque-là uniquement destiné à la pêche, est aménagée en port de plaisance (c'est le premier construit en Vendée). En 1976, il devient un port en eau profonde grâce à un déroctage et à un dragage considérable dont les déblais ont servi à constituer le terre-plein situé à l'ouest de la jetée. Ce port est désormais consacré à parts égales à la pêche et à la plaisance.

Dans les années 1990, c'est au Sud de la pointe de Devin qu'est créé le port d'échouage du Morin. La première tranche de travaux est inaugurée en 1995, la seconde en 2001 et la troisième en 2005.



Avec l'ouverture du pont et la création du port du Morin, la route départementale RD38 a été aménagée du pont, au niveau de la pointe de la Fosse au sud, au port du Morin à l'ouest. Cette RD a ainsi été positionnée à l'est de la route principale qui permettait de relier ces deux points.

5.3.2.2 Extension de l'urbanisation

C'est depuis les années 1950 (développement du tourisme de masse) et surtout après 1971 (ouverture du pont reliant la Fosse et Fromentine) que s'est étendue l'urbanisation sur l'île de Noirmoutier.

Cette urbanisation s'est développée :

- en prenant appui sur les villages anciens (l'Herbaudière, Noirmoutier-en-l'Île, l'Épine, La Guérinière, Barbâtre) ;
- le long des voies de communication, entre la Pointe du Devin et la Pointe de la Fosse ainsi que depuis Noirmoutier-en-l'Île en direction de l'Herbaudière, de la Pointe des Charniers et de la Plage des Dames.

On note alors une forte densification de l'habitat par les lotissements de résidences secondaires ainsi que des aménagements spécifiques liés à l'accroissement des activités touristiques (campings, colonies de vacances, parkings, centres nautiques, port du Morin, ...).

Cet étalement urbain est dû à une augmentation de la population insulaire, mais surtout à l'augmentation du nombre de résidences secondaires.

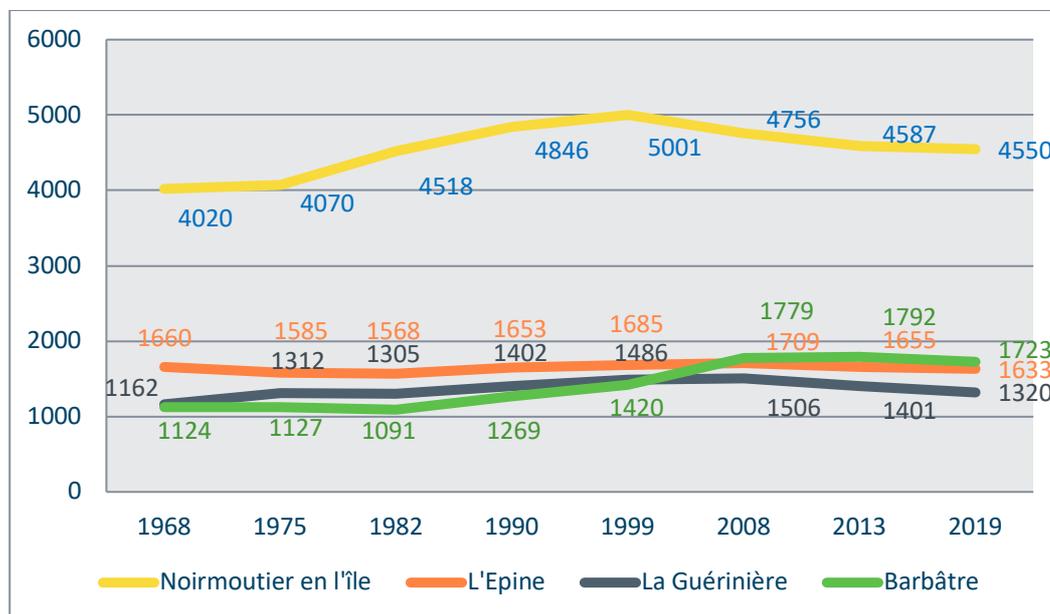


Figure 5.14 : Evolution de la population sur le territoire de l'île de Noirmoutier entre 1968 et 2019 (INSEE).



En effet, en une quarantaine d'années, la population totale a augmenté de 15,8%, passant de 7 966 habitants en 1968 à 9 678 en 2019.

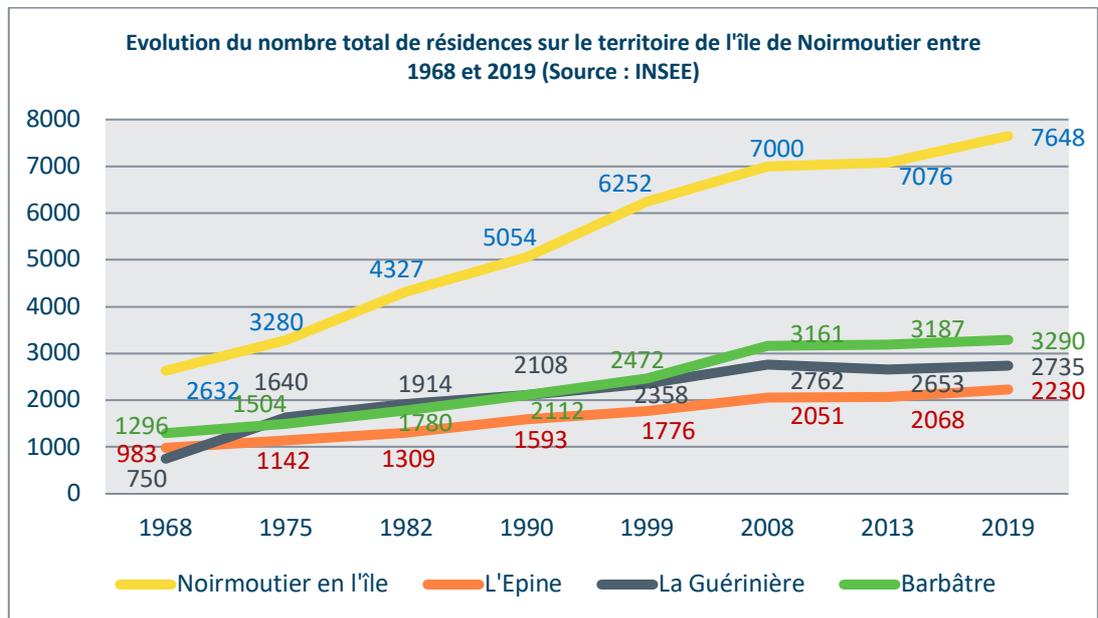


Figure 5.15 : Evolution du nombre total de résidences sur le territoire de l'île de Noirmoutier entre 1968 et 2019 (INSEE).

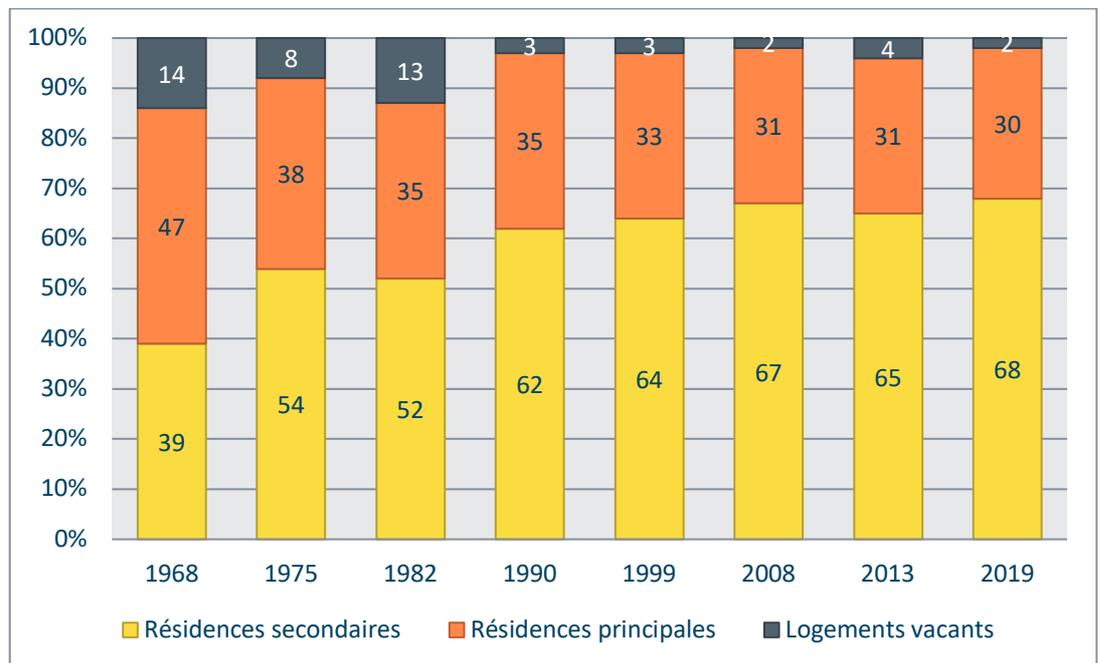


Figure 5.16 : Part (en %) des résidences principales et secondaires sur l'ensemble du territoire de l'île entre 1968 et 2019 (INSEE).



Cette croissance spectaculaire du nombre de constructions s'explique par la prolifération des résidences secondaires sur l'île. En effet, alors qu'elles n'étaient que 39% en 1968, elles sont devenues largement majoritaires en 2019 puisqu'elles représentent désormais 68% de l'ensemble des habitations. Notons qu'entre 1968 et 1975, leur part a nettement augmenté (+14 points) ce qui peut s'expliquer par la construction du pont reliant l'île au continent en 1971 et rendant Noirmoutier plus accessible aux estivants.

La figure suivante montre les principales zones bâties aujourd'hui, en vert, selon la BD TOPO® de juin 2023. Le réseau routier principal et le réseau hydrographique y figurent.

Par rapport à la situation dans les années 50, il est noté une forte progression du bâti au nord de l'île, au droit du bourg ancien de Noirmoutier-en-l'Île, et de l'Herbaudière, du Vieil/La Madeleine et des Sableaux en arrière du trait de côte. A l'ouest et au sud, il est noté la progression importante de ce bâti sur certains secteurs particuliers comme le bourg de l'Épine, le Fier au droit de la pointe de la Loire (Guérinière), et le Midi (Barbâtre).

L'urbanisation s'est également développée entre l'ancienne RD et la nouvelle de la pointe de la Fosse au port du Morin.



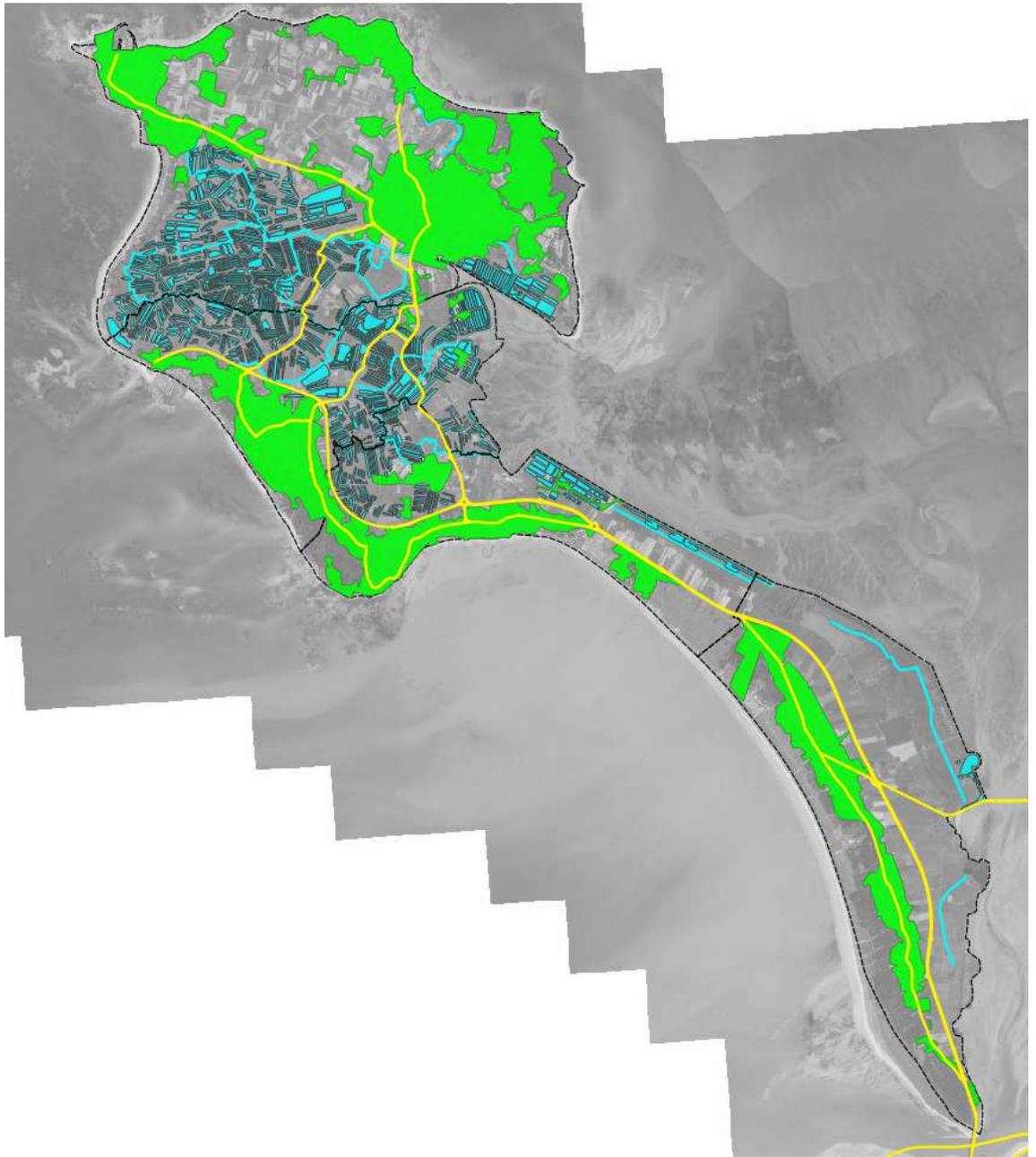


Figure 5.17 : Zones bâties principales actuelles sur l'île de Noirmoutier et réseau routier principal (BD TOPO® 2023), et réseau hydrographique (BDTOPAGE®, 2022).



5.4 Evolutions de la vulnérabilité

Il est intéressant ici de croiser l'analyse historique du territoire et l'analyse topographique de l'île pour se rendre compte de l'évolution de la vulnérabilité du territoire depuis le 19^{ème} siècle.

Les cartes suivantes superposent les contours des principales surfaces bâties au milieu du 19^{ème} siècle, du 20^{ème} siècle et en 2023 (cartes présentées précédemment) et les surfaces topographiques sous les niveaux marins astronomiques et extrêmes.

La topographie utilisée est celle du Lidar de 2022 du PCRS. Les légendes topographiques des cartes fournies sont les suivantes :

La carte en Figure 5.18 permet quant à elle de visualiser l'évolution du bâti en superposant les contours des principales surfaces bâties au milieu du 19^{ème} siècle, du 20^{ème} siècle et en 2023.



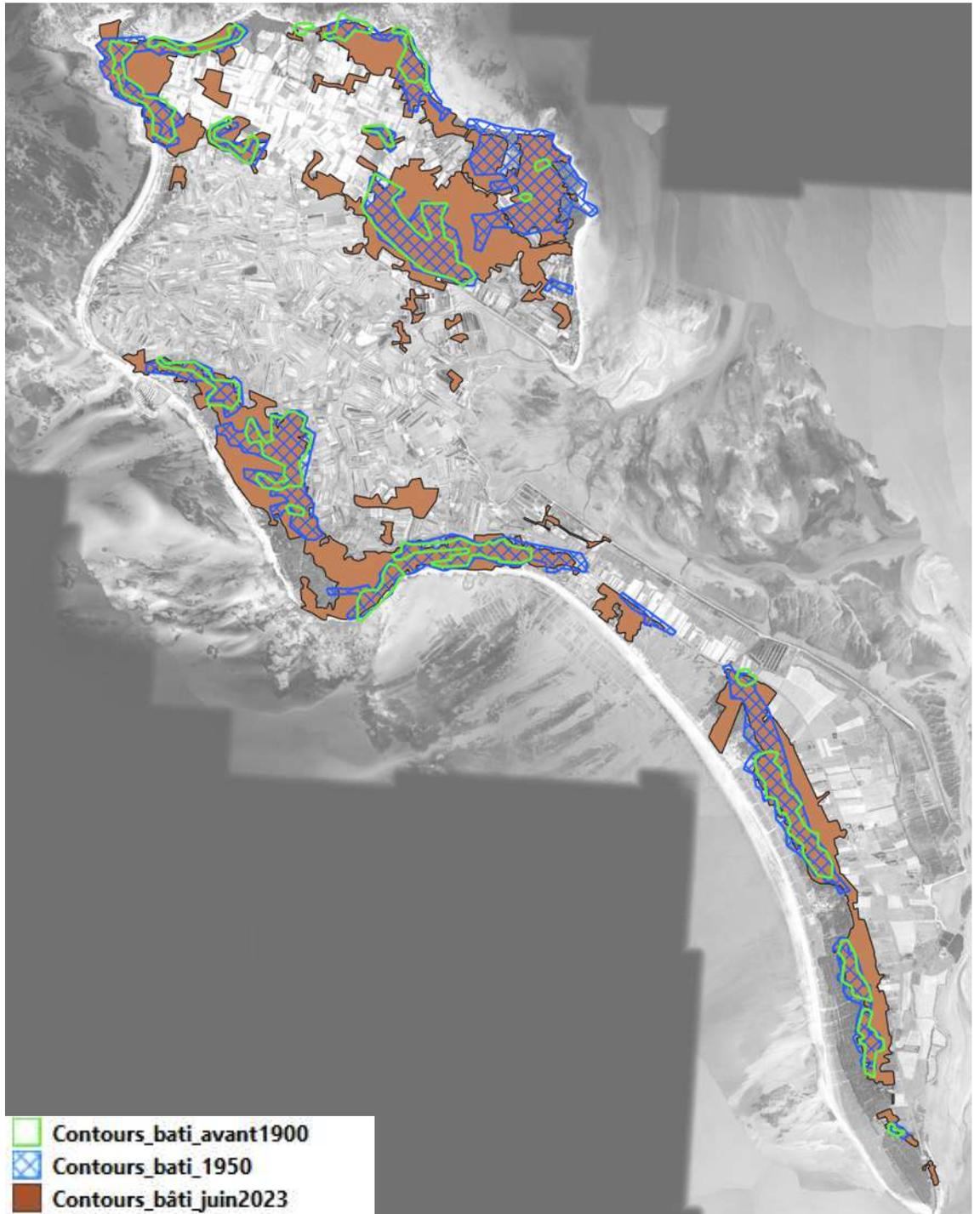


Figure 5.18 : Superposition des contours du bâti d'avant 1900, de 1950 et de juin 2023



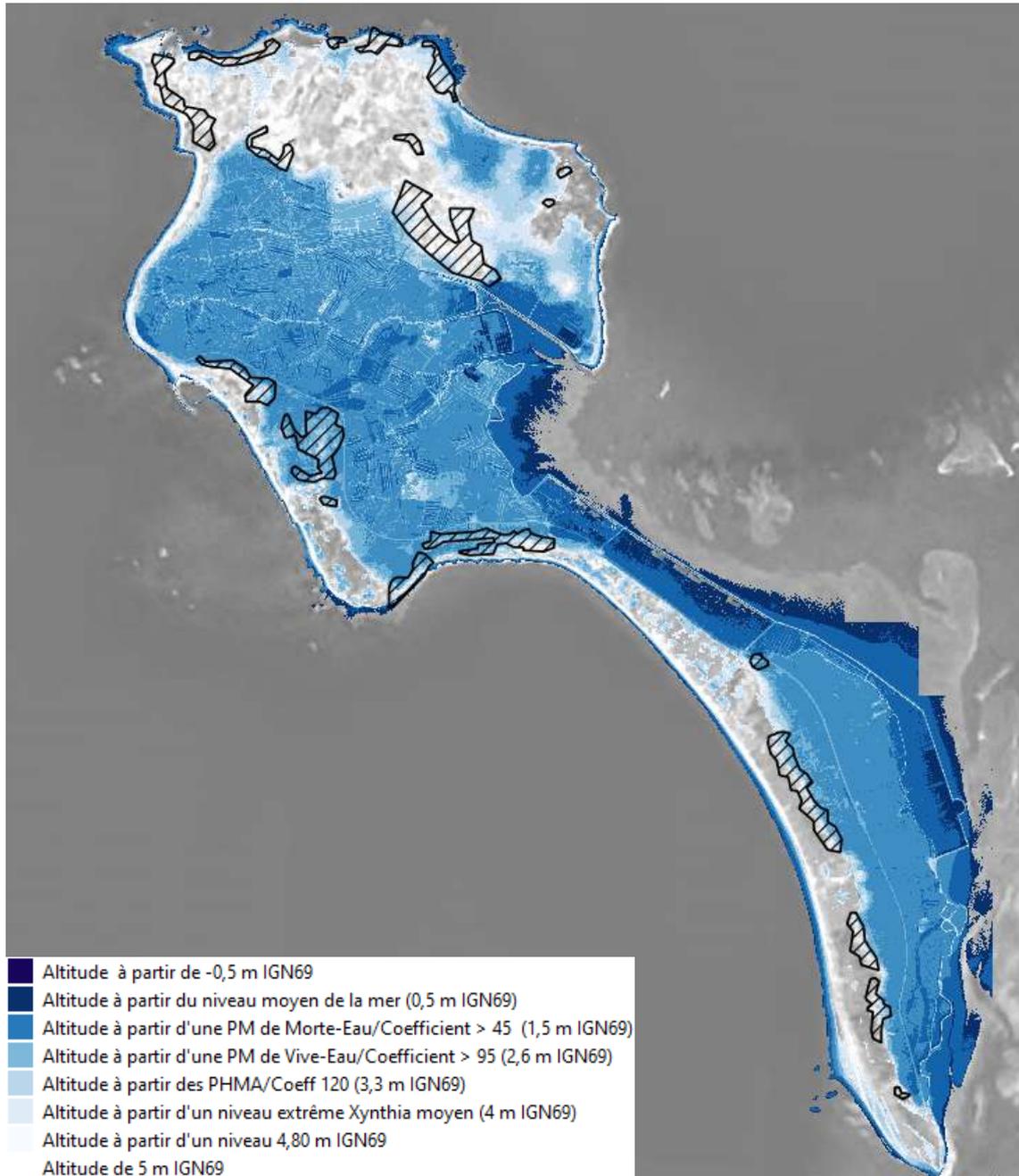


Figure 5.19 : Superposition des contours du bâti d'avant 1900 et des zones sous les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022).



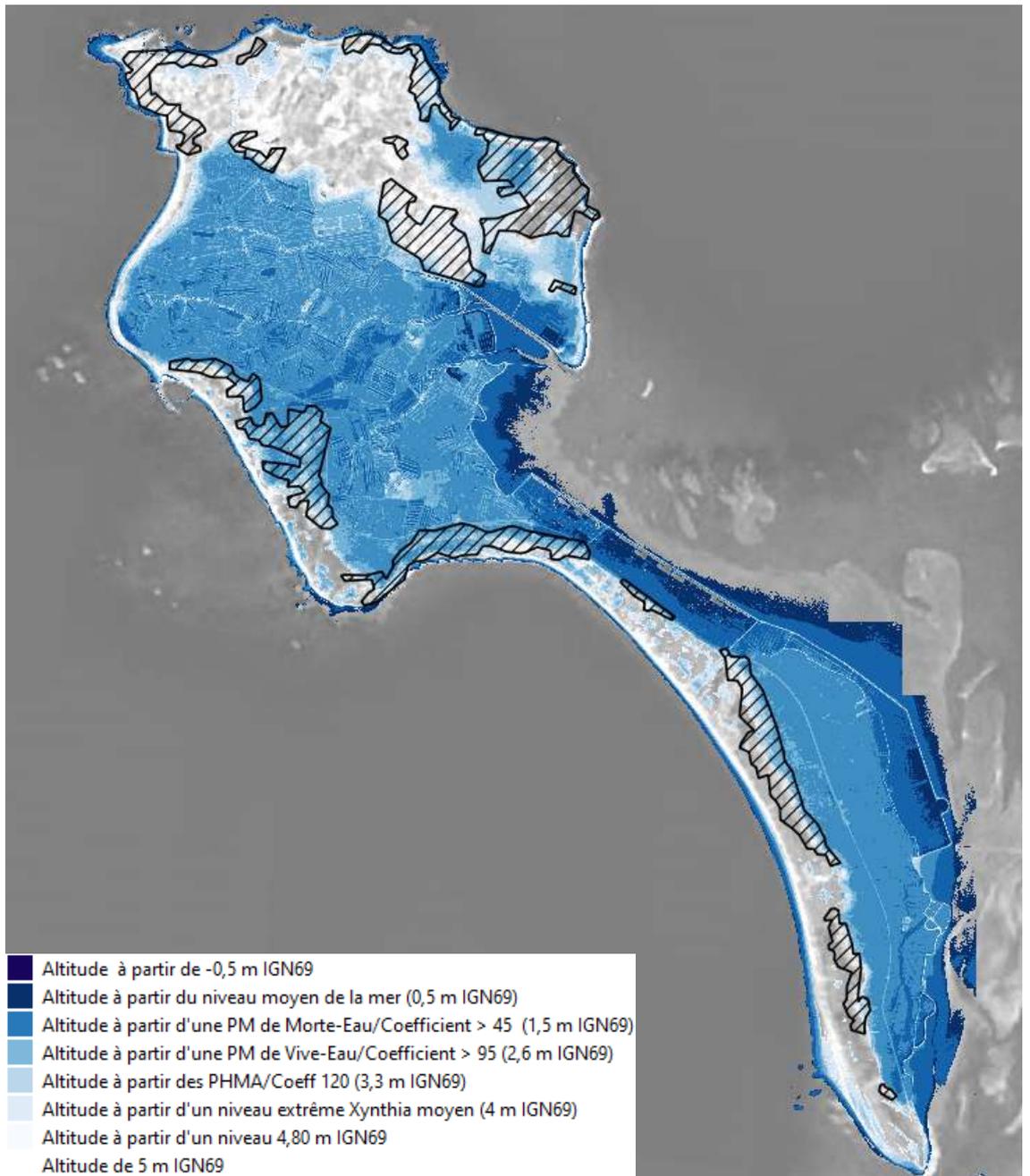


Figure 5.20 : Superposition des contours du bâti de 1950 et des zones sous les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022).



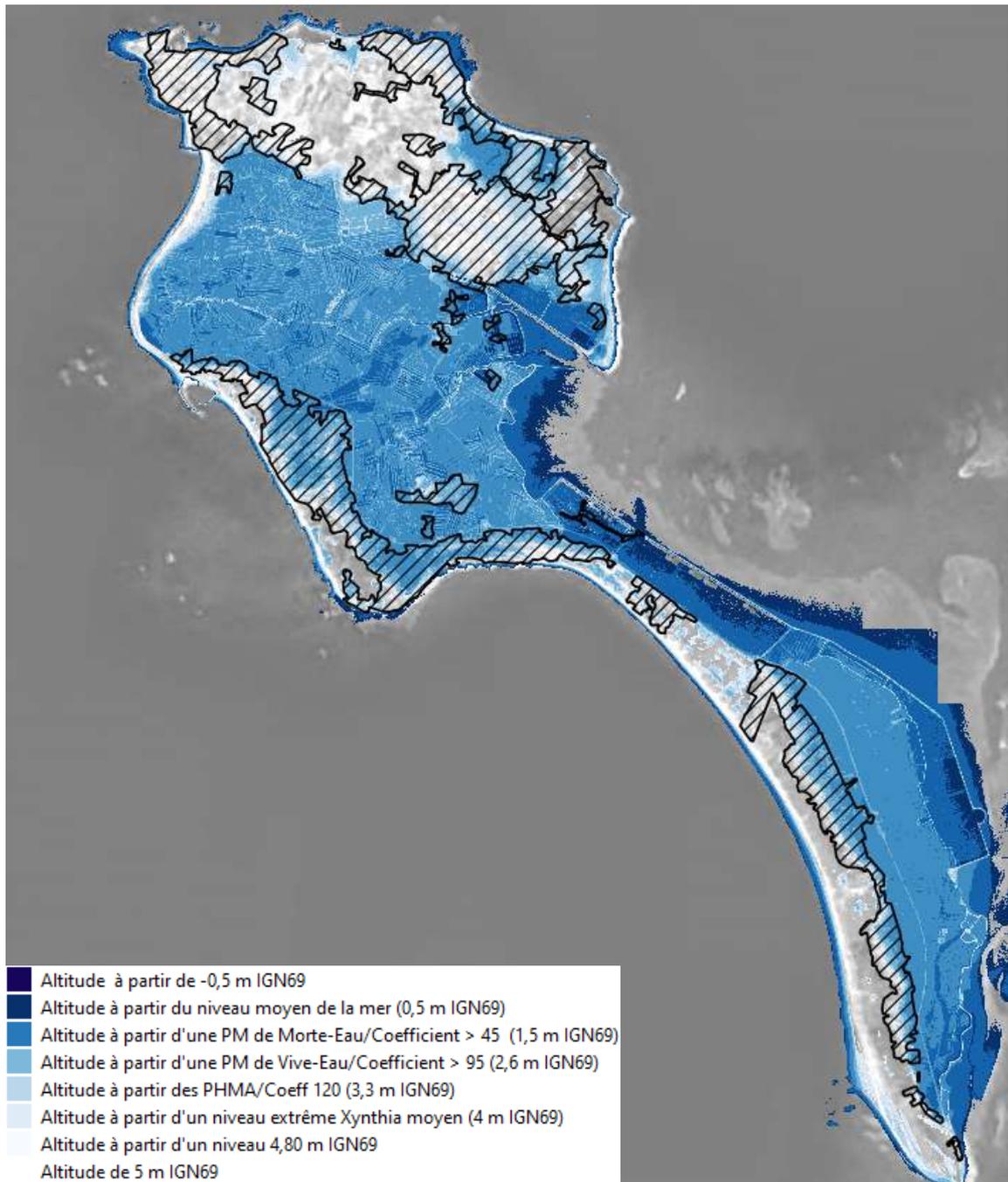


Figure 5.21 Superposition des contours du bâti de juin 2023 et des zones sous les niveaux marins extrêmes (PCRS, 2022).



6 Dynamiques hydro-sédimentaires et évolutions du littoral et des fonds marins

6.1 Les facteurs de fonctionnement et d'évolution du littoral

6.1.1 Généralités

Le fonctionnement et l'évolution du littoral sont dépendants de plusieurs facteurs qui sont :

- Les caractéristiques géologiques et morphologiques du site ;
- Les facteurs hydrodynamiques : le climat, les niveaux et courants marins, les vagues et l'hydrologie des cours d'eau le cas échéant ;
- Le contexte sédimentaire : nature et répartition des sédiments sur les côtes et les fonds marins, et leurs mouvements le long du littoral et dans le profil de plage ;
- L'impact des activités anthropiques, c'est-à-dire des aménagements réalisés et des différentes actions influençant la morphologie, l'hydrodynamique ou le contexte sédimentaire.

Si les forçages naturels sont les sources principales du fonctionnement et de l'évolution du littoral, les interventions humaines contribuent directement ou indirectement à influencer l'évolution du trait de côte et les systèmes sédimentaires.

6.1.2 L'évolution des côtes meubles liée aux forçages naturels – Notion de dérive littorale

Les côtes de l'île de Noirmoutier sont avant tout des côtes d'accumulation meubles. Les façades océaniques sont des zones côtières composées de plages souvent adossées à des dunes. Les systèmes plages-dunes sont souvent décrits et étudiés dans l'axe d'un profil s'étendant de l'arrière-dune côté terre jusqu'à la limite au large de la mobilité des barres sableuses (profondeur de fermeture).

Dans les zones côtières ouvertes où les courants de marée sont globalement faibles comme au droit des façades océaniques du secteur d'étude, les dynamiques saisonnières à interannuelles des plages meubles ouvertes sont principalement contrôlées par les variations de l'énergie et de la direction des vagues incidentes formées par le champ de vent et arrivant à la côte, elles-mêmes dépendantes de la morphologie des fonds, de la forme du trait de côte (caps et baies ou linéaire), des autres obstacles rencontrés comme les îles au large et les protections anthropiques à la côte, et de la profondeur d'eau.



On distingue la houle, formée par un champ de vent éloigné de la zone d'observation, de la « mer du vent », formée par le vent local. Les deux types de vagues ainsi formées peuvent se superposer.

Les vagues se propageant du large vers la côte subissent des déformations d'abord liées à la topographie sous-marine, puis à la morphologie du trait de côte et à la présence d'ouvrages côtiers. A l'approche du rivage, la profondeur diminue fortement et le profil des vagues se modifie avec une augmentation de la cambrure. Lorsque cette dernière devient trop importante, les vagues finissent par déferler selon une forme dépendante de la pente des fonds.

Les vagues sont ainsi à l'origine de courants longitudinaux (longshore) et transversaux (cross-shore) et de turbulences induisant un transport sédimentaire.

On appelle **dérive littorale (ou transit littoral)** le transport sédimentaire résultant qui s'effectue longitudinalement à la côte. Son sens dépend du sens dominant annuel des vagues.

Les courants transversaux engendrent des modifications de profils de plage, majoritairement saisonniers. Les tempêtes hivernales ont généralement tendance à engendrer des mouvements de l'estran vers les petits-fonds, tandis que les périodes de beau temps, et donc de faible énergie, ont tendance à engendrer des mouvements des petits fonds vers le haut estran. Les deux phénomènes sont cumulatifs.

D'autre part, plus le niveau d'eau est élevé, plus les effets de l'agitation en tempête sur les dynamiques sédimentaires peuvent être importants, notamment sur le haut de plage et en pied de cordon dunaire.

Des épisodes de tempêtes exceptionnels ou une succession inhabituelle d'évènements tempétueux (comme ceux de l'hiver 2013-2014 sur la façade Atlantique) peuvent impacter durablement les côtes meubles en augmentant le temps de résilience nécessaire pour un retour à l'équilibre des systèmes sédimentaires.

Il est à noter que ces variations en conditions de tempêtes peuvent masquer la dynamique de certaines portions du littorales pour lesquelles les fluctuations à court et à moyen terme ne sont pas connues. De ce fait, un littoral peut présenter un trait de côte stable mais à la fois être très mobile d'un point de vue sédimentaire.

Les courants générés par la marée provoquent également des déplacements de masses d'eau responsables de transports sédimentaires. Ce phénomène est peu marqué par rapport aux transports engendrés par les vagues au droit des façades océaniques du secteur d'étude, mais joue un rôle important dans les baies protégées de la houle.

A proximité de l'embouchure d'un fleuve, les formes meubles peuvent évoluer de manière cyclique, parfois sur une décennie, dans la mesure où les forçages comme la marée et les crues perturbent la quantité de sédiments disponibles et les mouvements de ces sédiments.

Dans le même temps, les variations du niveau de la mer et le contexte sédimentaire (stock et renouvellement) influencent l'évolution des littoraux meubles à des échelles spatio-temporelles très variables.



Les côtes meubles sont par conséquent très influencées par les variations des forçages naturels, comme ceux induits par le changement climatique et les cycles atmosphériques.

L'élévation du niveau de la mer est identifiée comme une cause principale du recul du trait de côte, même si ce recul dépend de mécanismes locaux. Sous l'effet combiné de cette élévation et d'une augmentation de la fréquence des tempêtes, le réchauffement climatique pourrait provoquer un recul important du trait de côte au 21^{ème} siècle.

6.2 Unités morphosédimentaires, nature des fonds marins, sédimentologie et phénomènes hydrodynamiques du site

6.2.1 Les unités morphosédimentaires

La forme, la nature et l'exposition aux phénomènes météo-marins actuels de la côte de l'île de Noirmoutier et de ses environs résultent principalement de l'histoire géologique régionale présentée en détails Section 4.

Le littoral peut être découpé en unités morphosédimentaires qui sont homogènes au regard de ces caractéristiques de forme, nature et exposition. Ce découpage a été réalisé par le CEREMA fin 2015 (révisé en septembre 2020) pour l'ensemble du territoire français.

L'île de Noirmoutier marque l'interface entre deux unités morphosédimentaires : celle de la baie de Bourgneuf au nord (entre la pointe Saint-Gildas et celle de l'Herbaudière) et le domaine Vendéen au sud. Elle est orientée NO-SE.

Sa façade occidentale constitue une unité morphosédimentaire propre. Elle est exposée aux houles du quart Sud-Ouest. Sa façade côté baie de Bourgneuf est, elle, exposée aux houles du quart Nord-Est.

Au nord de la baie de Bourgneuf se trouve l'estuaire de Loire, source des sédiments qui ont façonné les cordons dunaires et les plages de l'île de Noirmoutier.



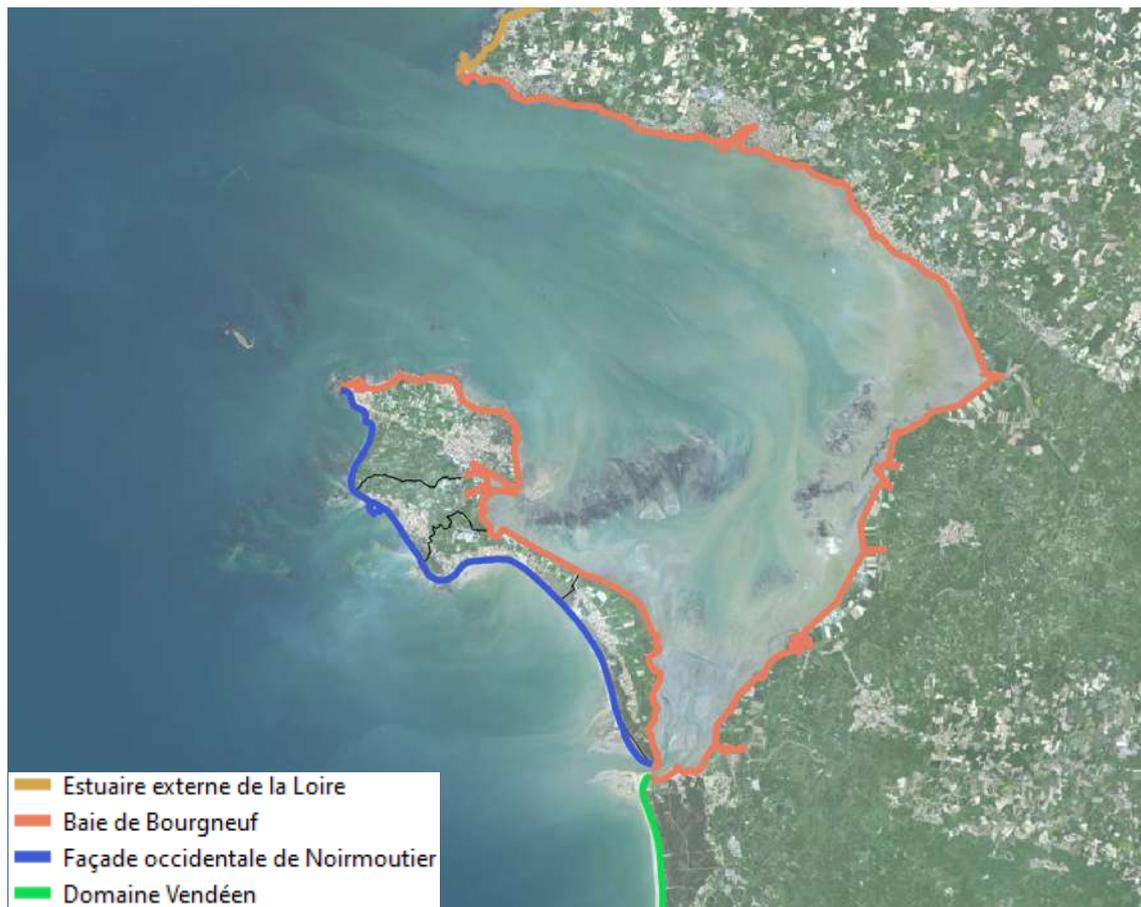


Figure 6.1 : Découpage du littoral de Noirmoutier et du continent autour de l'île en unités morphosédimentaires (CEREMA, 2020).

La baie de Bourgneuf et l'unité morphosédimentaire du domaine Vendéen communiquent via le goulet de Fromentine, entre l'île de Noirmoutier et le continent.

Dans la baie de Bourgneuf, la côte est essentiellement rocheuse sur la façade nord, d'accumulation vaseuse en fond de baie et artificialisée sur la façade Est de l'île de Noirmoutier, de Fort Larron à la pointe de la Fosse.

Une côte d'accumulations sableuses ou sablo-limoneuses s'étend sur toute la partie Nord de l'île et sur toute la façade Atlantique de l'île et du domaine Vendéen jusque Saint-Gilles-Croix-de-Vie.

La Figure 6.2 montre la représentation de la nature du trait de côte pour l'île de Noirmoutier et ses environs issue d'un travail réalisé fin 2015 par le CEREMA (révisé en avril 2019).





Figure 6.2 : Nature du trait de côte sur le littoral de Noirmoutier et du continent autour de l'île (CEREMA, 2019).

6.2.2 Nature des fonds/sédimentologie

Le socle rocheux constitue des hauts fonds très développés autour de l'île de Noirmoutier et entre l'île et le continent dans la baie de Bourgneuf.

La carte sédimentologique suivante représente le type de sédiments et les caractéristiques granulométriques présents dans les petits fonds au large de l'île. L'analyse synthétique de la légende permet de comprendre les principales représentations des différents sédiments :

- En vert : sédiments vaseux retrouvés principalement au niveau de la baie de Bourgneuf ;
- En rouge : sables, graviers et cailloutis (en fonction de la taille des points) non carbonatés (moins de 10% de calcaire) ;
- En orange : sables, graviers et cailloutis peu carbonatés (entre 10% et 30% de calcaire) ;



- En beige : sables, graviers et cailloutis litho-bioclastiques (entre 30% et 50% de calcaire) ;
- En jaune : sables, graviers et cailloutis bioclastiques (plus de 50% de calcaire) ;
- En gris : surface rocheuse.

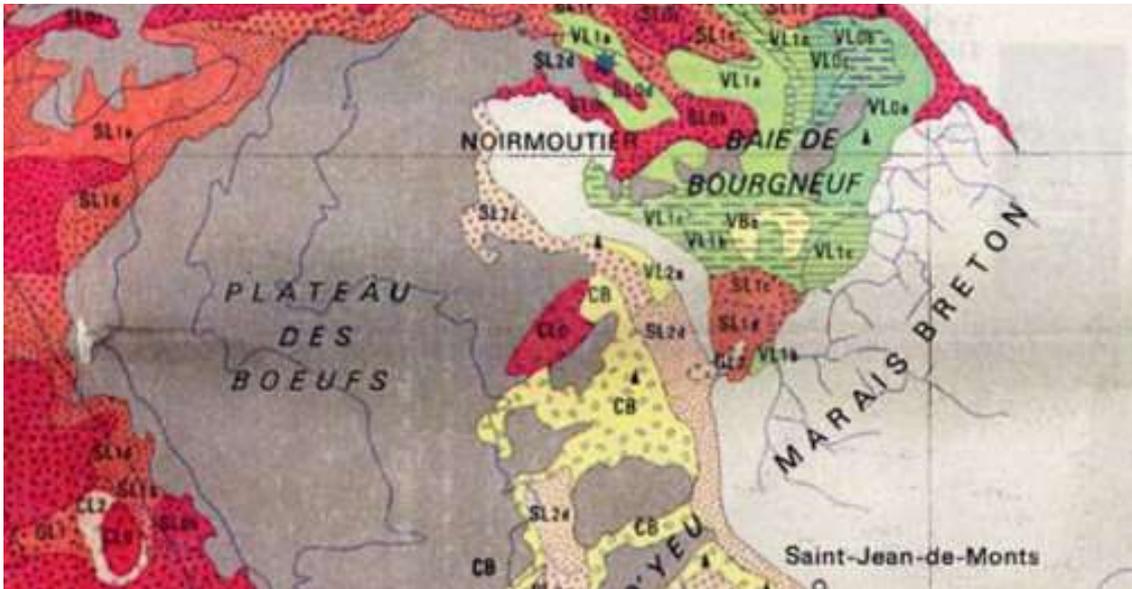


Figure 6.3 : Carte sédimentologique des côtes de France, ici autour de l'île de Noirmoutier (1 : 100 000, Vanney, 1971).

6.2.3 Les mécanismes hydrodynamiques à l'échelle des unités morphosédimentaires

6.2.3.1 La houle

Pour le site étudié, la houle est donc le facteur prédominant du transport sédimentaire au droit des façades océaniques Nord/Nord-Est et Ouest de l'île.

La houle dominante se propage du Nord-Ouest vers le Sud-Est, en relation avec les vents dominants.

Elle est réfractée sur le littoral à partir de la pointe de l'Herbaudière, en entrant dans la baie de Bourgneuf ou le long des côtes de la façade Ouest.

Les houles de tempête peuvent exercer une influence sur le déplacement des particules de fond.

6.2.3.2 Le niveau marin

L'amplitude de la marée atteint au maximum un peu plus de 5 à 6 m au droit de l'île de Noirmoutier en marée de vives-eaux, hors phénomènes de surcotes qui augmente le niveau de la pleine mer : Section 7.1.1.



6.2.3.3 Les courants de marée

Les courants autour de l'île de Noirmoutier sont giratoires, complexes et fortement liés à la marée.

Remarque : sans indication complémentaire, la direction d'un courant est celle vers laquelle le courant porte.

Les phénomènes sont décrits par périodes de marée ci-après pour une vive-eau, avec le moment de pleine mer de référence pris à Brest (+15 min environ par rapport à Brest à l'Herbaudière) :

- **De pleine mer -4h à -2h :**

Les courants de marée au large proviennent du quart Sud-Ouest, en s'orientant progressivement du Nord/Nord-Est vers l'Est/Nord-Est, et s'engouffrent dans la Grande Rade de la Loire au NO de l'île de Noirmoutier. Au passage de l'île, ils s'enroulent autour de la pointe de l'Herbaudière pour entrer dans la baie de Bourgneuf avec une direction Sud-Est.

Ils continuent de s'enrouler autour de la pointe des Dames/Pointe Saint-Pierre de l'île et prennent une direction Sud vers le goulet de Fromentine.

Sur cette période, les courants arrivent d'abord perpendiculairement à la côte Atlantique de l'île de Noirmoutier puis se dirigent progressivement vers l'Est. Les courants dominants dans le goulet de Fromentine sont dans le sens océan vers la baie de Bourgneuf.

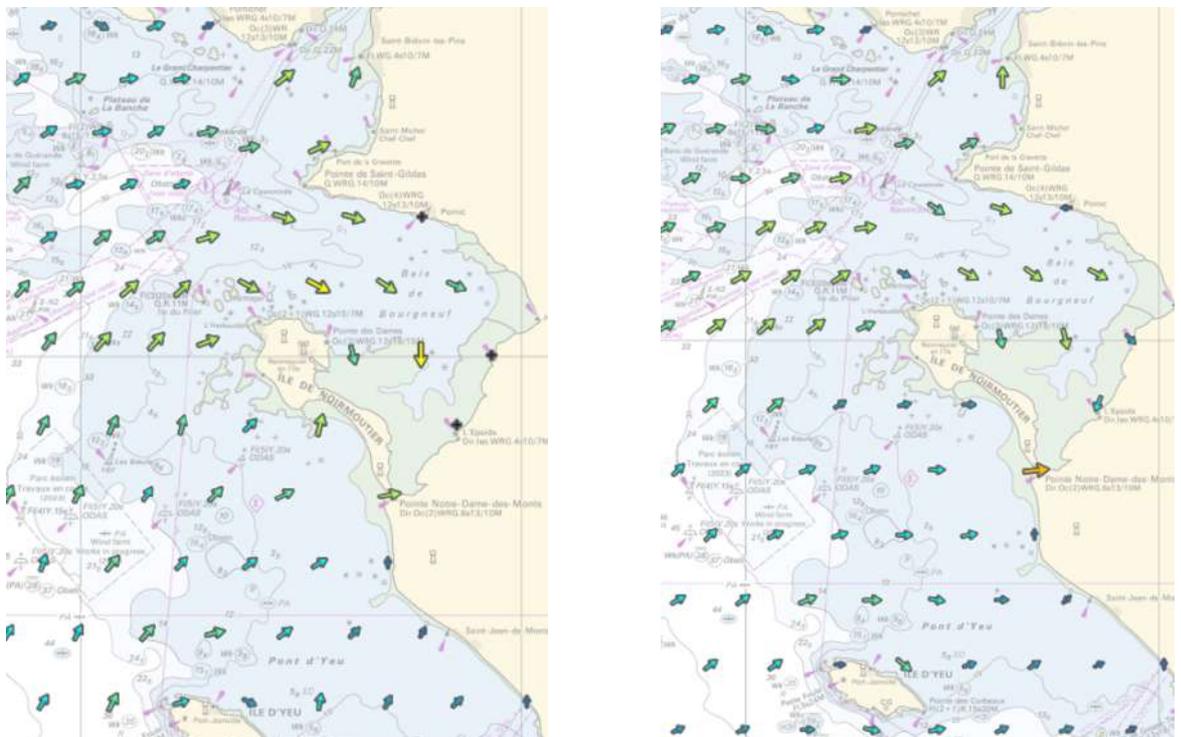


Figure 6.4 : Courants de marée 2D de vive-eau de Pleine Mer Brest -4h à Pleine Mer Brest -2h autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).



- **De pleine mer -2h à la pleine mer :**

Sur cette période, le sens des courants de marée s'inverse totalement dans la baie de Bourgneuf et sur la partie nord de l'île de Noirmoutier. Ils se mettent à sortir de la baie et à tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de la pointe de Saint-Pierre et de celle de l'Herbaudière.

Pendant ce temps, ils s'orientent parallèlement à la façade Atlantique de l'île, vers le Sud-Est pour suivre la direction globale qui s'installe au large.

L'inversion se produit également dans le goulet de Fromentine, avec un courant dominant de la baie vers l'océan qui se crée autour de 1h avant la pleine mer.

Plus au nord de l'île, la renverse ne s'est pas produite dans l'estuaire de la Loire.

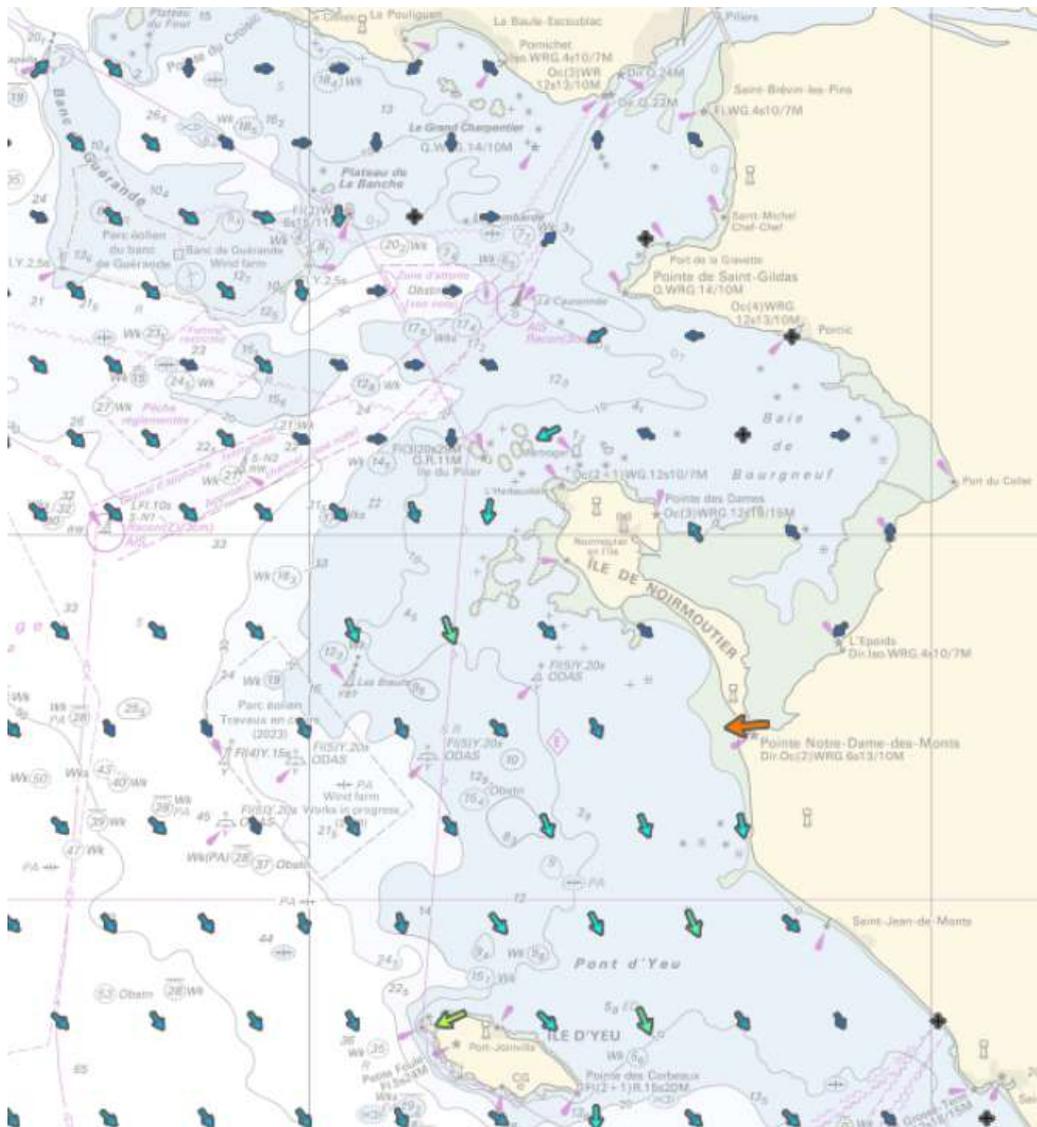


Figure 6.5 : Courants de marée 2D de vive-eau à la Pleine Mer Brest autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).



- **De la pleine mer à pleine mer+3h :**

Le mouvement de rotation des courants de marée autour de la partie Nord de l'île, de la pointe de Saint-Pierre à l'Est à la pointe du Devin à l'Ouest, se poursuit et se renforce avec une augmentation de la vitesse des courants.

Au droit de la façade Atlantique de la pointe du Devin à celle de la Fosse, les courants suivent la bascule de direction des courants au large, qui prennent à ce niveau une direction proche du Sud à PM+1h puis une direction proche du Sud-Ouest à PM+4h.

Le courant dominant dans le goulet de Fromentine reste de la baie vers l'océan sur cette période.

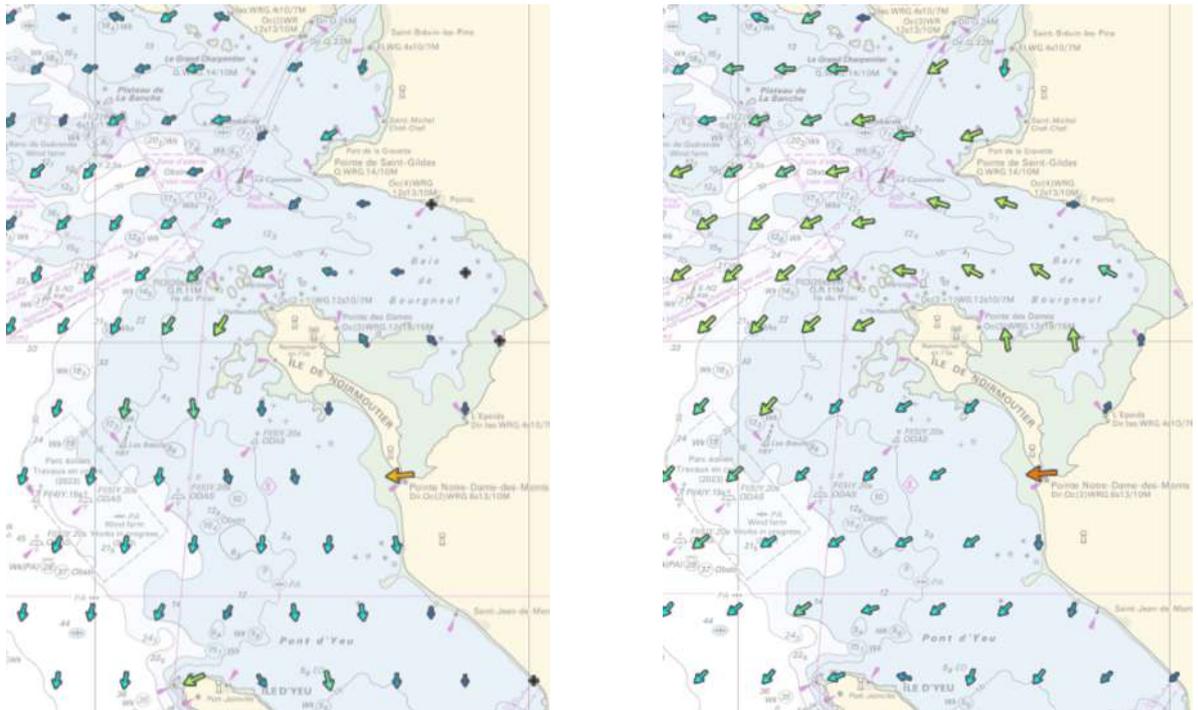


Figure 6.6 : Courants de marée 2D de vive-eau de Pleine Mer Brest +1h à Pleine Mer Brest +3h autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).

- **De pleine mer +3h à pleine mer +5h :**

Les courants continuent de sortir de la baie de Bourgneuf, parallèlement à la cote de la partie Nord de l'île de Noirmoutier. Côté océan, les courants s'orientent quasiment plein Ouest.

Il est noté qu'au droit de l'anse de la Guérinière, à proximité du trait de côte, il se crée un courant dirigé vers le sud/sud-est.

Le courant dominant dans le goulet de Fromentine reste de la baie vers l'océan sur cette période.



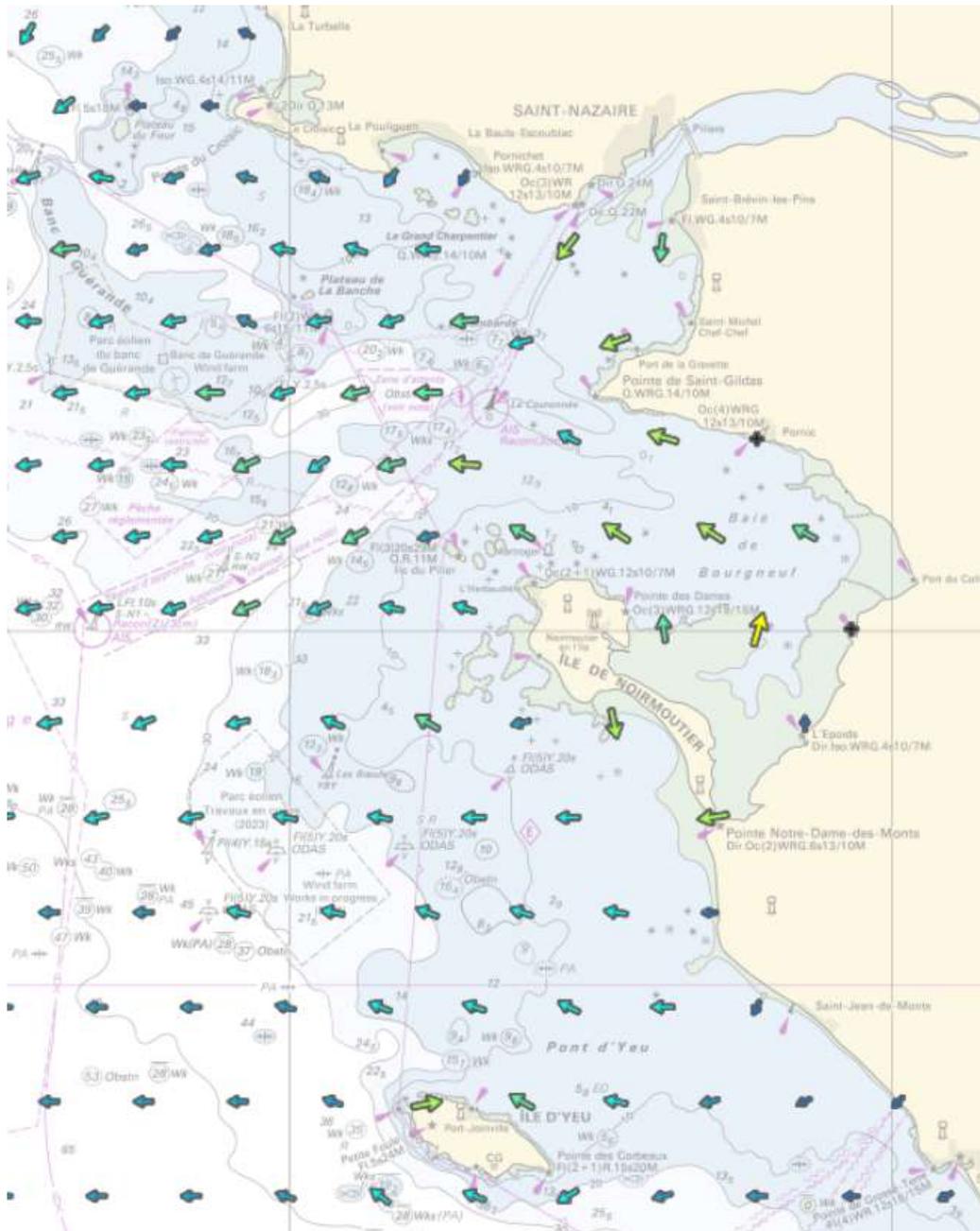


Figure 6.7 : Courants de marée 2D de vive-eau à Pleine Mer Brest +5h autour de l’île de Noirmoutier (SHOM).

- **Basse mer :**

Les courants de marée au large commencent à remonter vers le Nord/Nord-ouest, avec toujours des courants qui sortent à la fois de l’estuaire de la Loire et à la fois de la baie de Bourgneuf, même si ces derniers faiblissent et que le point de bascule à l’entrée de la baie est proche au Nord de l’île de Noirmoutier.

A l’ouest de la partie Nord de l’île, entre les pointes du Devin et de l’Herbaudière, le sens des courants s’inverse. Progressivement, d’Ouest en Est, le sens d’enroulement



des courants s'inverse autour de la partie Nord de l'île pour redevenir dans le sens des aiguilles d'une montre.

Au large de la façade Atlantique de l'île de Noirmoutier, les courants vont vers le Nord/Nord-Ouest. Il est toujours observé qu'au droit de l'anse de la Guérinière, à proximité du trait de côte, un courant dirigé vers le Sud/Sud-Est.

D'autre part, il existe toujours un courant dominant de la baie vers l'océan dans le goulet de Fromentine sur cette période, même si ce courant faiblit. Ce sens dominant subsiste jusqu'à environ 1h après la basse mer (PM-5h) où il est minimal.

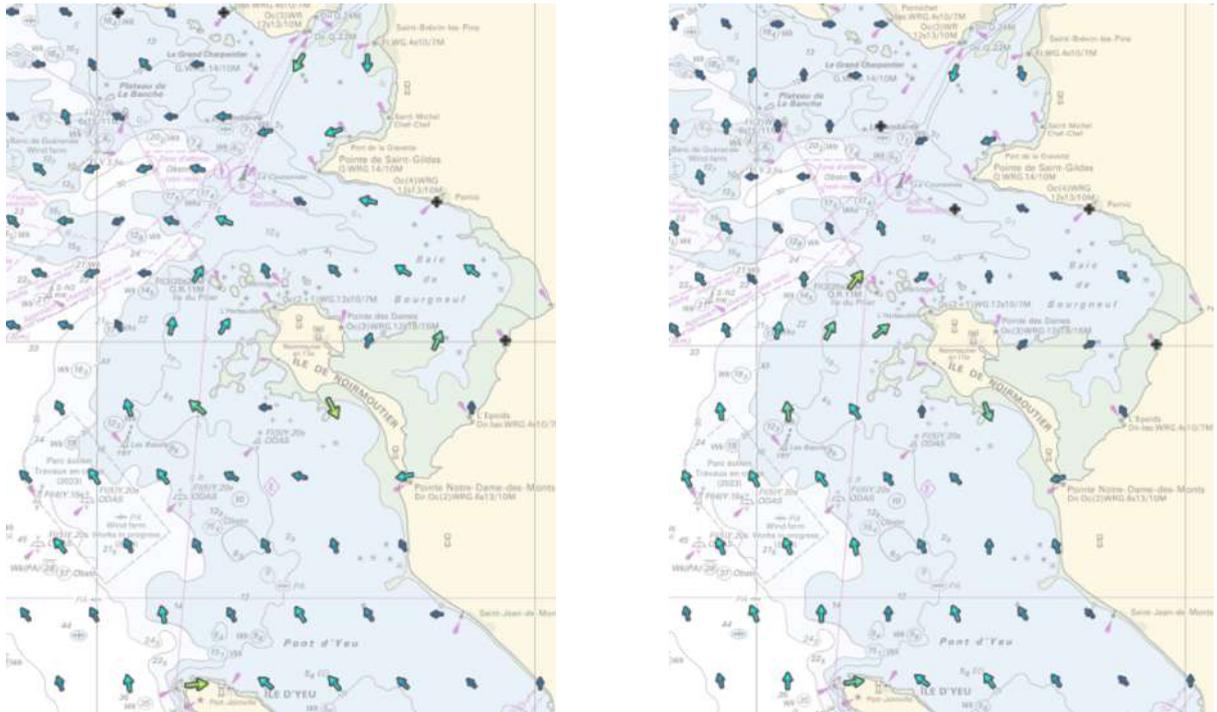


Figure 6.8 : Courants de marée 2D de vive-eau de Pleine Mer Brest +6h à Pleine Mer Brest - 6h autour de l'île de Noirmoutier (SHOM).

Les courants de marée sont croissants du large à la côte mais n'influencent pas de manière significative sur le transport sédimentaire.

Le seul secteur où les courants de marée sont déterminants pour les dynamiques sédimentaires est le goulet de la Fromentine et la pointe de la Fosse. On constate une dissymétrie flot/jusant dans le goulet et autour de la pointe de la Fosse, avec une domination en termes de durée du courant de jusant circulant vers l'ouest dans le goulet. L'onde de marée pénétrant dans la baie de Bourgneuf est en effet bien plus puissante que celle entrant par le goulet. L'inégalité des masses d'eau provoque peu de temps après la rencontre des 2 flots sur le Gois la renverse du flot en provenance du goulet et l'inversion du courant sous le pont. Les vitesses des courants dans le goulet peuvent atteindre jusqu'à 2 m/s par forts coefficients de marée, avec une étaie alors quasiment nulle.

Dans la baie de Bourgneuf abritée des houles, ces courants peuvent également transporter les sédiments fins et participent au colmatage de la baie.



6.3 Dynamiques sédimentaires à l'échelle des cellules et sous-cellules sédimentaires du site

6.3.1 Données locales et études disponibles

La connaissance des dynamiques littorales à une échelle locale nécessite l'acquisition de données mesurées ou visuelles.

Le premier observatoire qui a permis de mieux appréhender ces dynamiques autour de l'île de Noirmoutier est celui né en 1999 et animé par la CCIN. Des profils de plages ont ainsi été réalisés deux fois par an au GPS RTK.

Depuis 2016, l'Observatoire Régional des Risques Côtiers en Pays-de-la-Loire (OR2C) permet l'acquisition de données qui complètent les observations plus locales. L'OR2C réalise notamment des levés LiDAR aéroportés sur toute la région, y compris sur l'île de Noirmoutier.

A l'aide des données acquises, il est possible de réaliser d'analyser et de quantifier les évolutions des plages et cordons dunaires. L'OR2C réalise ainsi des bilans sédimentaires réguliers pour de nombreuses plages. La figure suivante montre celles qui étaient suivies en 2008.



Figure 6.9 : Plages faisant l'objet d'un bilan sédimentaire par l'OR2C en 2008.



Des outils de modélisation numérique peuvent également être utilisés pour estimer ces évolutions et les dynamiques sédimentaires.

Plusieurs études régionales et thèses ont ainsi analysé la mobilité du trait de côte et la vulnérabilité des cordons dunaires face aux aléas marins :

- **L'étude de connaissance des phénomènes d'érosion sur le littoral Vendée, livrée par DHI/GEOS début 2008.** Cette étude concerne toute la Vendée. Elle a consisté à regarder l'évolution du trait de côte entre 1975 et 2001 sur la base de deux photos aériennes et à estimer les dérives littorales à l'aide d'une modélisation ;
- **L'étude des dynamiques hydro-sédimentaires du Goulet de Fromentine, de la Baie de Bourgneuf et des plages adjacentes,** réalisée dans le cadre d'une thèse présentée par B.Le Mauff fin 2018. Cette étude s'intéresse notamment aux dynamiques sédimentaires au travers du goulet de Fromentine et à l'hydrodynamique de la baie de Bourgneuf.

A noter que Imane Meziane réalise actuellement une thèse en partenariat avec la CCIN qui permettra de mieux comprendre la dynamique hydrosédimentaire à l'origine de ces observations.

6.3.2 Définition des cellules et sous-cellules sédimentaires et présentation des mécanismes à cette échelle

Le découpage du littoral français en cellules hydrosédimentaires a également été réalisé par le CEREMA fin 2015 (révisé en 2020). Il est présenté pour la région étudiée en Figure 6.10.

Une **cellule hydrosédimentaire** présente un compartiment de littoral qui peut être décrit et analysé de manière autonome du point de vue des transports sédimentaires transversaux et longitudinaux vis-à-vis des compartiments limitrophes.

Les cellules sont délimitées par des obstacles majeurs naturels, comme des caps rocheux ou des embouchures de fleuve, comme anthropiques, comme des jetées portuaires.

Ce concept de cellule est indissociable de celui de **budget sédimentaire**, qui est le bilan des apports et des pertes de sédiments dans cette cellule.

Chacune des deux façades de l'île de Noirmoutier, de la pointe de l'Herbaudière à la pointe de la Fosse constitue une cellule sédimentaire.





Figure 6.10 : Découpage du littoral de Noirmoutier et du continent autour de l'île en cellules hydrosédimentaires (CEREMA, 2019).

3 sous-cellules hydrosédimentaires sont distinguées au droit de la façade Atlantique de l'île de Noirmoutier, délimitées par les formes de pointes du trait de côte :

- Celle de la pointe de l'Herbaudière au nord à la pointe du Devin, avec un trait de côte globalement NO-SE de la pointe de l'Herbaudière à la plage des Lutins (avec des variations, la plage des Lutins étant presque orientée N-S) puis NNE-SSO au droit de la plage de Luzéronde ;
- Celle de la pointe du Devin à la pointe de la Loire, avec un trait de côte orienté NO-SE ;



- Celle de la pointe de la Loire à la pointe de la Fosse au sud, avec un trait de côte orienté O-E au niveau de l'anse de la Guérinière puis NO-SE ou NNO-SSE sur toute la flèche sableuse de la Cour à la pointe de la Fosse.

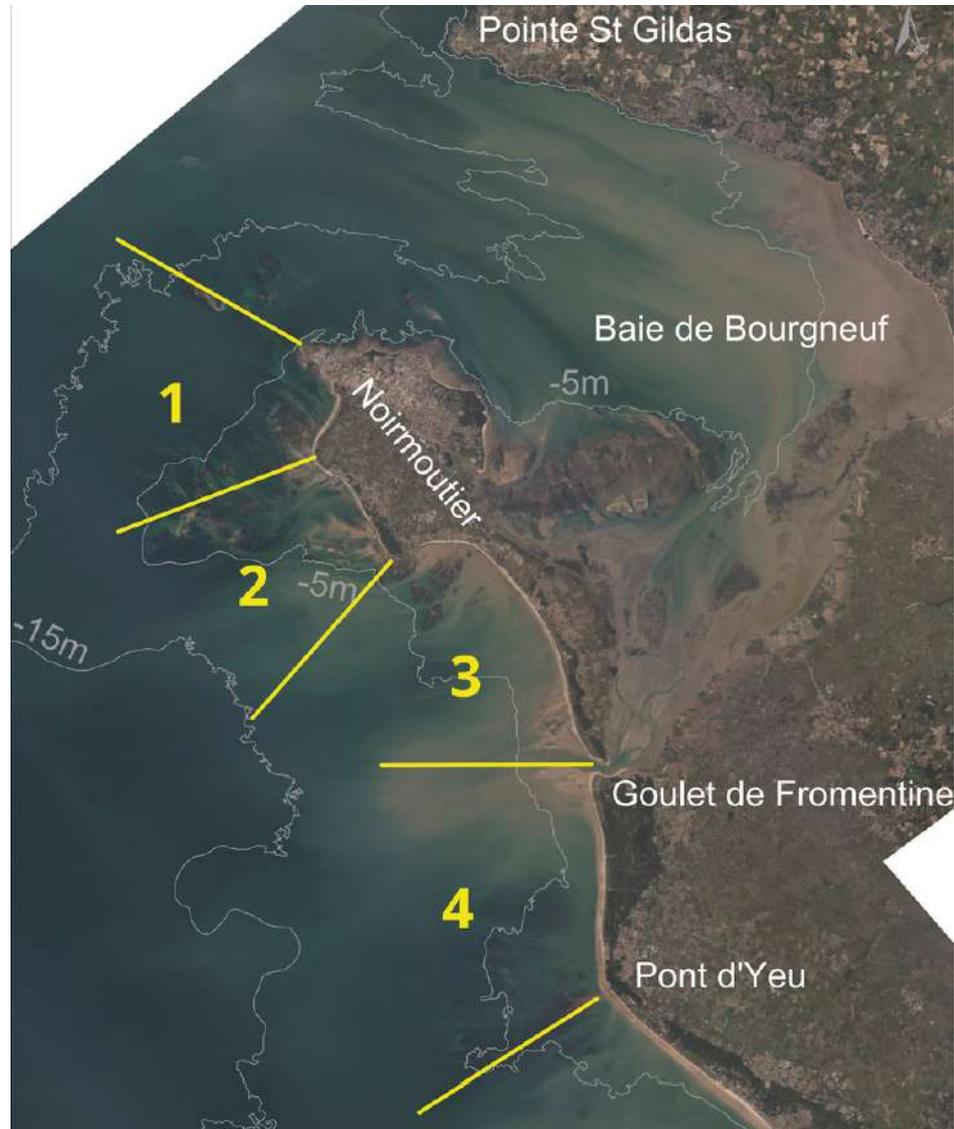


Figure 6.11 : Identification des sous-cellules hydrosédimentaires sur façade Atlantique de l'île de Noirmoutier (DHI/GEOS, 2008).

Au sein des cellules ou sous-cellules hydrosédimentaires, les **ouvrages ou actions anthropiques** ont un rôle important dans les dynamiques sédimentaires :

- Des épis ont été réalisés au droit du trait de côte. Ces ouvrages transversaux sont spécifiquement mis en œuvre dans les zones d'érosion pour intercepter une partie du transit sédimentaire longitudinal ;
- Les jetées ou digues portuaires. Ces ouvrages, également transversaux au moins pour partie, sont d'abord construits pour abriter des zones de navigation ou de mouillage/accostage des bateaux. Ils ont néanmoins un rôle dans les



dynamiques sédimentaires en captant également une part du transit littoral. Les ports de l'Herbaudière au nord et du Morin à l'ouest font ainsi obstacle au transit, entraînant un déséquilibre en aval de la dérive littorale ;

- Les digues longitudinales de protection contre la mer. Selon leur mode de construction, ces ouvrages réfléchissent plus ou moins l'énergie de la houle ;
- D'autres actions comme les extractions et rechargements de sédiments ;
- Le piégeage des sables volants au droit du cordon dunaire.

Les ouvrages transversaux de type épis ont souvent été mis en place « au coup par coup » pour compenser ou au moins stabiliser une problématique locale de déficit sédimentaire constaté sur certaines plages. Si cela apporte une solution partielle ou satisfaisante pour ces plages, le problème est souvent le report du déficit sédimentaire de plus en plus en aval de la dérive littorale.

Dans l'étude de DHI/GEOS de 2008, le transit littoral net a été quantifié à l'aide d'une modélisation numérique au droit du littoral de Noirmoutier. Cette modélisation a été réalisée en considérant uniquement l'effet des houles au droit de profils de plage représentatifs de segments de littoral (la largeur des profils couvrant la zone d'action des houles), et une valeur de 0,25 mm comme diamètre médian des sédiments. La modélisation effectuée permet de quantifier le transport net, correspondant à la résultante de toutes les contributions de transport pondérées par leur fréquence d'occurrence, et le transport brut, correspondant à la somme des contributions. **Les résultats donnés sont des valeurs de transit sédimentaires maximales correspondant à la capacité de transport saturée. Sur un platier rocheux sans matériau mobile, la capacité de transport peut être importante et le transit effectif nul. Les valeurs de transit fournis sont celles d'une année moyenne représentative en termes de climat de houle** (ici sur la période 1979-2001).

Une étude de sensibilité menée sur la granulométrie a montré qu'en diminuant ou en augmentant de 0,05 mm le diamètre médian des sédiments transportés, on réduisait de 20% ou on augmentait de 30% les taux de transport respectivement.

Dans cette étude, il a également été réalisé une analyse de la mobilité du trait de côte (limite de végétation) entre 1975 et 2001 sur la base de photographies aériennes géoréférencées. Une valeur seuil de 10 m a été fixée pour considérer le trait de côte mobile, afin de s'affranchir des erreurs de précision.

La figure suivante synthétise les résultats de la modélisation du transit littoral sur la côte Nord-Est, de la pointe de l'Herbaudière au Fort Larron. Le transit net résultant sur cette partie de la cellule sédimentaire à l'est de l'île est orienté vers l'intérieur de la baie de Bourgneuf, c'est-à-dire vers l'est puis vers le sud en s'enroulant autour de l'île. La dérive nette estimée par la modélisation sur des segments de littoral encadrés par des pointes rocheuses. Elle est de l'ordre de :

- 6 à 7 000 m³/an de la pointe de l'Herbaudière à celle des Charniers. Ces résultats sont valides à l'Est de la pointe de la Gardette ;



- 8 à 9 000 m³/an de la pointe des Charniers à celle des Dames. Ces résultats sont valides sur la moitié Est de la plage de la Clere ;
- 3 à 4 000 m³/an au droit de la plage des Sableaux.

Le long de cette partie du rivage de la côte Nord-Est, le transit brut est toujours du même ordre de grandeur que le transport net. La présence importante du socle rocheux, étendu et peu profond au large de la côte, engendre une dynamique sédimentaire relativement faible et une limitation du stock sableux sur ce secteur. Cette dernière implique que les plages sont soumises à l'érosion malgré la dynamique sédimentaire faible.

Le relief à dominante rocheuse proche du littoral assure une protection notable contre les actions de la mer et les houles océaniques.

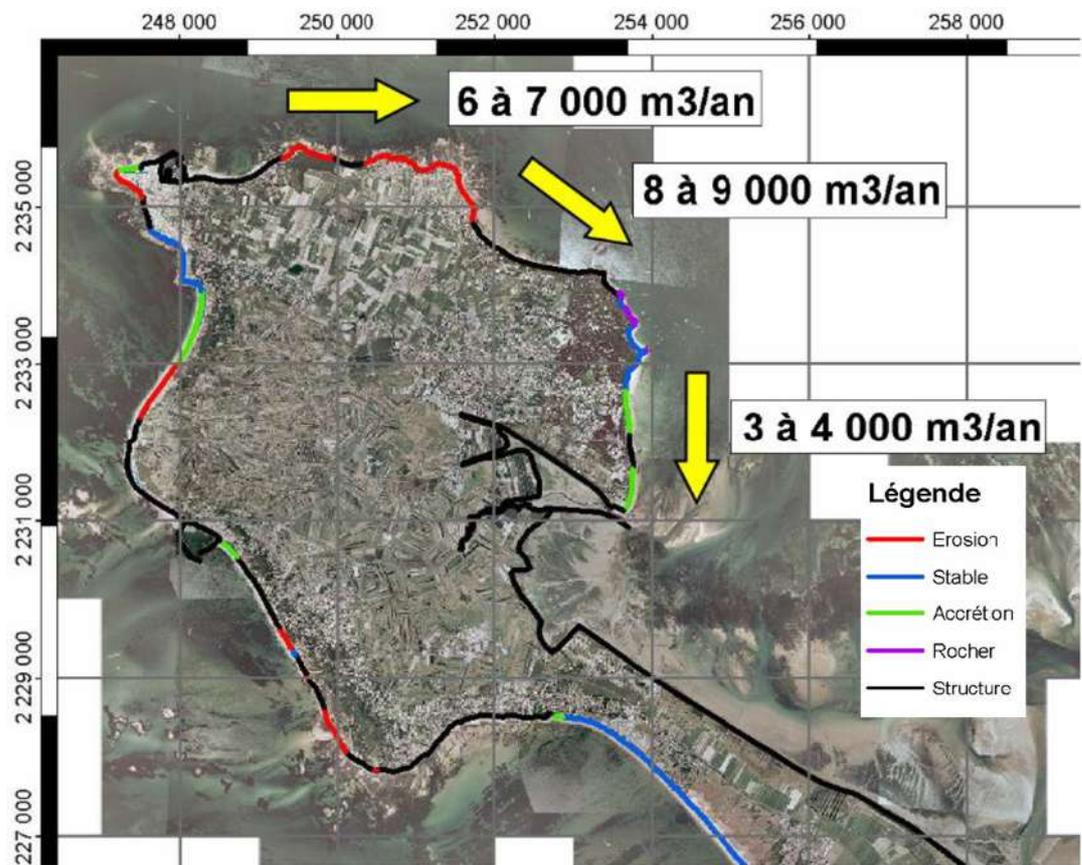


Figure 6.12 : Synthèse de la dérive littorale sur la partie Nord-Est du littoral de Noirmoutier

Sur ces trois segments de la côte Nord-Est de l'île en Figure 6.12, la pente moyenne retenue est identique : de l'ordre de 1/20 entre +5 et +8 m CM, de l'ordre de 1/50 de +3 à +5 m CM et de l'ordre de 1/500 jusqu'à -1m CM.

La figure suivante synthétise les résultats de la modélisation du transit littoral net sur la côte Ouest du littoral Noirmoutin.

Au Nord de la pointe du Devin jusque-là pointe de l'Herbaudière (segment A ou sous-cellule 1 de la Figure 6.11), le transit a une résultante portant vers le Nord avec une



dérive nette de l'ordre de 0 à 10 000 m³/an. Ce résultat est valide au droit de la plage de Luzérond. Les houles dominantes portant vers le sud-est, il n'y a aucun apport depuis l'est par la pointe de l'Herbaudière.

Au Sud de cette pointe jusqu'à celle de la Loire (segment B ou sous-cellule 2 de la Figure 6.11), le transit a une résultante portant cette fois vers le sud/sud-est avec une dérive nette plus importante de l'ordre de 0 à 20 000 m³/an. Ce résultat est valide au droit des plages de Saint-Jean à la Martinière.

Au niveau de la plage du Midi à Barbâtre (segment C ou sous-cellule 3 de la Figure 6.11), le transit net aurait une résultante nulle. Toutefois, selon les variations interannuelles du climat de houles, la capacité de transport net serait de l'ordre de $\pm 25\,000$ m³/an le long de la flèche sableuse.

Le transport brut le long du rivage sur l'ensemble de l'ouest de l'île est également relativement faible et constant de la pointe du Devin à celle de la Fosse, de l'ordre de 50 000 m³/an. Il est légèrement plus faible, de l'ordre de 30 000 à 35 000 m³/an au Nord de la pointe du Devin.

Comme pour la partie Nord-Est de l'île, la présence importante d'un platier rocheux peu profond et étendu au large de la côte limite la dynamique sédimentaire et la fourniture du stock sableux, avec une protection notable assurée contre la mer et les houles océaniques. A l'exception du secteur Sud s'étendant de La Cour à la pointe de la Fosse, les plages du littoral Ouest de l'île sont également sensibles à l'érosion.

Les pentes moyennes considérées pour les 3 segments ou sous-cellules hydrosédimentaires de la façade Ouest de l'île sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Cote (m CM)	A	B	C
[+5 +8]	1/50	1/50	1/50
[0 +5]	1/100	1/100	1/100
[-5 0]	1/2000	1/2500	1/3000

Figure 6.13 : Pentes moyennes considérées dans la modélisation du transport sédimentaire sur la façade Ouest de l'île de Noirmoutier (DHI/GEOS, 2008).



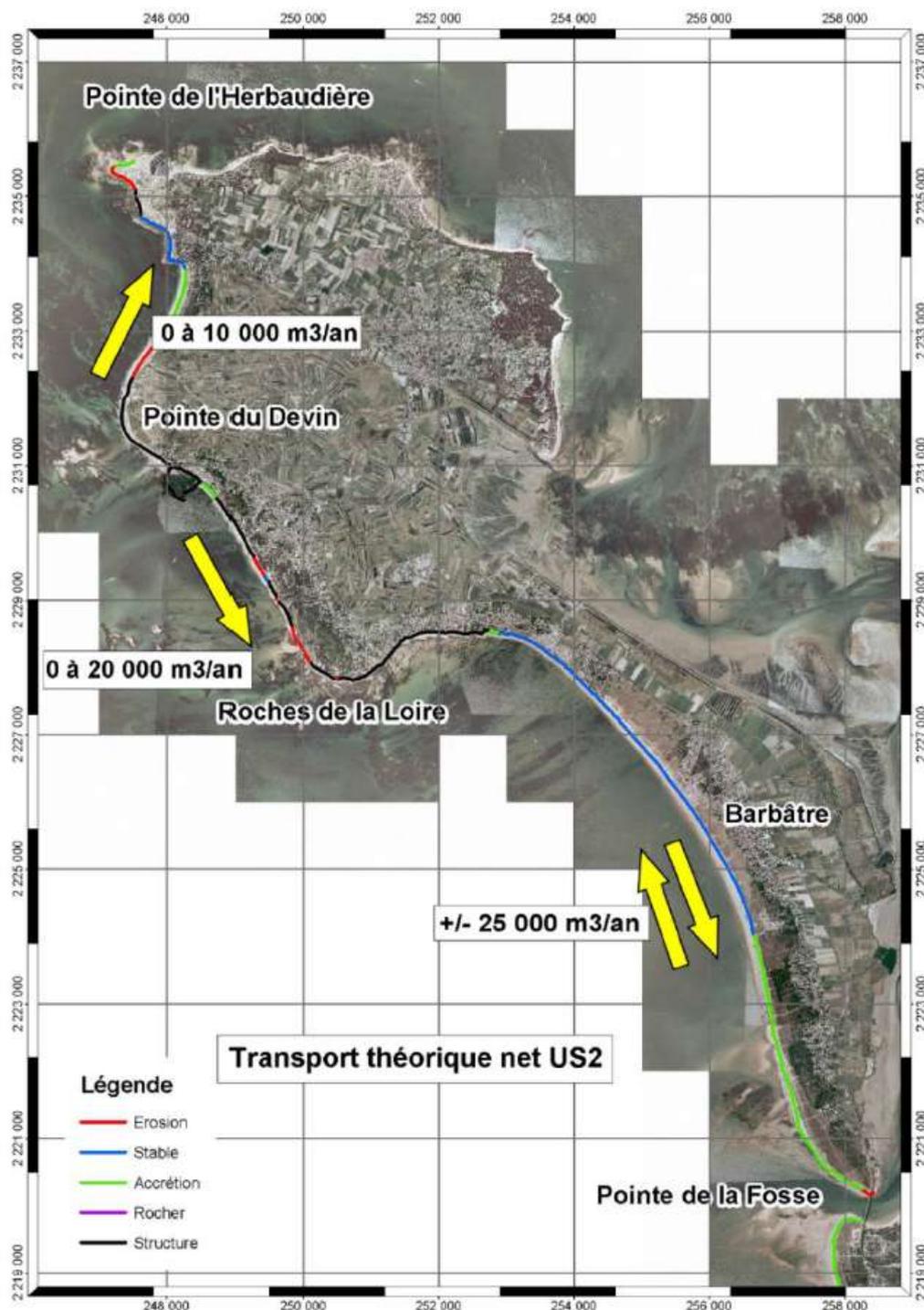


Figure 6.14 : Synthèse de la dérive littorale sur la partie Ouest du littoral de Noirmoutier (DHI/GEOS, 2008).

Dans la baie de Bourgneuf, du port de Noirmoutier en l'Île jusqu'à la pointe de la Fosse, la dynamique littorale et les fonds sont fortement influencée par les activités humaines. Cette partie du littoral n'est pratiquement pas soumise à la houle et la dérive littorale y est quasiment nulle. Elle n'a pas fait l'objet d'une modélisation. La mobilité des sédiments vaseux est liée aux courants de marée.



Le secteur goulet de Fromentine -delta- chenal a des évolutions liées à celle du chenal se déplaçant entre le Nord-Ouest et le Sud-Ouest.

L'Ifremer a proposé la représentation schématique suivante des dynamiques sédimentaires autour de l'île. Remarque : cette représentation est fournie à titre indicatif car moins précise que les éléments précédemment fournis. Il est par exemple considéré une unique sous-cellule hydrosédimentaire de la pointe de l'Herbaudière aux Roches de la Loire, avec un sens de transit résultant vers le Sud, et un transit résultant non nul des Roches de la Loire à la pointe de la Fosse.

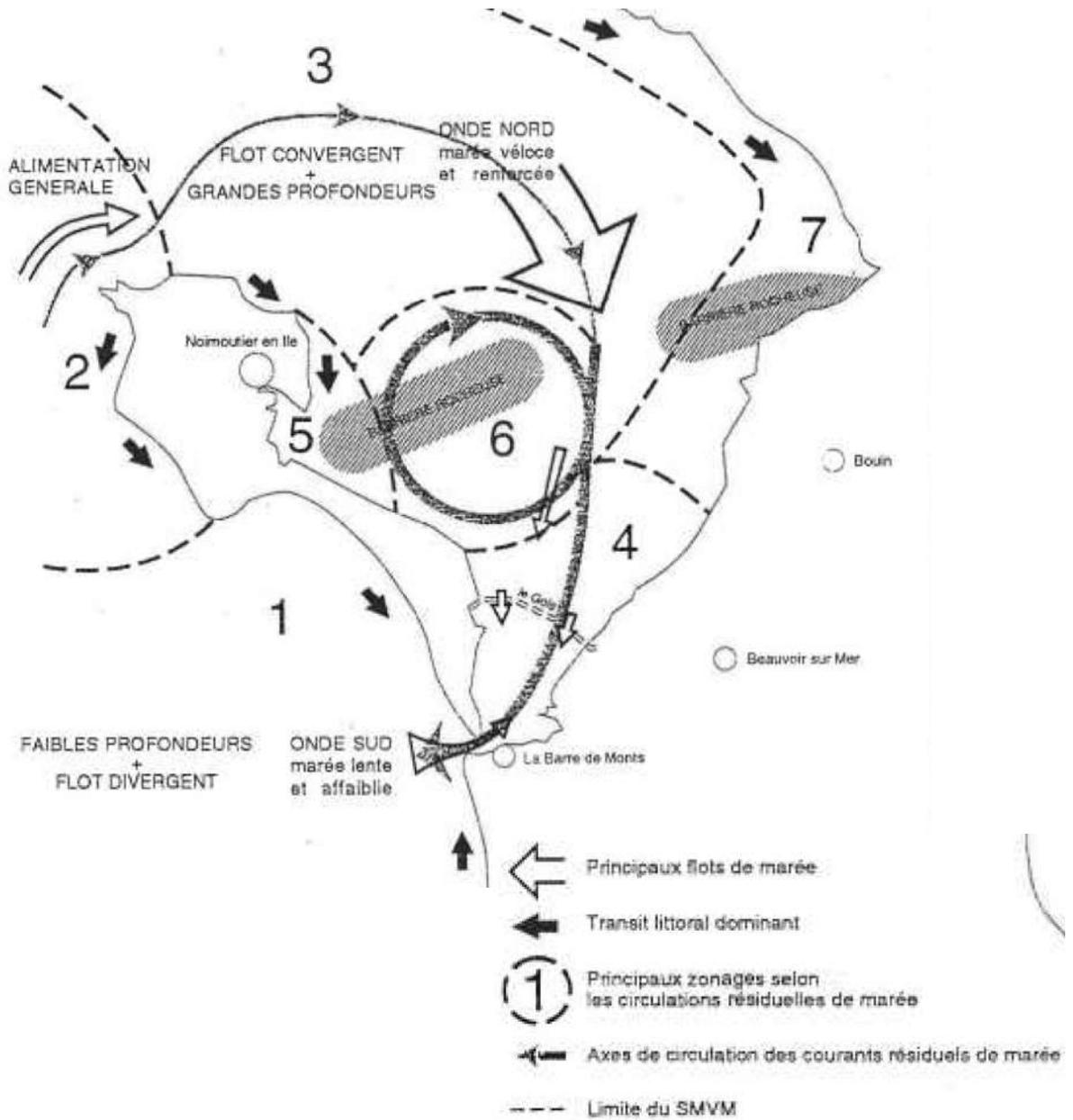


Figure 6.15 : Représentation schématique des dynamiques sédimentaires autour de l'île de Noirmoutier (Ifremer).



6.4 Evolutions des plages, des cordons dunaires et du trait de côte

6.4.1 Etudes et données de suivi disponibles

6.4.1.1 Indicateur national

Dans le cadre de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte, le Ministère de l'Ecologie (MEDDE/CEREMA) a positionné en plan les traits de côte anciens des années 30 et de 1947/1949 et de traits de côte récents de 2009, 2010 et 2011 par interprétation de photographies aériennes. Selon la méthode CETMEF/CEREMA de 2012 (*Levé du trait de côte à partir de photographies aériennes orthorectifiées – Proposition de méthodologie nationale*), l'indicateur de position du trait de côte retenu au droit du secteur d'étude est la limite de végétation pérenne ou le haut de falaise dunaire dans le cas d'une zone en érosion.

L'indicateur national de l'érosion côtière a été déterminé en 2015 par le CEREMA sur la base d'un trait de côte ancien et d'un trait de côte récent dont les dates peuvent varier selon l'endroit du littoral français. Le taux d'érosion ou d'accrétion a été calculé de manière automatisée à l'aide du logiciel MobiTC, outil informatique développé par le CETE Méditerranée en 2011-2012.

Cette méthode permet de faire une analyse de plusieurs traits de côte. Son principe est de déterminer la distance entre chacun des traits de côte et une ligne de base arbitraire servant de référence. Cette distance est déterminée à des intervalles réguliers le long de la côte, ici 200 m pour l'indicateur national. Ces distances, ainsi repérées, sont reportées dans un graphique en fonction des différentes dates (1 graphique en début et fin de chaque intervalle). Une analyse statistique (régression linéaire) est alors effectuée ; la pente de la droite représente le taux moyen de recul annuel.

Pour le secteur concerné par l'étude, les traits de côte de 1949 et 2011 sont utilisés pour le calcul de l'indicateur national de l'érosion côtière. Le positionnement de ces traits de côte et les valeurs de l'indicateur par tronçons sont disponibles en format SIG.

Les figures ci-après montrent l'indicateur national ainsi déterminé au droit du littoral non fixé de chacune des communes de l'île de Noirmoutier. La légende est la suivante pour l'ensemble de ces figures :

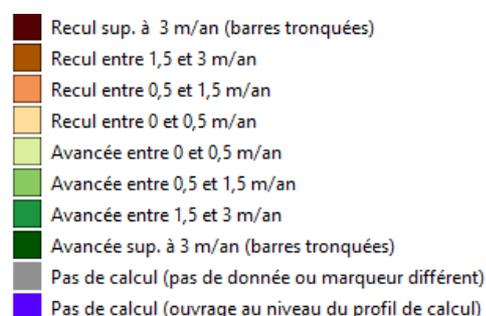


Figure 6.16 : Graduations de l'indicateur national de l'érosion côtière (CEREMA).





Figure 6.17 : Indicateur national de l'érosion côtière déterminé au droit de Noirmoutier-en-l'Île entre 1949 et 2011 (CEREMA).



Figure 6.18 : Indicateur national de l'érosion côtière déterminé au droit de L'Epine et de la Guérinière entre 1949 et 2011 (CEREMA).





Figure 6.19 : Indicateur national de l'érosion côtière déterminé au droit de Barbâtre entre 1949 et 2011 (CEREMA).

6.4.1.2 Autres données de traits de côte

Des données de traits côtes autres que ceux de 1949 et 2011 sont disponibles, et notamment :

- Ceux de 1950, 1970, 1990, 2000 et 2010 disponibles sur l'ensemble du littoral de l'île ;
- D'autres données établies au besoin d'analyses sur certains tronçons, et notamment des traits de côte récents entre 2017 et 2023.

6.4.1.3 Suivis topographiques terrestres du trait de côte de la CCIN

Depuis 1999, soit plus de 20 ans, des levés topographiques au DGPS sont réalisées au mois de septembre pour suivre la mobilité du trait de côte. Ce suivi est réalisé par la CCIN et permet de faire des comparaisons de deux lignes de trait de côte entre deux dates. Le dernier levé disponible est celui de septembre 2022 et permet d'établir l'évolution du trait de côte sur une durée moyen terme de plus de 20 ans.

Dans le détail, les 2 lignes de trait de côte sont comparées à travers un maillage de 25 m x 100 m et l'évolution sur la période considérée est traduite en intensités de couleurs.



Les figures ci-après montrent l'évolution du trait de côte entre septembre 1999 et septembre 2022 déterminé à l'aide de ce suivi topographique pour chacune des communes de l'île de Noirmoutier.

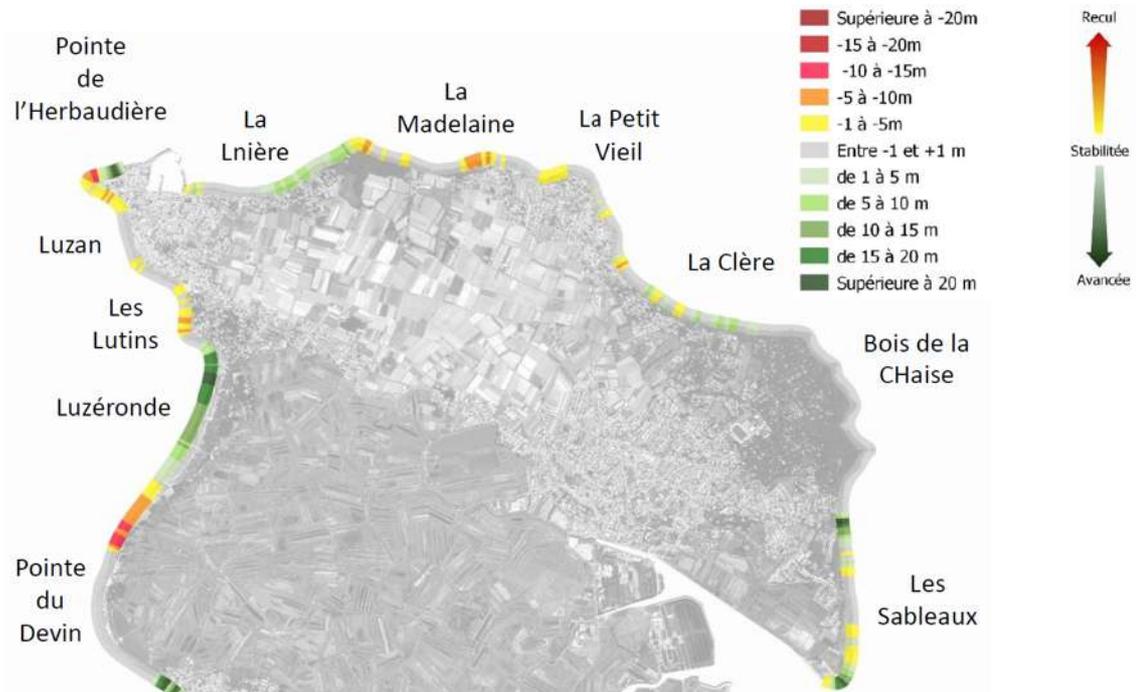


Figure 6.20 : Evolution du trait de côte entre 1999 et 2022 sur la base d'un suivi topographique au DGPS au droit de Noirmoutier-en-l'Île (CCIN).

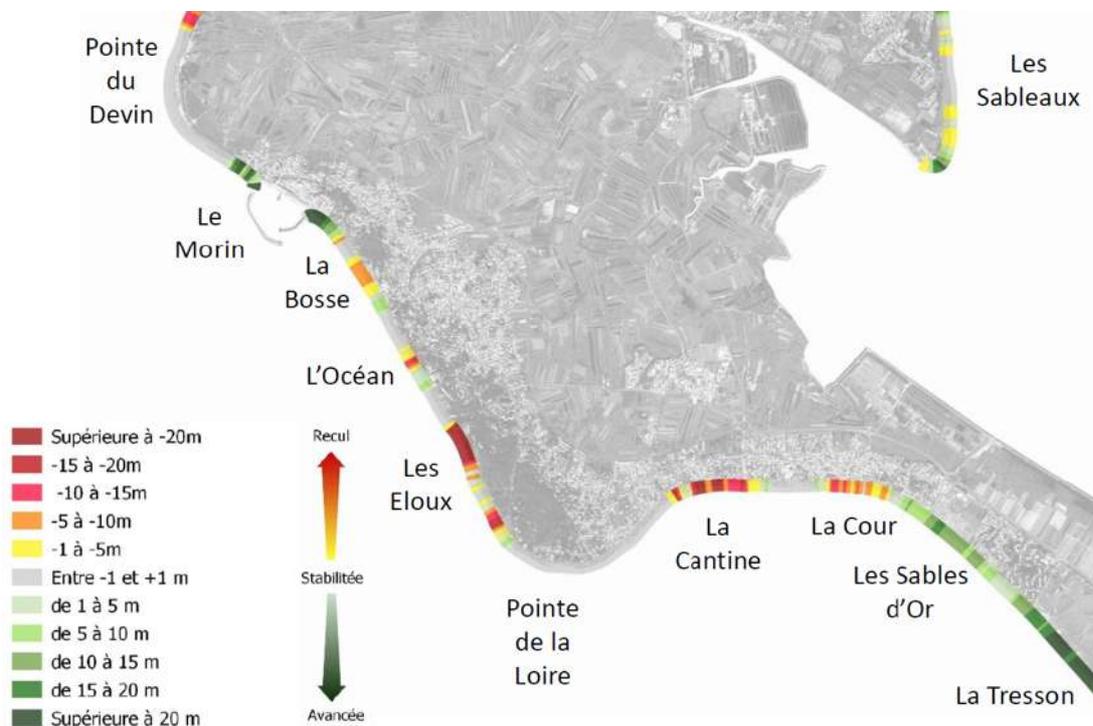


Figure 6.21 : Evolution du trait de côte entre 1999 et 2022 sur la base d'un suivi topographique au DGPS au droit de l'Épine et de la Guérinière (CCIN).



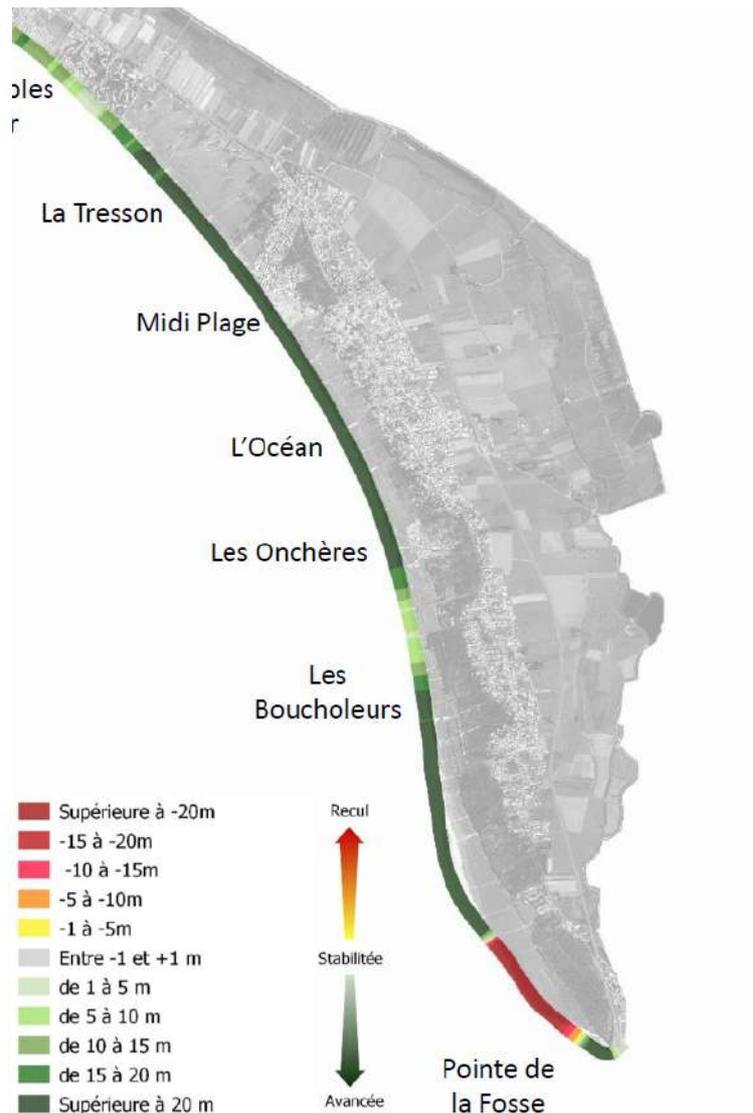


Figure 6.22 : Evolution du trait de côte entre 1999 et 2022 sur la base d'un suivi topographique au DGPS au droit de Barbâtre (CCIN).

6.4.1.4 Suivis topographiques aériens d'ensemble

Les nombreuses données LiDAR haute résolution disponibles présentées au chapitre 3, permettent également de déterminer les évolutions altimétriques et volumétriques des hautes plages et des cordons dunaires sur l'ensemble de leurs surfaces.

La figure suivante montre la différence entre le levé LiDAR PCRS de 2022 et celui du Litto3D de 2010.





Figure 6.23 : Différences altimétriques entre le levé LiDAR PCRS (2022) et celui du Litto3D (2010).

6.4.1.5 Données sur le rechargement des plages

Dans le cadre de la révision du PPR, la CCIN a fourni un tableau de suivi des opérations de rechargement des plages.

Ces données ont été considérées dans l'analyse des évolutions sédimentaires des plages et des cordons dunaires de l'île de Noirmoutier.

6.4.2 Analyse générale

L'île de Noirmoutier connaît sur le long terme entre 1832 et 2018 une extension moyenne de sa surface de 1,5 ha/an. Cette extension connaît un léger fléchissement entre 1999 et 2018, avec une moyenne de 1,3 ha/an.

Les deux graphiques suivants montrent l'évolution surfacique de l'île sur le long terme et le court terme.



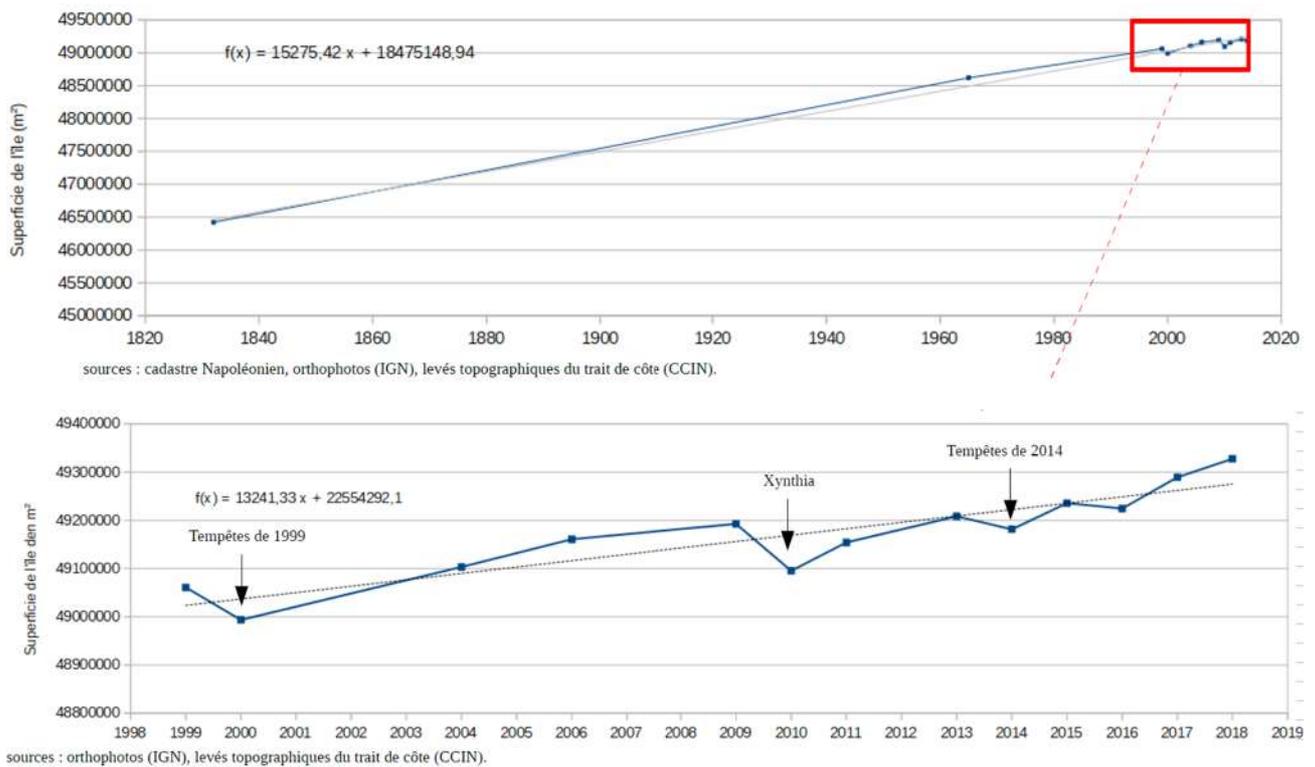


Figure 6.24 : Evolutions surfaciques de l'île de Noirmoutier sur le long terme de 1832 à 2018 (en haut) et sur le court terme de 1999 à 2018 (en bas) (CCIN).

Sur le graphique de l'évolution court terme, les tempêtes de 1999, 2010 et 2014 constituent des marqueurs significatifs bien visibles, avec une perte maximale pour Xynthia allant jusqu'à presque 10ha (contre 6,7 ha pour la tempête de 1999 et 2,7ha pour celle de 2014).

La progression de la dune bordière peut néanmoins être très rapide, jusqu'à +5 à 6ha en une année. Cette progression est liée aux conditions météocéaniques favorables (faible nombre de tempêtes hivernales notamment) et également aux travaux éventuels pour maintenir la dune (protections douces en particulier).

En 2018, le suivi du trait de côte montrait une forte expansion des dunes bordières (+3,8ha par rapport à 2017).

A noter que l'indicateur « trait de côte » retenu ici est celui de la limite de végétation dunaire, et que les variations interannuelles sont importantes.

Sur la période 1999-2007 par exemple, le bilan sédimentaire des plages suivies autour de l'île (Figure 6.9) était ainsi largement positif avec environ +150 000 m³ sur la période.

En revanche, la répartition de ce volume n'est pas uniforme avec des secteurs en érosion marquée et d'autres en accrétion importante. D'où des opérations d'extraction et de rechargements réalisées au droit des plages. La figure suivante montre les bilans sédimentaires hors extractions/rechargements et avec ces opérations pour la période 1999-2007.



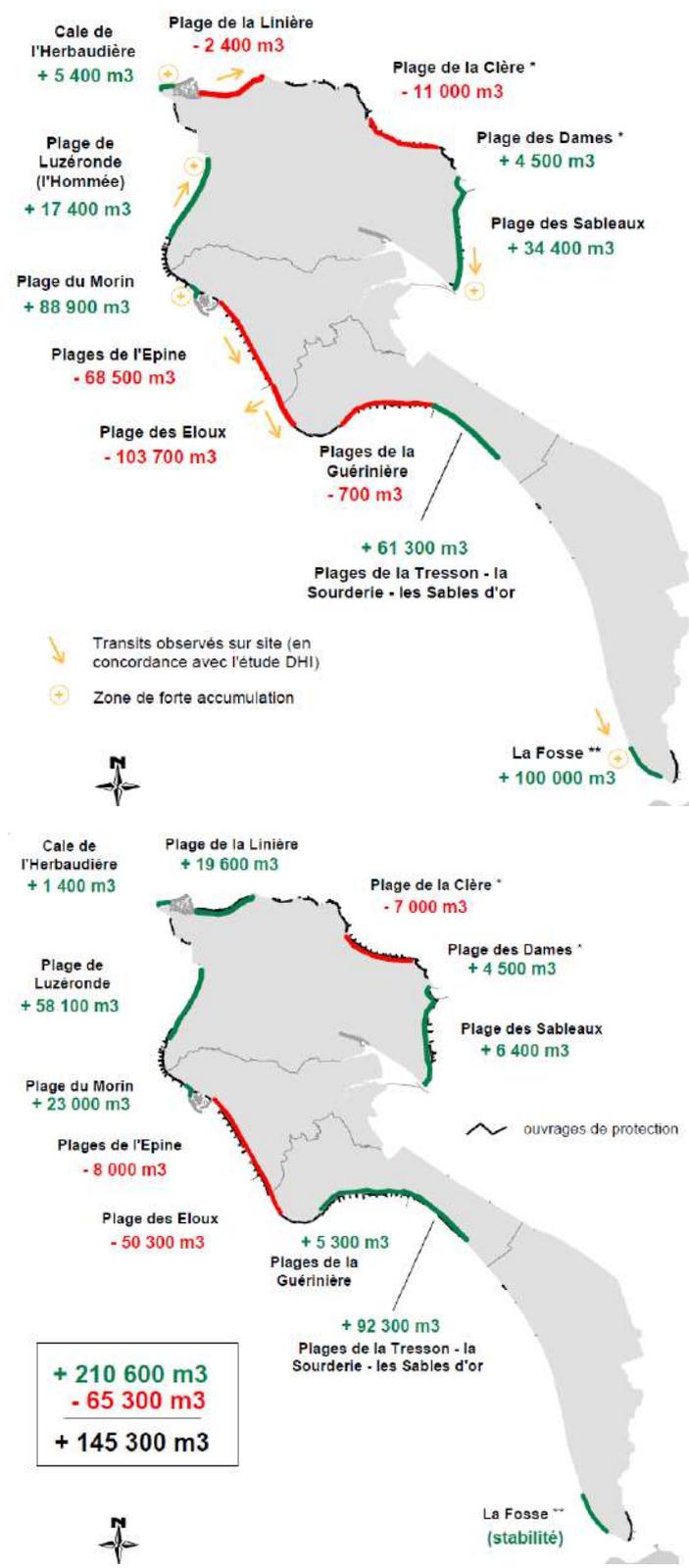


Figure 6.25 : Bilans sédimentaires sur les plages suivies par l'OR2C autour de l'île de Noirmoutier entre 1999 et 2007 : hors extractions/rechargements, en haut, et avec, en bas.



La figure suivante est une synthèse pour la même période 1999-2007 des sites prélevés en sables et de la destination de ces sables, et des quantités concernées. Sur cette période 1999-2007, c'est donc près de 225 000 m³ de matériaux qui ont fait l'objet de ces manipulations.

Les sites de prélèvements ont été par ordre d'importance croissante la plage des Sableaux, la plage du Morin et la pointe de la Fosse.

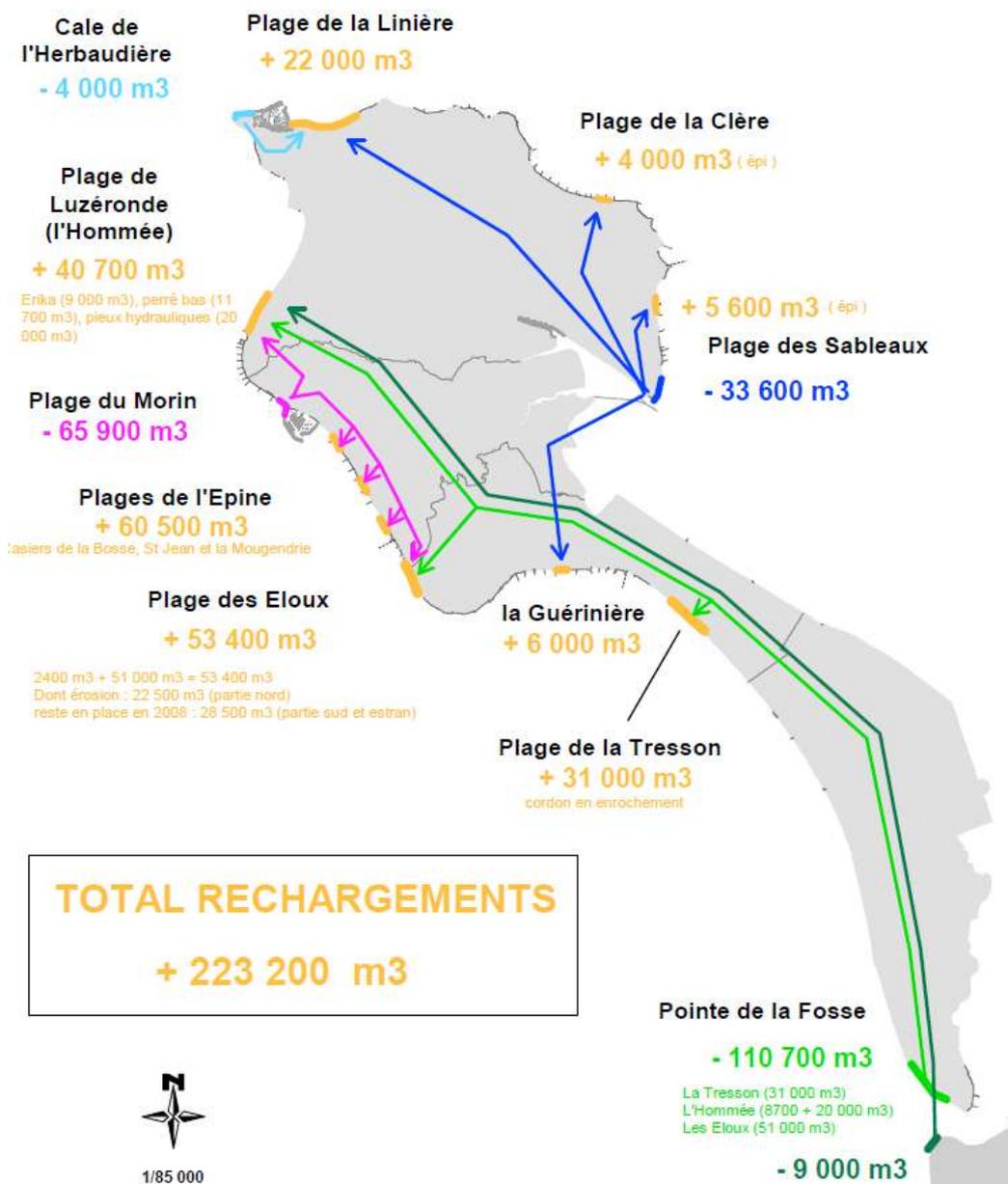


Figure 6.26 : Opérations d'extractions/rechargements sur l'île de Noirmoutier sur la période 1999-2007 (CCIN).



6.4.3 Analyse de la pointe du Devin à celle de l'Herbaudière

La côte de la pointe du Devin à celle de l'Herbaudière se situe sur la façade Atlantique Ouest de l'île de Noirmoutier.

6.4.3.1 Plage de Luzérone/Dune de l'Hommée

Analyse générale et évolutions historiques (long terme)

Le secteur de la plage de Luzérone/Dune de l'Hommée est situé au Nord de la pointe du Devin avec un trait de côte orienté NNE-SSO.

Du fait du transit littoral résultant orienté vers le Nord, ce secteur subit une **érosion historique sur sa partie Sud (au Nord immédiat de la pointe du Devin)** et une **accrétion historique sur sa partie Nord**. Ces évolutions historiques peuvent être observées par comparaison de la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et du trait de côte de 2011 (CEREMA).



Figure 6.27 : Comparaison de la carte de l'état-major et du trait de côte de 2011 (CEREMA) sur le secteur de Luzérone/L'Hommée.



La comparaison des traits de côte de 1950 et 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 montre clairement ces tendances historiques depuis le milieu du 20^{ème} siècle et que ces tendances perdurent. Elle précise que la tendance érosive au Sud démarre réellement au nord du second épi, à environ 250 m au nord de l'extrémité de la digue du Devin. L'extrémité Sud de ce secteur fait en effet l'objet d'actions anthropiques qui permettent de stabiliser un phénomène d'érosion : cf. paragraphe spécifique ci-après.

Le point de stabilité du trait de côte se situe environ entre le tiers Sud et la moitié du linéaire de ce secteur.

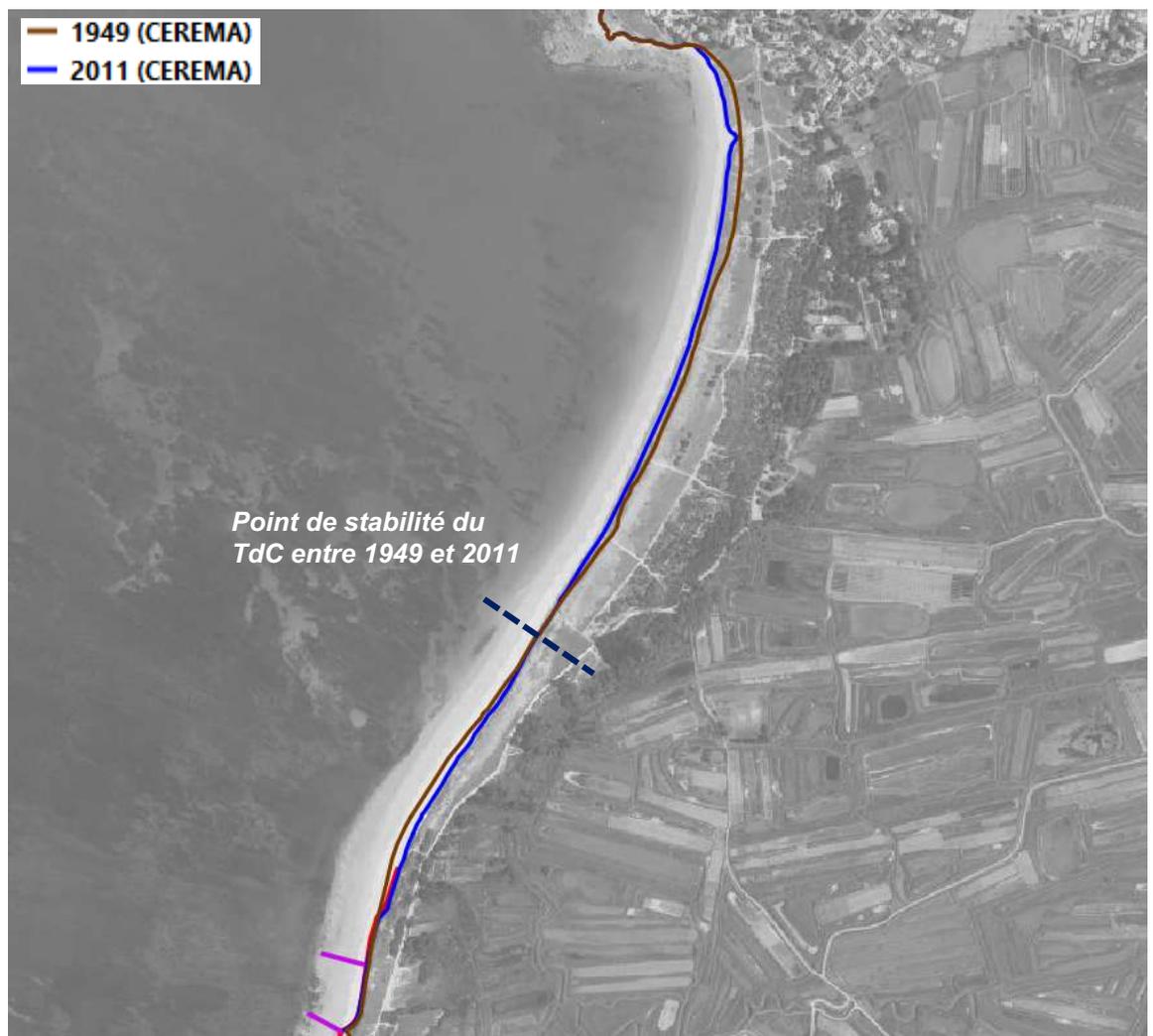


Figure 6.28 : Comparaison des traits de côte de 1949 et 2011 (CEREMA) et point de stabilité sur le secteur de Luzéronde/L'Hommée.



L'analyse « long terme » réalisée sur la base des traits de côte montre :

- Une stabilité des 200 ml de l'extrémité Sud du secteur sur la période 1949-2011 avec une avancée totale de l'ordre de 4/5 m (CEREMA). Entre les deux épis, le trait de côte actuel est légèrement devant celui de la moitié du 19^{ème} siècle ;
- Un recul moyen de -0,18 m/an (-10 m environ) la période 1949-2011 de la partie Sud du secteur (CEREMA) sur 800 ml. L'observation de la carte de l'état-major montre toutefois que sur les 400 ml environ les plus au Sud, le trait de côte a reculé de 60 à 80 m au maximum entre la moitié du 19^{ème} siècle et le début des années 2010 ;
- Une avancée moyenne de +0,21 m/an (+10/15 m environ) sur la période 1949-2011 de la partie Nord (CEREMA) sur un peu moins de 1 500 ml. L'observation de la carte de l'état-major montre des avancées maximales de l'ordre de 50 m entre la moitié du 19^{ème} siècle et 2011.

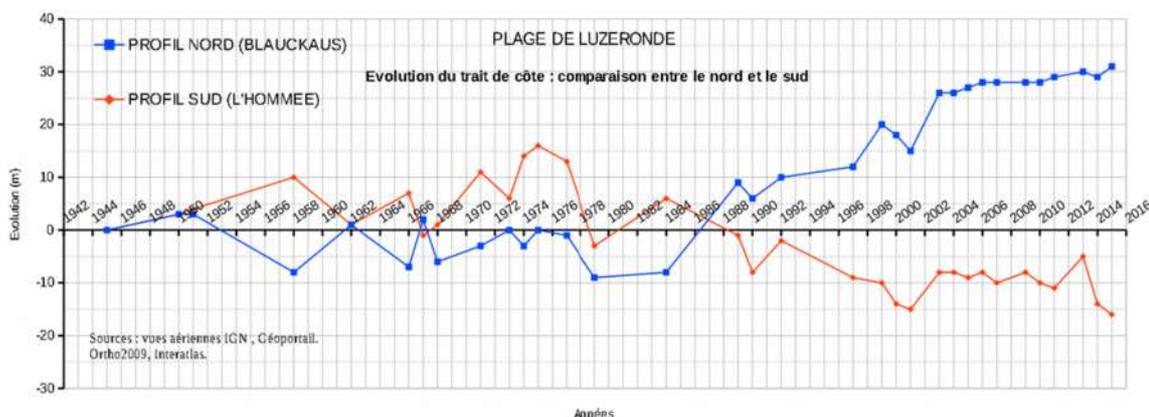
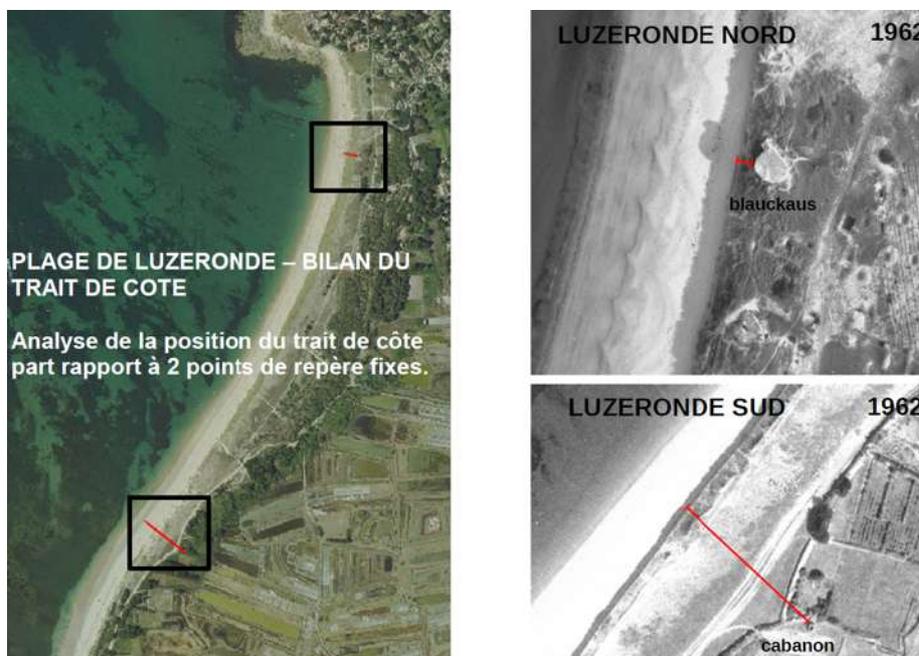


Figure 6.29 : Evolution du trait de côte au nord et au sud de la plage de Luzéronde de 1945 à 2015 (CCIN).



En conclusion, le trait de côte sur le secteur de la plage de Luzéronde, qui présentait au 19^{ème} siècle une avancée et un creux nettement plus marqués au sud et au nord, respectivement, s'est linéarisé avec le temps autour du point de stabilité. Ce phénomène est lié au sens du transit littoral vers le nord et a probablement été accéléré par la protection de la pointe du Devin, une des premières interventions de défense contre la mer sur l'île.

Le trait de côte artificialité à l'extrémité Sud est plutôt stable, en lien avec les actions anthropiques mises en œuvre et notamment les rechargements.

La dynamique sédimentaire du secteur Luzéronde/L'Hommée a été synthétisée par la figure ci-après par la CCIN (avril 2014). Les observations montrent que des forts mouvements se produisent dans le profil de plage (cross shore), avec des variabilités saisonnières ou interannuelles importantes.

Le site de l'Hommée est un site de dispersion, avec des départs de sable vers le nord et vers le sud. Selon les observations, le transit y est peu marqué (pas de chargement dissymétrique des épis).

L'activité éolienne est également forte sur ce secteur, avec des sables fins facilement mobilisables en haute plage. Cette activité s'est notamment renforcée à partir de 2004 en partie Sud du secteur après les apports en sable réalisés en haute plage.

Le profil du cordon dunaire est large au nord de plus en plus étroit vers le sud, avec un couvert végétal qui a tendance à se dégrader vers le sud.



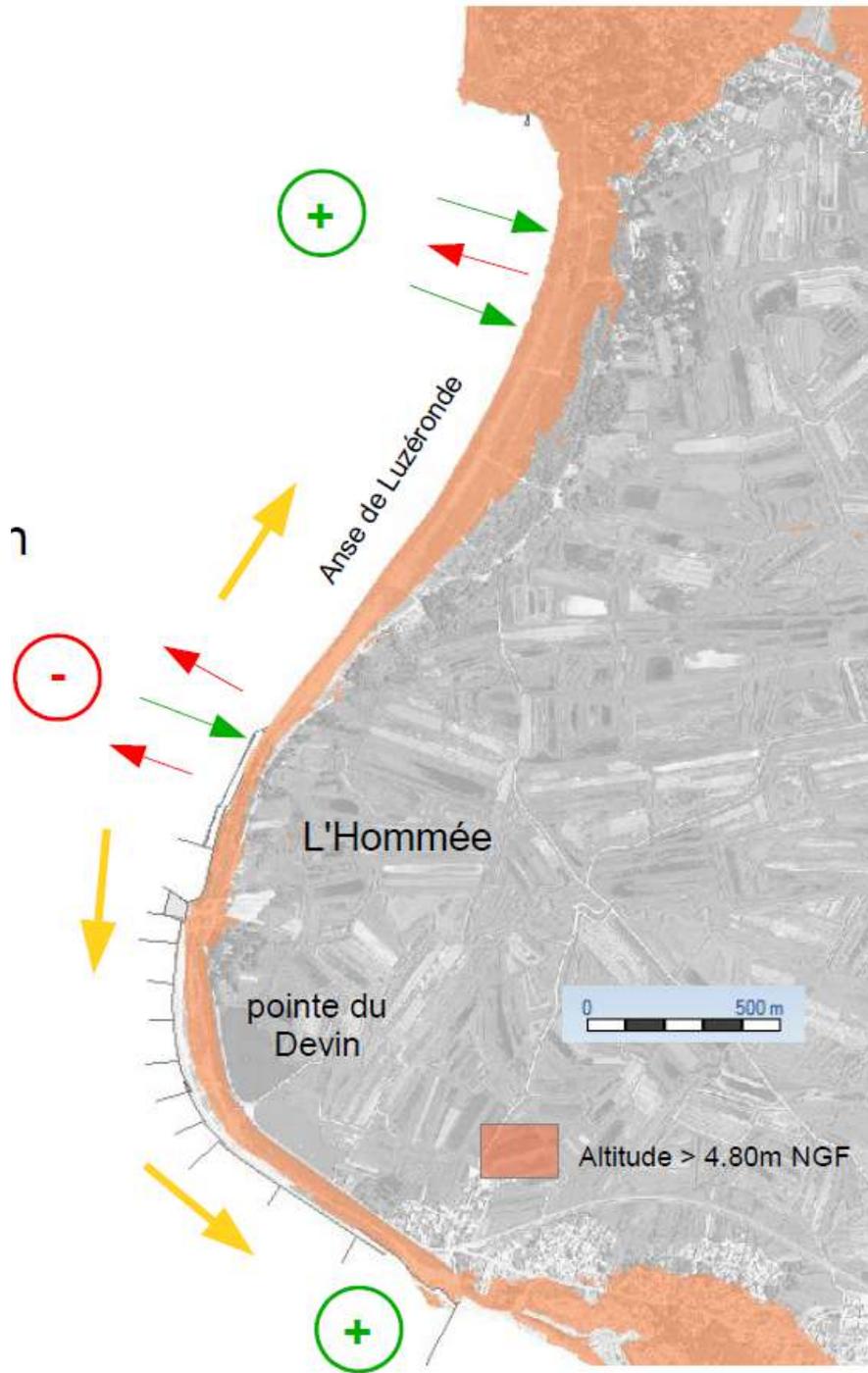


Figure 6.30 : Synthèse hydrosédimentaire sur le secteur de Luzéronde/L'Hommée (CCIN).



Actions anthropiques

La pointe du Devin a donc été le premier secteur protégé de la côte Ouest de l'île, car subissant de l'érosion. Cette problématique s'est reportée au Nord immédiat de la pointe. L'extrémité Sud du secteur de la plage de Luzéronde/Dune de l'Hommée à l'interface avec la digue du Devin a donc fait l'objet d'actions anthropiques de protection depuis la tempête de 1937 avec :

- En 1937/1938, la construction du perré en béton des Sénégalais et de deux épis bois, sur un tronçon de 260 ml environ de la dune de l'Hommée en continuité de la digue du Devin plus ancienne. Les deux épis ont été reconstruits et rehaussés en 1987 ;
- En décembre 2000, la mise en œuvre dans le casier formé par les deux épis de 9 000 m³ de sables issus de la pointe de la Fosse ;
- En 2002, la réalisation d'un enrochement d'environ 110 ml dans la continuité du perré des Sénégalais, et la mise en œuvre au nord des épis de 11 700 m³ de sables issus de la Fosse (janvier) et de 3 000 m³ issus de la plage au Nord du port de Morin (mai). *Nota : Le volume de 22 000 m³ indiqué pour 2002 sur la figure suivante est le volume total de 2000-2002 ;*
- En 2006, l'installation de pieux hydrauliques sur environ 330 ml au nord de l'épi le plus au nord, à cheval sur le perré des Sénégalais et l'enrochement, et le rechargement en sable au droit des pieux (décembre) avec 20 000 m³ de sables issus de la pointe de la Fosse ;

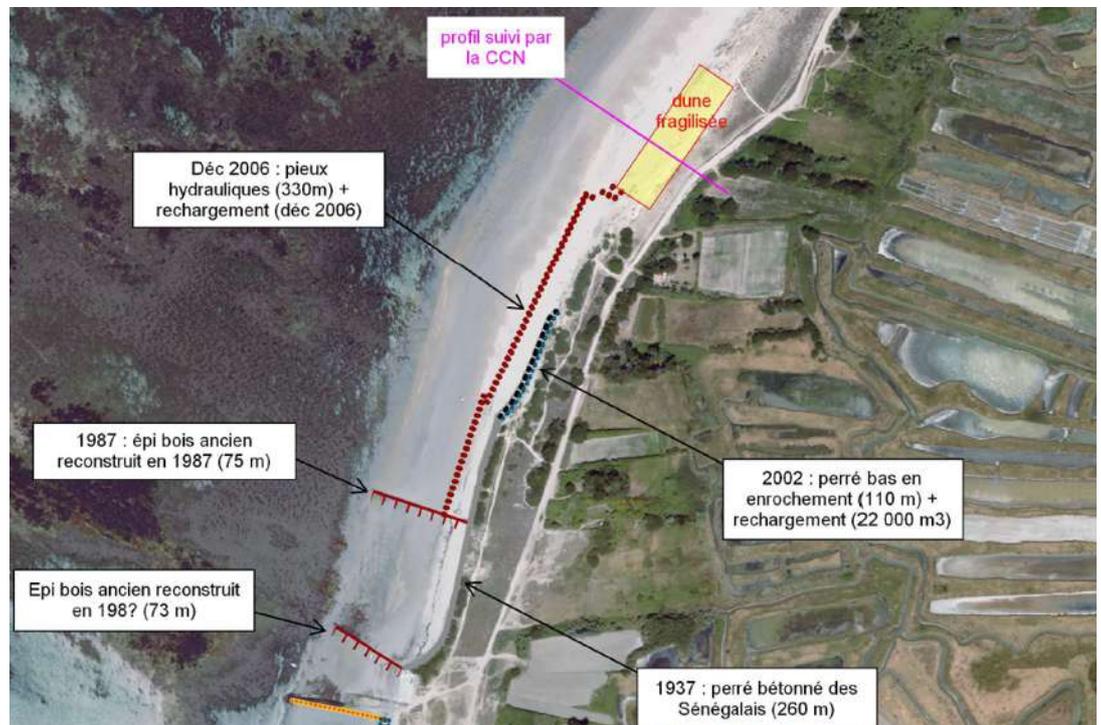


Figure 6.31 : Synthèse des principales actions anthropiques menées depuis 1937 sur le tronçon Sud du secteur de la plage de Luzéronde/Dune de L'Hommée (OR2C).



- En juin 2016, le rechargement de la partie Nord des pieux hydrauliques avec 2 400 m³ de sables issus du Nord de la plage.



Figure 6.32 : Vue de la zone de dépôt après travaux le 22 juin 2016.

- En juin 2020, la mise en œuvre de 3 200 m³ de sables issus du dragage du port de Morin.

Des actions « douces » sont également mises en œuvre au droit de la dune fragilisée au nord des pieux hydrauliques, avec pour les plus récentes :

- Avant 2000 : pose de ganivelles sur la dune de l'Hommée, largement détruites par les tempêtes d'octobre et décembre ;
- A l'automne 2008 : rechargement et reprofilage du pied de dune avec 1 300 m³ de sables et mises en œuvre de protections douces de type grillage/oyats et branchages ;
- Au printemps 2019 : mise en place d'une couverture en branchages des secteurs rechargés par l'ONF.

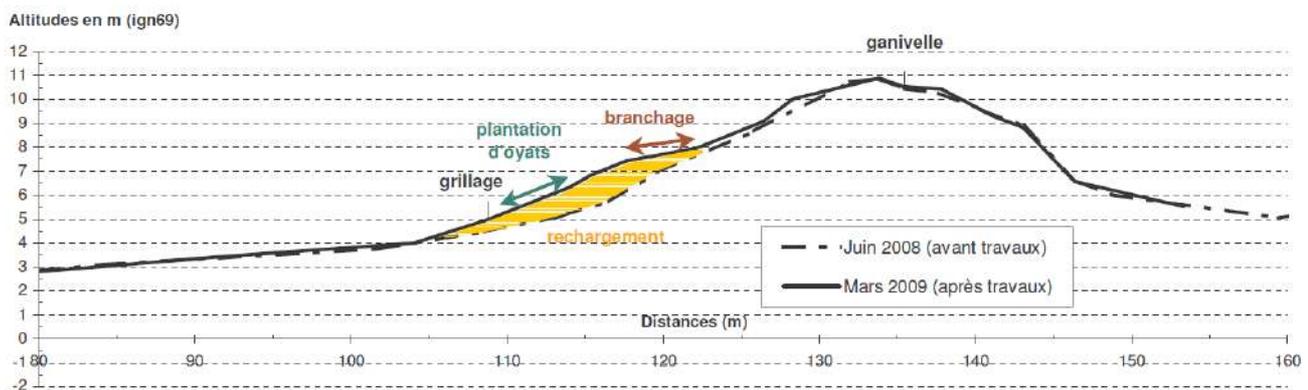


Figure 6.33 : Coupe schématique des travaux de rechargement/reprofilage de la dune au nord des pieux hydrauliques du secteur Luzérond/L'Hommée effectués à l'automne 2008.



Variabilités saisonnières et interannuelles (moyen et court terme), recul maximal et évolutions récentes

Des fortes variabilités saisonnières et interannuelles sont possibles dans le profil de plage/dune sur ce secteur, comme le montre la figure suivante qui illustre l'évolution entre octobre 1999 et février 2014 du profil suivi par la CCIN au nord immédiat des pieux hydrauliques en partie Sud.

Il est observé par exemple que le pied de cordon a avancé de janvier 2007 à juin 2011 et qu'il a fortement reculé de juin 2011 à septembre 2014, avec un engraissement puis une baisse, respectivement, de la haute plage. Les situations de juin 2011 et de février 2014 sont très contrastées et s'apparentent à des extrêmes sur une période de suivi de 15 ans environ, avec notamment un niveau de haute plage très haut en juin 2011 et très bas (2 m d'écart par endroits) en février 2014. Ces évolutions sont constatées hors opération de rechargement anthropique.

L'hiver 2013-2014 a notamment été érosif, avec un recul maximal du pied de cordon estimé à 10 m au niveau de l'extrémité Nord des pieux hydrauliques et de fortes baisses de la plage notamment au droit du perré des Sénégalais. Dans le même temps, le sable emporté sur la haute plage a été déposé sur la partie basse de l'estran.

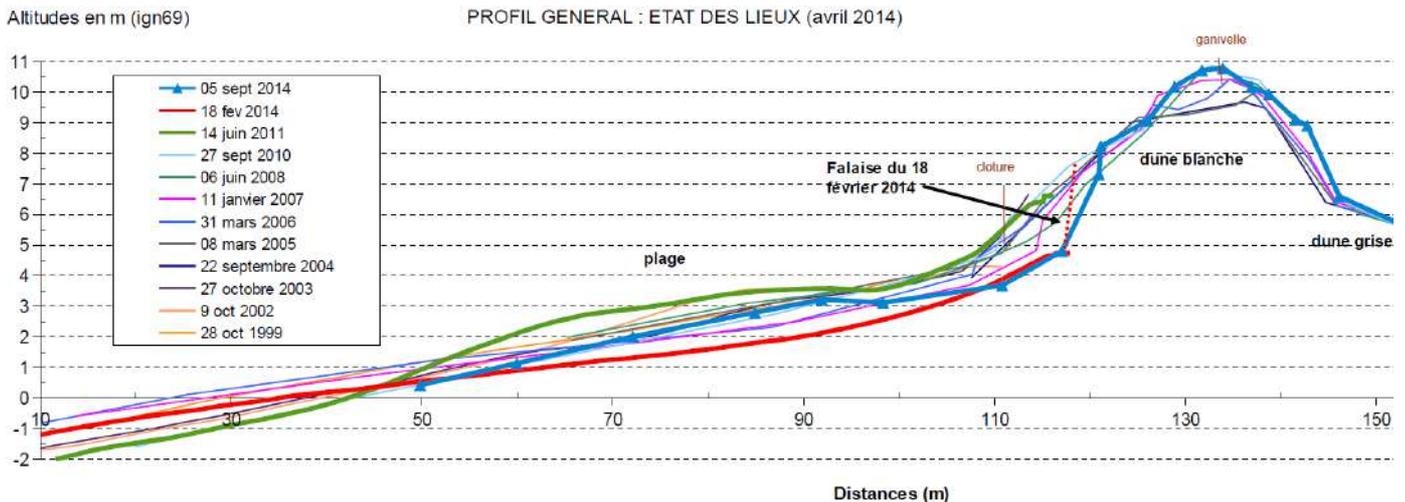


Figure 6.34 : Evolutions du profil plage+dune du secteur de Luzérondé suivi par la CCIN au nord immédiat des pieux hydrauliques sur la période octobre 1999- février 2014 (CCIN).



Figure 6.35 : Vue de la haute plage au pied du perré des Sénégalais en janvier 2014 (CCIN).





Figure 6.36 : Comparaison de vues de la haute plage au Sud de la plage de Luzéronda entre mai 2011 et janvier/février 2014 (CCIN).

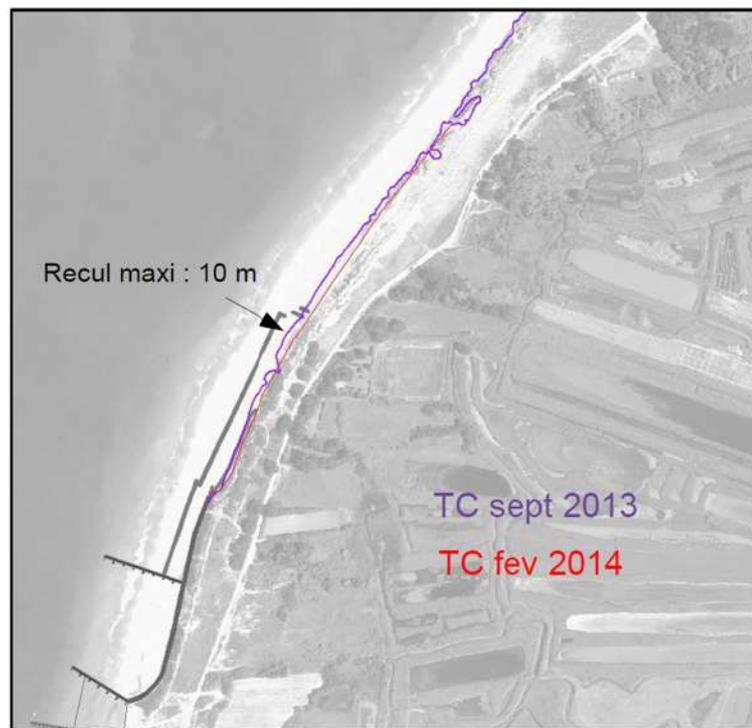


Figure 6.37 : Recul hivernal du trait de côte entre 2013 et 2014 (CCIN).



Le suivi de la CCIN montre un gain global en sédiments d'un peu moins de +30 000 m³ entre 1999 et 2016 au droit de l'ensemble du secteur en retranchant un rechargement anthropique total de la partie Sud de 44 000 m³ de sables issus d'autres secteurs. Ce gain se fait cependant sur la partie Nord du secteur alors que la partie Sud est déficitaire.

D'autre part, selon les périodes d'observation les conclusions sont différentes. On observe ainsi, hors rechargements anthropiques :

- Un bilan positif de l'ordre de +15 000 m³ entre octobre 1999 et octobre 2007 ;
- Un déficit de l'ordre de -15 000 m³ sur la période 1999-2014. Ce déficit s'est produit pour 6 000 m³ environ entre octobre 2010 et février 2014.

En partie Sud, les pieux hydrauliques apportent une certaine inertie de la dynamique sédimentaire avec une limitation des apports et des pertes en sable entre les pieux et la dune. Ils constituent un couloir éolien propice à l'ensablement entre les pieux et la dune par vent de Nord/Nord-Ouest.

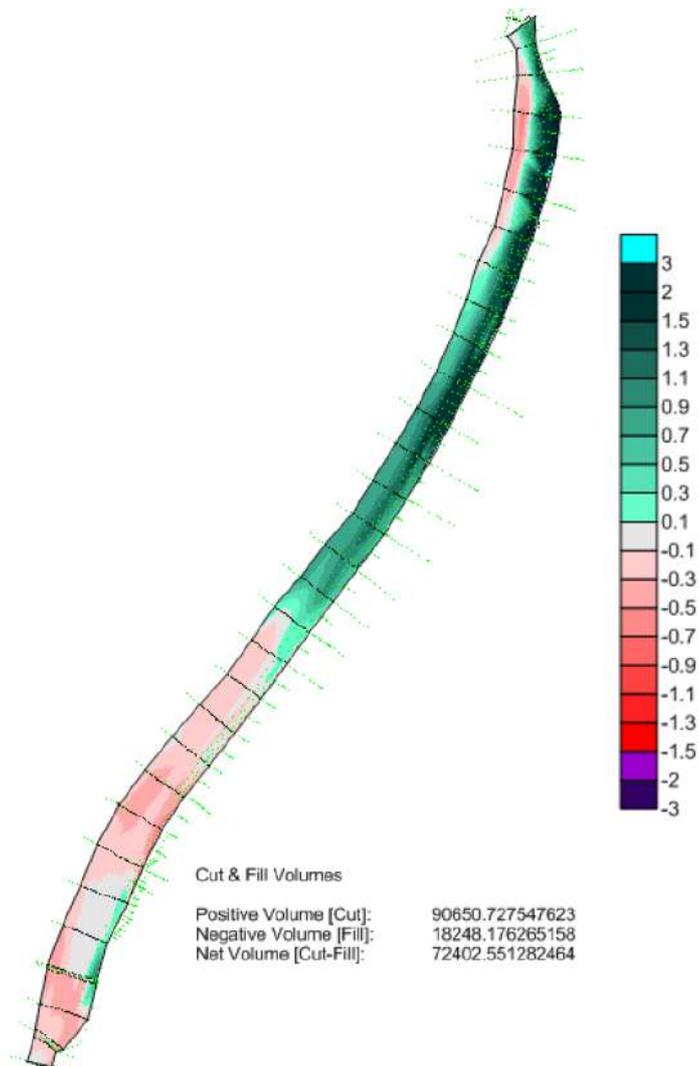


Figure 6.38 : Bilan sédimentaire entre 1999 et 2016 de la plage de Luzérone (CCIN).



La comparaison des deux levés LiDAR de 2022 (PCRS) et de 2010 (Litto3D®) amène à compléter, voir nuancer ces constatations et bilans.

Si elle confirme l'avancée du trait de côte en partie Nord et son recul en partie Sud, elle montre aussi que la haute plage a tendance à s'engraisser en partie Sud, et à plutôt baisser en partie Nord (sauf sur une faible largeur en pied de cordon). Ces constatations sont faites au droit du blockhaus au Nord et du cabanon au Sud, avec respectivement à ces endroits une baisse maximale de 0,90 cm et une hausse maximale de 1,30 m.

Cette comparaison 2022-2010 montre également bien au nord des épis l'effet « piège » des pieux hydrauliques mentionné ci-avant. L'accumulation de sables sur la période entre les pieux et le cordon dunaire peut en effet atteindre jusqu'à 2 m de hauteur.



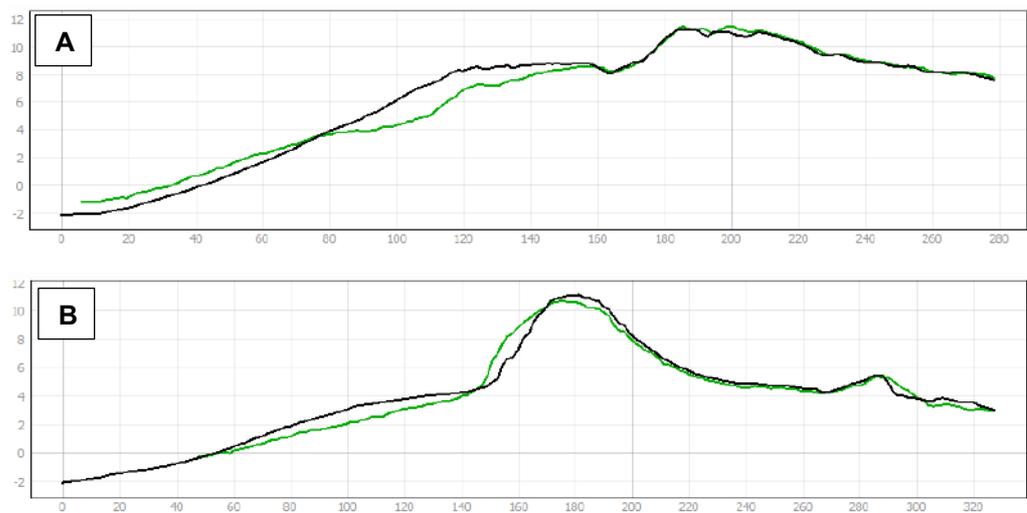
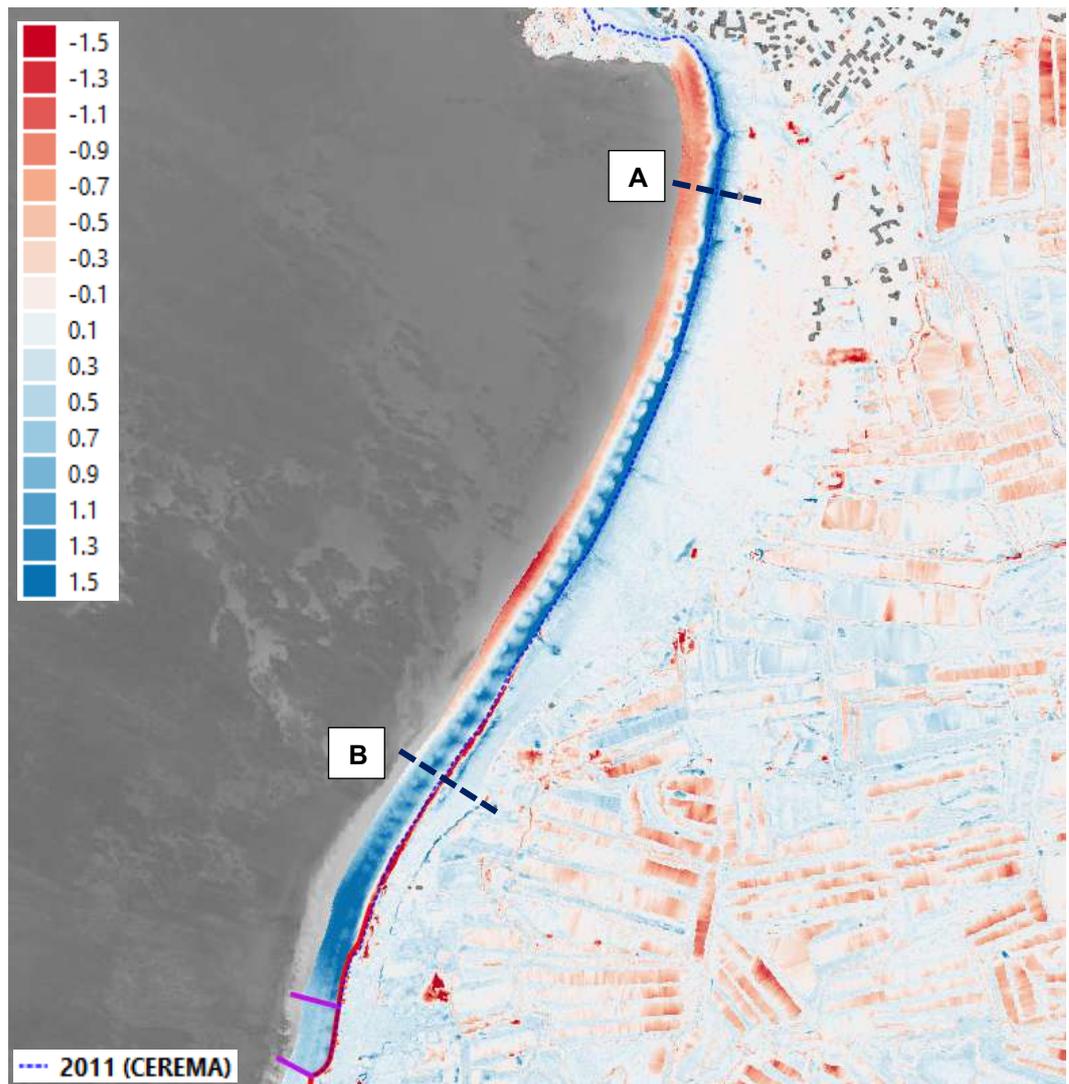


Figure 6.39 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto@3D, en vert) au droit de la plage de Luzéronde.



6.4.3.2 Anse des Lutins

Le secteur de l'anse des Lutins est situé au Nord de la plage de Luzéronde. Le trait de côte est orienté N-S et il est protégé par le perré de Lutins sur les 190 m le plus au Nord du secteur.

En comparant la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et le trait de côte de 2011 (CEREMA), on observe globalement une avancée historique du trait de côte sur ce secteur.



Figure 6.40 : Comparaison de la carte de l'état-major et du trait de côte de 2011 (CEREMA) sur le secteur de l'anse des Lutins.

Remarque : l'indicateur national de l'érosion côtière est faux sur ce secteur, avec les traits de côte 1949 et 2011 qui se confondent.

La comparaison des traits de côte 1950 et 2010/2011 superposés à la photo aérienne de mai 2022 montre :

- Une **stabilité générale relative sur le long terme**, avec un trait de côte actuel (2022) proche de celui de 1950/1970 ;
- Une amplitude maximale de mouvement sur l'extrémité Sud du secteur mais qui reste très modérée, avec un recul d'une petite dizaine de mètres entre 1950 et 2010/2011.

Si on regarde plus dans le détail l'évolution des traits de côte entre 1950 et 2022, on observe des phases de recul et d'avancée successives plus ou moins marquées sur cette période, et intervenant à des époques différentes le long de l'anse.

Ainsi sur les 100 m les plus au sud où les évolutions sont les plus amples, il est noté un recul du trait de côte entre 1950 et 1970, une avancée entre 1970 et 1990 qui s'est poursuivie jusqu'en septembre 1999 selon les données de la CCIN, puis une érosion qui a repris au début des années 2000 jusqu'à une situation à priori « extrême » (sur la



période 1950-2022) en 2011. En regardant la photo aérienne de mai 2022, on voit que la limite de végétation avance par rapport au trait de côte de 2011, et s'approche de celui de 1970. La comparaison des LiDAR de 2022 et 2010 montre effectivement une avancée du trait de côte et un léger engraissement du pied du cordon dunaire entre ces deux dates :Figure 6.42.

Les observations semblent montrer sur ce tronçon une évolution cyclique d'une dizaine d'années au minimum, voir de 20 ou 30 ans (traits de côte 1970 et 2000 très proches).

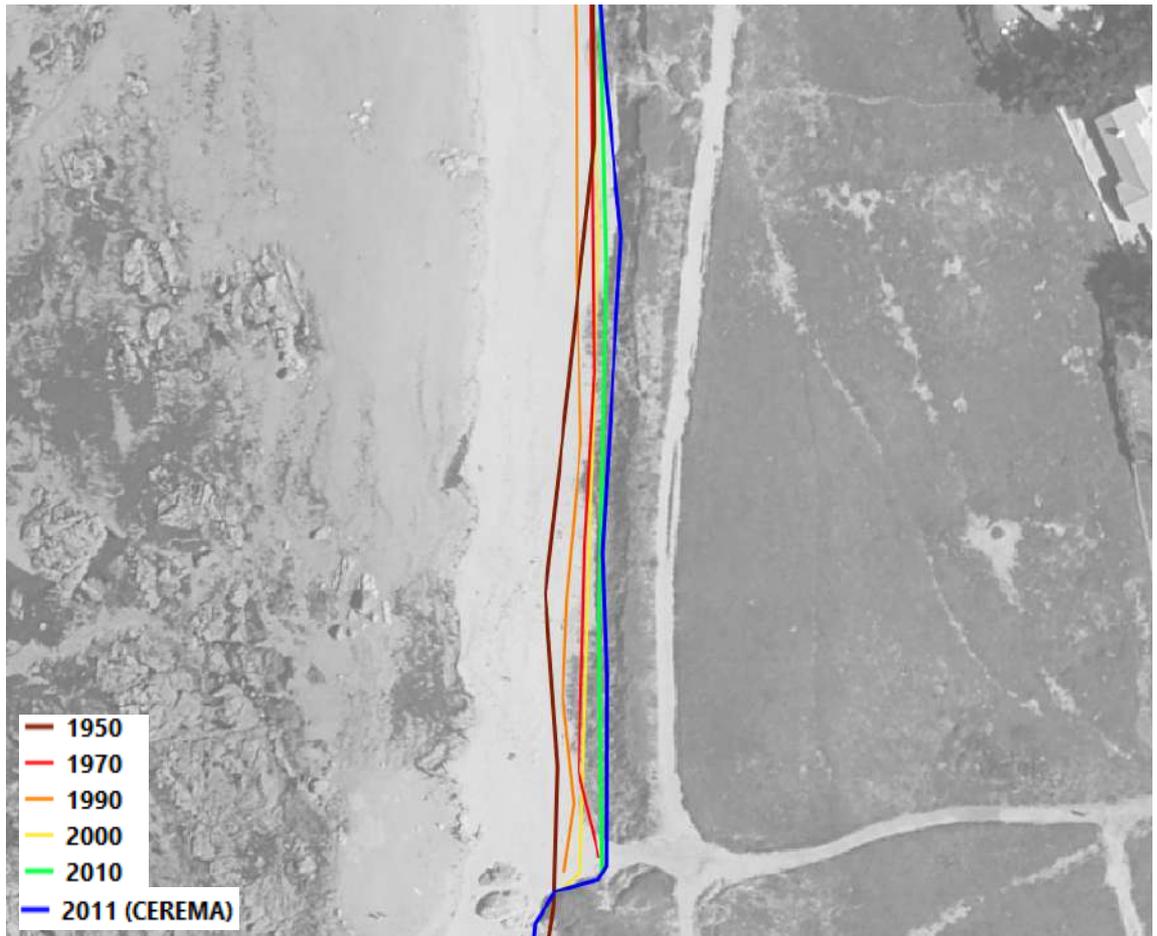


Figure 6.41 : Traits de côte de 1950 à 2011 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur l'extrémité Sud de l'anse des Lutins.

Au Nord immédiat de ce tronçon de 100 m, on observe un recul du trait de côte de 2010 à 2022 sur un tronçon de longueur équivalente :Figure 6.42.

Les évolutions décennales positives ou négatives récentes du trait de côte observées au droit du tronçon non protégé de l'anse sont de l'ordre de 5 à 10 m, notamment de septembre 1999 à mai 2010 (suivi CCIN) et de 2010/2011 à 2022.

En partie Nord, au Sud du perré des Lutins au droit du cimetière, il est observé entre 1950 à 2022 une accrétion modérée presque continue de l'ordre de 6 m entre les deux dates.



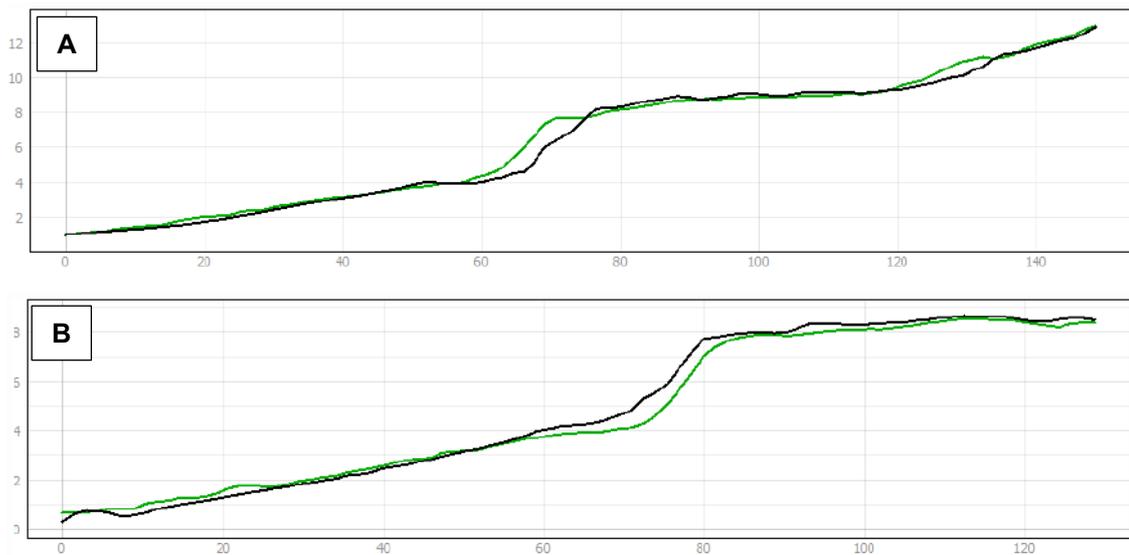
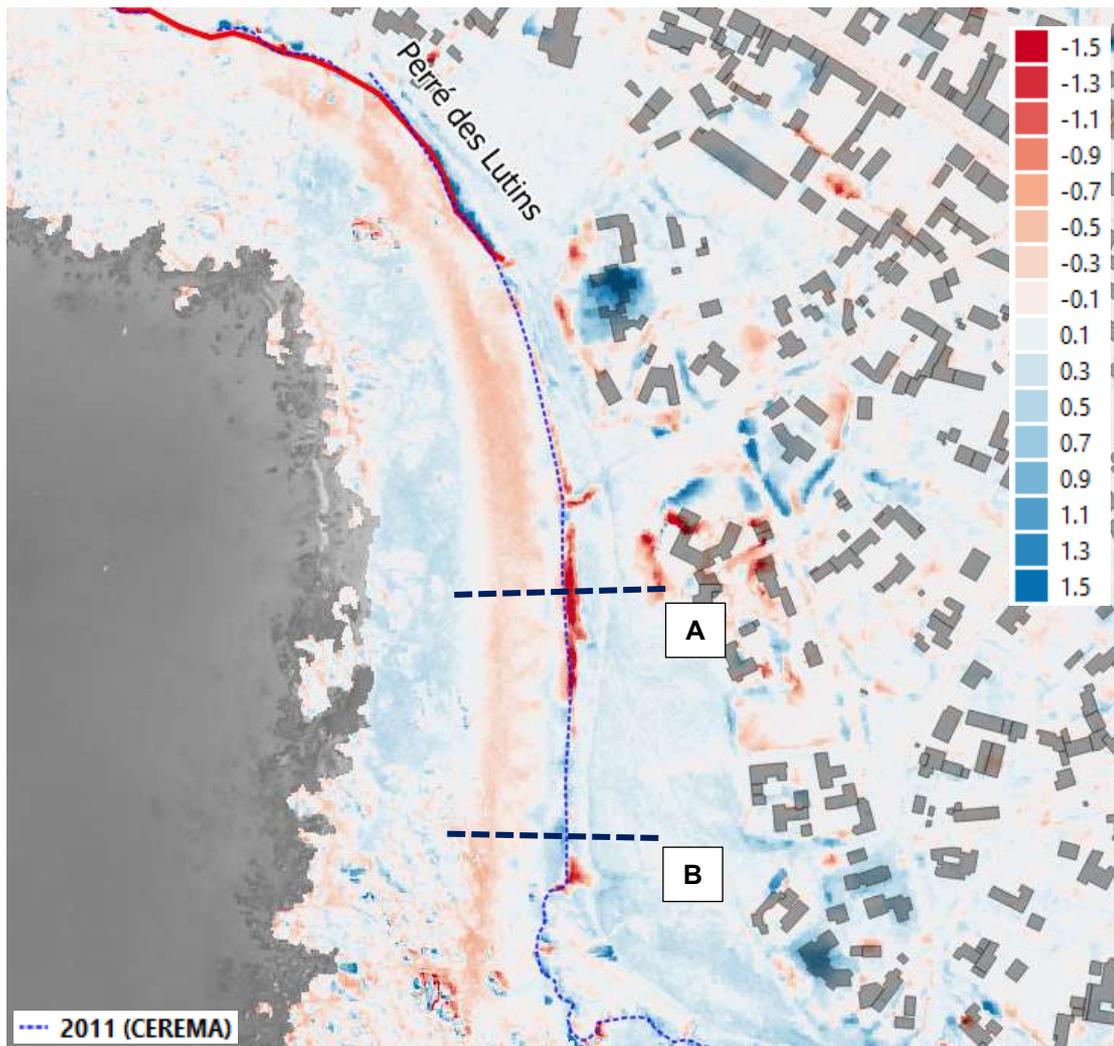


Figure 6.42 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de l'anse des Lutins.



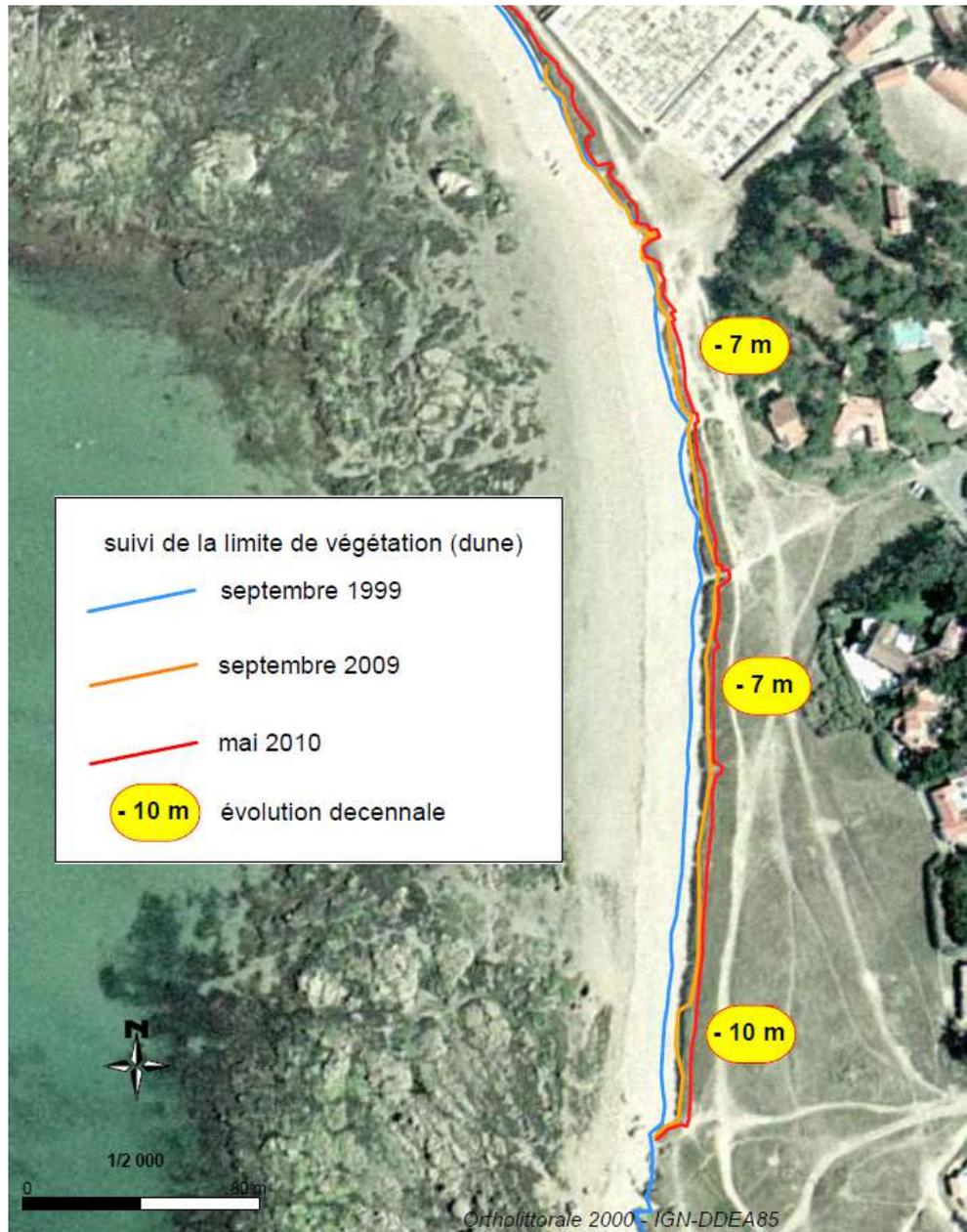


Figure 6.43 : Evolutions du trait de côte entre septembre 1999 et mai 2010 au droit de l'anse des Lutins (OR2C, CCIN).



6.4.3.3 Sud de la pointe de l'Herbaudière

Le secteur de l'anse de Luzan est situé au sud de la pointe de l'Herbaudière. Le trait de côte est orienté NO-SE et NNE-SSE. Il est protégé sur plus de 700 m par un perré en enrochement réalisé fin 1991 en partie Sud (complété jusqu'après 2010 à l'extrémité Sud) et entre mars 2008 et avril 2010 en partie Nord.



Figure 6.44 : Comparaison des photographies aériennes au sud de la pointe de l'Herbaudière entre le 31/05/1990 (à gauche) et le 23/07/1992 (à droite)

En comparant la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et les traits de côte disponibles de 1950 à 2011, on observe globalement une avancée historique du trait de côte sur le secteur au sud de la pointe de l'Herbaudière.

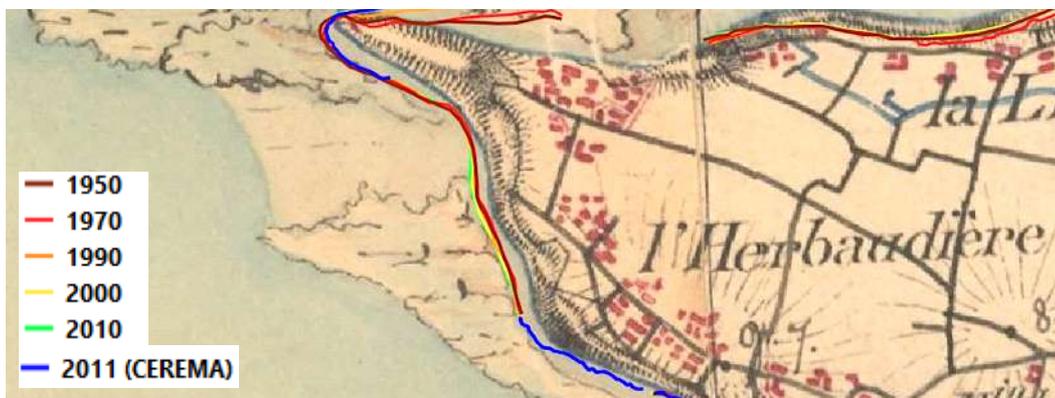


Figure 6.45 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2011 au sud de la pointe de l'Herbaudière.



Le trait de côte sur ce secteur a eu globalement tendance à reculer de 1950 à 1970 puis a connu une phase d'avancée de 1970 à 1990 (sauf localement en partie Nord). Après 1990, des ouvrages longitudinaux de protection ont été réalisés, d'abord en partie Sud. Le trait de côte apparaît relativement stable en partie Sud, avec des mouvements de 10 m d'amplitude au maximum observés entre 1950 et 1990 : Figure 6.46. En partie Nord, la tendance long terme est-elle érosive, avec la crête du perré en enrochement actuel éloignée d'au maximum 10 m par rapport au trait de côte 1950. A l'extrémité Ouest, au droit de la pointe de l'Herbaudière, l'indicateur national est estimé à -0,01 m/an environ, soit 6 m de recul entre 1949 et 2011.

La phase d'avancée entre 1970 et 1990 est à mettre en lien avec le transfert en 1972 au droit de l'anse des matériaux issus de la création du port de plaisance de l'Herbaudière. Les surfaces aménagées avec ces matériaux de remblais se devinent assez nettement en comparant les photographies aériennes de septembre 1971 et octobre 1972 :Figure 6.47.

A noter enfin qu'en 2006, le trait de côte était dans une configuration favorable, probablement proche de celle de 1950 au droit de la partie Nord non protégée.

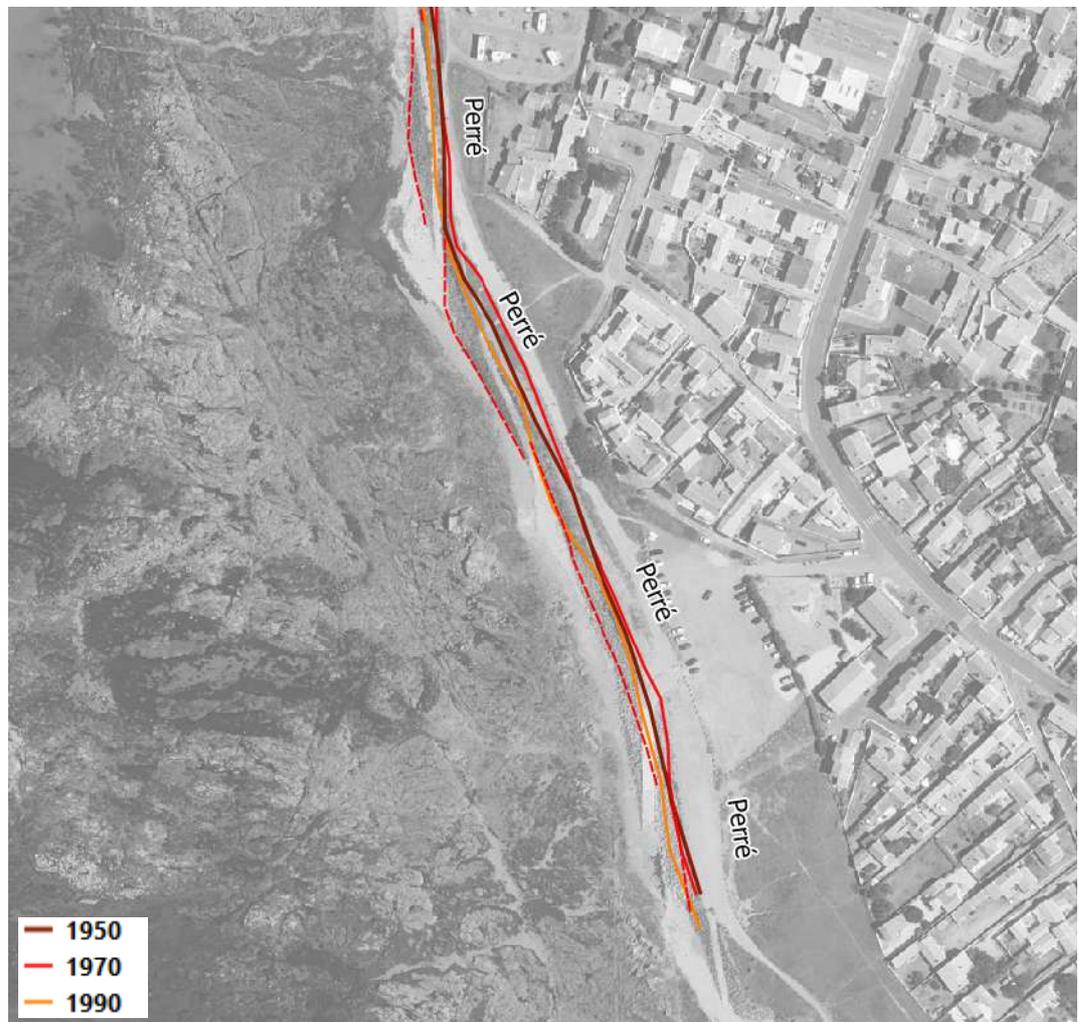


Figure 6.46 : Traits de côte de 1950 à 1990 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de l'enrochement (traits pointillés rouge) en partie Sud de l'anse de Luzan.





Figure 6.47 : Comparaison des photographies aériennes de septembre 1971 (à gauche) et octobre 1972 (à droite) (Géoportail).

Les opérations de suivi menées par la CCIN ont permis de quantifier le recul hivernal qui s'est produit sur ce secteur entre septembre 2007 et mars 2008 en partie Nord de l'anse, et qui a entraîné la prolongation de l'enrochement existant. Ce recul hivernal a été de 4 m au maximum. Entre septembre 2006 et septembre 2007, le trait de côte avait déjà subi un recul conséquent 3 à 5 m et jusqu'à 7 m par endroits.



Figure 6.48 : Evolutions du trait de côte entre septembre 2006 et mars 2008 au droit du perré de l'anse de Luzan en partie Nord de l'anse (CCIN).





Figure 6.49 : Comparaison de l'état de la plage et du trait de côte en novembre 1999 (à gauche) et en mars 2008 (à droite) (CCIN).

La comparaison des LiDAR de 2022 et 2010 permet d'identifier un renforcement de l'enrochement réalisé sur cette période ainsi qu'une baisse plutôt généralisée de la plage au droit des protections longitudinales : Figure 6.50. Cette baisse est plus marquée au sud qu'au nord : 60 à 80 cm mesurés et jusqu'à 1 m au maximum ponctuellement au sud pour 40 à 50 cm au nord, en ordre de grandeur.

Compte-tenu des observations et en prenant en compte le transfert anthropique de matériaux en 1972 (au droit du trait de côte et probablement de la plage, pour un volume inconnu), ce secteur est à considérer plutôt en érosion.



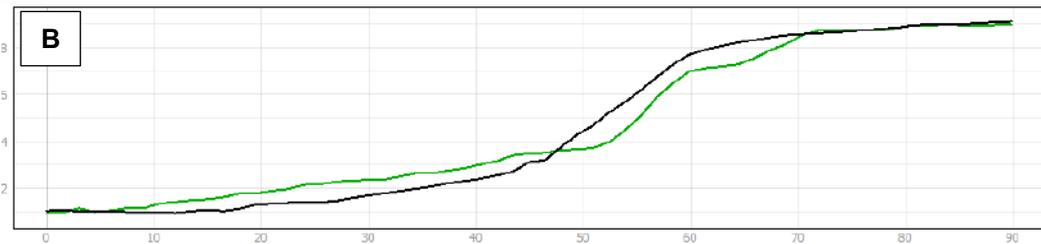
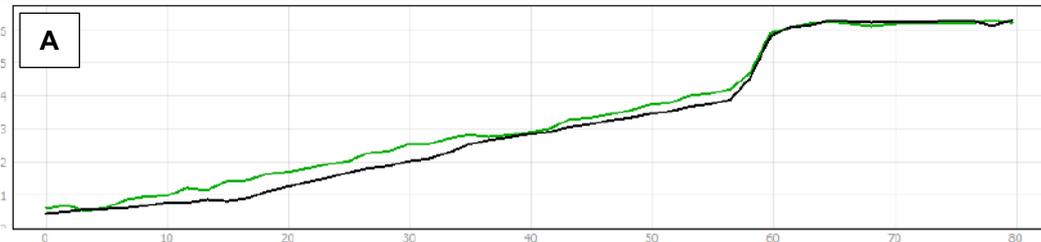
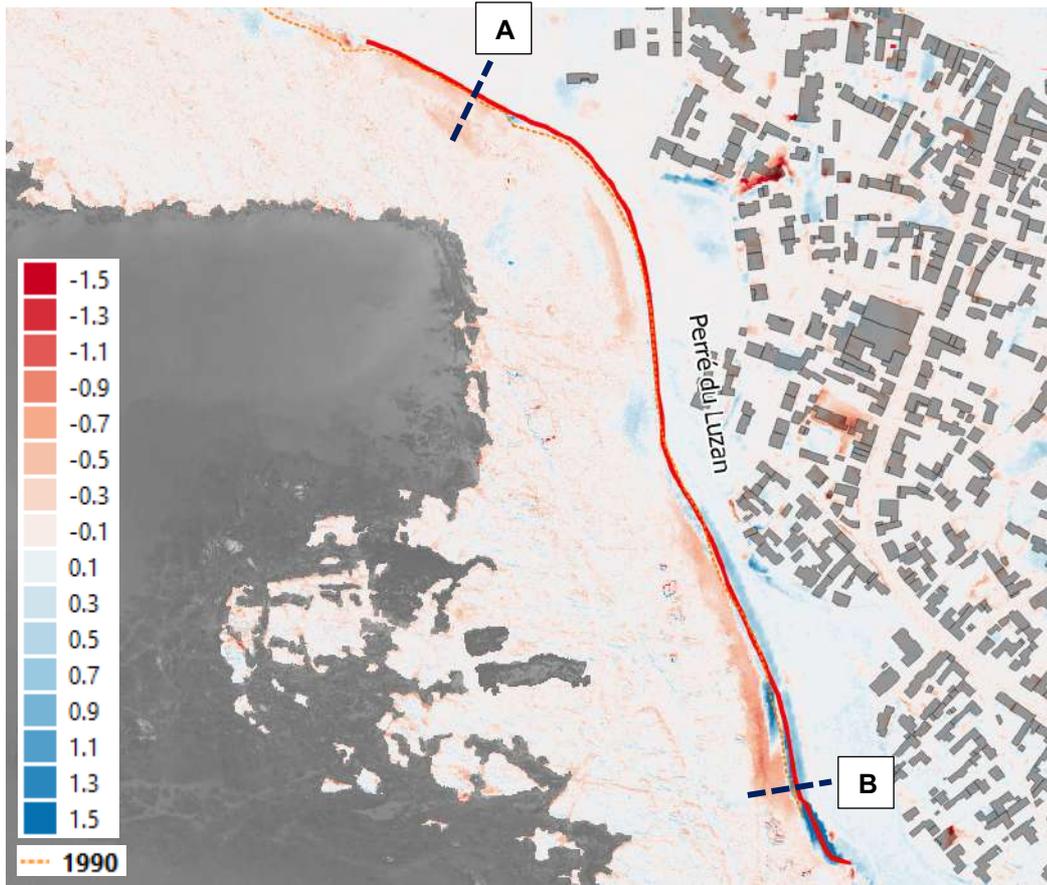


Figure 6.50 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de l'enrochement de l'anse de Luzan.



6.4.4 Analyse de la pointe de l'Herbaudière au Fort Larron

La côte de la pointe de l'Herbaudière au Fort Larron se situe sur la façade Atlantique Nord/Nord-Est de l'île de Noirmoutier. La plage des Sableaux, située au NE est ici encore considérée sur la façade Atlantique bien qu'à l'entrée de la baie de Bourgneuf.

6.4.4.1 Plage de la Linière

Le secteur de la plage de la Linière est situé à l'Est immédiat du port de l'Herbaudière jusqu'à la pointe de la Gardette. Le trait de côte est orienté quasiment O-E sur environ 500 m puis SO-NE. Il est protégé par le perré de la Linière sur environ 1 300 ml. 4 épis ont également été réalisés sur le tronçon Ouest de la partie centrale en creux de la plage.

Depuis 2002, c'est également 51 000 m³ de sables qui ont été amenés par l'homme au droit de la plage de la Linière :

- Au printemps 2002 : apport en partie Ouest de la plage de 4 000 m³ de sables issus de la cale de l'Herbaudière ;
- En décembre 2002 : mise en œuvre en partie centrale de la plage de 18 000 m³ de sables issus de Fort Larron ;
- En avril/mai 2008 : mise en œuvre sur la partie Ouest d'environ 1 500 m³ de sables issus du dragage du port ;
- En mai 2012 : mise en œuvre entre les 4 épis de 7 à 8 000 m³ de sables issus de la cale de l'Herbaudière (langue de sable extérieure à l'Ouest du port) ;
- De décembre 2019 à avril 2020 : mise en œuvre de 20 000 m³ de sables issus du port de l'Herbaudière (langue de sable extérieure).

Un stock sableux se forme à l'Ouest du port et le long de la digue Ouest. Ce stock a fourni les sables pour les derniers rechargements de la plage de la Linière.



Figure 6.51 : Progression de la flèche sableuse au droit de la digue Ouest du port de l'Herbaudière entre 1997 et 2006 (CCIN).

En comparant la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et les traits de côte disponibles de 1950 à 2010, on observe globalement un recul historique du trait de côte sur environ 1 km à l'Est du port actuel, c'est-à-dire sur la majeure partie du linéaire de la plage de la Linière.

On remarque qu'à l'Ouest le trait de côte a avancé de l'extrémité de la pointe de l'Herbaudière à la limite des infrastructures portuaires actuelles. Cette avancée s'est



principalement faite avec le développement des terre-pleins Ouest du port du début des années 70 jusqu'à la fin des années 80.



Figure 6.52 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 au droit du port de l'Herbaudière et de la plage de la Linière.

Les positions disponibles du trait de côte sur ce secteur montrent qu'en 1970 ce dernier avait reculé de 10 à 15 m au maximum par rapport à celui de 1950 dans toute la partie centrale en creux de la plage.

Depuis la construction d'un perré sur la majorité du linéaire de ce secteur, le trait de côte est fixé et donc stable. Seule l'extrémité Est au droit de la pointe de la Gardette montre des variations depuis 1950. Malgré une phase d'avancée retrouvée entre 2000 et 2010, la tendance long terme sur cette extrémité Est non protégée est à l'érosion avec un recul de l'ordre de 15 à 20 m observé entre 1950 et 2022. L'indicateur national sur ce tronçon Est est estimé à $-0,24$ m/an entre 1949 et 2011, soit 15 m de recul sur la période.

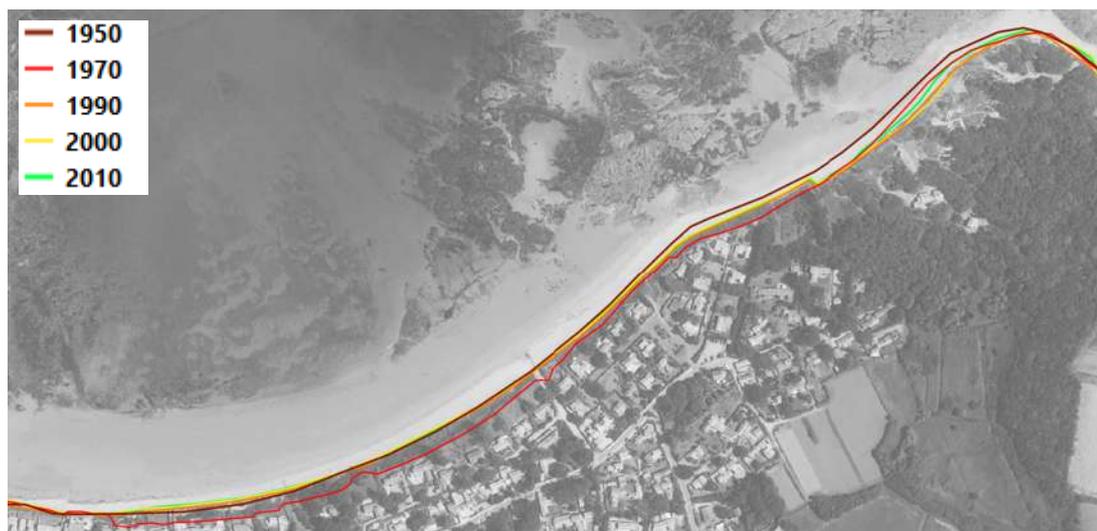


Figure 6.53 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de la plage de la Linière (ouvrages de protection non représentés).



Cette avancée du trait de côte à l'Est entre 2000 et 2010 est à nuancer par l'apport anthropique de +23 500 m³ de sables au droit de la plage. Un suivi CCIN estime un bilan positif en sédiments de l'ordre de +20 000 m³ entre octobre 1999 et octobre 2007 au droit de l'ensemble du secteur. **En réalité, en considérant l'apport anthropique de sable sur cette période, c'est une stabilité naturelle du volume sédimentaire qui est à retenir (léger déficit de l'ordre de 2 500 m³) sur la période 1999-2007.**

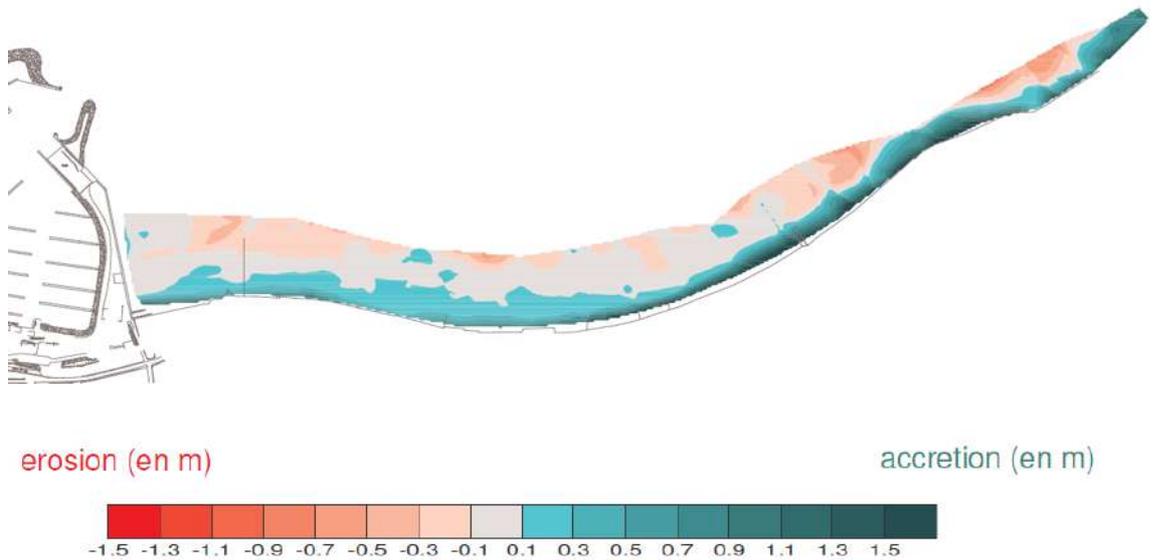


Figure 6.54 : Bilan sédimentaire entre octobre 1999 et octobre 2007 de la plage de la Linière (OR2C).

La comparaison des LiDARs de 2022 et 2010 montre un engraissement significatif du tronçon Est de la partie centrale en creux de la plage, avec une élévation maximale de 1,5 à 2 m de la plage en pied de perré. En revanche, la haute plage s'abaisse au droit de la pointe de la Gardette, avec une amplitude maximale de l'ordre du mètre. Les autres variations observées de cette comparaison sont plus modérées.

Là encore, ces observations sont à nuancer par la considération des rechargements anthropiques qui s'élèvent à 27/28 000 m³ au total sur cette période 2010-2022, avec un rechargement très significatif de 20 000 m³ effectué fin 2019/début 2020.

Compte tenu des rechargements anthropiques réalisés et d'après l'ensemble des observations effectuées, il peut être considéré que le secteur de la plage de la Linière subit une érosion se manifestant principalement par un démaigrissement de la plage. Ce dernier est certainement accentué par la présence du port de l'Herbaudière qui interrompt le transit sédimentaire orienté de l'ouest vers l'est sur ce secteur. D'où la mise en place d'un bypass avec les opérations de rechargements de la plage avec les sables accumulés à l'ouest du port.



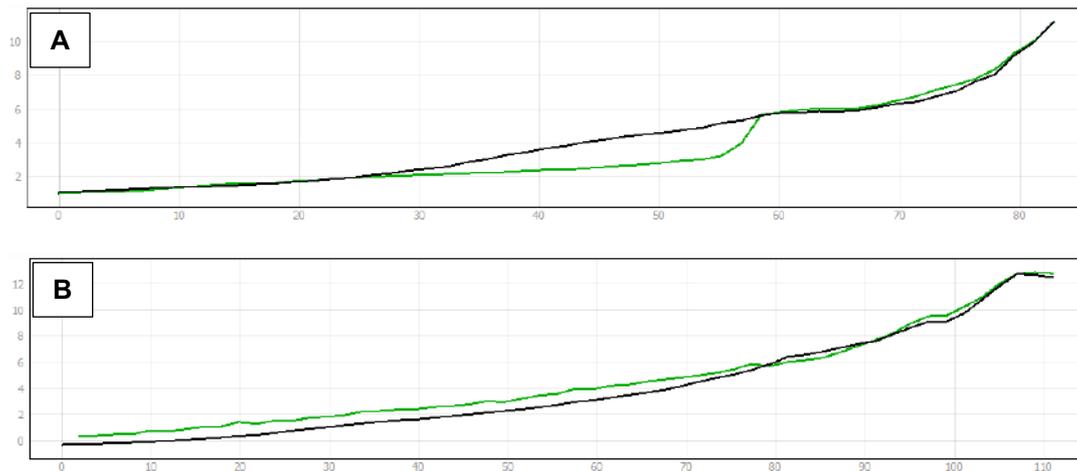
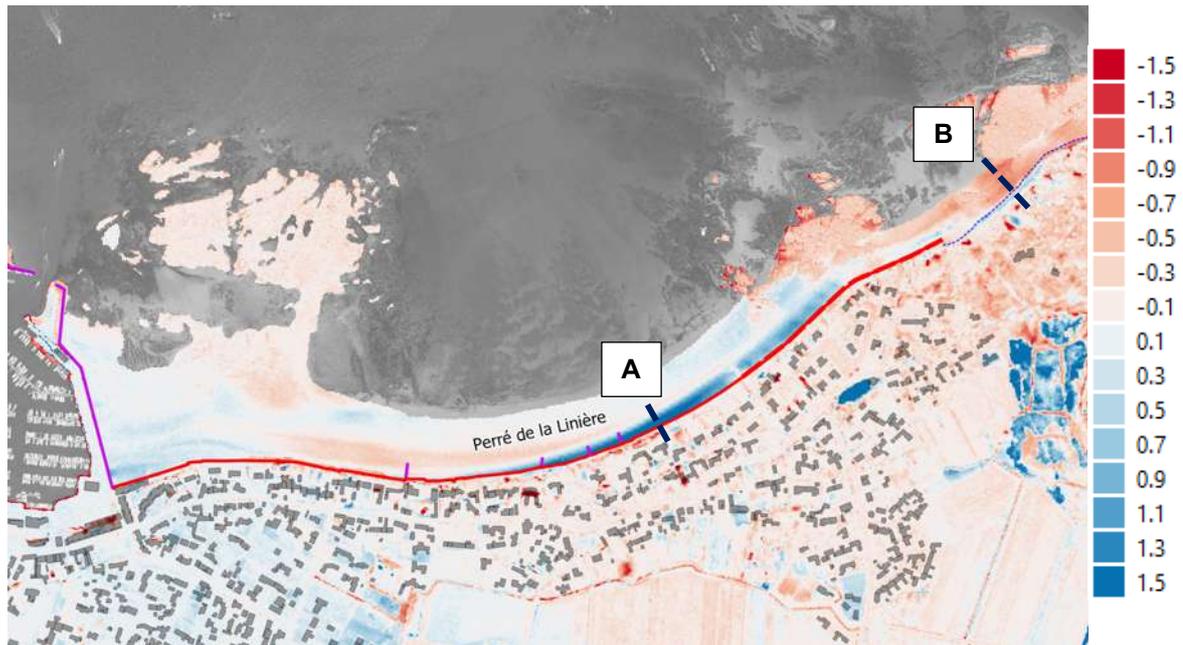


Figure 6.55 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de la plage de Linière.

6.4.4.2 De la pointe de la Gardette au Grand Vieil

Le secteur de la pointe de la Gardette au Granv Vieil est majoritairement protégé par des ouvrages longitudinaux et des épis. Le trait de côte est orienté globalement O-E jusqu'à la pointe des Charniers au Petit Vieil. Il est formé de pointes et de petites anses. De la pointe des Charniers au Grand Vieil, il est ensuite orienté NNO-SSE.





Figure 6.56 : Ouvrages de protection au droit du secteur de la pointe de la Gardette au Grand Vieil.

Si on en croit la comparaison de la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et les traits de côte disponibles de 1950 à 2010, tout ce secteur a très nettement reculé en 100 ans de 1850 à 1950.



Figure 6.57 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 au droit du secteur de la pointe de la Gardette au Grand Vieil.

Au droit du Bois de la Blanche, le tronçon de trait de côte non protégé par des ouvrages anthropiques présente une **tendance à l'érosion entre 1950 et 2022**, avec un écart maximal d'une dizaine de mètres entre le trait de côte 1950 et la limite de végétation 2022 à l'est immédiat de la pointe de la Gardette. Cette érosion à long terme reste **modérée**. On note cependant qu'en 2011, le trait de côte avait repris un positionnement proche de celui de 1950. Depuis 2011 le phénomène d'érosion a repris.



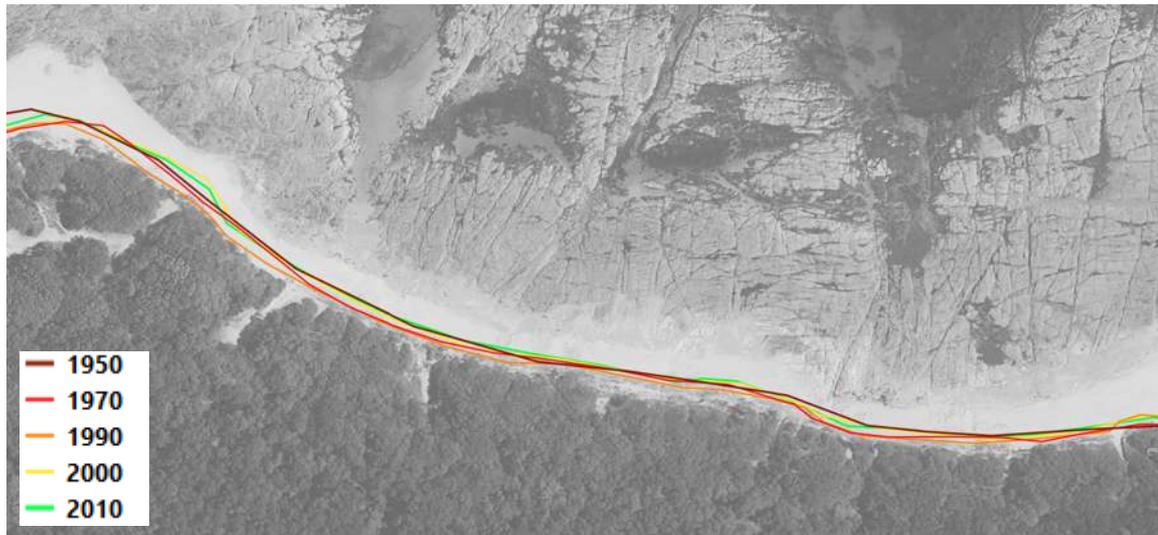


Figure 6.58 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du secteur non protégé du bois de la Blanche.

Sur le secteur non protégé du Petit Vieil plus à l'Est, le trait de côte présente une légère tendance érosive à long terme entre 1950 et 2022, avec quelques mètres d'écart au maximum (<5 m) entre le trait de côte 1950 et la limite de végétation 2022.

Il existe néanmoins de la variabilité interannuelle et saisonnière des phénomènes. Le suivi CCIN a ainsi permis de mettre en évidence un recul moyen de 5 à 7 m sur ce secteur entre septembre 1999 et septembre 2014.



Figure 6.59 : Evolution du trait de côte entre septembre 1999 et septembre 2014 au droit de la plage du Petit Vieil (CCIN).



La comparaison des LiDARS 2022 et 2010 indique un phénomène d'érosion marqué sur cette période avec un recul du trait de côte et un abaissement de la plage assez homogène de l'ordre de 30 à 50 cm : Figure 6.60.

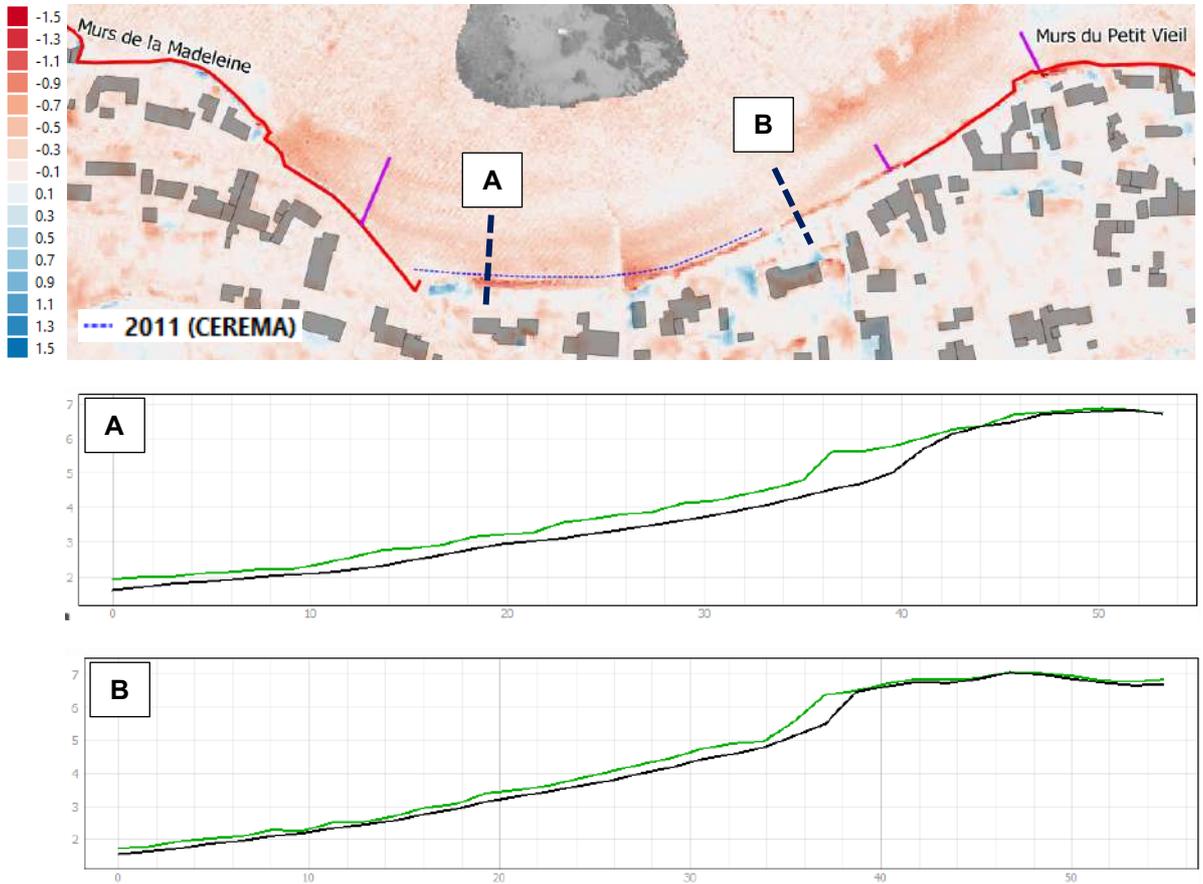


Figure 6.60 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARS 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de la plage du Petit Vieil.

De manière générale, on note un déficit sédimentaire sur l'ensemble du secteur entre 2022 et 2010, avec une forte baisse de la haute plage (jusqu'à -1,5 m) à l'est entre le Petit et le Grand Vieil (Plage du Mardi Gras).



Figure 6.61 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARS 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®) entre la pointe de la Gardette et le Grand Vieil.



En octobre 2021, un rechargement de la plage du Petit Vieil et de celle du Mardi Gras (plage à l'extrémité Ouest de l'anse de la Clère) a été effectué avec 3 000 m³ provenant de la langue de sable extérieure du port de l'Herbaudière.

6.4.4.3 Anse de la Clère et pointes Nord-Est de l'île

Présentation générale du secteur, des phénomènes et des ouvrages anthropiques

Le secteur de l'anse de la Clère et des pointes rocheuses NE de l'île est presque entièrement protégé par des ouvrages anthropiques. Au droit de l'anse de la Clère, le trait de côte est orienté ONO-ESE et une série d'épis transversaux complète les perrés longitudinaux. Sur la partie Ouest de l'anse, les épis apparaissent sur les photographies aériennes dès 1945. La suite des épis sur la partie Est a été réalisée au fur et à mesure dans les années 50. Ils apparaissent au droit de toute l'anse sur une photo aérienne dès juin 1958.



Figure 6.62 : Ouvrages de protection au droit de l'anse de la Clère et des pointes NE de l'île.





Figure 6.63 : Photographie aérienne du 1er juin 1945 au droit de l'anse de la Clère.

La première protection longitudinale apparaît à la toute fin des années 70 (photo d'août 1979) et consistait alors uniquement en un enrochement dans le dernier casier Est formé par les épis de la partie Ouest. La protection longitudinale a été poursuivie dans les années 80. Ainsi, la configuration des protections anthropiques semble semblable à celle actuelle dès 1990.

Les photographies aériennes historiques font généralement apparaître la partie Est de la plage plus fournie en sables que la partie Ouest et montrent bien le fonctionnement des épis en partie Ouest qui interceptent le transit littoral se faisant de l'Ouest vers l'Est : dans un casier formé par deux épis, la haute plage est moins large en bordure Ouest qu'en bordure Est, par effet d'accumulation dans le sens du transit. Ce phénomène est visible sur la photo aérienne de 1945 par exemple : Figure 6.63.

Evolutions à long terme du trait de côte

En comparant la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et les traits de côte disponibles de 1950 à 2011, on observe globalement un recul historique du trait de côte au droit de l'anse de la Clère.

Au droit des dunes du Vieil, sur la partie Ouest de l'anse, il est de manière générale observé un léger recul du trait de côte depuis 1950, mais ce dernier est relativement stable sur le long terme, en lien avec les protections historiques mises en œuvre sur ce tronçon.

Une érosion plus marquée se produit au droit de la plage du Mardi Gras, au niveau du changement brutal de direction du trait de côte. 20 à 25 m au maximum séparent ainsi les traits de côte de 1950 et 2011 à cet endroit. Cette plage a fait l'objet d'un rechargement en octobre 2021 (cf. Section précédente).





Figure 6.64 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2011 du Grand Vieil à la pointe de Saint-Pierre.



Figure 6.65 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit des dunes du Vieil (ouvrages de protection non représentés).

Au droit du perré de la Clère, en partie Est, le trait de côte a avancé d'environ 15 m au maximum de 1950 à 2010 ou est resté stable sur cette période.





Figure 6.66 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du perré de la Clère (ouvrages de protection non représentés).

Evolutions récentes à court/moyen terme

Un suivi CCIN estime un bilan négatif en sédiments de l'ordre de - 7000 m³ entre octobre 1999 et octobre 2004 au droit de l'ensemble du secteur, avec un rechargement de 4 à 4 500 m³ qui a été réalisé en novembre 2003 dans un casier en partie centrale de la plage (sables issus du Fort Larron).

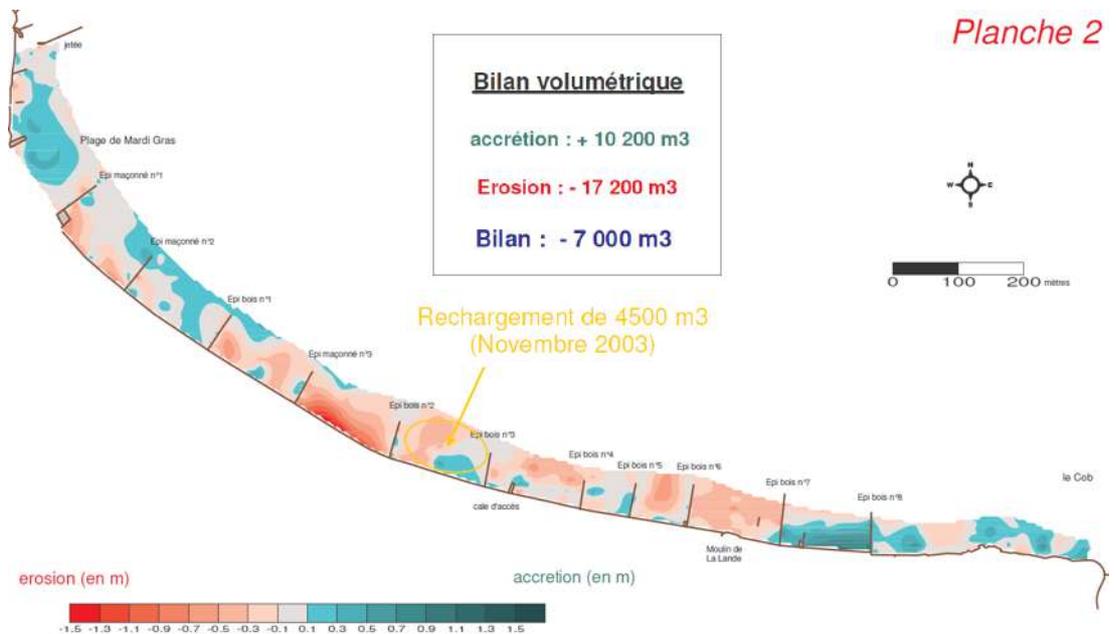


Figure 6.67 : Bilan sédimentaire entre octobre 1999 et octobre 2004 de la plage au droit de l'anse de la Clère (OR2C).



La comparaison des LiDARS 2022 et 2010 montre un contraste entre la partie Ouest au droit des dunes du Vieil où la plage subit un démaigrissement généralisé sur cette période, et la partie Est où la plage s'engraisse. L'abaissement de la plage à l'Ouest est surtout marqué au droit de la plage du Mardi Gras, avec une amplitude maximale de l'ordre du mètre.

La tendance à l'engraissement sur ces 12 dernières années est également observée au droit des pointes NE de l'île, en particulier sur l'extrémité Sud du secteur entre la pointe des Dames et la pointe de Saint-Pierre.



Figure 6.68 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D@t) entre le Grand Vieil et la pointe de Saint-Pierre.



6.4.4.4 Les Sableaux

Présentation générale du secteur, des phénomènes et des actions anthropiques

Le secteur des Sableaux s'étend de la pointe de Saint-Pierre au nord au Fort Larron au sud. Le trait de côte y est grossièrement orienté Nord-Sud avec des changements de direction autour du nord qui s'opèrent sur la partie Nord du secteur sur sa partie Sud, en formant ainsi un « S » très étiré dont le centre se situe au niveau du camping du Clair Matin.

Le transit sédimentaire est dirigé Nord-Sud sur ce secteur, avec une flèche sableuse qui se forme à l'extrémité Sud au débouché du chenal du port de Noirmoutier en l'île au niveau du Fort Larron.

Sur une moitié du linéaire en partie centrale, des épis ont été mis en œuvre dont deux en partie Nord et deux en partie Sud dès la première moitié du 20^{ème} siècle (visibles sur une photo aérienne de juillet 1945). L'épi bois le plus au Nord au droit du bourg des Sableaux a été réalisé en 2002-2003.

Ces ouvrages transversaux sont complétés par un court mur au Nord, le mur des Sableaux, et par le perré des Sableaux en partie Sud. Le Sud de la pointe de Saint-Pierre bénéficie également d'une protection longitudinale.

Le mur des Sableaux a fait très récemment l'objet d'une prolongation sur environ 15 m au Nord du mur existant.

Ainsi, il subsiste 60% de ce secteur pour lequel le trait de côte non protégé par un ouvrage longitudinal :

- 250 m environ au Nord (une fois l'extension du mur des sableaux réalisée) ;
- Environ 500 m en partie centrale ;
- 650 m à l'extrémité Sud jusqu'au Fort Larron.

Sur les photographies aériennes, notamment celle de juin 1945, on constate le fonctionnement des épis et le sens du transit sédimentaire, avec une accumulation de sables visible sur la face Nord des épis.



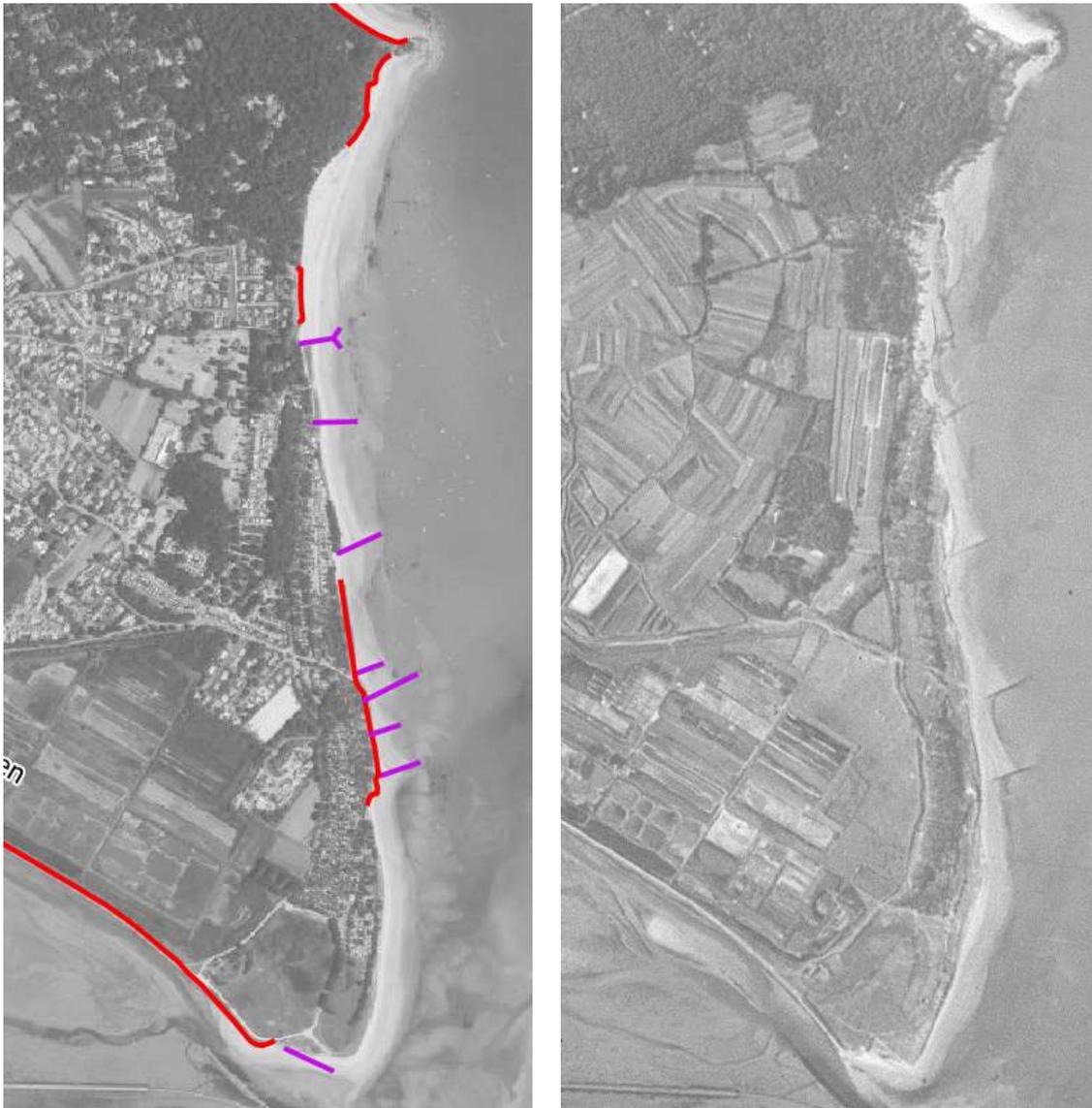


Figure 6.69 : Ouvrages de protection sur fond de photographie aérienne de mai 2022 et photographie aérienne du 1er juin 1945 (à droite) au droit des Sableaux.

Evolutions à long terme du trait de côte

En comparant la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et les traits de côte disponibles de 1950 à 2011, on observe soit une avancée, soit un recul historique du trait de côte qui s'est linéarisé. Une anse à la forme marquée était à priori présente en partie centrale du secteur au milieu du 19^{ème} siècle : Figure 6.70.

La linéarisation s'est faite dans le sens du transit sédimentaire du Nord vers le Sud. En 100 ans, jusqu'à 1950, la partie Nord a ainsi principalement subi de l'érosion, avec un recul important du trait de côte de l'ordre de 60 à 100 m sur un linéaire de 500 m environ, tandis qu'au sud le trait de côte s'est linéarisé avec un recul plus modéré de



30 à 40 m et la flèche de Fort Larron a très nettement progressée. Dans le même temps, l'anse en partie centrale s'est comblée.

La comparaison des traits de côte entre 1949 et 2011 pour la détermination de l'indicateur national de l'érosion côtière montre que la tendance est plutôt :

- A la stabilité voire à l'accrétion au sud immédiat de la pointe de Saint-Pierre, au nord du mur des Sableaux, avec une progression de +0,11 m/an soit environ 7 d'avancée ;
- A l'érosion au sud du mur des Sableaux, en partie centrale du secteur, avec un recul de -0,22 m/an soit 10 à 15 m en ordre de grandeur ;
- A l'accrétion à l'extrémité Sud du secteur avec une moyenne de +1,03 m/an soit une forte progression de +65 m du trait de côte.

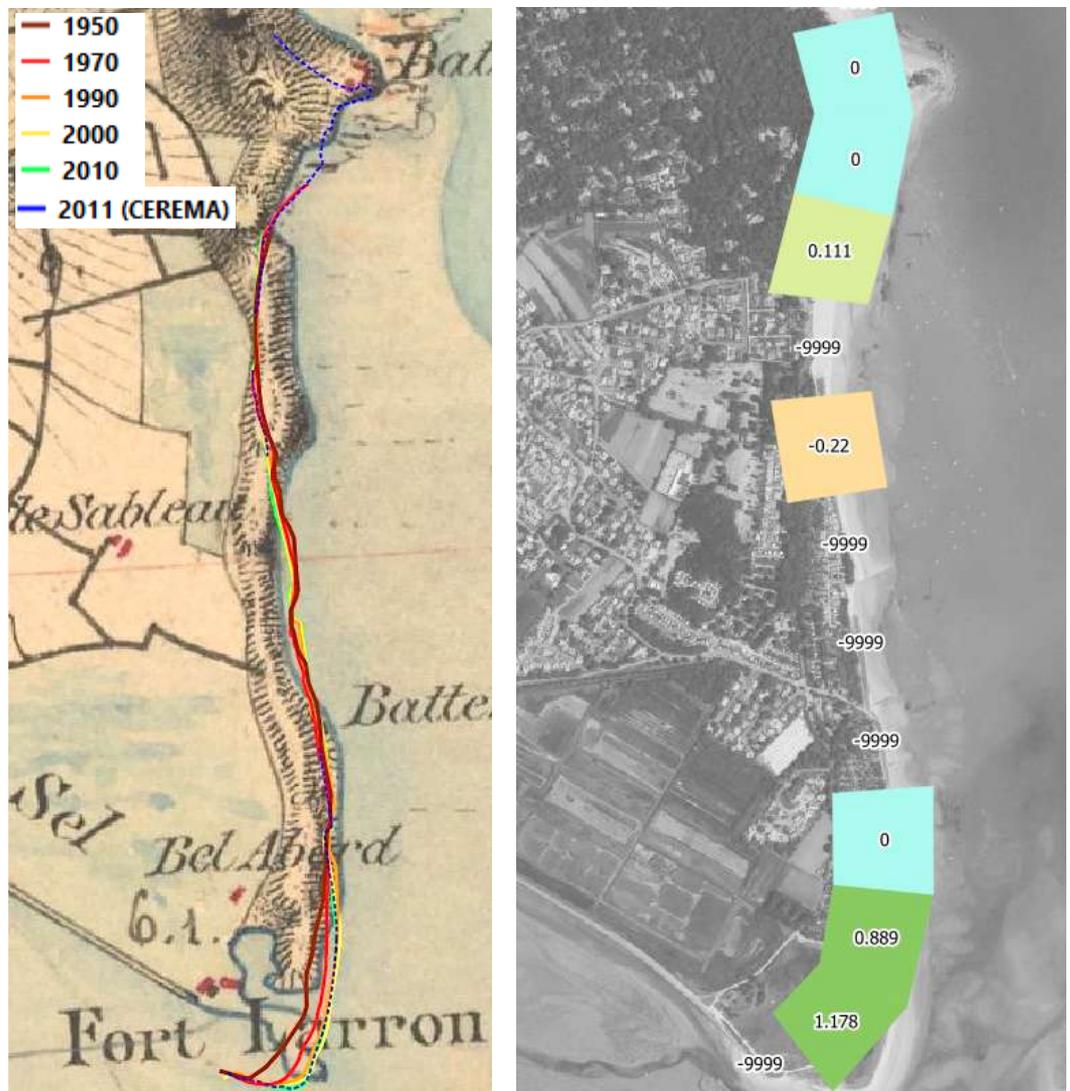


Figure 6.70 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2011 et indicateur national de l'érosion côtière de 1949 à 2011 sur le secteur des Sableaux.



Evolutions récentes à court/moyen terme – Variabilités interannuelles

Les différents suivis topographiques réalisés permettent de dégager des évolutions de la plage sur des périodes de 8 à 17 ans depuis le début 1999 :

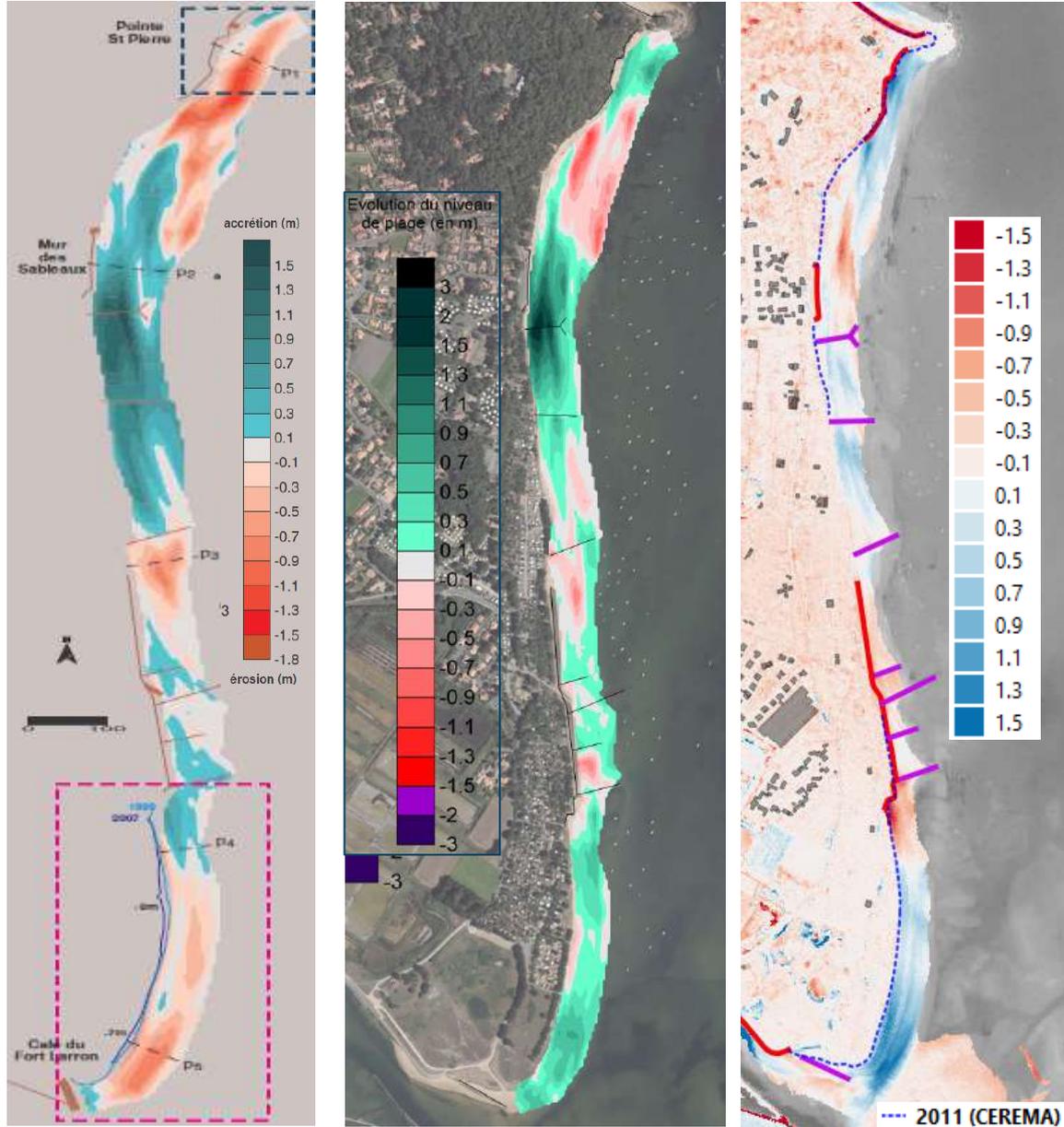


Figure 6.71 : Bilans sédimentaires entre octobre 1999 et octobre 2007 (à gauche), entre octobre 1999 et novembre 2016 au centre (CCIN) et différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D®) à droite.



Les évolutions chiffrées du stock sédimentaire de la plage ont été estimées entre 1999 et 2007 dans le cadre du suivi CCIN estimant pour l'ensemble du secteur et pour les tronçons particuliers de la plage Saint-Pierre au Nord et du tronçon Sud repérés sur la Figure 6.71. Ces évolutions sont synthétisées par le graphique suivant :

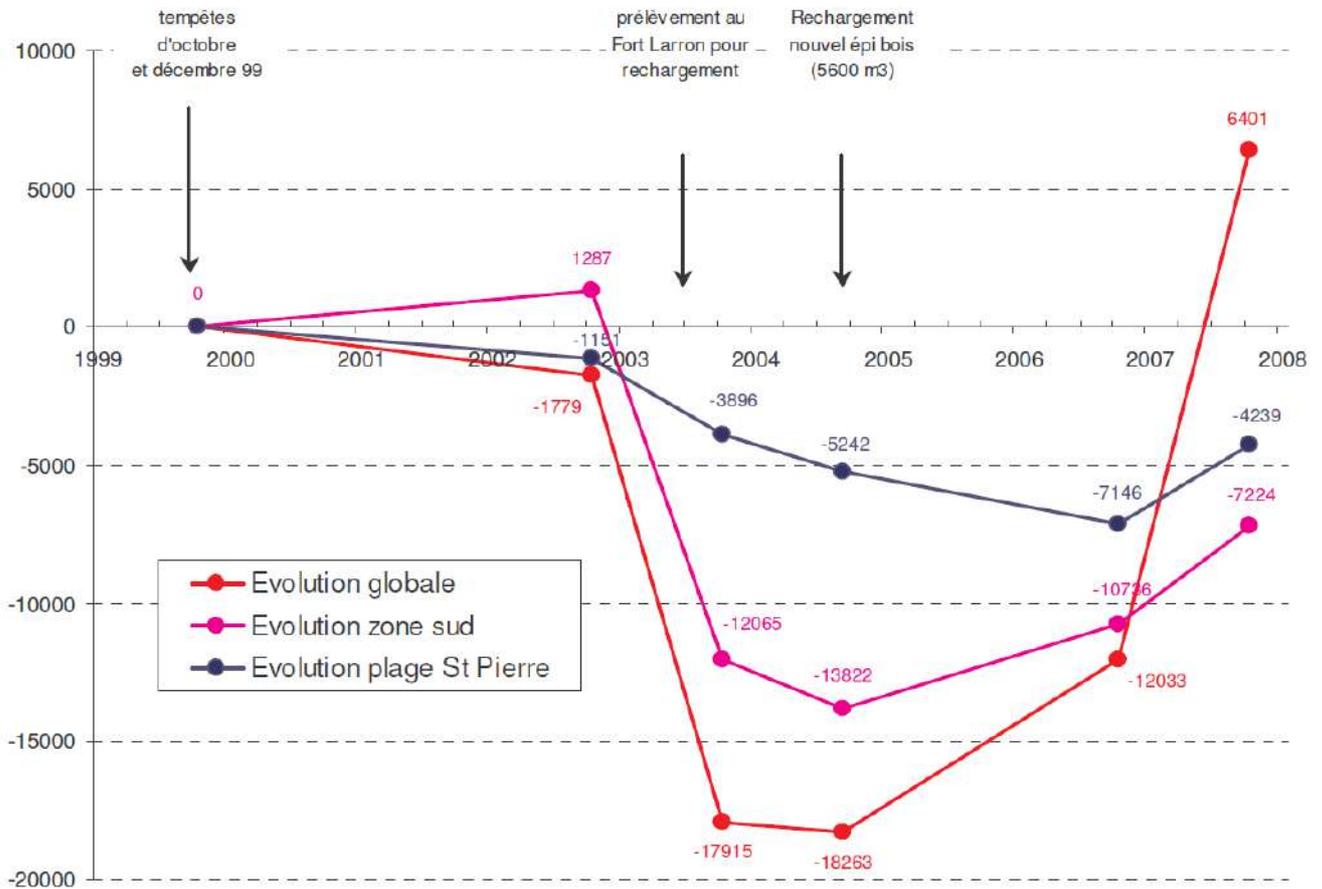


Figure 6.72 : Evolutions du stock sédimentaire de 1999 à 2007 (par rapport à 1999) au droit du secteur des Sableaux(OR2C).

Par ailleurs, un gain de sables de +34 000 m³ est estimé par l'OR2C entre octobre 1999 et novembre 2016 sur l'ensemble du secteur (version provisoire du calcul disponible uniquement).

L'OR2C fournit également les évolutions non chiffrées sur des périodes de 1 à 2 ans sur la période 1999-2007 : Figure 6.73.

Les évolutions chiffrées calculées sur la base de différences de données topographiques sont à analyser en considérant que sur la période 2002-2004 près de 30 000 m³ (28 000) de sables ont été prélevés au droit du Fort Larron et sortis de la sous-cellule sédimentaire, dont 18 000 m³ en décembre 2002.

En juin 2004, 5 à 6 000 m³ de sables ont été extraits au droit de la pointe de Fort Larron, mais pour effectuer un rechargement au sein de la sous-cellule, au droit du bourg des Sableaux dans la zone du nouvel épis bois en partie Nord.



Le seul prélèvement de 2002 est donc égal au déficit sédimentaire global sur le secteur calculé entre 1999 et octobre 2003. En novembre 2003 et en juin 2004, c'est 15 à 16 000 m³ supplémentaires qui ont été extraits au droit de la pointe de Fort Larron. Or, ce nouveau prélèvement n'a quasiment pas affecté le déficit sédimentaire global et de la zone Sud qui restent proches entre octobre 2003 et octobre 2004.

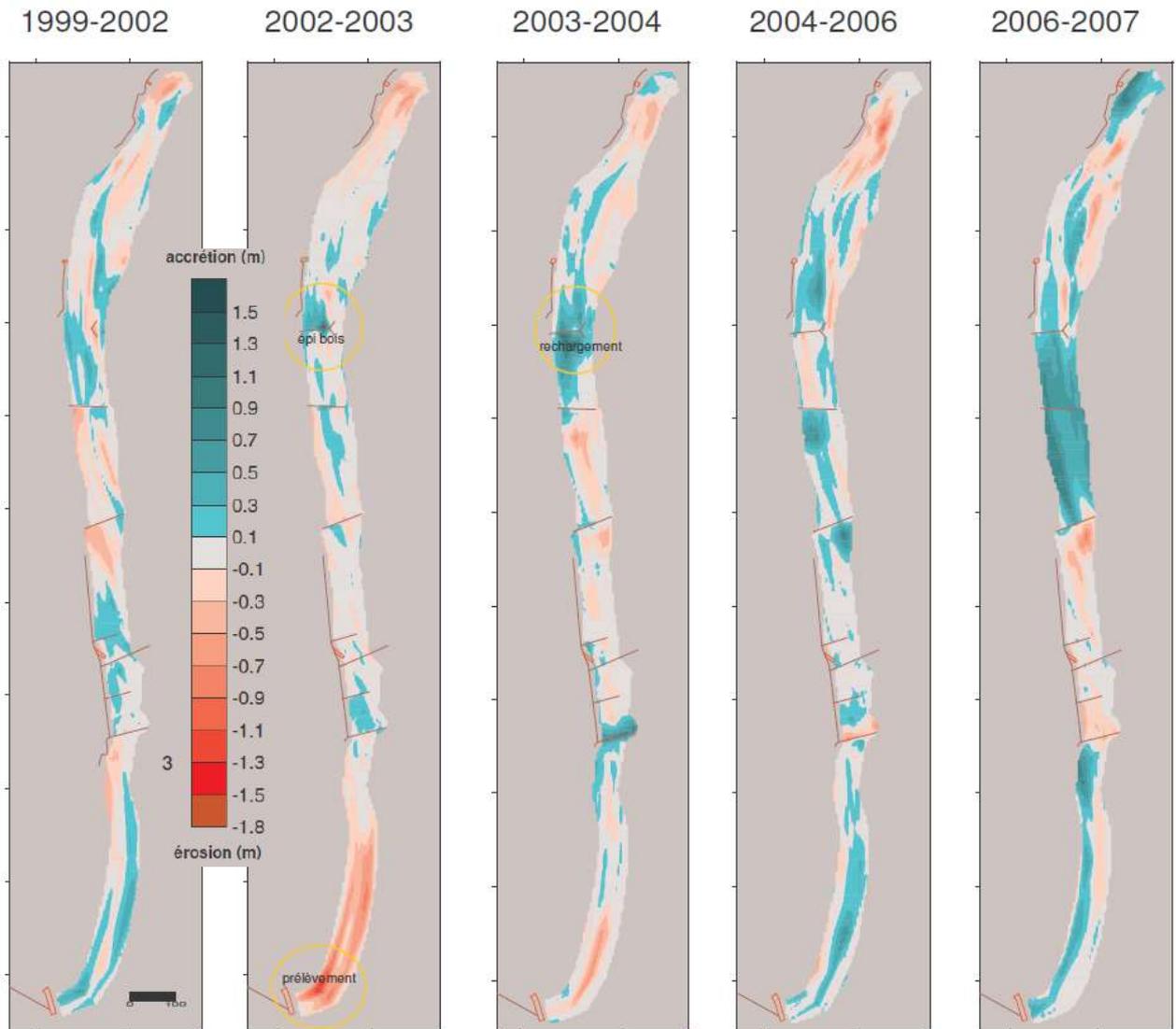


Figure 6.73 : Evolutions de la plage au droit du secteur des Sableaux entre 1999 et 2007 (OR2C).

Par ailleurs, on note un engraissement de la zone sud qui reprend depuis octobre 2004, avec des comparatifs largement positifs sur des périodes longues entre 1999 et 2016 et entre 2010 et 2022 pour cette zone.

La plage du Fort Saint-Pierre a elle subi un démaigrissement entre 2003 et 2006, et connaît plutôt une phase d'engraissement depuis si on regarde les données chiffrées jusqu'à octobre 2008 et les comparaisons topographiques sur les périodes récentes de plus de 10 ans.



En synthèse, on voit qu'un stock sédimentaire se constitue sur la zone Sud non protégée par un ouvrage longitudinal. Ce stock est à priori uniquement affecté par les prélèvements anthropiques. Sur cette partie, le trait de côte montre une tendance générale nette à l'avancement depuis 1950. Cette tendance se poursuit sur les 20 dernières années, même si un recul de 5 à 10 m a été observé entre 1999 et 2007, probablement lié aux prélèvements de sables importants réalisés au droit de la plage sur ce tronçon.

Le tronçon au droit du perré des Sableaux en partie Sud montre plutôt des tendances à l'érosion de la plage à court et moyen termes, probablement liée à la présence du perré. C'est le cas sur la période 2010-2022 sur l'ensemble du tronçon, et en particulier au sud de la fin des protections anthropiques où un abaissement important (entre 1 et 1,5 m en haute plage) de la plage est observé. Sur environ 50 m au Sud de l'extrémité de ce perré, cet abaissement est associé à un recul du trait de côte évalué à une dizaine de mètres entre 1950 et 2022. Cette érosion forte localisée à l'aval immédiat du dernier épi dans le sens du transit sédimentaire est tout à fait logique.

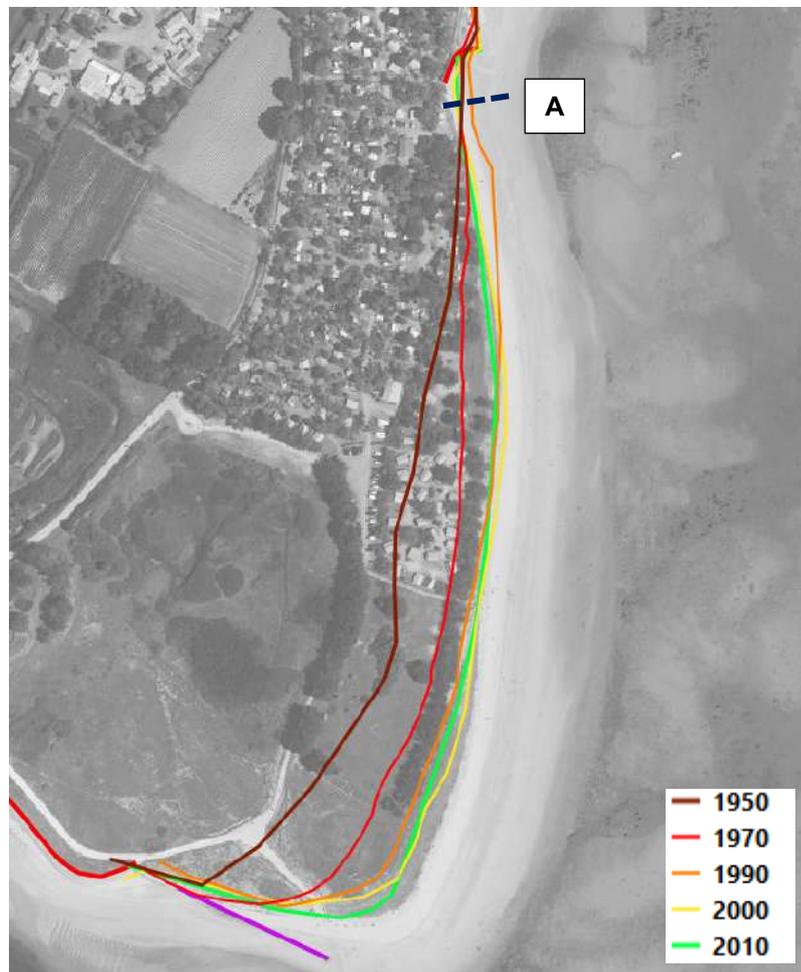


Figure 6.74 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de la zone Sud du secteur des Sableaux.



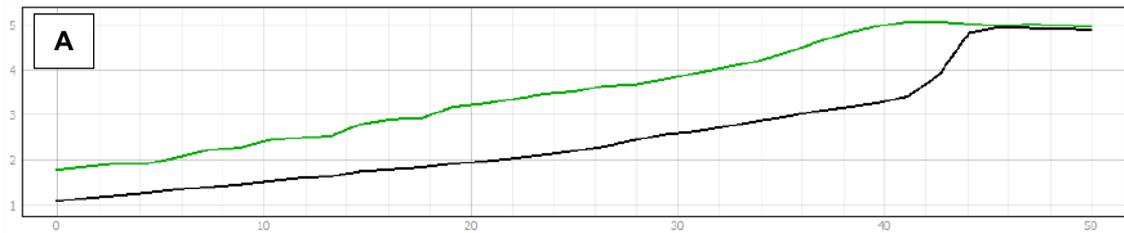


Figure 6.75 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) à l'extrémité Nord du trait de côte non protégé de la partie Sud du secteur des Sableaux.

A l'extrémité Nord du perré des Sableaux, la plage peut également fortement baisser comme entre octobre 1999 et octobre 2004 avec le risque que les eaux contournent l'ouvrage.

La plage de la partie Nord montre des tendances contrastées. La zone entre les épis est plutôt stable ou s'engraisse. Le trait de côte y est plutôt stable, même si du recul sensible peut être observé comme entre octobre 1999 et octobre 2004. En revanche, de la pointe de Saint-Pierre au mur des Sableaux, la plage peut avoir tendance à s'abaisser. C'est notamment le cas au droit du mur des Sableaux de 2010 à 2022.

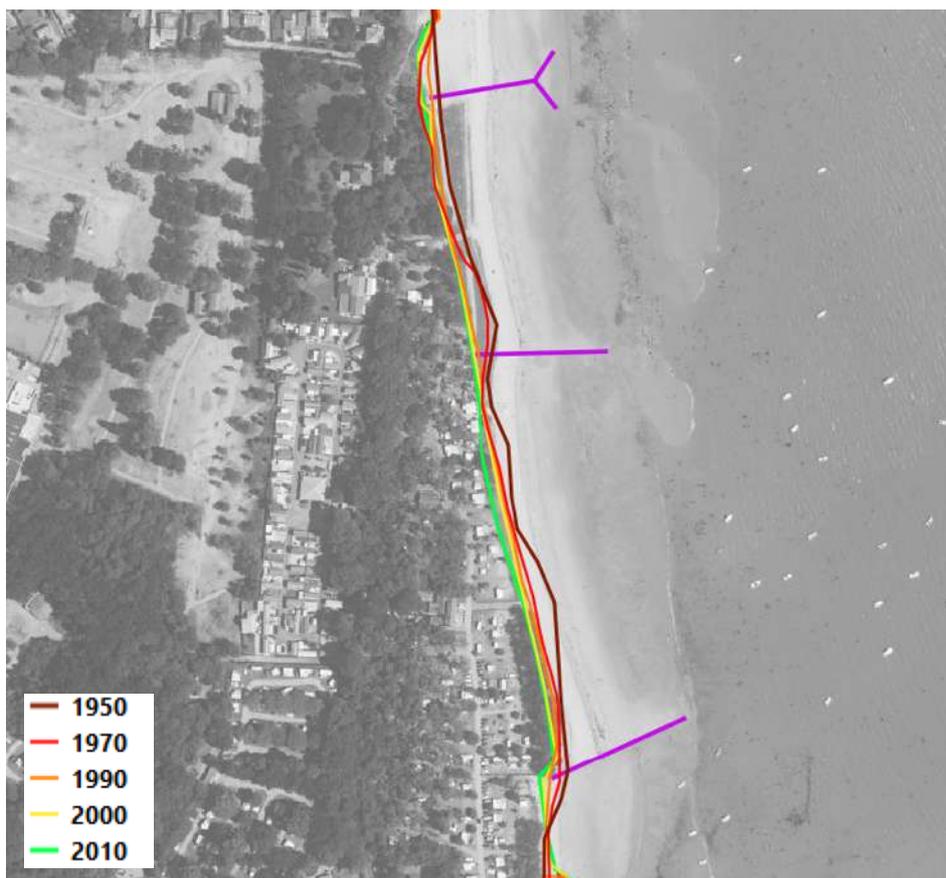


Figure 6.76 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit de la zone non protégée par un ouvrage longitudinal en partie Nord du secteur des Sableaux.



6.4.5 Analyse du port de Morin aux roches de la Loire

La côte du port de Morin aux roches de la Loire se situe sur la façade Atlantique Ouest de l'île de Noirmoutier. Ce secteur est très sensible et très suivi. Il a fait l'objet de nombreux aménagements anthropiques.

Il est composé successivement de tronçons délimités par des épis-cales ou des cales, qui sont du NO vers le SE :

- La plage de la Bosse ;
- La plage Saint-Jean délimité au S par l'épi-cale de la Cabane ;
- La plage de l'Épine ou plage de la Martinière ;
- Les Eloux, délimité au N par la cale de l'Océan, qui s'étend sur 1 km avec du N au S la Mougendrie, le bois des Eloux et la Loire.

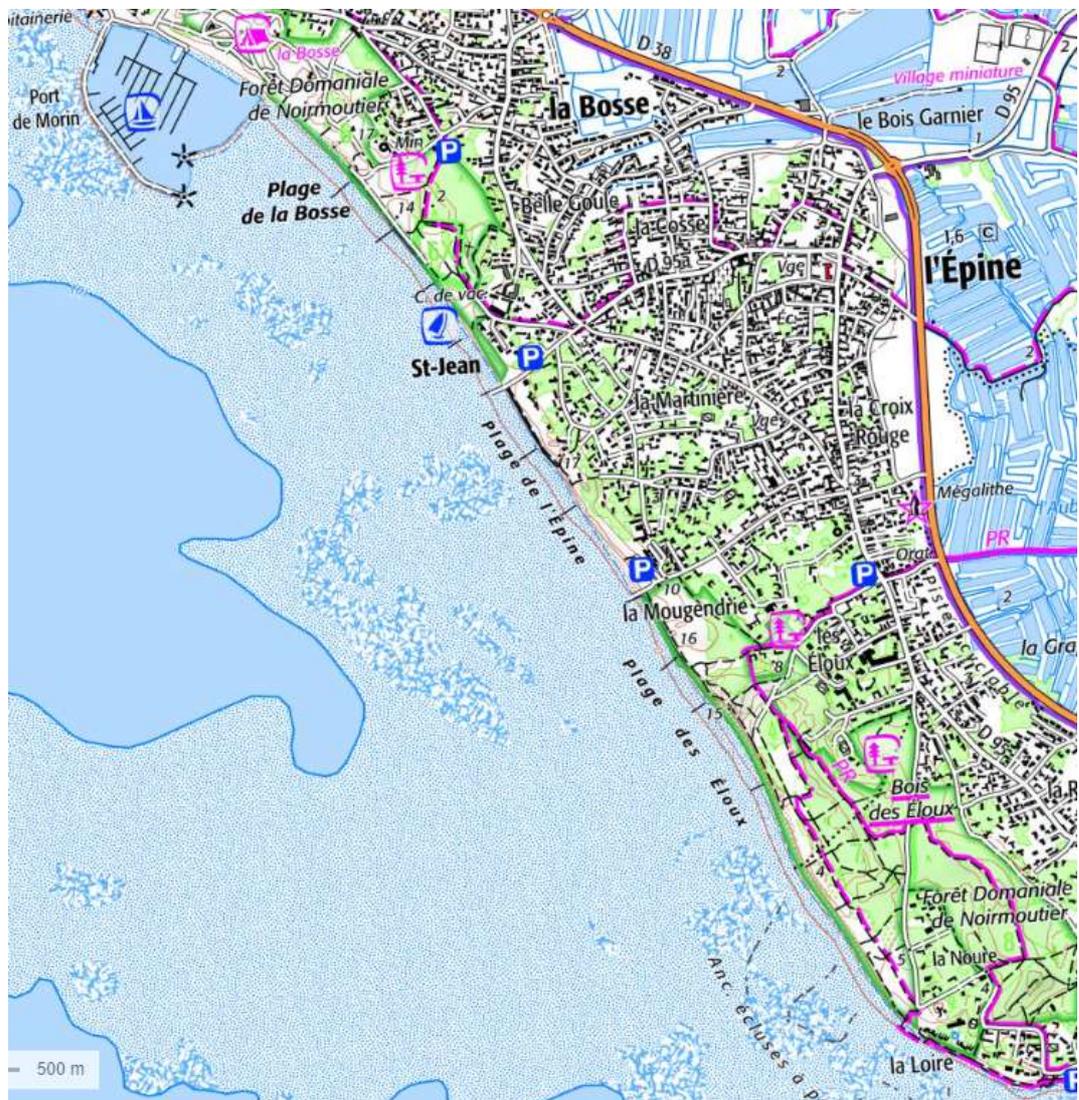


Figure 6.77 : Carte topographique IGN du secteur du port de Morin jusqu'aux roches de la Loire.



6.4.5.1 Analyse générale et évolutions historiques (long terme)

Le secteur étudié est situé au sud de la pointe du Devin avec un trait de côte orienté NO-SE.

Il subit une **érosion historique sur le long terme** qui peut être observée par comparaison de la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et des traits de côte disponibles de 1950 à 2010. Ce recul historique sur 150 ans à 200 ans est en général de plusieurs dizaines de mètres et atteint une valeur maximale de l'ordre de 190 m entre 1832 et 2010/2011 au droit de l'extrémité NO du tronçon des Eloux. En ce même endroit, le recul sur environ 120 ans jusque 1950 est estimé à 140 m, soit 1,2 m/an environ.

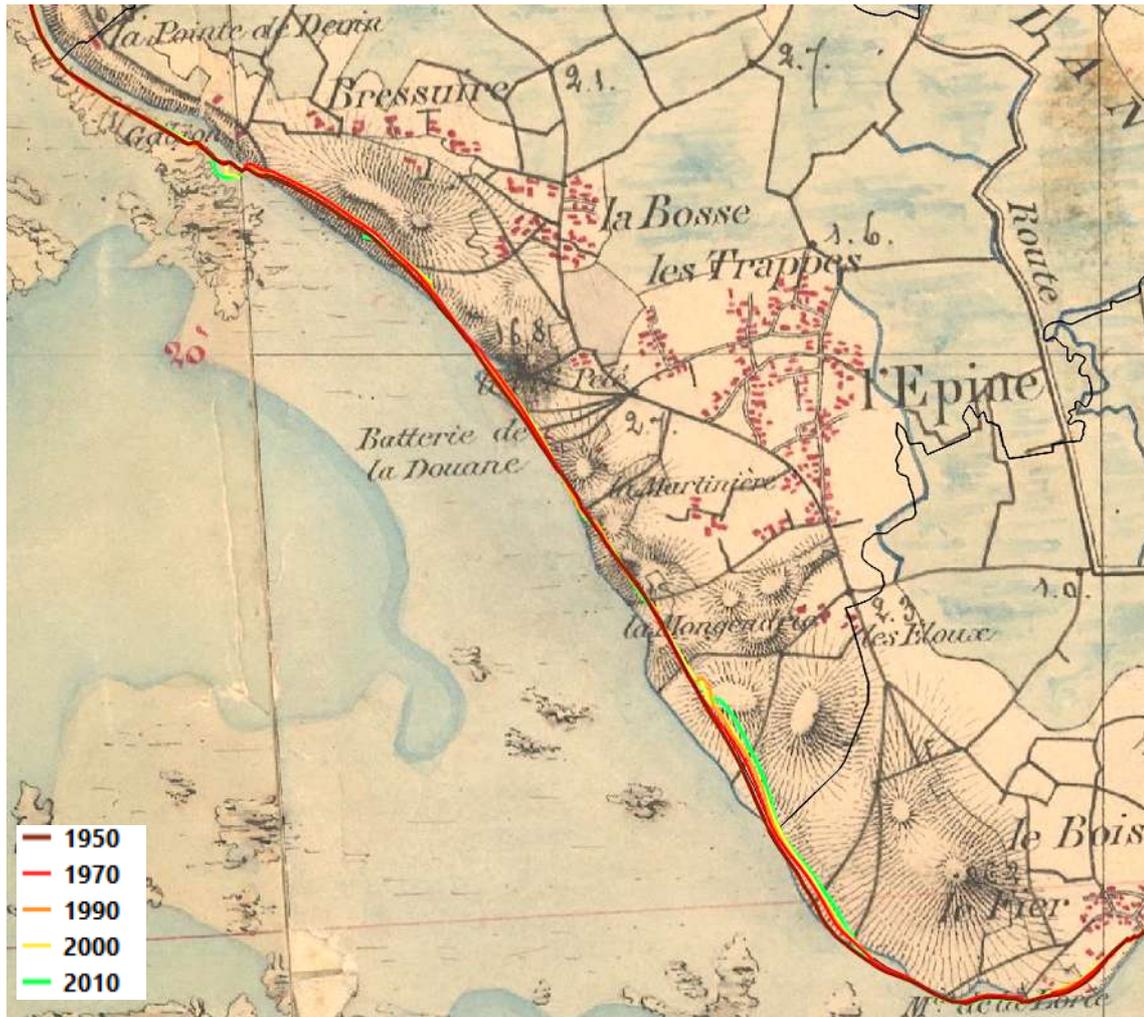


Figure 6.78 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 sur le secteur de la pointe du Devin aux roches de la Loire.

La comparaison des traits de côte entre 1949 et 2011 pour la détermination de l'indicateur national de l'érosion côtière montre que la tendance est plutôt :

- A l'érosion au droit de la plage de la Bosse et de celle de Saint-Jean (avec un recul moyen de -0,3 m/an soit 18 m environ. L'indicateur n'a pas été évalué sur environ 500 m au sud de l'épi-cale de la Bosse ;



- A la stabilité au droit de la plage de la Martinière, avec une progression moyenne de +0,016 m/an soit 1 m d'avancée. Sur les 200 m au sud immédiat de l'épi-cale de la Cabane uniquement, la tendance est-elle érosive avec un recul estimé à 16 m environ de 1949 à 2011 ;
- A l'érosion au droit du secteur des Eloux (hors Mougendrie, où l'indicateur n'a pas été évalué) avec une moyenne de -0,82 m/an soit un recul moyen de l'ordre de 50 m du trait de côte sur la période d'un peu plus de 60 ans.



Figure 6.79 : Indicateur national de l'érosion côtière de 1949 à 2011 sur le secteur du port de Morin aux roches de la Loire.

La comparaison des traits de côte disponibles de 1950 à 2010 permet de préciser que

- Au droit du tronçon Saint-Jean, le trait de côte a reculé entre 1950 et 1970 mais s'est depuis stabilisé avec en lien avec les travaux de protection essentiellement réalisés dans les années 70 (cf. ci-après) ;



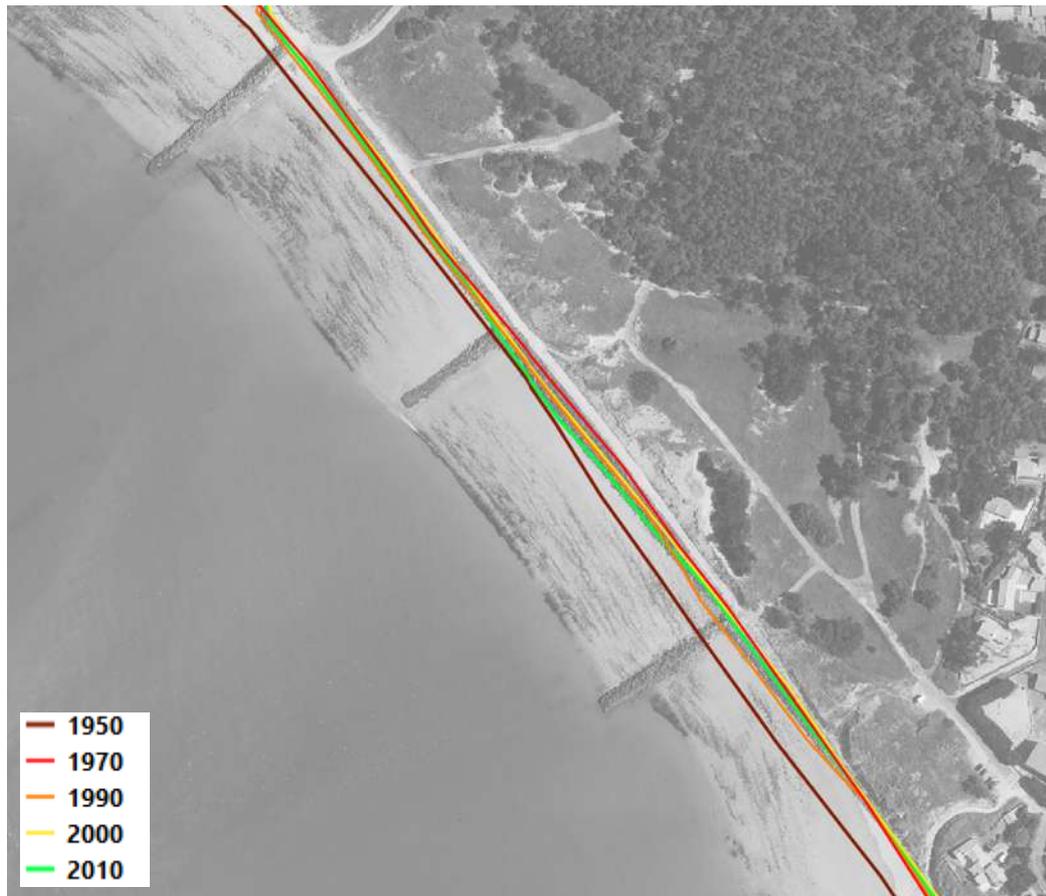


Figure 6.80 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit des 500 m au sud de l'épi-cale de la Bosse.

- Au droit du tronçon des Eloux hors Mougendrie, la tendance érosive est continue avec une partie Nord et une partie Sud qui s'érodent plus rapidement et un sous-tronçon central qui a subi une érosion moindre en tendant vers la stabilité de 1990 à 2010. Au droit de la Mougendrie, le trait de côte est stable au droit du casier Nord et présente un recul dans le casier sud qui atteint au maximum 45 m entre 1950 et 1990 et 25 m entre 1950 et 2010 (0,4 m/an).



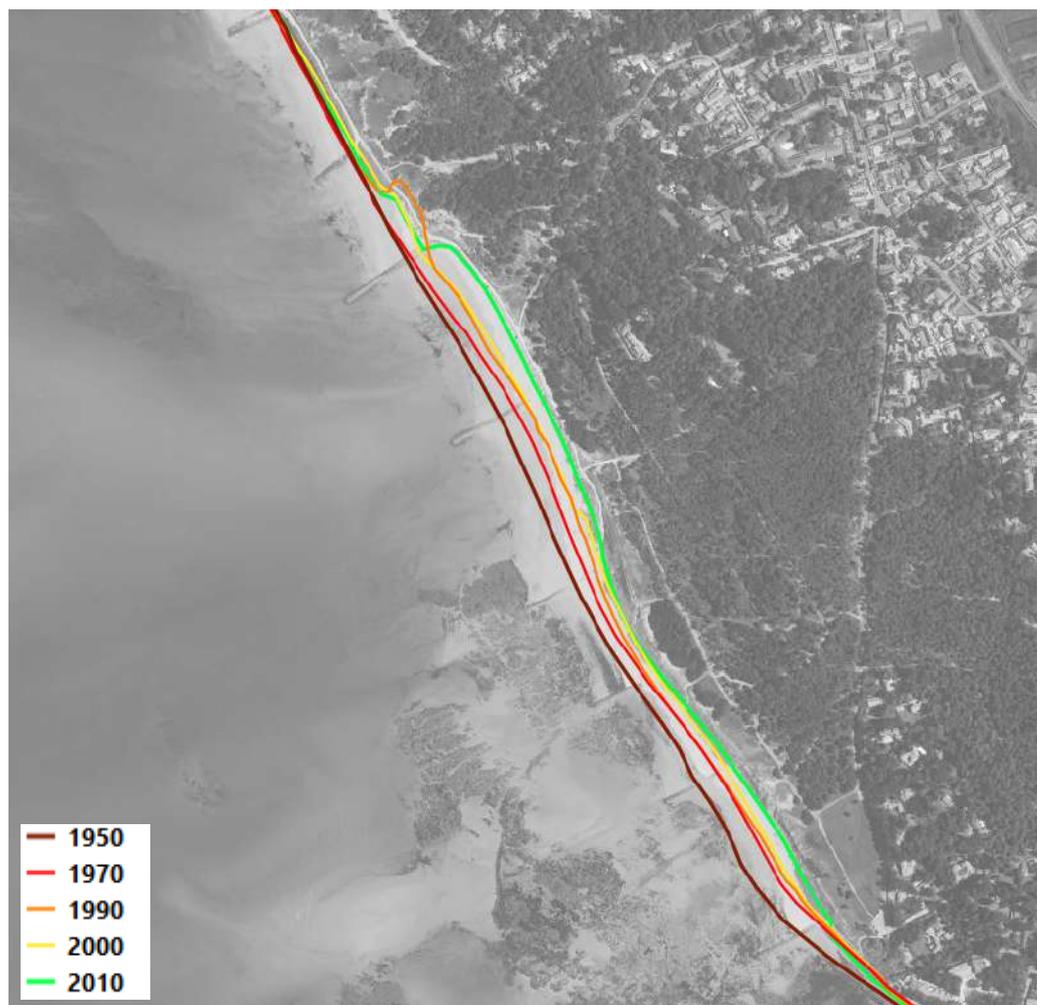


Figure 6.81 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit des Eloux.

Le port de Morin interrompt le transit sédimentaire qui se produit du NO vers le SE. De ce fait, le trait de côte a progressé depuis sur la plage du Morin au NO du port depuis la construction de ce dernier, avec la formation d'un stock de sables en forme de flèche qui s'appuie sur la jetée Ouest du port. L'accumulation moyenne de sables sur ce secteur a été estimée par exemple à 8 000 m³/an sur la période d'octobre 2007 à mars 2013.



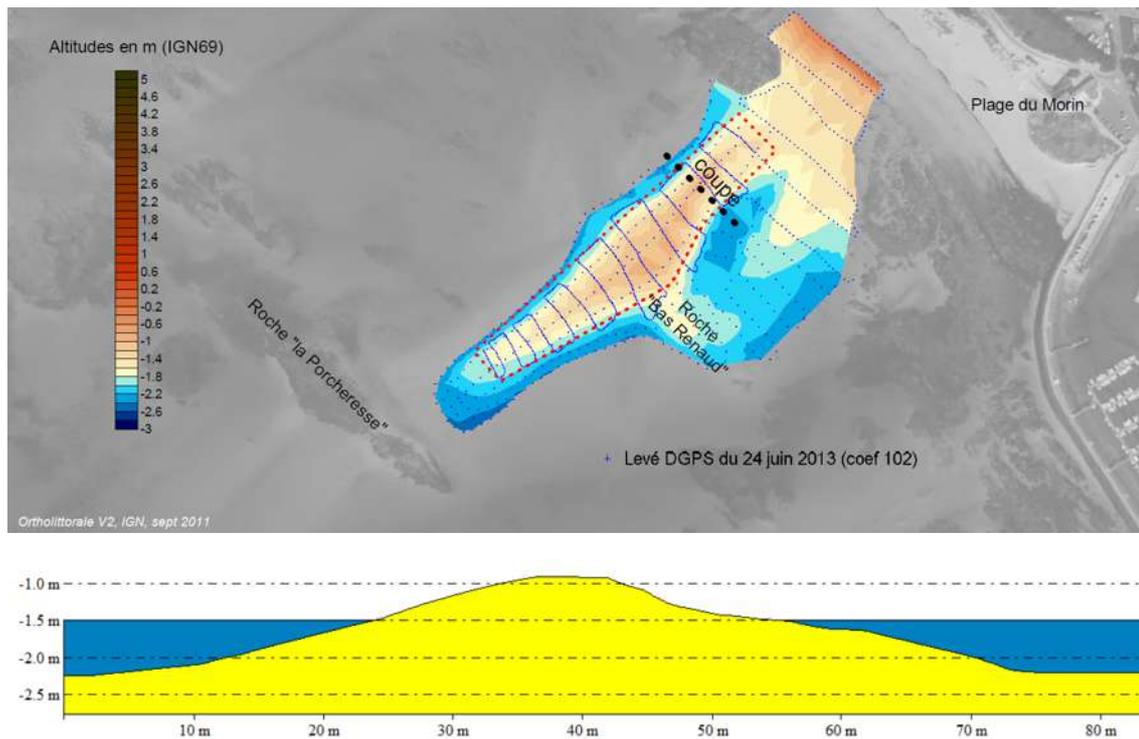


Figure 6.82 : Flèche sableuse au droit de la plage du Morin au nord du port levée en juin 2013 (CCIN).

6.4.5.2 Actions anthropiques

Les premiers aménagements anthropiques d'importance sur ce secteur ayant une influence sur la dynamique sédimentaire datent des années 70 et ont commencé par la partie Nord-Ouest. Ils concernent la défense contre la mer avec essentiellement la mise en place d'épis transversaux et de perrés en enrochements et des rechargements de plage. Les perrés de la Bosse, des Eloux et de la pointe de la Loire sont des perrés bas. Ces aménagements concernent aussi le développement des activités économiques et touristiques de l'île avec les accès à la plage et la construction du port de Morin.

Le secteur est, pour rappel, au sud de la pointe du Devin qui elle bénéficie de protections depuis bien avant 1950 (premier secteur de l'île protégé).

Au nord du tronçon des Eloux

6 épis ont été réalisés au droit de la Bosse/Saint-Jean/la Martinière entre octobre 1973 et avril 1974 d'après les photographies aériennes disponibles (Géoportail).





Figure 6.83 : Photographie aérienne de mai 1975 au droit du tronçon Bosse/Martinière.

Les perrés en enrochement ont eux été construits dès la fin des années 70. Un épi a été ajouté au sud, au centre de la plage de la Martinière entre avril 1984 et septembre 1989 d'après ces photographies aériennes et l'enrochement a été prolongé jusqu'à ce dernier épi. On voit sur la photographie aérienne de mai 1990 que le perré en enrochement n'était pas encore mis en œuvre au centre de la plage Saint-Jean, avec un trait de côte plus avancé à ce niveau et niveau de plage haut (le sable recouvrant totalement ou partiellement les épis). Il a été terminé entre décembre 2006 et avril 2010.





Figure 6.84 : Photographie aérienne de mai 1990 sur le tronçon Saint-Jean/Martinière.

Le projet du port de Morin a débuté en 1983 et s'est achevé au début des années 2000. Les photographies aériennes disponibles montrent la présence de la digue Nord dès septembre 1989. Cette digue Nord a été achevée à la fin des années 1990. La digue Sud a été réalisée dans les années 2000, avec un port qui apparaît dans sa configuration actuelle sur une photographie aérienne de juillet 2006.



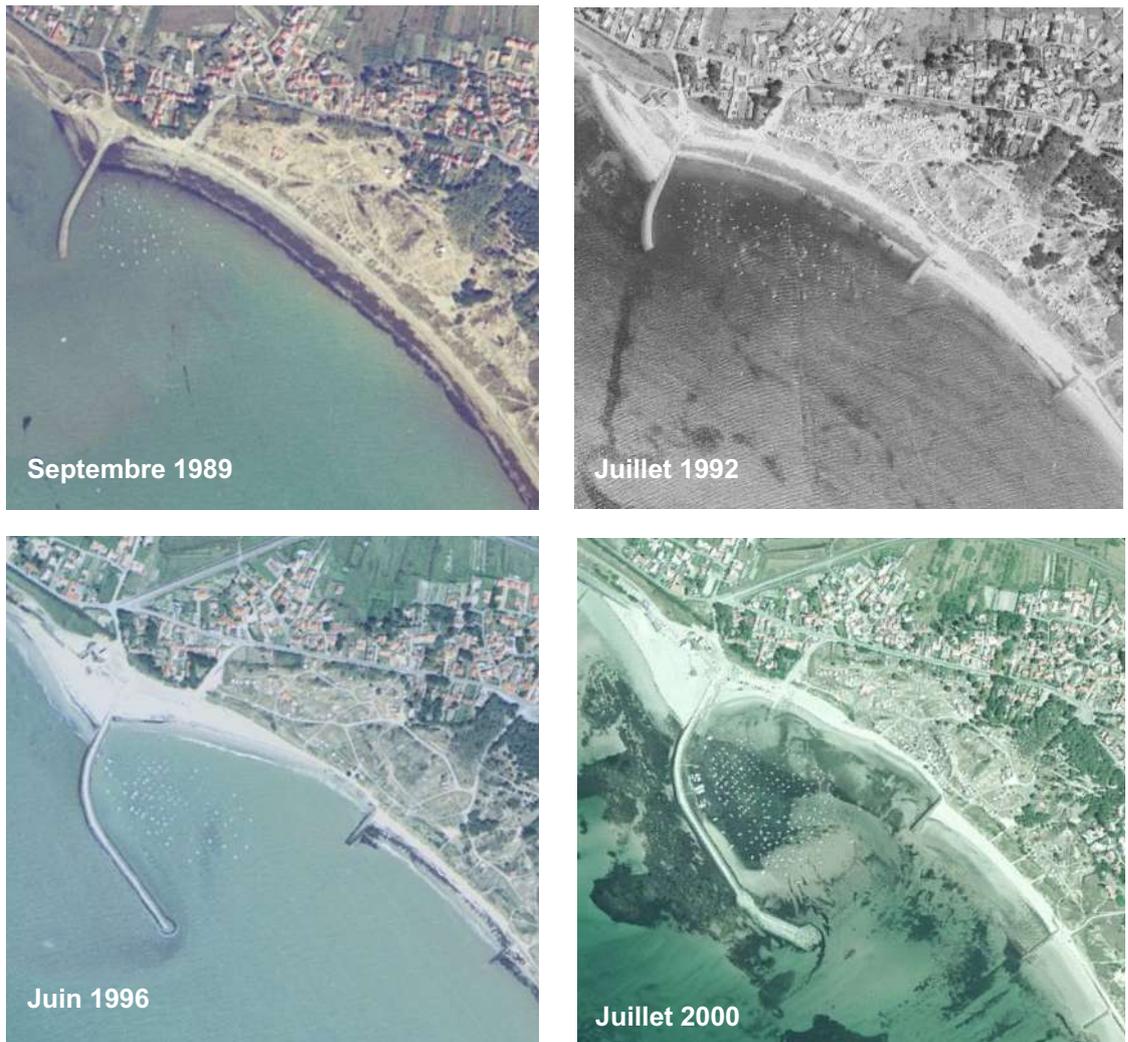


Figure 6.85 : Photographies aériennes montrant les étapes de construction de la digue Nord du port de Morin.

Les opérations de rechargement de la plage en sables menées sur ce tronçon sont synthétisées dans le tableau suivant. Au total, c'est autour de 170 000 m³ de sables qui ont été apportés du port de Morin ou de la plage au NO immédiat du port (by pass) entre 2000 et 2018.

On note que le tronçon de la Martinière, le plus en aval du transit sédimentaire, a été le dernier à faire l'objet de travaux de rechargement, de 2016 à 2018, après que ceux sur les tronçons de la Bosse et de Saint-Jean se soient arrêtés en 2012 et 2015 respectivement.



Tableau 6.1 : Opérations de rechargement au droit du tronçon Bosse/Saint-Jean/Martinière.

Tronçon	Date	Volume (m3)	Source des sables	Précisions destination/conditions
Bosse	Printemps 2000	10 à 15 000	Plage du Morin	Casier à l'aval de l'épicale de la Bosse
	Printemps 2002	6 700	Plage du Morin	Casier à l'aval de l'épicale de la Bosse
	Printemps 2010	20 000	By pass du port de Morin + dragage	
	Printemps 2011	10 000	By pass du port de Morin	
	Mai 2012	14 000	By pass du port de Morin	
Saint-Jean	Printemps 2000	10 000	Plage du Morin	Casier à l'aval de la cale de la Cabane
	Printemps 2002	6 100	Plage du Morin	Casier à l'aval de la cale de la Cabane
	Printemps 2008	10 000	By pass du port de Morin + dragage	
	Printemps 2009	10 000	By pass du port de Morin	
	Avril 2013	10 000	By pass du port de Morin	
	Printemps 2014	10 000	By pass du port de Morin	
	Printemps 2015	15 000	By pass du port de Morin+dragage avant-port	3 ^{ème} casier, avec crête de perré rechargée
Martinière	Février 2016	2 000	Plage du Morin	Urgence
	Avril 2016	10 000	By pass du port de Morin	
	Fin avril 2017	20 000	By pass du port de Morin	
	Janvier 2018	2 700	Plage du Morin	Urgence



Au droit du tronçon des Eloux

Des actions anthropiques pour la protection contre la mer et lutter contre le phénomène d'érosion ont été menées au fur et à mesure vers le sud-est sur le tronçon des Eloux, c'est-à-dire dans le sens du transit sédimentaire. C'est d'abord le secteur de la Mougendrie qui a fait l'objet de protections. Puis la problématique d'érosion s'est logiquement aggravée sur le linéaire de trait de côte en aval dans le sens du transit, qui a ensuite lui-même été le siège d'actions de défense.

De proche en proche, c'est ainsi actuellement l'ensemble du tronçon des Eloux jusqu'à la pointe de la Loire qui fait l'objet d'aménagements.

Les deux figures suivantes synthétisent les actions anthropiques mises en œuvre sur le secteur des Eloux de 1978 à 2010.

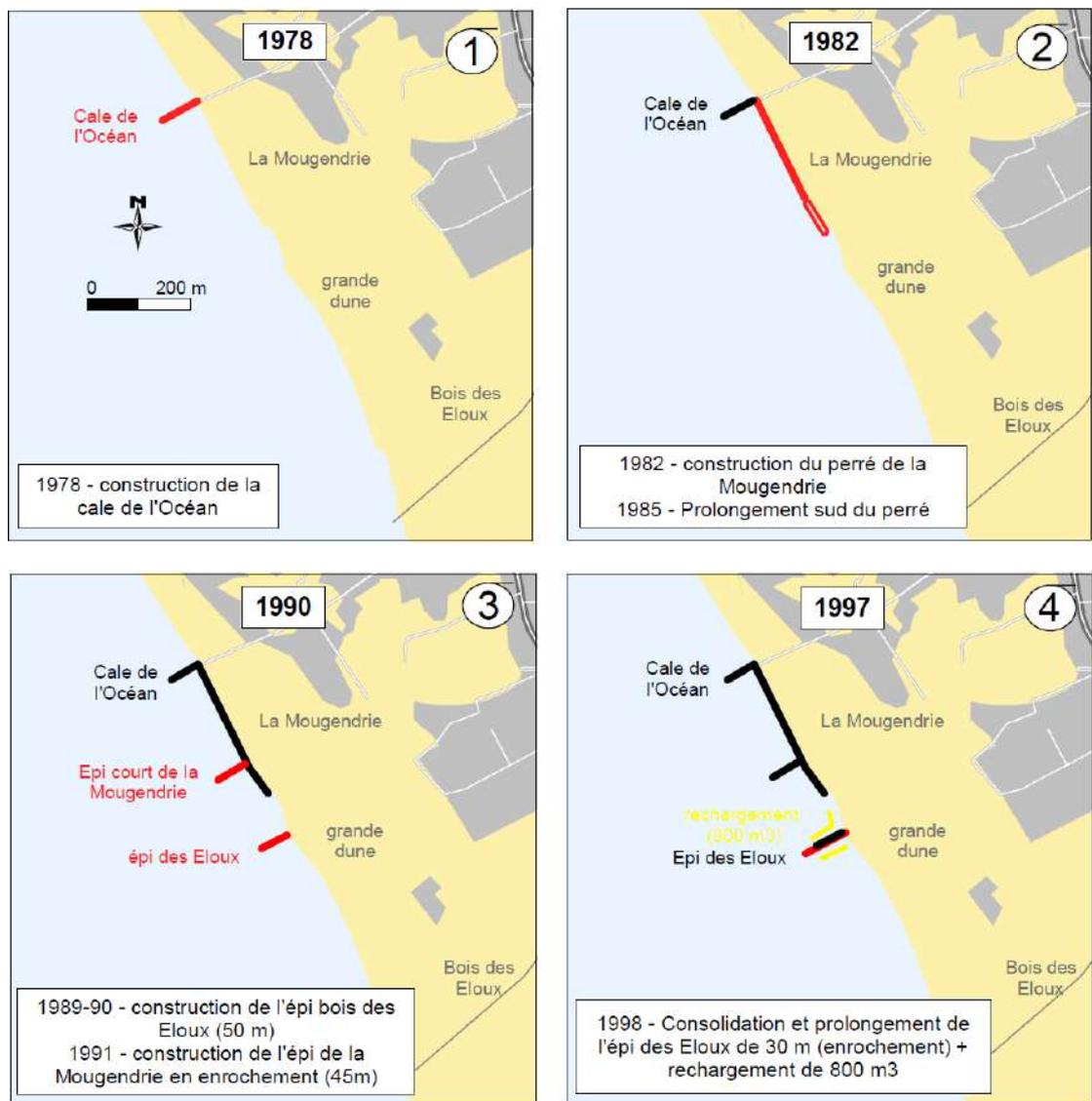


Figure 6.86 : Synthèse des actions anthropiques réalisées de 1978 à 1990 au droit du secteur des Eloux - En jaune : rechargement (CCIN).



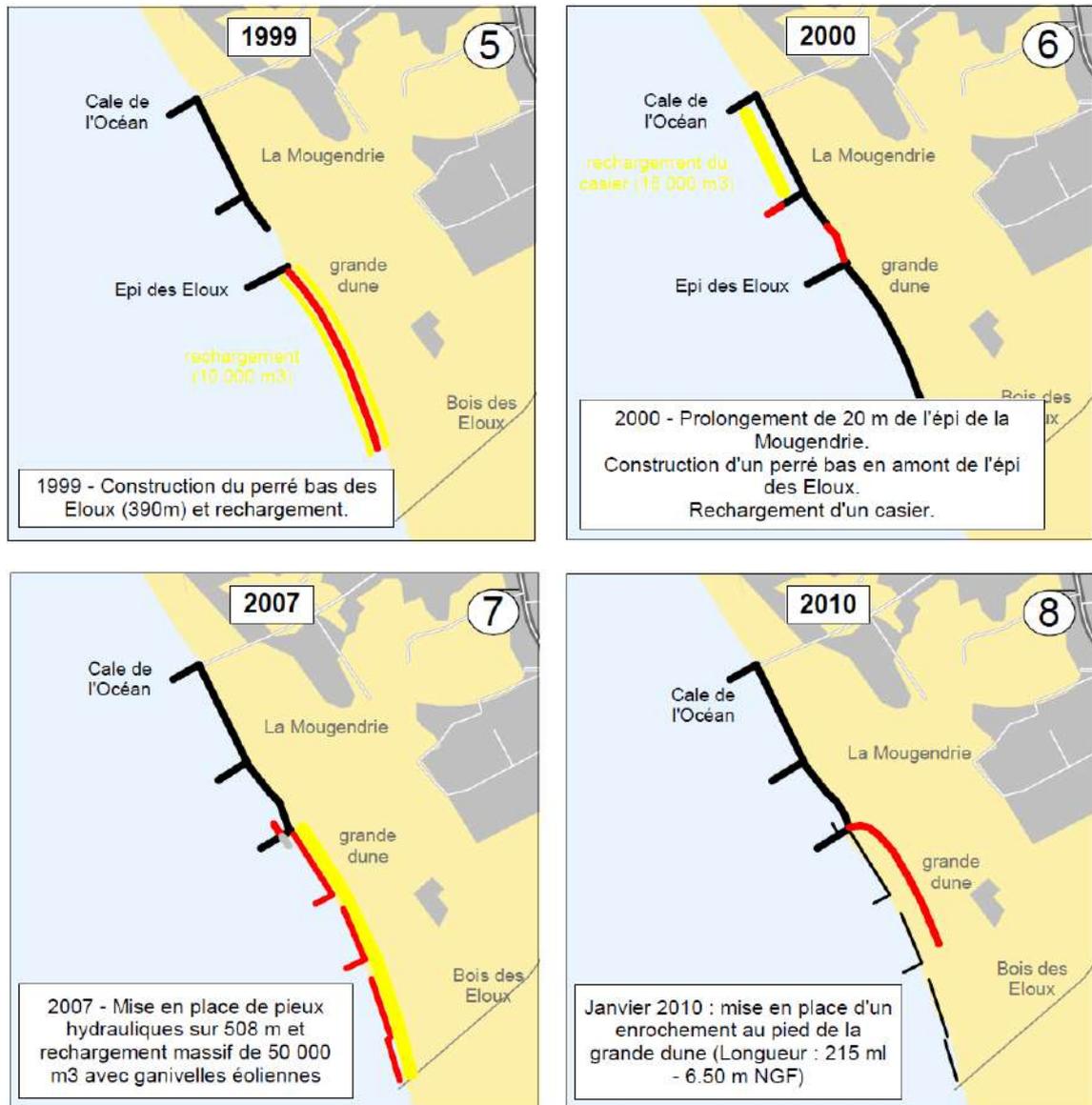


Figure 6.87 : Synthèse des actions anthropiques réalisées de 1999 à 2010 au droit du secteur des Eloux – En jaune : rechargement (CCIN).

Depuis 2010, l'enrochement a été prolongé (2011, sur 165 ml) et 6 épis ont été réalisés au droit des Eloux en 2015.



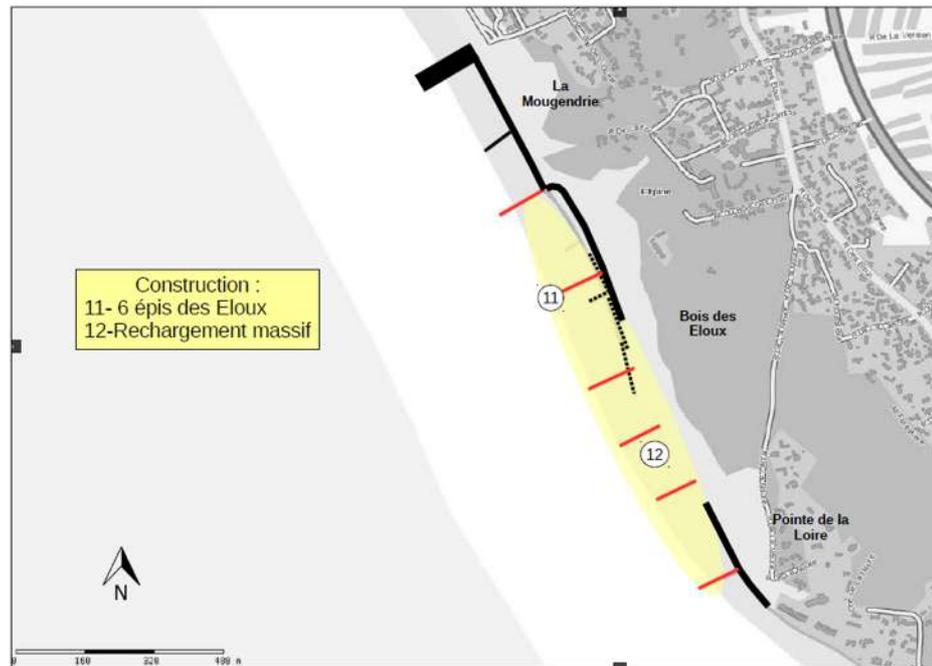


Figure 6.88 : Actions anthropiques réalisées en 2015 au droit du secteur des Eloux – En jaune : rechargement (CCIN).

Le perré au droit de la pointe de la Loire a également été réalisé en 1999/2000 et prolongé en 2013 sur 170 ml.

Les opérations de rechargement de la plage en sables menées sur ce tronçon des Eloux sont synthétisées dans le tableau suivant. Au total, c'est autour de 70 000 m³ de sables qui ont été apportés du port de Morin ou de la plage au NO immédiat du port (by pass) entre 2000 et 2007. Un apport massif a néanmoins été réalisé au printemps 2007, avec 51 000 m³ mis en œuvre sur l'ensemble du secteur.

Tableau 6.2 : Opérations de rechargement au droit du tronçon Bosse/Saint-Jean/Martinière.

Sous-tronçon	Date	Volume (m ³)	Source des sables	Destination
Mougendrie	Printemps 2000	10 à 15 000	Plage du Morin	Casier à l'aval de la cale de l'Océan
	Printemps 2002	7 700	Plage du Morin	Casier à l'aval de la cale de l'Océan
Reste des Eloux	2002/2003	2 400	Plage du Morin	Entretien
	Printemps 2007	51 000	Fosse	Sur le km du sous-tronçon
	2015	50 000		



6.4.5.3 Evolutions à court/moyen terme et en tempêtes – Variabilité interannuelle

Des nombreux bilans sédimentaires ont été réalisés dans le cadre du suivi CCIN pour ce secteur. Il ne s'agit pas ici d'être exhaustif mais d'en tirer les éléments nécessaires à la compréhension des dynamiques récentes.

Au Nord du tronçon des Eloux

Entre 1999 et 2013, il est estimé que la plage du tronçon au Nord des Eloux dont le casier Nord de la Mougendrie présente un léger gain sédimentaire, de l'ordre de 3 500 m³, mais avec un apport massif anthropique de 125 000 m³ de sables sur cette période. Le tronçon a donc en réalité perdu un peu plus de 120 000 m³ sur cette période.

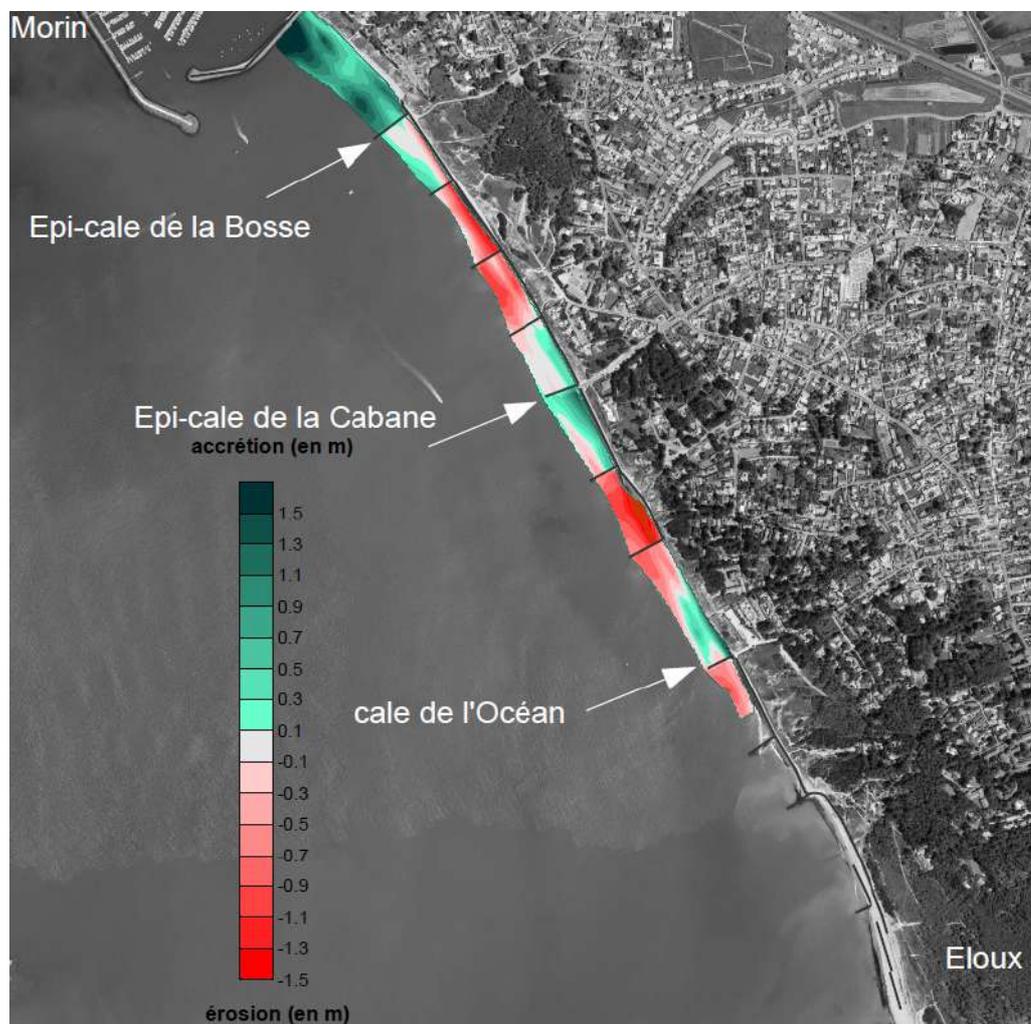


Figure 6.89 : Bilan sédimentaire entre 1999 et 2013 au nord du tronçon des Eloux (CCIN).

Sur la période octobre 1999 à octobre 2004, le bilan sédimentaire était de -13 000 m³ sur ce secteur avec le second casier de la Mougendrie en plus. C'est-à-dire une perte réelle de 76 000 m³ en considérant le rechargement anthropique sur cette période.



C'est donc un volume moyen réel (intégrant les rechargements) de l'ordre de 10 000 m³ qui a été perdu sur ce secteur sur la période 1999-2013.

Entre 2015 et 2021, le tronçon au nord des Eloux a perdu -7 300 m³, avec un rechargement anthropique de près de 60 000 m³. **C'est donc une perte nette de 67 000 m³ qui est observée sur cette période récente de 6 ans, soit 10-12 000 m³ par an en moyenne. Ce rythme moyen est légèrement plus élevé que celui sur la période de 1999 à 2013.**

Au droit du premier casier au sud immédiat du port de Morin (camping de la Bosse), le trait de côte avance nettement depuis 2011, avec une progression de 15 à 35 m de la limite de végétation. Cette phase de progression intervient après une phase érosive à l'extrémité Sud du casier (-4 m de septembre 2007 à décembre 2009), avec des rechargements effectués sur le secteur de la Bosse en 2010, 2011 et 2012.



Figure 6.90 : Trait de côte de 2010 superposé à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du premier casier de la Bosse.

De 2000 à 2008, le trait de côte dans le second casier au sur de l'épi-cale de la Bosse a reculé de 6 à 8 m.



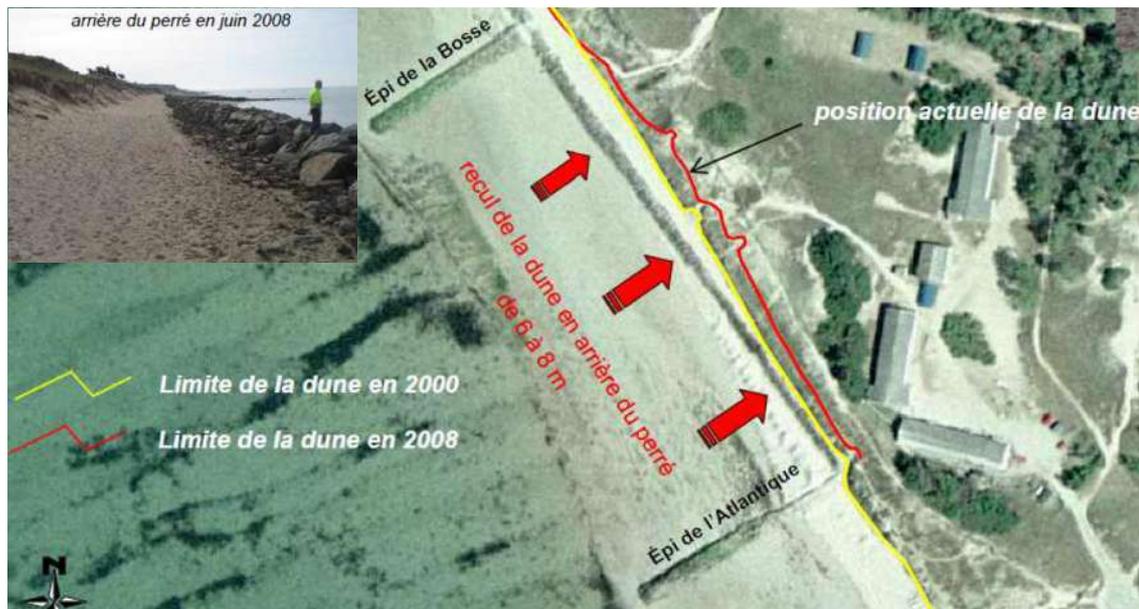


Figure 6.91 : Suivi du trait de côte dans le secteur de la Bosse entre 2000 et 2008 (CCIN).

Au droit du tronçon des Eloux

Le recul moyen du trait de côte au droit du tronçon des Eloux sur le secteur a été estimé à $-1,9$ m/an sur la période 1997-2006 (9 ans) par la CCIN.

Entre 1999 et 2012, il est estimé que la plage des Eloux (dont le casier Sud de la Mougendrie) a perdu 150 000 m³ de sédiments (dont 20 000 m³ de 2010 à 2012) alors qu'un rechargement anthropique de 50 à 55 000 m³ de sédiments a été effectué sur cette période. C'est donc un volume conséquent d'un peu plus de 200 000 m³ de sables qui ont été perdus sur 1 300 ml de plage.

C'est donc un volume moyen réel (intégrant les rechargements) de l'ordre de 15 000 m³ qui a été perdu sur ce secteur sur la période 1999-2012.

L'évolution sédimentaire entre 2012 et 2013 a été particulièrement négative avec une perte estimée à deux fois la perte moyenne annuelle ($- 30 000$ m³ de sédiments environ).

Du suivi sédimentaire mené par la CCIN, il a été établi l'analyse schématique suivante de la dynamique sédimentaire observé sur la période 1999-2012 au droit des Eloux.



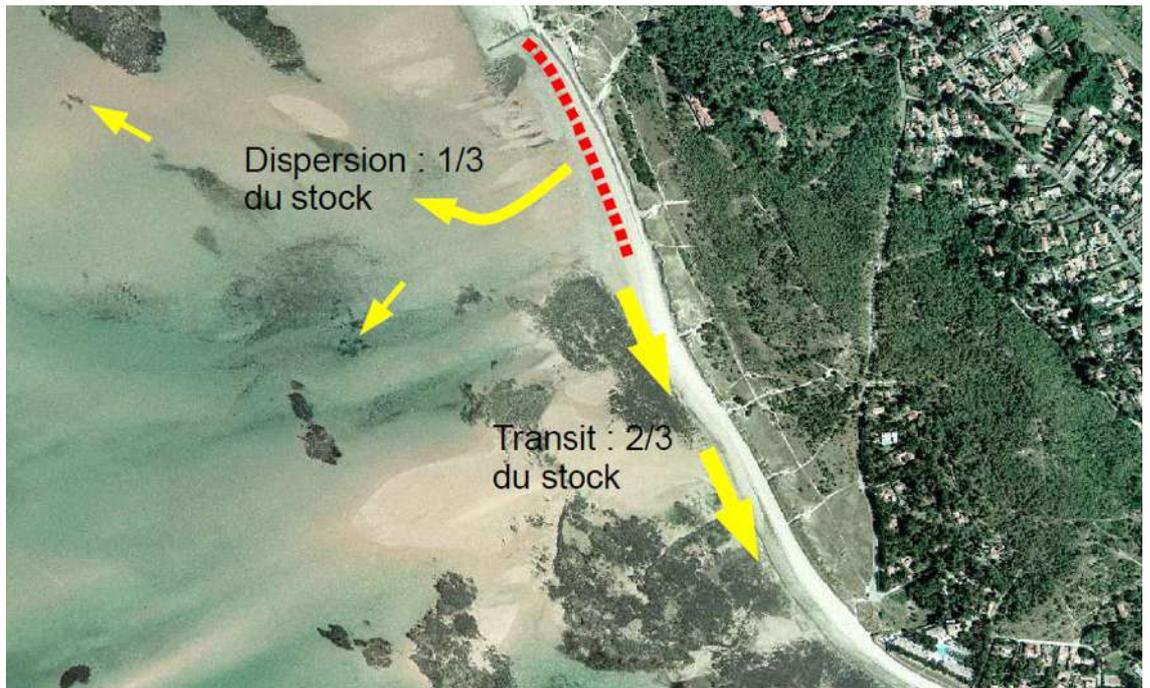


Figure 6.92 : Analyse schématique de la dynamique sédimentaire au droit des Eloux en 2012 (CCIN).

Entre octobre 2014 et septembre 2018, le tronçon des Eloux hors Mougendrie a gagné +79 000 m³, avec un rechargement anthropique de 50 000 m³. **C'est donc malgré tout un gain naturel de l'ordre de 30 000 m³ qui est observé sur cette période récente de 4 ans qui contraste avec le bilan érosif entre 1999 et 2012.**

Le graphique suivant montre l'évolution du stock sédimentaire au droit des Eloux entre octobre 2014 et septembre 2021. **Après le rechargement massif de 50 000 m³ et la construction des épis en 2015, on voit que ce stock ne cesse d'augmenter, avec un captage naturel estimé à +85 000 m³ environ (soit de l'ordre 14 000 m³/an en moyenne).**

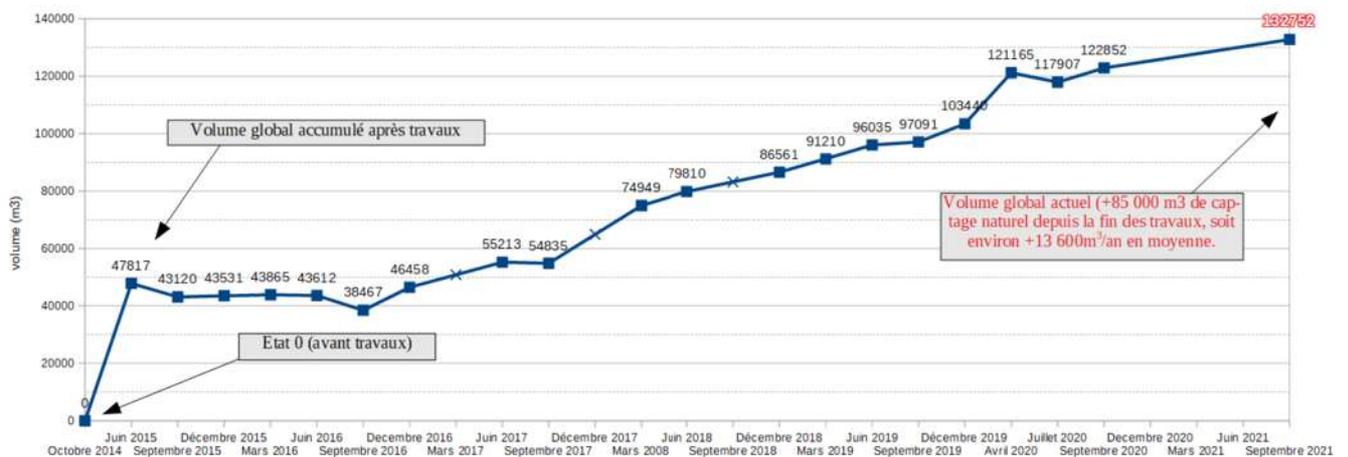


Figure 6.93 : Evolution du stock sédimentaire au droit du tronçon des Eloux (y compris Mougendrie) entre octobre 2014 (zéro) et septembre 2017 (CCIN).



La comparaison des LiDARS de 2022 et 2010 confirment la tendance érosive en partie Nord et l'inversion vers une tendance à l'accumulation au droit du tronçon des Eloux.

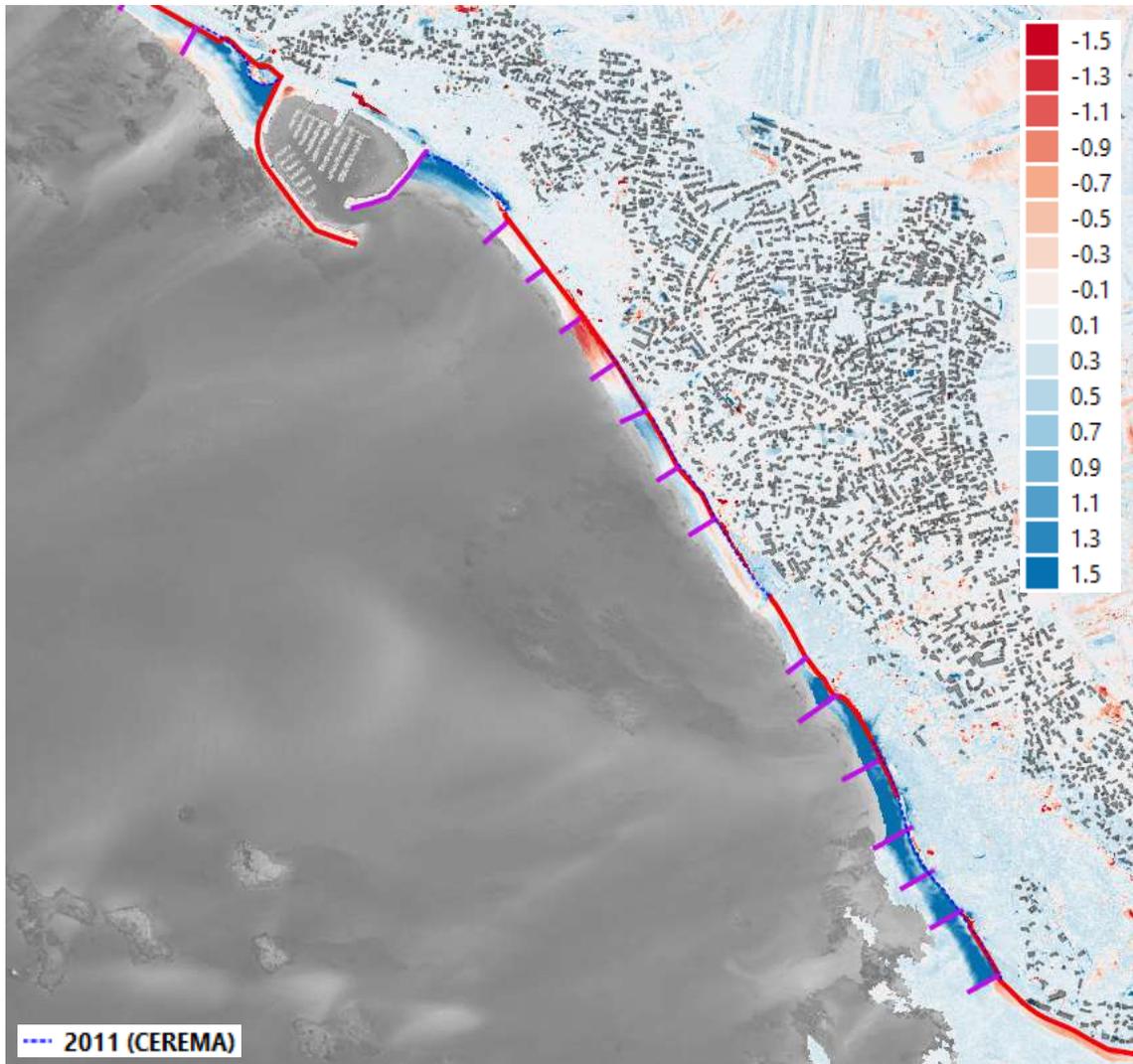


Figure 6.94 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARS 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D@t) sur le secteur entre le port de Morin et la pointe de la Loire.



Avant la réalisation du perré, les tempêtes comme celle de mars 2008 ou novembre 2009 par exemple, pouvaient provoquer des reculs de plusieurs mètres (jusqu'à 5 m au maximum en ordre de grandeur en novembre 2009) à l'extrémité Nord du tronçon. L'hiver 2009 a été en particulier érosif sur ce secteur.



Figure 6.95 : Dune des Eloux après coup de vent du 16 novembre 2009 (CCIN).

Les tempêtes de début février 2014 ont également fait reculer le trait de côte des Eloux entre le 13 janvier et le 3 février, de 0 à 1 m en partie Sud et de 3 à 4 m en partie Nord.



Figure 6.96 : Etat du perré bas des Eloux en octobre 1999.



6.4.6 Analyse des roches de la Loire à la pointe de la Fosse

La côte des roches de la Loire à la pointe de la Fosse se situe sur la façade Atlantique Ouest de l'île de Noirmoutier.

6.4.6.1 Anse de la Guérinière

Présentation générale du secteur, des phénomènes et des ouvrages anthropiques

Le secteur est donc une anse avec le trait de côte du fond de l'anse orienté Ouest-Est.

Il est composé successivement d'ouest en est des tronçons du Fier, du Bot (ou Both), de Bon secours, de La Cour/La Sourderie, des Sables d'Or et du Village de la Tresson à l'extrémité Est. La plage de la Cantine est située au cœur de l'anse, plutôt en partie Ouest. Celles des Sables d'Or est située sur le bord Est: Figure 6.97

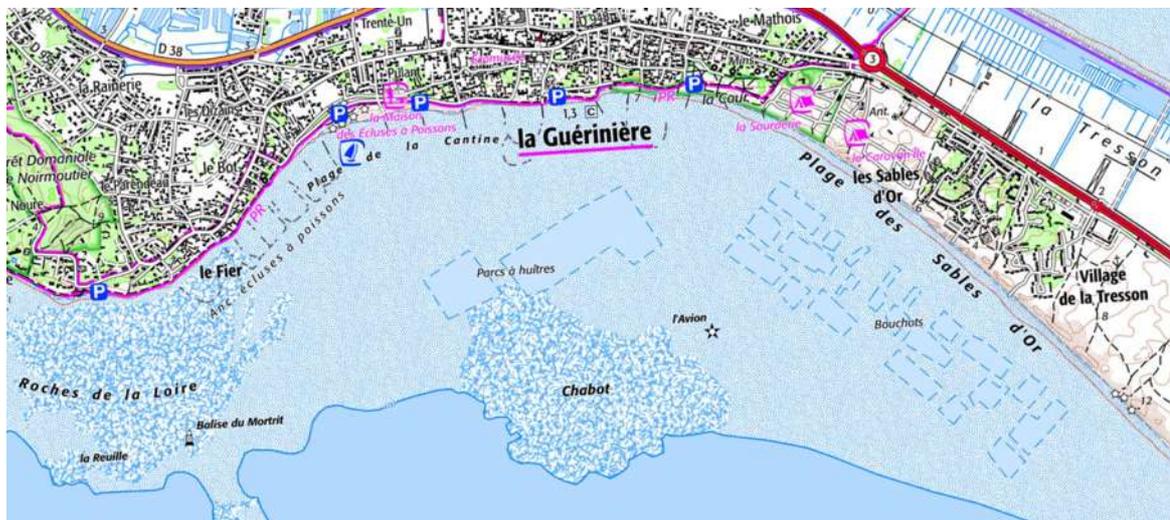


Figure 6.97 : Carte topographique IGN du secteur de l'anse de la Guérinière.

Ce secteur est presque entièrement protégé de perrés longitudinaux et d'ouvrages transversaux, ces derniers étant situés dans le fond de l'anse uniquement. Les anciens perrés, en maçonnerie, ont été réalisés à la fin du XIXème siècle pour renforcer les dunes souffrant d'érosion. Ces perrés visiblement dégradés au début des années 2000 ont été consolidés de 2009 à 2017. Des enrochements, ou perrés bas, ont également été mis en œuvre, notamment après la tempête de 1978, au niveau du Both et de la Cour.

4 épis au moins sont ainsi visibles en partie Ouest du fond de l'anse et un épi au niveau de la Cour en partie Est sur la photographie aérienne de 1945.

La plage de l'anse est marquée par la présence d'écluses à poissons qui apparaissent très nettement sur la photographie aérienne de 1951 : Figure 6.99



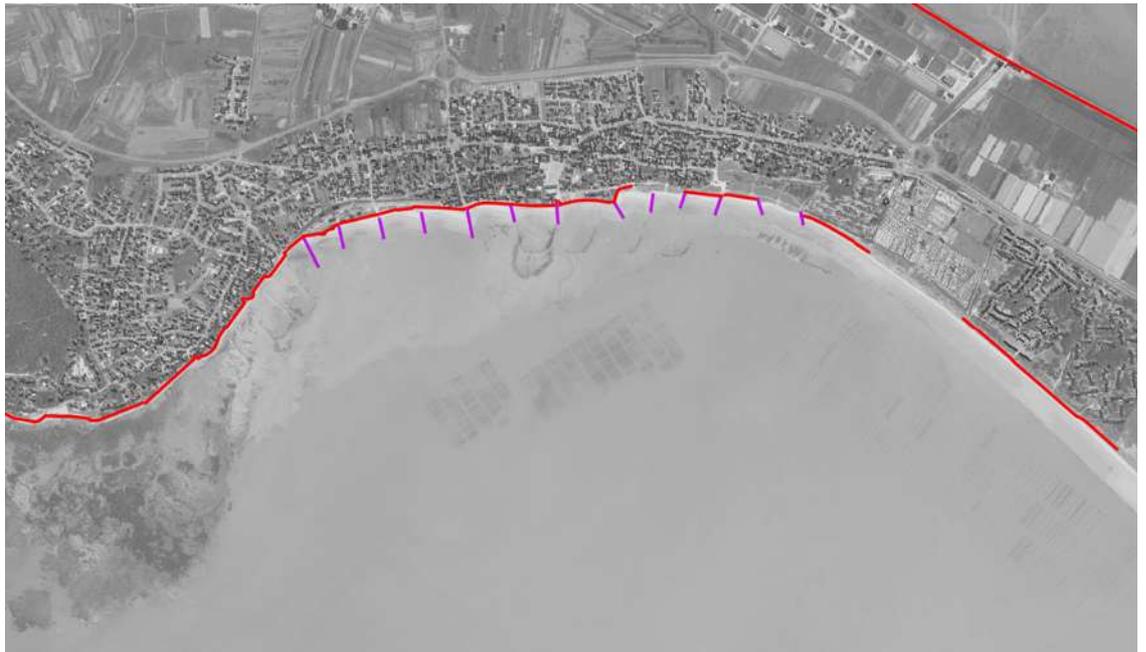


Figure 6.98 : Ouvrages de protection au droit de l'anse de la Guéinière.



Figure 6.99 : Photographie aérienne d'août 1951 au droit de la partie Ouest de l'anse de la Guéinière.

Dans les années 70, le trait de côte à l'est du dernier épi au centre de l'anse a commencé à reculer avec plusieurs encoches d'érosion de plus en plus marquées.





Figure 6.100 : Photographie aérienne de mai 1979 au droit du fond de l'anse de la Guérinière.

D'autres épis ont donc été réalisés en partie Est du fond de l'anse dans les années 80. De ce fait, l'érosion s'est une nouvelle fois reportée à l'Est et à la fin des années 1980, une encoche d'érosion affectait le trait de côte à l'extrémité Est du fond de l'anse, à l'est du dernier épi (secteur de La Cour). Suite à quoi deux épis complémentaires ont été réalisés dans les années 90 plus à l'est entre La Cour et la naissance de la plage des Sables d'Or.



Figure 6.101 : Photographie aérienne de mai 1989 au droit du fond de l'anse de la Guérinière.



La chronologie de construction des épis et l'accumulation de sables sur la face Ouest de ces derniers visibles sur les photographies aériennes indique que le sens du transit sédimentaire est bien de l'ouest vers l'est.

Des opérations de rechargement de la plage en sables sont également menées sur ce secteur. Elles sont synthétisées dans le tableau suivant. Au total, c'est près de 80 000 m³ de sables qui ont été apportés dans l'anse entre 2002 et 2021. La plus grosse opération est celle du printemps 2019 avec 65% de ce volume total mis en œuvre après une érosion importante constatée pendant l'hiver 2018/2019.

Tableau 6.3 : Opérations de rechargement au droit de l'anse de la Guérinière.

Date	Volume (m ³)	Source des sables	Destination
Juin 2002	31 000 m ³	Pointe de la Fosse	Tresson, face Est de l'anse
Novembre 2003	6 000	Fort Larron	Casier Bon Secours
Avril 2018	10 000	La Frandière	Casier de la Cantine
Avril/mai 2019	32 500	La Frandière (25 000) et Plage Nord de Morin	3 casiers de la Cantine
Début été 2021	500	Plage Nord de Morin	Site club vacances

Evolutions à long terme du trait de côte

En comparant la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et les traits de côte disponibles de 1950 à 2010, on observe une avancée historique du trait de côte au fond de l'anse de la Guérinière et une érosion de son bord Ouest. Le bord Est semble lui très stable depuis le 19^{ème} siècle.



Figure 6.102 : Comparaison de la carte de l'état-major et des traits de côte de 1950 à 2010 au droit de l'anse de la Guérinière.



De 1950 à 2010, le trait de côte est :

- Stable dans l'ensemble au droit du bord Ouest de l'anse, à l'exception du tronçon du Bot qui présente un recul de 10 à 20 m sur un peu plus de 150 ml. L'indicateur national de l'érosion côtière n'est pas évalué sur ce tronçon ;



Figure 6.103 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur le bord Ouest de l'anse de la Guérinière.

- En érosion marquée puis en légère accrétion dans la partie Ouest du fond de l'anse au droit de la plage de la cantine. L'indicateur national de l'érosion côtière est estimé à $-0,12$ m/an en moyenne sur le sous-tronçon en érosion, soit un recul moyen de l'ordre de 7 m. Ce recul est d'environ 20 m au maximum. Pour la partie en accrétion, l'indicateur est estimé à $+0,13$ m/an, soit une avancée moyenne de l'ordre de 8 m.



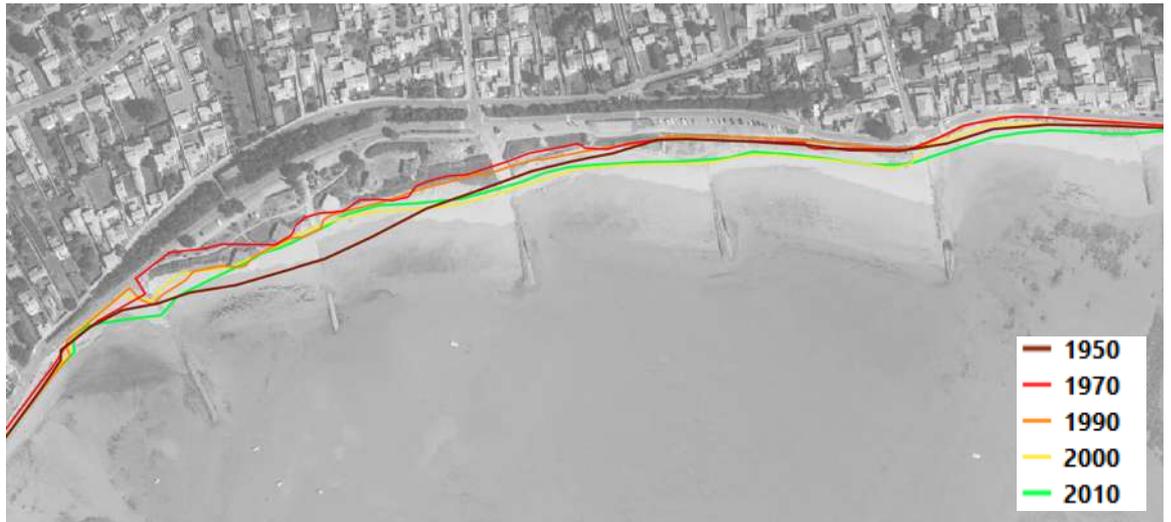


Figure 6.104 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur la partie Ouest du fond de l'anse de la Guérinière.

- Globalement très stable sur la partie Est du fond de l'anse et sur son bord Est. Seul un court tronçon au droit de Bon Secours dans le fond de l'anse est en accrétion marquée entre 1950 et 2010. L'indicateur national de l'érosion côtière est estimé à +0,50 m/an sur ce court tronçon, soit 30 m de progression. Partout ailleurs, la moyenne de cet indicateur est de +0,03 m/an soit une avancée moyenne de 2 m ;

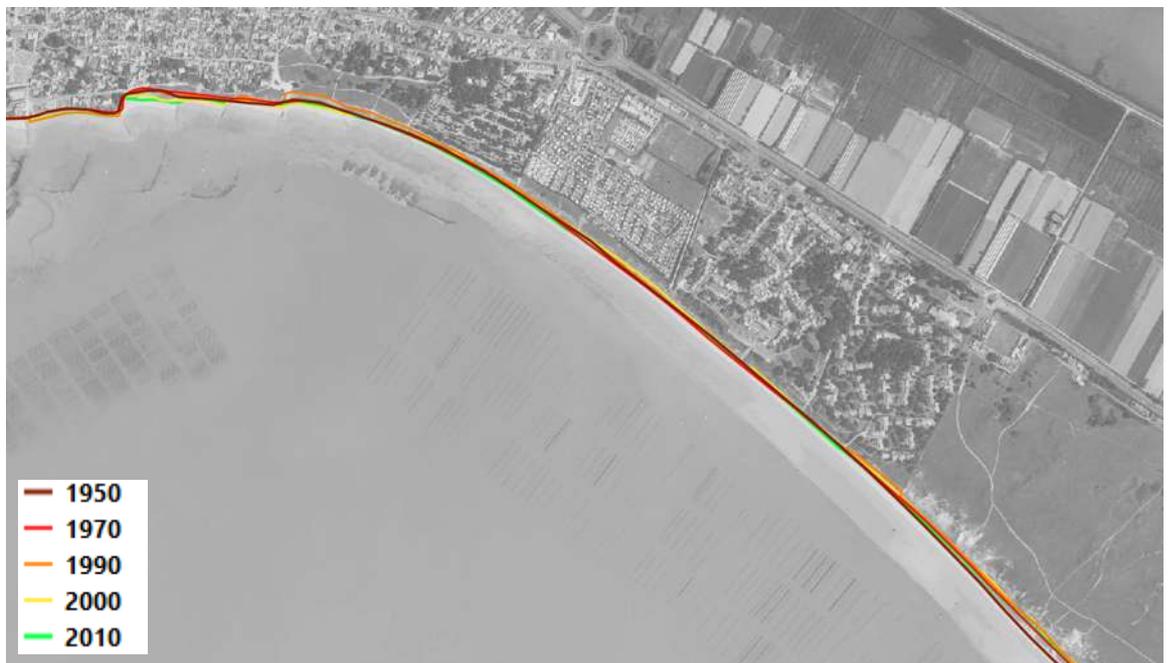


Figure 6.105 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 sur la partie Est du fond et sur le bord Est de l'anse de la Guérinière.



Evolutions à court terme, en tempête et variabilités interannuelles

Un bilan sédimentaire réalisé dans le cadre du suivi CCIN montre que la plage sur l'ensemble du fond de l'anse présente un gain de sable de 5 000 m³ entre octobre 1999 et octobre 2007 : Figure 6.106. En intégrant le rechargement de 6 000 m³ réalisé en 2003, c'est donc un bilan réel quasiment nul sur cette période pour le fond de l'anse.

La comparaison des LiDARS de 2022 et 2010 indique en revanche une érosion importante et généralisée pour le fond de l'anse sur les 12 dernières années, et ce malgré un rechargement de 43 000 m³ sur la période 2018-2021. La perte naturelle de volume entre 2015 et 2021, soit depuis la réalisation des épis au droit du secteur des Eloux, est estimée au total à 130/135 000 m³, en considérant le rechargement.

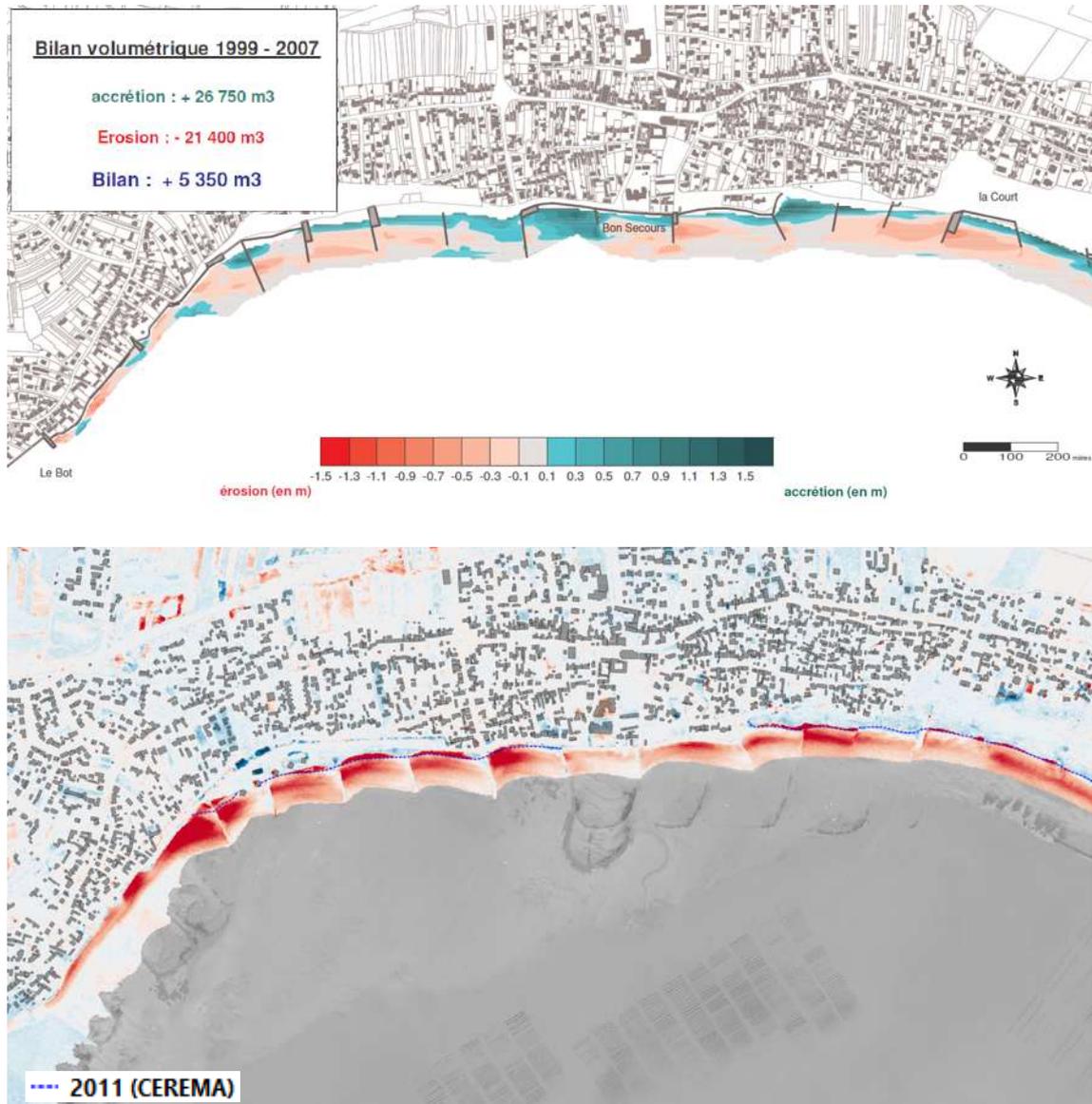


Figure 6.106 : Bilans sédimentaires entre octobre 1999 et octobre 2007 en haut (CCIN) et différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARS 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D@t) en bas.



Cette érosion massive récente est donc probablement en partie liée aux travaux de 2015 au droit des Eloux qui captent du sable en amont du transit sédimentaire par rapport à l'anse de la Guérinière. Pour rappel, c'est +85 000 m³ de sédiments qui ont été captés entre 2014 et 2021 au droit de Eloux. Il existe donc une tendance érosive du fond de l'anse, amplifiée par les travaux réalisés au droit des Eloux. Ce lien serait néanmoins à confirmer par une étude spécifique.

Sur la partie Ouest de la plage de la Cantine notamment, la plage a subi une baisse considérable qui atteint entre 2 et 2,5 m au maximum entre 2010 et 2022.

Le recul hivernal 2018-2019 du trait de côte a été quantifié par l'OR2C : Figure 6.107. Ce recul a atteint ponctuellement jusqu'à 5 m.



Figure 6.107 : Suivi du trait de côte dans le fond de l'anse de la Guérinière : état du 8 mars 2019 (OR2C).

Sur la face Est de l'anse, au droit de la plage des Sables d'Or et de la Tresson, un bilan sédimentaire réalisé dans le cadre du suivi CCIN montre que la plage sur présente un gain de sable très important de 92 000 m³ entre octobre 1999 et octobre 2007 : Figure 6.108. En intégrant le rechargement de 31 000 m³ réalisé en 2002, c'est donc un bilan réel de +60 000 m³ environ sur cette période pour la face Est de l'anse.

A noter qu'entre octobre 2007 et novembre 2008, ce même tronçon a perdu environ 10 000 m³ de sables.

La comparaison des LiDARS de 2022 et 2010 indique que cette face Est de l'anse subit également de l'érosion, comme le fond de l'anse sur cette période, jusqu'au village de la Tresson où la tendance s'inverse. En aval du transit à partir du village de la Tresson, la plage montre de l'accrétion sur ces 12 dernières années.



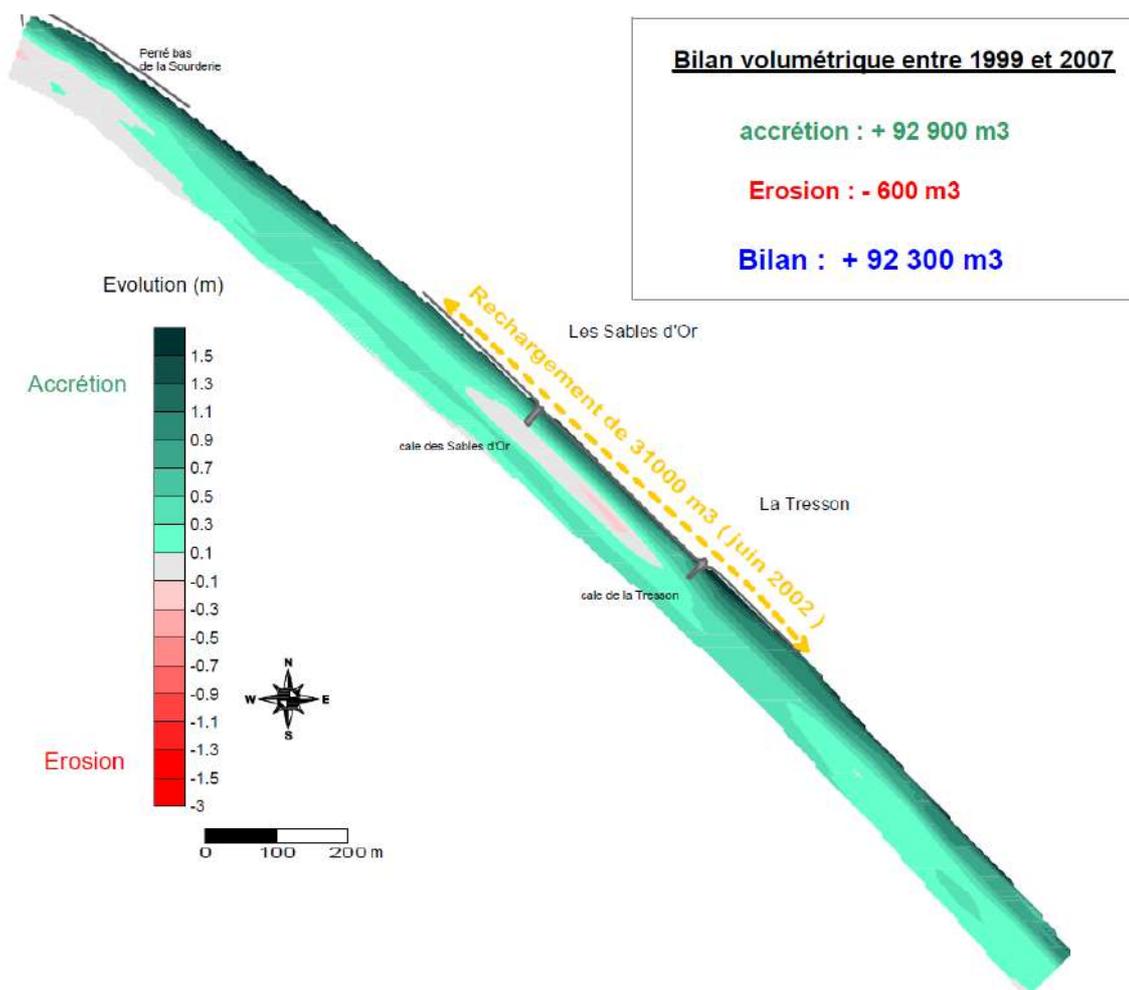


Figure 6.108 : Bilans sédimentaires entre octobre 1999 et octobre 2007 en haut (CCIN) et différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS) et 2010 (Litto3D@t) en bas pour la face Est de l'anse de la Guéinière.



Au sud du village de la Tresson, le trait de côte progresse depuis 1990 : +2 à +5 m de septembre 1999 à septembre 2010.

Les dunes au sud du village présentaient de nombreux couloirs d'érosion en 2000. Le front de dune devant le village était marqué par les tempêtes de 1999. D'autre part, l'érosion au sud immédiat du sentier bordant le village s'accroissait en 2009 alors que la dune bordière s'était considérablement renforcée et végétalisée. Cette dégradation s'accroissait encore en 2010

Une série de protections douces (ganivelles, branchages, clôtures) a donc été mise en place pour lutter contre cette érosion.

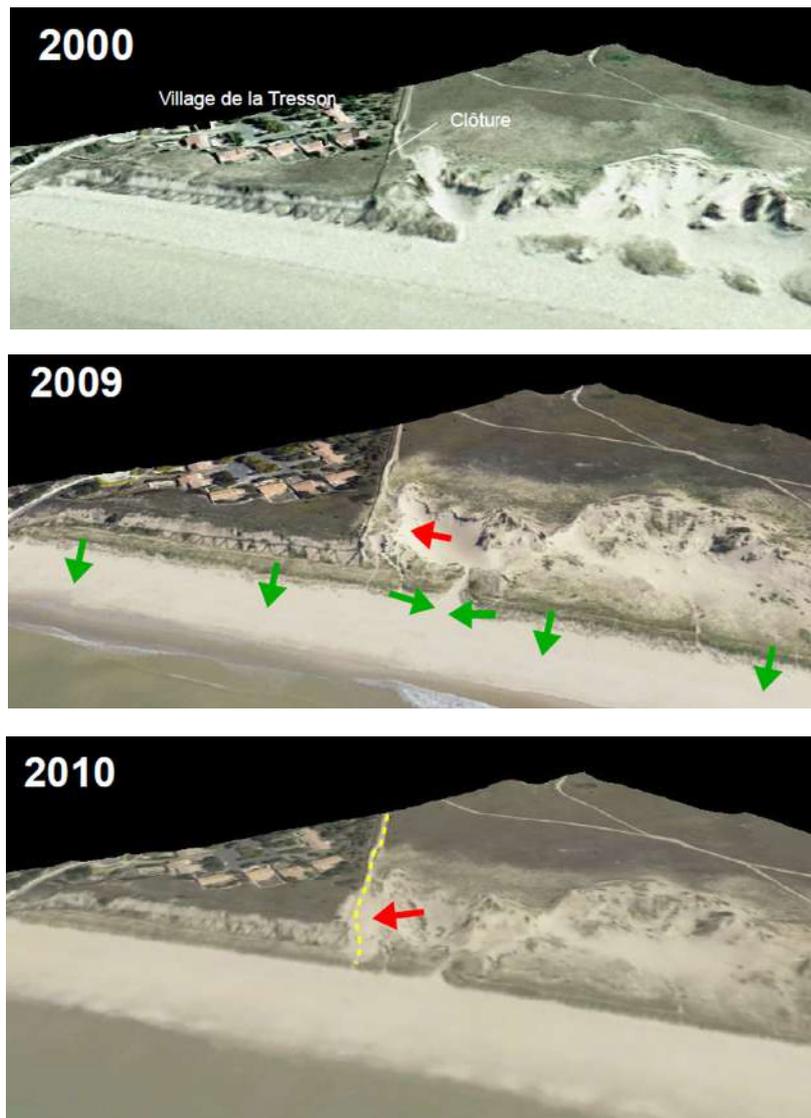


Figure 6.109 : Evolutions du cordon dunaire au sud immédiat du village de la Tresson de 2000 à 2010 (CCIN).



6.4.6.2 Cordon dunaire de Barbâtre jusqu'à la pointe de la Fosse

Du sud du village de la Tresson à la pointe de la Fosse, le trait de côte est constitué du cordon dunaire le plus développé de l'île et est orienté NNO-SSO. Le seul ouvrage anthropique de protection est un perré de 120 ml environ construit dans les années 80 au droit du lieu-dit « Le Midi », dit « perré du Midi »

La comparaison de la carte de l'état-major du milieu du 19^{ème} siècle et du trait de côte en 2011 montre de plus une accrétion historique majeure, de l'ordre de 70 à 180 m environ, sur ce secteur.

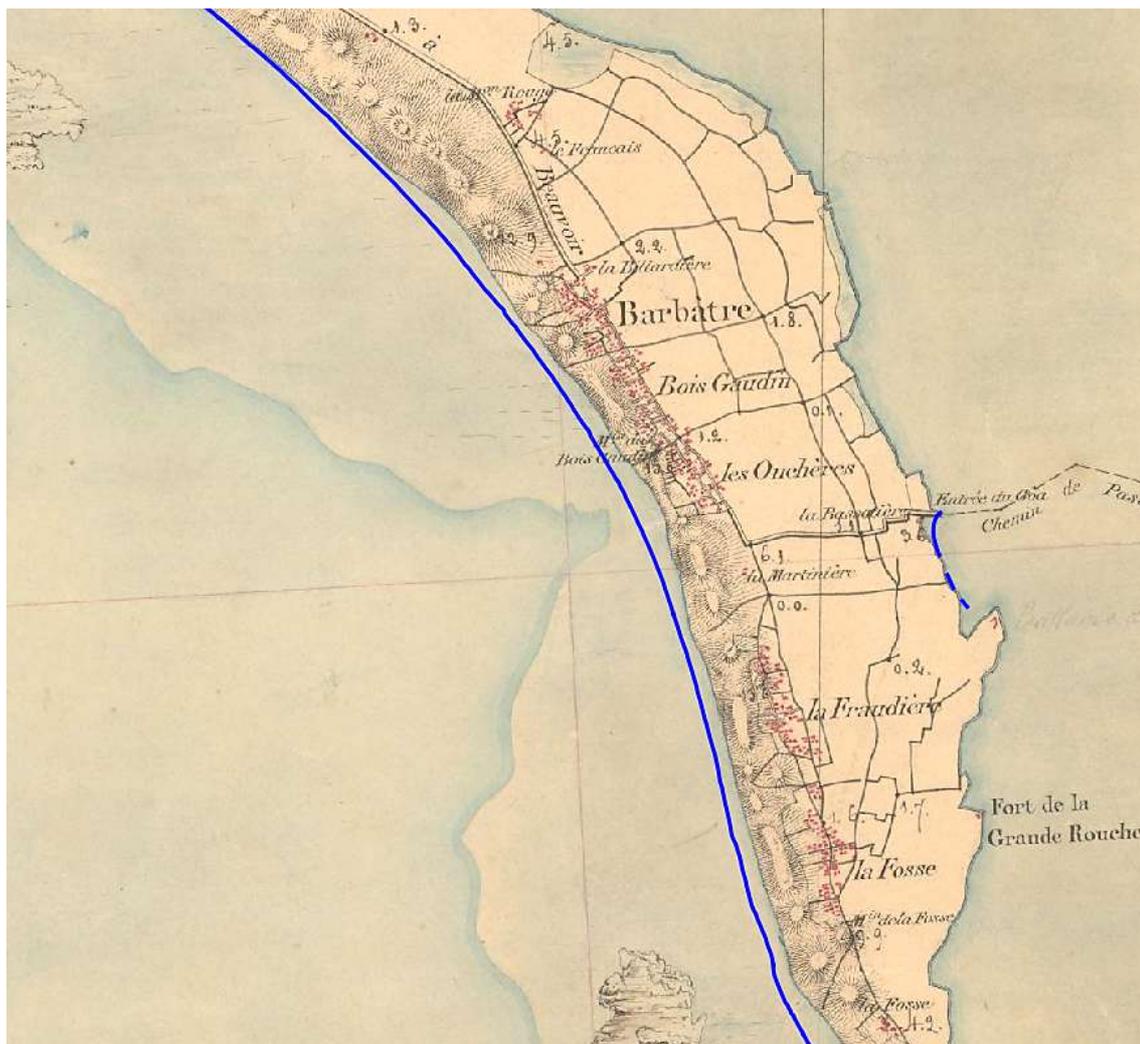


Figure 6.110 : Comparaison de la carte de l'état-major et du trait de côte de 2011 au droit du cordon dunaire de Barbâtre.

Les positions disponibles du trait de côte de 1950 à 2010 sur ce secteur montrent cependant que le trait de côte a subi un recul :

- de 1950 à 2000 au nord du perré du Midi, avec les traits de côte 1990/2000 très proches ;



- de 1950 à 1990 sur un linéaire d'environ 2,5 km de la plage du Midi jusqu'au camping des Onchères. Sur les 1 300 ml au SE du perré du Midi, les trait de côte 1970/1990 sont très proches et à partir de l'école de voile Hissez-Haut du Bois Gaudin vers le sud, l'érosion s'est poursuivie jusque 1990 ;

Au sud du camping des Onchères, la progression du trait de côte entre 1950 et 2010 est continue.

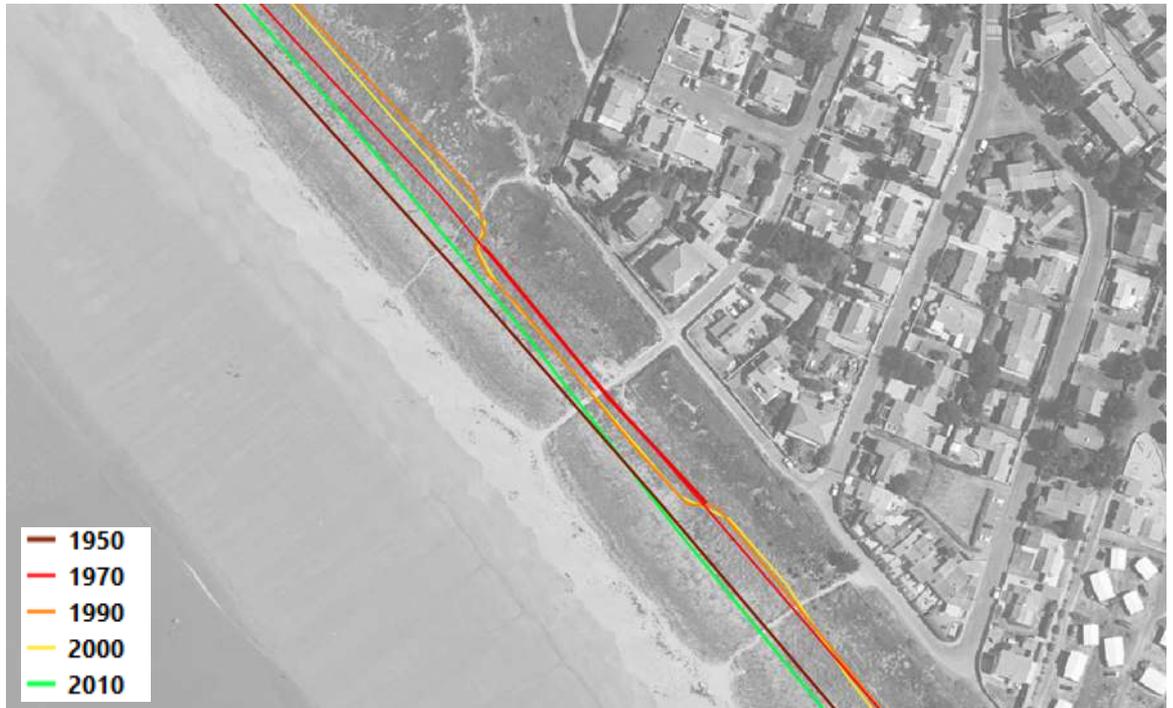


Figure 6.111 : Traits de côte de 1950 à 2010 superposés à la photographie aérienne de mai 2022 au droit du perré du Midi (en rouge).

La comparaison des traits de côte entre 1949 et 2011 pour la détermination de l'indicateur national de l'érosion côtière montre que la tendance est plutôt :

- A l'érosion au Nord du perré du midi, avec un recul moyen de -0,22 m/an soit 13/14 m environ. Le recul est uniquement de 4/5 m sur cette période au droit du perré du midi ;
- A l'accrétion de l'extrémité Sud du perré du midi au camping des Onchères avec une progression moyenne de +0,17m/an soit 10/11 m d'avancée ;
- A l'accrétion au sud du camping des Onchères, avec une moyenne de +1,95 m/an soit une avancée moyenne de l'ordre de 120 m du trait de côte sur la période d'un peu plus de 60 ans. Cette avancée est de plus en plus importante en allant vers la pointe de la Fosse.





Figure 6.112 : Indicateur national de l'érosion côtière de 1949 à 2011 sur le secteur du cordon dunaire de Barbâtre.

La comparaison des LiDARS de 2022 et 2010 montre une progression significative du trait de côte sur l'ensemble du secteur. Cette progression est de plus importante en allant vers le sud et elle est très conséquente, jusqu'à 200 m, à l'extrémité Sud. C'est à cette extrémité que commence le site de prélèvement de sables pour les rechargements anthropiques réalisés sur les autres plages de l'île.

On note cependant qu'à la toute fin du secteur en arrivant au droit de la pointe de la Fosse, il est observé une érosion sur ces 12 dernières années.



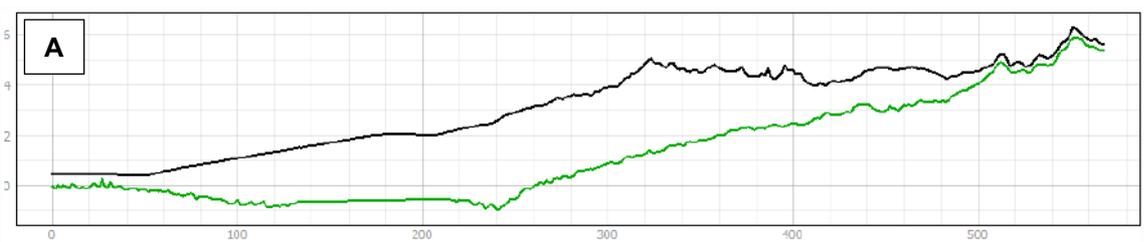
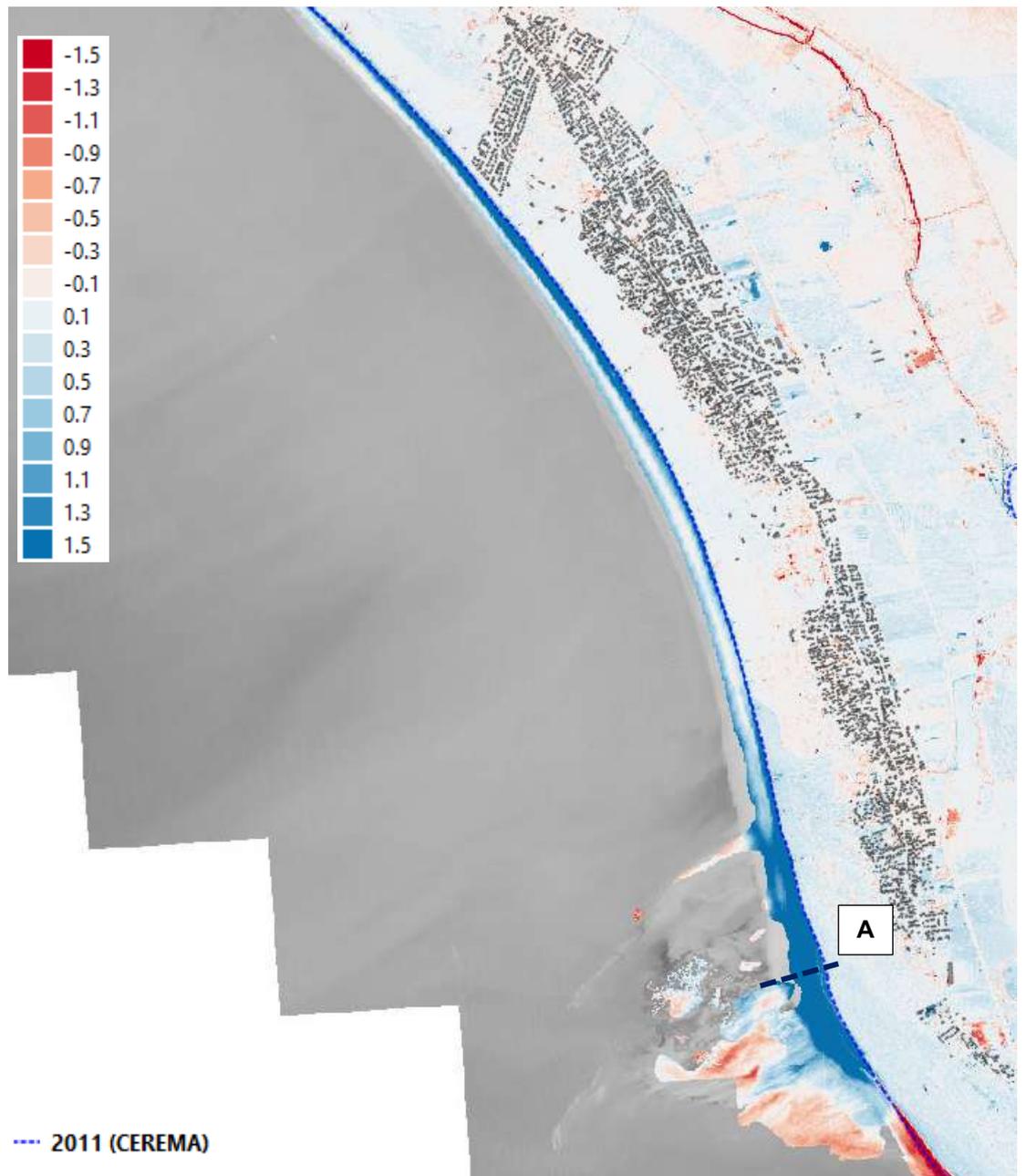


Figure 6.113 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARs 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit du cordon dunaire de Barbâtre.



6.4.7 Pointe de la Fosse et goulet de Fromentine

6.4.7.1 Présentation générale du secteur, des phénomènes et des actions anthropiques

La pointe de la Fosse se situe à l'extrémité Sud de l'île de Noirmoutier et constitue la terminaison de la flèche littorale, la plus grande de l'île, s'étirant depuis la Guérinière au goulet de Fromentine.

Le goulet de Fromentine assure la vidange d'une partie du volume d'eau transitant dans la baie et joue le rôle de barrière hydraulique dans le transit sédimentaire. Sa présence limite donc la progression de la flèche littorale vers le sud.

La dynamique sédimentaire de ce secteur de la pointe de la Fosse et du goulet de Fromentine est donc complexe et liée aux courants de marée circulant dans le goulet principalement vers l'ouest du pont en termes de durée (Section 6.2.3.3).

Le fonctionnement des courants de marée au niveau du goulet se traduit par l'existence de 2 deltas de marées externes qui s'étirent sur plusieurs centaines de mètres de longueur vers l'ouest.

Plusieurs études, comme celle de F. Verger (Marais et estuaires du littoral français, Belin, 2005) ont montré les cycles de divagation du chenal dans le prolongement du goulet de Fromentine entre une position externe orientée vers le nord (1866, 1922, 1962) et à contrario un tracé Sud (1702, 1822, 1973) : Figure 6.114.

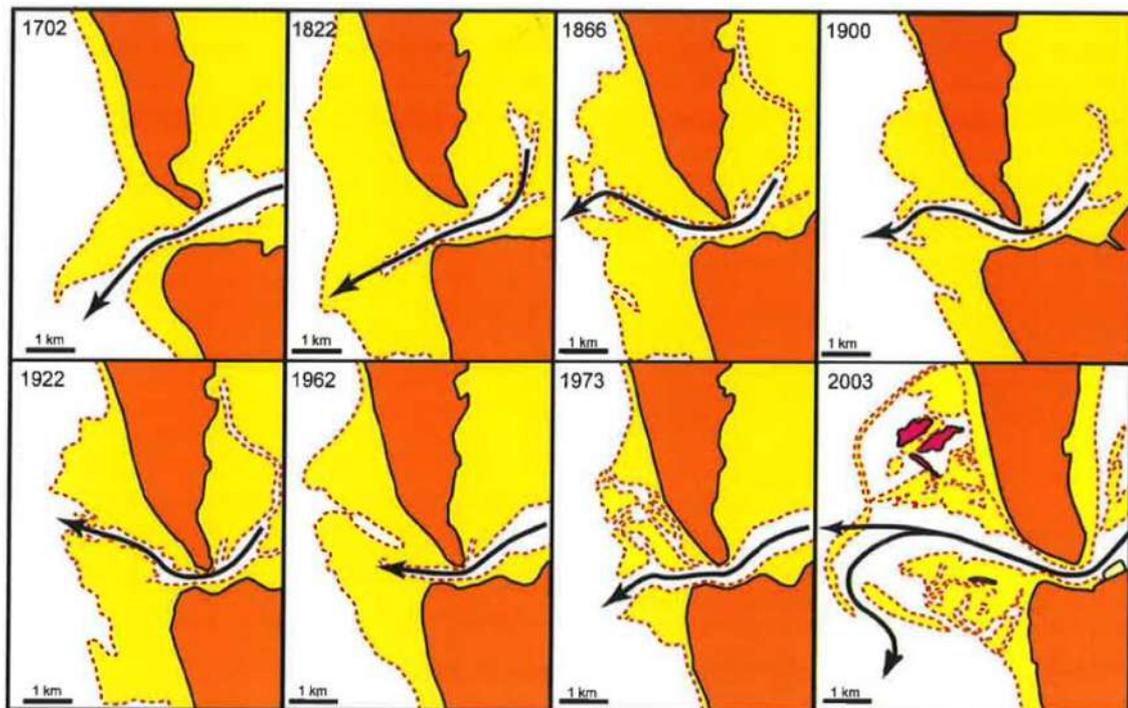


Figure 6.114 : Evolutions du delta de marée de 1702 à 2003 (Compilation Clouzot, Verger, Gruet, Bernier).



La pointe de la Fosse a connu différentes phases d'aménagements anthropiques à partir de la seconde moitié du 20^{ème} siècle. Côté baie de Bourgneuf, sur la face Est de la pointe, une estacade et la cale des Américains ont été construites avant 1950. Entre 1950 et 1956, une nouvelle estacade a été construite plus au sud en remplacement de l'ancienne.

La nouvelle estacade bloque ponctuellement le transit sédimentaire Nord-Sud dans la partie basse de la plage.

En 1960, l'ancrage de la nouvelle estacade est consolidé par un perré sur environ 30 m., ainsi que le trait de côte au nord de la cale des Américains sur la même longueur. Entre 1962 et 1963, le perré de l'estacade est prolongé vers le nord, et une protection est installée au nord de l'estacade d'origine sur environ 100 ml.

Parallèlement, le front de mer s'est urbanisé sur la partie Est de la pointe.

Le pont reliant l'île au continent a été réalisé en 1970-1971. A cette époque, la quasi-totalité du trait de côte est protégée par une succession de défenses privées sur environ 700 ml au N de l'estacade.

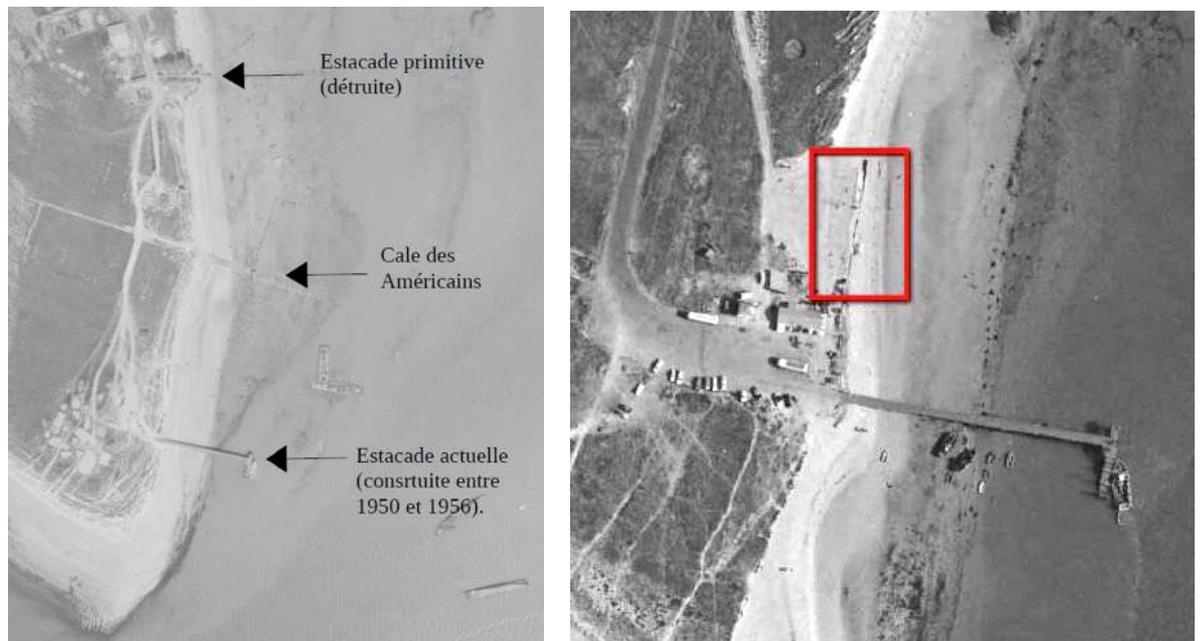


Figure 6.115 : Nouvelle estacade et cale des Américains au droit de la face Est de la pointe de la Fosse en 1956, en haut, et prolongement du perré à l'ancrage de l'estacade en 1964, en bas (Géoportail).

Le perré au sud de l'estacade a été construit en 1981 puis renforcé et prolongé. Il a été repris en 2000.





Figure 6.116 : Perré prolongé au sud de l'estacade : photo aérienne de mai 1989 (Géoportail), à gauche, et photographie des travaux de reprise en 2000.

Suite à une phase d'érosion importante, la culée Nord du pont a dû être protégée provisoirement par une rangée de pieux avec double rideau de géotextile mis en place en avril-mai 2012 et un rechargement d'environ 14 000 m³ de sables effectué au printemps 2013. 1 500 m³ de sables ont été mis en œuvre au nord de l'estacade à cette occasion. Les sables ont été extraits dans le chenal à proximité.

Un ouvrage définitif en enrochement a été mis en œuvre au printemps 2014.



Figure 6.117 : Protections de la culée nord du pont : ouvrage provisoire d'avril-mai 2012, en haut, et ouvrage définitif en 2014, en bas.

Un enrochement a également été mis en œuvre au nord de l'estacade en 2014 sur 300 ml. (propriété Bodin).



En 60 ans, un ensemble de protections longitudinales et d'ouvrages transversaux a été réalisé au droit des face Sud et Est de la pointe, sur environ 900 ml. Cet ensemble a affecté les dynamiques sédimentaires.

Il faut également noter que de nombreuses petites extractions de sables ont été réalisées au droit de la pointe par les agriculteurs jusqu'au début du 21^{ème} siècle. Elles sont maintenant interdites. Le volume ainsi extraits est très difficile à évaluer.

Des extractions de sables ont également été réalisées pour la protection du littoral sur d'autres secteurs de l'île, comme vu dans les paragraphes précédents : 9 000 m³ en 2000 et 20 000 m³ en 2006 pour alimenter le secteur de Luzéronda, 31 000 m³ en 2002 pour alimenter le secteur de la Tresson, 51 000 m³ en 2006/2007 pour alimenter celui des Eloux, et enfin 35 000 m³ en 2018/2019 pour recharger les plages de l'anse de la Guérinière. **Soit un total extrait de 135 à 140 000 m³ de 2000 à 2019.**

Enfin, des dragages d'entretien du chenal d'accès à Port Fromentine sont réalisés, avec mise à disposition des sables pour les agriculteurs ou pour du rechargement sur le Sud de Fromentine.

Une schématisation des dynamiques sédimentaires naturelles et des interventions humaines dans les processus sédimentaires est proposée ci-après.

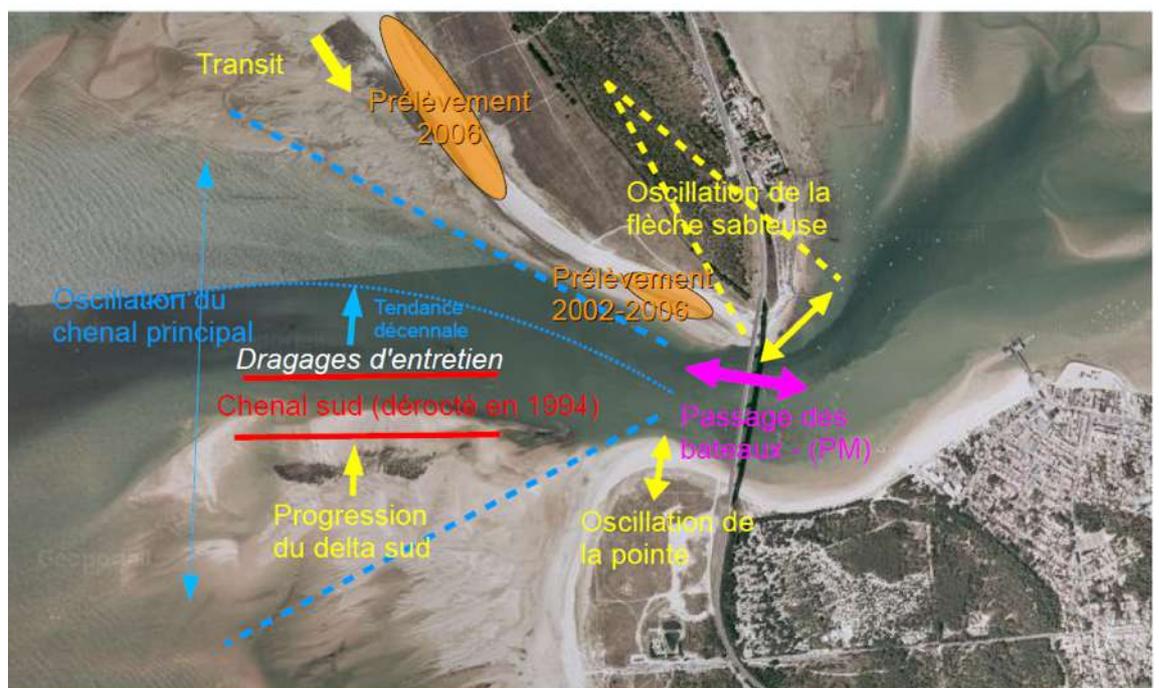


Figure 6.118 : Schématisation des dynamiques naturelles et des interventions humaines majeures dans les processus sédimentaires au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).



6.4.7.2 Evolutions du trait de côte et bilans sédimentaires

La cinétique du trait de côte de la pointe de la Fosse est fortement dépendante de celle du chenal principal (Section précédente).

La superposition du cadastre Napoléonien de 1832 et des traits de côte jusqu'à 1999 permet de voir la progression vers le sud de ce trait de côte au droit de la pointe de la Fosse.

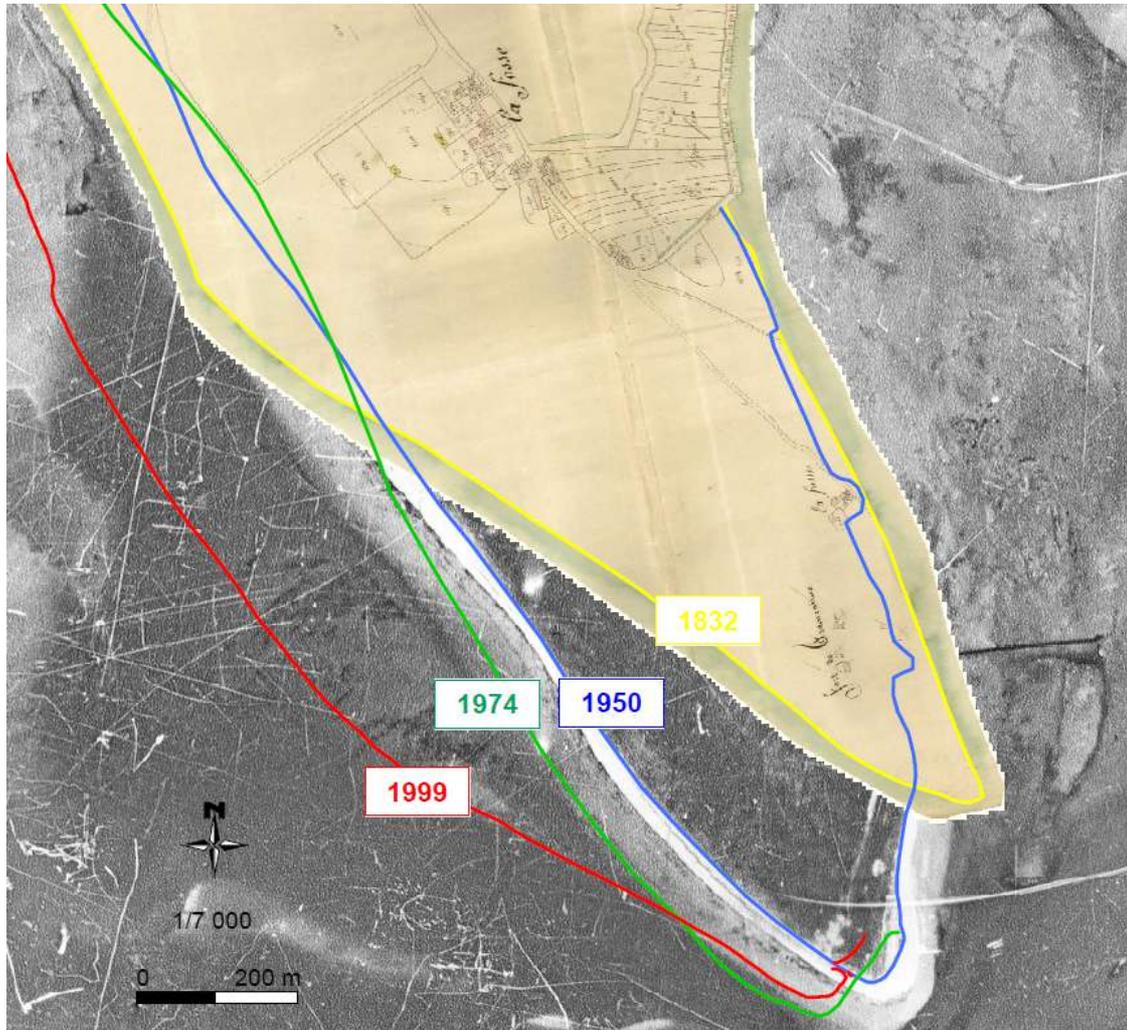


Figure 6.119 : Evolutions du trait de côte de 1832 (en jaune) à 1999 au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).

Entre 1999 et 2009 s'est produit un recul important, jusqu'à 40 m, sur la face Ouest de la pointe. Ce recul s'est poursuivi jusqu'à 2011, avec un recul maximum de 60 m entre 1999 et 2011, et un nouvel épisode d'érosion à l'hiver 2011, et notamment la tempête Joachim en décembre, a menacé la culé Nord du pont. Entre septembre 2011 et avril 2012, le trait de côte a reculé de 12 à 13 m au maximum entre l'accès à la plage et le pont.





Figure 6.120 : Evolutions du trait de côte de septembre 1999 à avril 2011 au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).

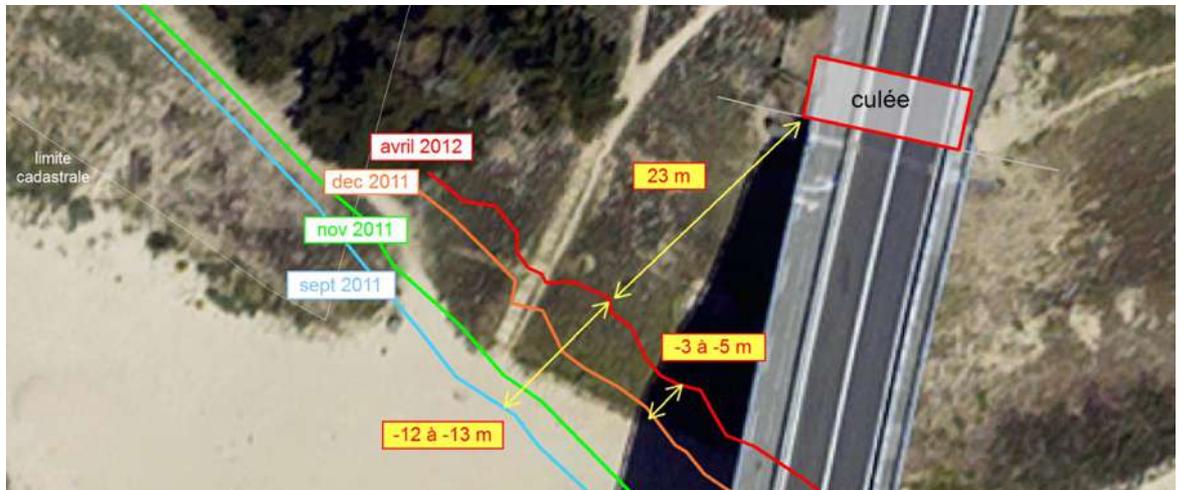


Figure 6.121 : Evolutions du trait de côte entre septembre et décembre 2011 au droit de la pointe de la Fosse (CCIN).





Figure 6.122 : Photographies des faces Est et Sud de la pointe de la Fosse en décembre 2011 : le 14, à gauche, et le 21, à droite (CCIN).

La comparaison des LiDARS 2022 et 2010 montre que la tendance sur les 12 dernières années est largement à l'engraissement de la partie Sud de la face Ouest de la pointe de la Fosse, alors que la partie Nord de cette face Ouest s'érode. Des suivis CCIN montrent que la fin de l'érosion en partie Sud de la face Ouest a débuté vers 2015.

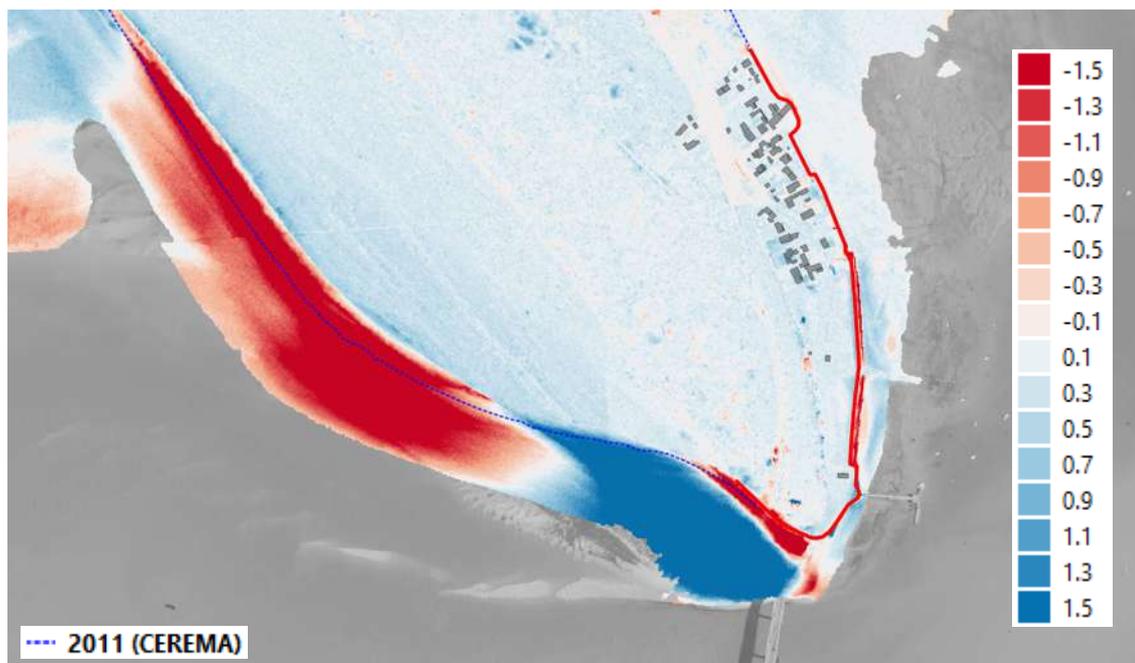


Figure 6.123 : Différences d'altimétries (m IGN69) entre les LiDARS 2022 (PCRS, en noir) et 2010 (Litto3D®, en vert) au droit de la pointe de la Fosse.

Le bilan de l'évolution du trait de côte au droit de la pointe de la Fosse est donc très contrasté sur le plan spatial et temporel, avec :

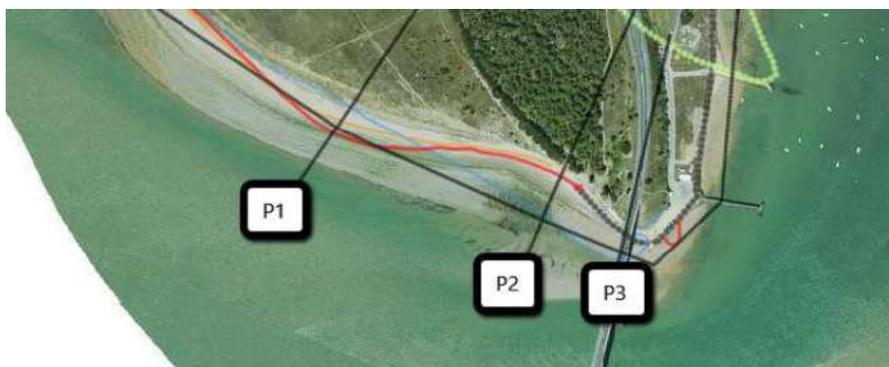
- Un bilan très largement positif sur le long terme depuis 1832 ou 1950, avec une superficie qui s'est accrue de plus de 65% sur 200 ans. La face Ouest s'est significativement élargie sur plusieurs centaines de mètres au maximum,



tandis que la face Est s'est légèrement érodée justifiant les protections mise s en place ;

- Une tendance à l'érosion pendant environ 15 ans à partir de 1999, érosion localement très forte. En effet, un taux moyen supérieur à 3m/an a été observé sur cette période, soit le plus fort sur l'île toutes périodes et secteurs confondus. Le taux de recul a atteint jusqu'à 3,8 m/an sur la période 1990-1999 et 5,2 m/an sur la période 1999-2011 sur le profil 2 ;
- Une tendance récente sur les 5 à 10 dernières années (environ) à l'accrétion de la partie Sud de la face Ouest de la pointe, celle qui présentait la plus forte érosion les 10 à 15 ans précédents, et une érosion de la partie Nord de la face Ouest. Sur cette période le niveau de plage baisse au droit du pont.

Le suivi CCIN a permis de calculer les taux moyens de reculs suivants sur la période 1832-2016 au droit de la pointe de la Fosse, pour 3 profils :



PROFIL / PERIODE	Long terme (1832-2016)	TX moyen annuel (m)	Moyen terme (1950-2016)	TX moyen annuel (m)	Court terme (1999-2016)	TX moyen annuel (m)
Période (années)	184		66		17	
P1 (ouest)	376	2,0	207	3,1	41	2,4
P2 (centre)	234	1,3	8	0,1	-57	-3,4
P3 (axe pont)	260	1,4	16	0,2	-36	-2,1

PROFIL / PERIODE	1990-1999	TX moyen annuel (m)	1999-2011*	TX moyen annuel (m)
Période (années)	9		12	
P1 (ouest)	6	0,7	-8	-0,7
P2 (centre)	-34	-3,8	-62	-5,2
P3 (axe pont)	-6	-0,7	-39	-3,3

Figure 6.124 : Taux moyen de recul calculés au droit de 3 profils de la pointe de la Fosse entre 1832 et 2016 (CCIN).



Le suivi CCIN a permis de réaliser des bilans sédimentaires au droit de la plage autour de la pointe de la Fosse, sur la zone indiquée sur la figure ci-dessous.



Figure 6.125 : Bilan sédimentaire autour de la pointe de la Fosse entre 2008 et 2017 (CCIN).

Il est noté d'importantes évolutions de la hauteur de plage, de -4 m à +2,60 m sur la période 2008-2017.

Le tableau suivant synthétise les bilans sédimentaires réalisés par la CCIN. En intégrant le rechargement de 15 000 m³ environ réalisé en avril-mai 2002, on observe un équilibre du budget sédimentaire entre 2008 et 2017.

Titre	Période		Remblai	Déblai	Bilan
Evolution périodique 1	2008	2010	22035	-46437	-24402
Evolution périodique 2	2010	2016	57614	-35901	21713
Dernier bilan annuel	2016	2017	19130	-4052	15078
Bilan général	2008	2017	76909	-60446	16463

Figure 6.126 : Synthèse des bilans sédimentaires autour de la pointe de la Fosse entre 2008 et 2017 (CCIN).

Le bilan sédimentaire est négatif uniquement de 2008 à 2010. Il faut noter qu'en 2006/2007, 71 000 m³ de sables ont été extraits du secteur de la pointe. Ce prélèvement a pu potentiellement avoir une influence sur le bilan sédimentaire des années consécutives.



7 Phénomènes météorologiques et marins

L'objectif de cette étude élémentaire est d'identifier et de caractériser les événements météorologiques exceptionnels pouvant affecter le système d'endiguement et qui serviront de référence dans la suite de l'étude.

7.1 Niveaux marins

7.1.1 Définition du niveau marin

Le niveau marin moyen total à un instant « t » est composé, de manière cumulative :

- Au large, du niveau moyen « au repos » qui intègre :
- Le **niveau de la marée astronomique**, seule composante entièrement prédictive et applicable à chaque instant ;
- L'**élévation liée aux effets du changement climatique**, en fonction de l'horizon temporel considéré. Cette élévation s'applique directement à la marée ;
- **La surcote (ou décote) atmosphérique**, essentiellement générée par le passage des dépressions (ou anticyclones). La chute de la pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau marin sur la durée du phénomène météorologique. **Le niveau moyen de la mer correspond à une pression de 1013,25 hectopascals (hPa). Une chute de 10 hPa de cette pression correspond à une surcote de 10 cm du niveau marin ;**
- A la côte, des composantes suivantes applicables sur la durée des phénomènes météorologiques marins :

Les composantes intégrées au niveau « au repos » :

- **La surcote de vent**, engendrée par des vents de la mer vers la terre qui provoquent une accumulation d'eau et donc une surélévation du niveau « au repos ». Cette surcote est modérée le long des côtes mais plus forte dans les estuaires ;
- Le cas échéant, **La surcote due à un effet local** lié à la configuration particulière du littoral. Cela peut être le cas dans les baies par exemple ;

Une composante « dynamique » :

- **La surcote de déferlement** des vagues à la côte, ou « **set-up** », ces vagues dépendant de la houle générée au large par le vent et qui se propage au littoral. Le set-up dépend de la période de la houle au large, de la hauteur des vagues à la côte et de la pente de l'estran ou de la protection littorale contre la mer (si le déferlement n'a pas lieu avant d'atteindre cette protection).

Enfin, il est à noter qu'après le dernier déferlement des vagues à la côte, un filet d'eau monte sur l'estran ou les protections littorales (en fonction de leur configuration). C'est



le **jet de rive (ou swash)**, qui augmente le niveau marin moyen observé. On appelle « **run-up** » l'augmentation totale du niveau marin à la côte lié aux vagues : cf. Figure 7.1.

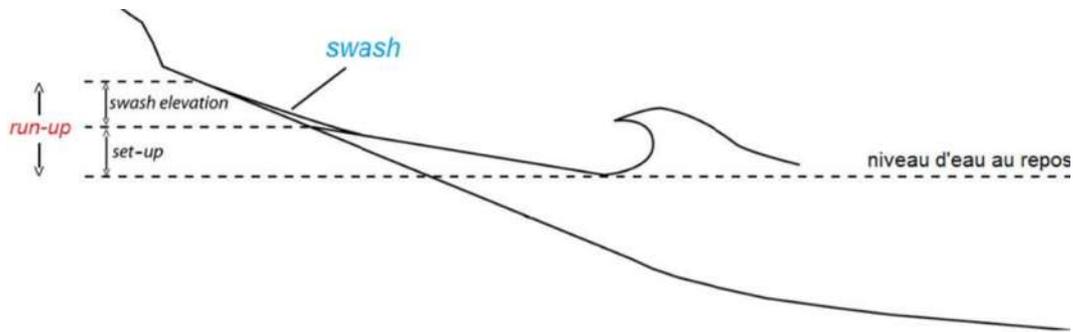


Figure 7.1 : Schématisation du run-up dans la zone de jet de rive (ou swash).

La Figure 7.2 illustre la décomposition du niveau marin sans les phénomènes de surcote de vent ou de surcote due à un effet local.

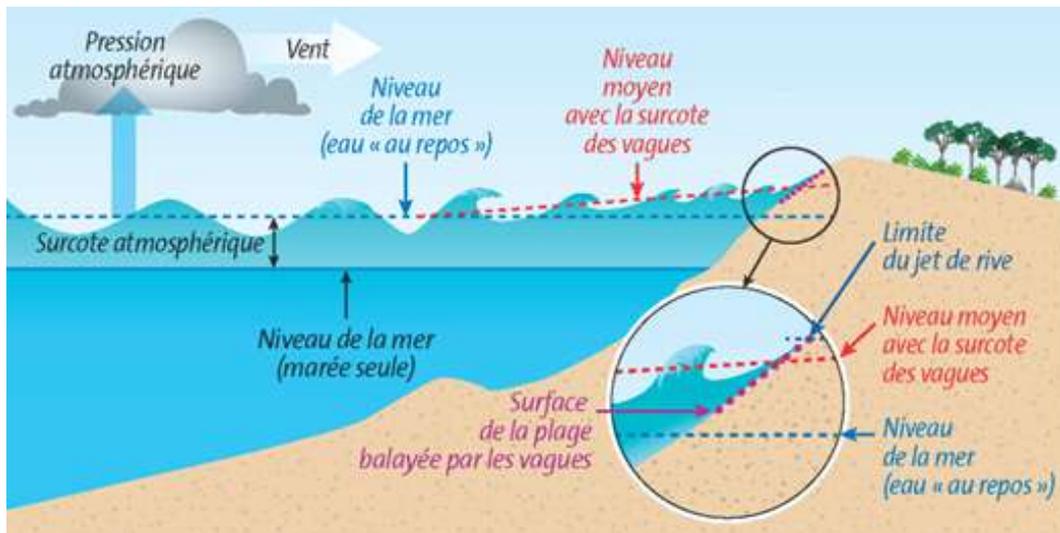


Figure 7.2 : Composantes du niveau marin à la côte sans surcote liée au vent ou à un effet local (BRGM).

7.1.2 Niveaux caractéristiques de la marée

Dans une marée, on distingue une phase de montée, le flot, jusqu'à la pleine mer où le niveau maximal est atteint et une phase descendante, le jusant, jusqu'à la basse mer où le niveau d'eau est minimal.

La période de la marée (temps entre deux basses mers ou entre deux pleines mers) est voisine de 12h25, caractéristique de l'onde lunaire principale semi-diurne. Ses niveaux caractéristiques sont établis par le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) dans les Références Altimétriques Maritimes (RAM) dont la version la plus récente à ce jour est celle de 2022.



Ces niveaux intègrent uniquement la marée astronomique.

La Figure 7.3 localise les ports ou observatoires de la zone Loire-Vendée pour lesquels les niveaux caractéristiques de la marée sont établis par le SHOM.



Figure 7.3 : Sites de référence du SHOM pour la zone Loire-Vendée (SHOM).

Les points secondaires au droit ou à proximité immédiate du site d'étude pour lesquels les niveaux caractéristiques des marées sont disponibles sont L'Herbaudière au Nord-Ouest de l'île, et Fromentine (embarcadère) au Sud-Est de l'île. Les niveaux pour ces deux points sont rapportés dans le Tableau 7.1 en m CM et en m IGN69.

Le zéro hydrographique à l'Herbaudière se situe à -3,105 m IGN69, et celui à Fromentine (embarcadère) se situe à -2,813 m IGN69.



Les ports de référence/principaux les plus proches sont ceux de Saint-Nazaire, à environ 25 km au NNE de l'Herbaudière, et les Sables d'Olonne, à un peu plus de 50 km au SE de Fromentine (embarcadère).

Tableau 7.1 : Niveaux de marée de référence à l'Herbaudière et à Fromentine (embarcadère) (SHOM, 2022).

Niveau de référence	Coefficient	L'Herbaudière		Fromentine (embarcadère)	
		m CM	m IGN69	m CM	m IGN69
Plus Haute Mer Astronomique (PHMA)	120	6,48	3,38	6,01	3,20
Pleine Mer Vive-Eau	95	5,80	2,70	5,25	2,44
Pleine Mer Morte-Eau	45	4,65	1,55	4,20	1,39
Niveau Moyen	-	3,60	0,50	3,20	0,39
Basse Mer Morte-Eau	45	2,30	-0,81	1,90	-0,91
Basse Mer Vive-Eau	95	0,95	-2,16	1,00	-1,81
Plus Basse Mer Astronomique	120	0,21	-2,90	0,44	-2,37

Les niveaux de référence sont également fournis pour :

- Les Sables d'Olonne, port de référence pour lequel le zéro hydrographique se situe à -2,828 m IGN69 ;
- Saint-Nazaire, port principal pour lequel le zéro hydrographique se situe à -3,160 m IGN69.



Tableau 7.2 : Niveaux de marée de référence aux Sables d'Olonne et à Saint-Nazaire (SHOM, 2022).

Niveau de référence	Coefficient	Sables d'Olonne		Saint-Nazaire	
		m CM	m IGN69	m CM	m IGN69
Plus Haute Mer Astronomique (PHMA)	120	6,03	3,20	6,60	3,44
Pleine Mer Vive-Eau	95	5,35	2,52	5,90	2,74
Pleine Mer Morte-Eau	45	4,30	1,47	4,70	1,54
Niveau Moyen	-	3,31	0,48	3,61	0,45
Basse Mer Morte-Eau	45	2,15	-0,68	2,25	-0,91
Basse Mer Vive-Eau	95	0,85	-1,98	0,85	-2,31
Plus Basse Mer Astronomique	120	0,14	-2,69	0,06	-3,1

A noter que les niveaux caractéristiques de marée ont été révisés à la hausse par le SHOM pour l'Herbaudière et les Sables d'Olonne entre les versions de 2020 et 2022 du RAM. Ainsi, le niveau des PHMA a été augmenté de 27 cm pour l'Herbaudière et de 10 cm pour les Sables d'Olonne.

Les niveaux marins sont également souvent définis par rapport au niveau moyen de la mer, ou **Mean Sea Level** (MSL). Ce niveau moyen est le niveau de la surface de la mer moyenné sur l'ensemble d'un signal de marée sur un temps long.

Le Tableau 7.3 ci-dessous synthétise les positions du 0 m IGN69 dans les repères m CM et m MSL pour les différents sites présentés ci-avant. Ces positions sont celles fournies par le SHOM.

Tableau 7.3 : Positions relatives en m IGN69 des 0 des systèmes altimétriques « marins » pour les sites sur le littoral étudié.

Site	0 m CM	0 m MSL
Saint-Nazaire	- 3,160	+0,45
L'Herbaudière	-3,105	+0,495
Fromentine (embarcadère)	-2.813	+0,39
Les Sables d'Olonne	- 2,828	+0,48



7.1.3 Mesures du niveau marin

7.1.3.1 Généralités

Le SHOM gère un réseau de marégraphes côtiers numériques permanents : le Réseau d'Observation du Niveau de la Mer (RONIM). Il existe d'autres marégraphes partenaires du SHOM pour lesquels l'organisme public référent a en charge la collecte et la diffusion des données.

La figure suivante localise l'ensemble des marégraphes du RONIM et des marégraphes partenaires du SHOM.

Remarque : les points en vert représentent à date les marégraphes fonctionnels et avec des données en temps réel. Ceux en marron sont des marégraphes inactifs.

Les données mesurées sont disponibles sur le site datashom.fr sur lequel il est proposé des données brutes et des données validées à différents pas de temps.

Deux types de données validées sont disponibles : les données horaires, avec un pas de temps d'une heure, et les données « temps différé » avec un pas de temps de 10 minutes. **Ces dernières sont très intéressantes lorsqu'elles sont disponibles car elles permettent d'obtenir une valeur extrêmement proche du pic de marée, ce qui n'est pas forcément le cas des données horaires.**

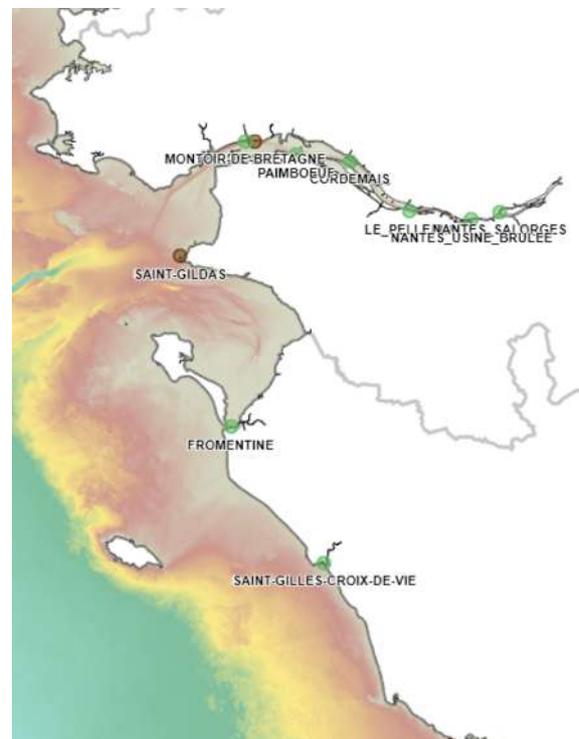
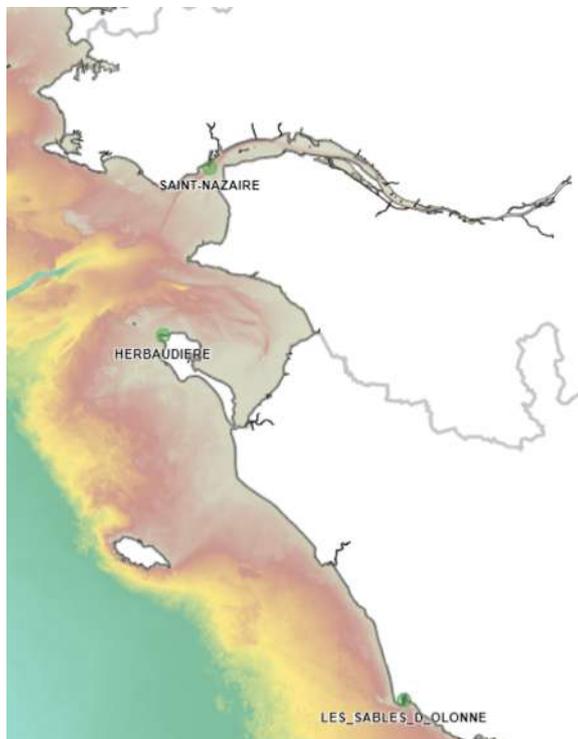


Figure 7.4 : Localisation des marégraphes du RONIM (à gauche) et des marégraphes partenaires (à droite) du SHOM (SHOM, juillet 2023).

A noter l'existence de :

- trois marégraphes du RONIM à l'Herbaudière (Noirmoutier-en-l'Île), Saint-Nazaire et aux Sables d'Olonne avec des mesures validées depuis juillet 1985, mai 1821 et juillet 1965, respectivement ;
- un marégraphe partenaire à Fromentine, au Sud de l'île de Noirmoutier, géré par la Communauté de Communes Océan Marais de Monts. Ce marégraphe est très récent, avec des mesures disponibles depuis le 13/12/2021 uniquement. De plus, seules des données brutes (non validées) sont disponibles ;
- deux marégraphes partenaires à Saint-Gildas (géré par le Grand Port Maritime Nantes Saint-Nazaire) au Nord et à Saint-Gilles-Croix-de-Vie (géré par la Communauté d'Agglomération Pays de Saint-Gilles-Croix-de-Vie) au Sud de l'île de Noirmoutier, avec des mesures validées de juin 1962 à juin 2017 pour le premier et entre les 11 octobre et 14 décembre 1995.

Compte-tenu des courtes périodes de disponibilité des mesures, les données des deux marégraphes de Fromentine et de Saint-Gilles-Croix-de-Vie ne sont pas exploitées.

Les niveaux mesurés aux marégraphes, situés dans des ports, intègrent la marée astronomique et la surcote météorologique (liée à la pression atmosphérique et au vent), et un wave set-up portuaire.

7.1.3.2 Mesures à l'Herbaudière

Le port de l'Herbaudière au Nord de l'île de Noirmoutier dispose de mesures validées depuis le 10 mai 1985 et d'un marégraphe RONIM depuis le 13 juin 2014. La figure suivante localise précisément la position du marégraphe dans le port (long : -2.298913, lat : 47.024943).





Figure 7.5 : Localisation du marégraphe de l'Herbaudière (GoogleEarth).

En réalité, il n'existe que quelques mesures très parcellaires avant juin 2014 : du 11 au 15/05/1985 et du 06/07/1990 au 10/10/1990 uniquement.

Depuis 1990, les mesures sont disponibles en temps différé.

La série temporelle des données validées temps différé récupérée auprès du SHOM et utilisée est celle du 06/07/1990 au 06/02/2023. Depuis juin 2014, les mesures sont quasi-continue, et avec une seule période importante sans mesures ou presque du 5 avril au 5 décembre 2018 : Figure 7.6.

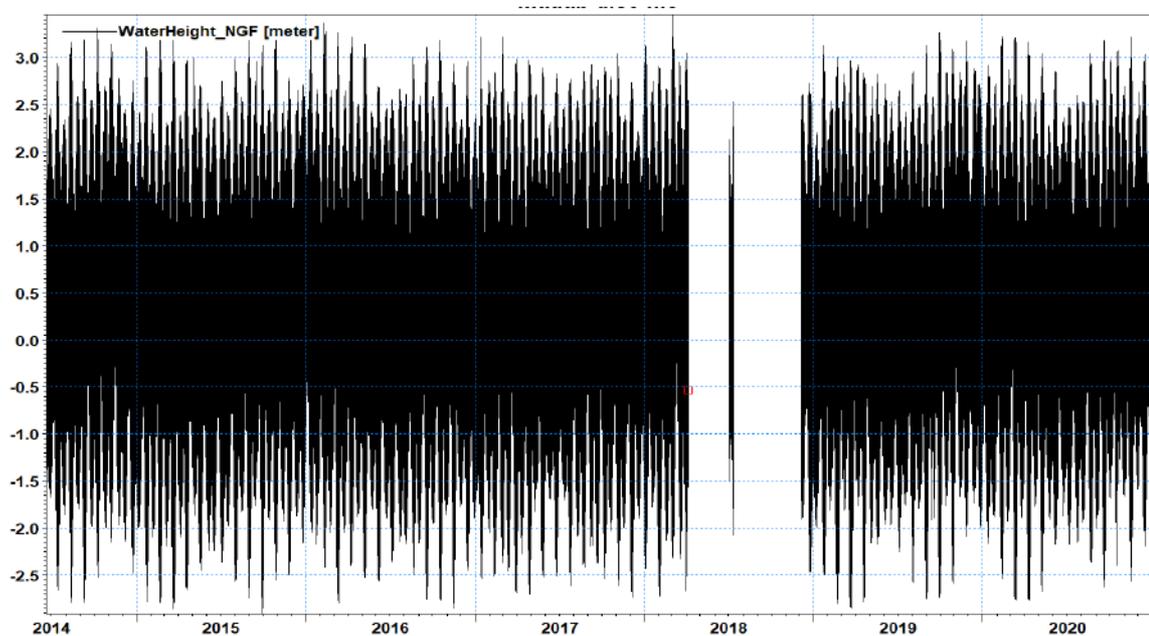


Figure 7.6 : Mesures du niveau marin en m IGN69 au marégraphe de l'Herbaudière de juin 2014 à fin 2020 (SHOM).



Compte-tenu de sa situation sur l'île de Noirmoutier et des 9 ans de mesures effectives disponibles, les données du marégraphe de l'Herbaudière seront celles principalement exploitées pour cette étude.

Le Tableau 7.4 recense les niveaux marins les 10 plus hauts mesurés au marégraphe de l'Herbaudière et validés par le SHOM **sur la période de juillet 1990 à janvier 2023**.

Remarque : pour une marée donnée, il n'est retenu que le niveau validé le plus haut de la pleine-mer correspondante.

Tableau 7.4 : Niveaux d'eau validés SHOM les plus hauts mesurés au marégraphe de l'Herbaudière du 06/07/1990 au 06/02/2023 en données temps différé.

Date et heure (UTC)	Remarque	Niveau (m CM)	Niveau (m IGN69)	Surcote (m)
02 mars 2018 3h30	Tempête Riley (NE des États-Unis)	6,60	3,50	0,52
09 février 2016 4h50	Tempête Susanna	6,54	3,44	0,67
08 octobre 2014 15h09	-	6,51	3,41	0,29
03 mars 2018 4h00	Tempête Riley (NE des États-Unis)	6,51	3,41	0,37
28 février 2017 4h30	-	6,51	3,41	0,39
9 mars 2016 3h40	Tempête Doris	6,44	3,34	0,22
21 février 2015 5h03	Marée du siècle	6,42	3,32	0,03
11 janvier 2016 4h30	-	6,41	3,30	0,56
11 février 2020 4h40	Tempête Ciara	6,41	3,30	0,20
20 février 2015 4h12	Marée du siècle	6,40	3,30	-0,02

Cette série temporelle des données mesurées à l'Herbaudière montre que la quasi-totalité des 10 plus hauts niveaux mesurés jusqu'à janvier 2023 l'ont été dans la nuit ou au petit matin, essentiellement aux mois de février et mars.

Cette série est une indication sur la période juin 2014-janvier 2023 mais ne recense pas les plus forts niveaux historiquement vécus, **comme ceux au moment de la tempête Xynthia par exemple** : Sections 7.1.3.3 et 10.3.3.



D'autre depuis février 2023, un niveau de :

- 3,33 m IGN69 a été atteint le 23 mars 2023 à 4h10 du matin (surcote de 0,18 m) ;
- 3,35 m IGN69 a été atteint le 1^{er} septembre 2023 à 16h20 (surcote de 0,10 m)

Tout récemment, pendant la tempête Céline de fin octobre 2023, une succession de niveaux d'eau extrêmes exceptionnelle a été mesurée au marégraphe de l'Herbaudière. Ainsi, les 26/10 et 27/10 en début d'après-midi, les pics de pleine mer ont atteint 3,09 m IGN69 et 3,38 m IGN69, respectivement. Du 28/10 au 30/10, sur 8 marées consécutives, le pic de pleine mer a été mesuré entre 3,23 m IGN69 et 3,70 m IGN69 avec un maximum atteint le 28/10 à 14h40.

Tableau 7.5 : Niveaux d'eau validés SHOM les plus hauts mesurés au marégraphe de l'Herbaudière pour la tempête Céline en données temps différé.

Date et heure (UTC)	Niveau (m CM)	Niveau (m IGN69)	Surcote (m)
28 octobre 2023 14h40	6,80	3,70	0,69
29 octobre 2023 15h30	6,60	3,50	0,485
27 octobre 2023 14h40	6,48	3,38	0,48
29 octobre 2023 3h10	6,44	3,34	0,50
30 octobre 2023 3h30	6,19	3,24	0,44
28 octobre 2023 02h50	6,33	3,23	0,49
30 octobre 2023 16h00	6,315	3,215	0,35
26 octobre 2023 13h30	6,19	3,09	0,42

Ainsi, depuis février 2023, 5 niveaux, dont 4 atteints pendant la tempête Céline, rentrent dans les 10 plus forts niveaux mesurés au marégraphe (cf. tableau précédent). **La valeur de 3,70 m IGN69 atteinte le 28/10 à 14h40 devient la plus forte mesurée au marégraphe, avec une surcote de presque 70 cm.**

A noter que le 4 novembre 2023 à 8h10 au cours de la tempête Domingos, une **surcote exceptionnelle de 0,97 m** a été mesurée au marégraphe.



7.1.3.3 Mesures aux autres marégraphes et tempête Xynthia

Le tableau suivant donne la comparaison des niveaux mesurés aux marégraphes de l'Herbaudière, de Saint-Nazaire, de Saint-Gildas et des Sables d'Olonne **pour les plus forts niveaux mesurés à l'Herbaudière** présentés en section précédente, à l'exception de ceux mesurés pendant la tempête Céline. Ces niveaux ne sont en effet pas encore validés par le SHOM.

Remarque : lorsque l'heure du niveau maximum de PM est décalée par rapport à celle de l'Herbaudière, elle est indiquée entre parenthèses.

Tableau 7.6 : Comparaison des niveaux d'eau validés SHOM les plus hauts mesurés au marégraphe de l'Herbaudière du 06/07/1990 au 01/10/2023 (en données temps /différé) avec les mesures aux autres marégraphes de la zone

Date et heure (UTC)	Herbaudière	Saint-Nazaire	Saint-Gildas	Sables d'Olonne
	Niveau (m IGN69)			
02 mars 2018 3h30	3,50	3,735	Pas de mesure	3,30 (3h40)
09 février 2016 4h50	3,44	3,71	3,50	3,36 (4h10)
08 octobre 2014 15h09	3,41	3,44 (15h00)	3,33 (15h05)	3,24 (15h40)
03 mars 2018 4h00	3,41	3,57 (4h10)	Pas de mesure	3,30 (4h20)
28 février 2017 4h30	3,41	3,48 (4h40)	3,33	3,105 (5h10)
1 ^{er} septembre 2023 16h20	3,35	3,45 (16h30)	Pas de mesure	3,27 (16h40)
9 mars 2016 3h40	3,34	3,55	Pas de mesure	3,15 (4h10)
23 mars 2023 4h10	3,33	3,51 (4h20)	Pas de mesure	3,15 (4h40)
21 février 2015 5h03	3,32	3,43	3,33 (4h55)	3,16 (5h40)
11 janvier 2016 4h30	3,30	3,43 (4h40)	3,32 (4h35)	3,21 (4h20)
11 février 2020 4h40	3,30	3,355 (5h)	Pas de mesure	3,06 (5h10)
20 février 2015 4h12	3,30	3,495 (4h20)	3,31	3,19 (4h20)

Cette comparaison montre que les niveaux par rapport à ceux mesurés à l'Herbaudière sont :

- 15 cm plus hauts en moyenne à Saint-Nazaire, avec un écart variant de +0 à +25/30 cm environ ;
- **Equivalents à Saint-Gildas**, avec un écart moyen nul et des écarts maximums de +6 et -8 cm en valeur absolue atteints pour les plus forts niveaux ;



- 15 à 20 cm plus bas en moyenne aux Sables d'Olonne, avec un écart variant de -5/10 à -30 cm environ.

Les conclusions de cette comparaison sont à nuancer par la période de mesures disponibles relativement faible pour l'Herbaudière, et par le nombre limité de valeurs comparées avec le marégraphe de Saint-Gildas.

Pour les trois marégraphes de Saint-Nazaire, Saint-Gildas et des Sables d'Olonne l'ayant mesuré, c'est le niveau marin de Xynthia, le 28 février 2010, vers 3h du matin, qui est le plus haut recensé. Ce maximum est particulièrement significatif pour le port de Saint-Nazaire disposant de mesures validées depuis 1821.

Hormis le niveau maximum de Xynthia et celui du 9 février 1996, la seule date commune à ces trois marégraphes parmi les 10 plus forts niveaux communes est celle du 24 octobre 1999, mais à des marées différentes : celle vers 2h du matin pour Saint-Nazaire et Saint-Gildas et celle vers 15h pour les Sables d'Olonne.

Les niveaux d'eau maximums atteints pendant Xynthia aux marégraphes de Saint-Nazaire, de Saint-Gildas et des Sables d'Olonne sont synthétisés dans le tableau suivant. Les surcotes atteintes et leur période de retour estimées par les derniers travaux du SHOM/CEREMA de 2022 (Section 7.1.4.4) y sont également indiquées. Ces surcotes sont les plus fortes ou les secondes plus fortes mesurées à ces marégraphes.

Tableau 7.7 : Niveaux d'eau maximum validés temps différé SHOM pendant Xynthia mesurés aux marégraphes de Saint-Nazaire, de Saint-Gildas et des Sables d'Olonne, avec surcote correspondante (SHOM).

Port	Niveau mesuré vers 3h le 28 février 2010 (m IGN69)	Surcote (m)	
		Valeur (m)	Période de retour (SHOM/CEREMA 2022)
Saint-Nazaire	4,18	1,18	20 à 50 ans
Saint-Gildas	3,96	1,09	100 à 200 ans
Sables d'Olonne	4,06*	1,39*	>1000 ans

Nota : le marégraphe des Sables d'Olonne étant tombé en panne pendant la pleine mer du 28/02/2010 juste après 2h40, c'est la dernière mesure à cette heure qui est reportée ici. Elle peut donc ne pas représenter le niveau maximum atteint pendant cette pleine mer.

Le niveau de PM prédit à l'Herbaudière était de 2,715 m IGN69 le 28 février 2010 vers 3h du matin. Les niveaux d'eau observés ont été estimés autour de l'île : Figure 10.18. Il est estimé qu'un niveau maximum de 4,20 m IGN69 a été atteint au droit de la pointe de la Fosse.



7.1.3.4 Mesures des niveaux d'eau à l'écluse du Moulin

L'écluse du Moulin est automatisée depuis 2013 selon un calendrier défini avec les usagers en début d'année. La hauteur des portes est contrôlée et enregistrée en quasi-continue. De plus deux capteurs sont placés en amont et en aval de la porte de l'écluse du moulin et enregistrent le niveau d'eau en amont et en aval. Les données disponibles de 2013 à 2023 ont été récupérées auprès de la CCIN.

Remarque : Attention, il y a des erreurs au niveau des mesures des sondes et de la position des échelles limnimétriques. L'échelle limnimétrique NGF est trop haute de 13.6 cm. Au niveau de la sonde : les valeurs enregistrées sont minorées de 7cm (+/- 1 cm) – Les données enregistrées sont donc à corriger pour les ajuster au NGF). L'échelle limnimétrique "Noire" lisible depuis le quai nord et dont la graduation s'arrête à 4m, est 31 cm trop haute (+/-1cm).

Sur la période hivernale, l'étier du Moulin est géré en « vidange » avec une fermeture des portes à marée montante et une ouverture au jusant. La Figure 7.8 présente les niveaux d'eau en amont et en aval et la chronique des ouvertures/fermetures des portes en cette période. A noter que les niveaux d'eau en amont sont influencés par les écoulements de l'amont, la pluie et les rejets de la STEP.



Figure 7.7 Position de l'écluse du Moulin, au fond du port de Noirmoutier en l'île



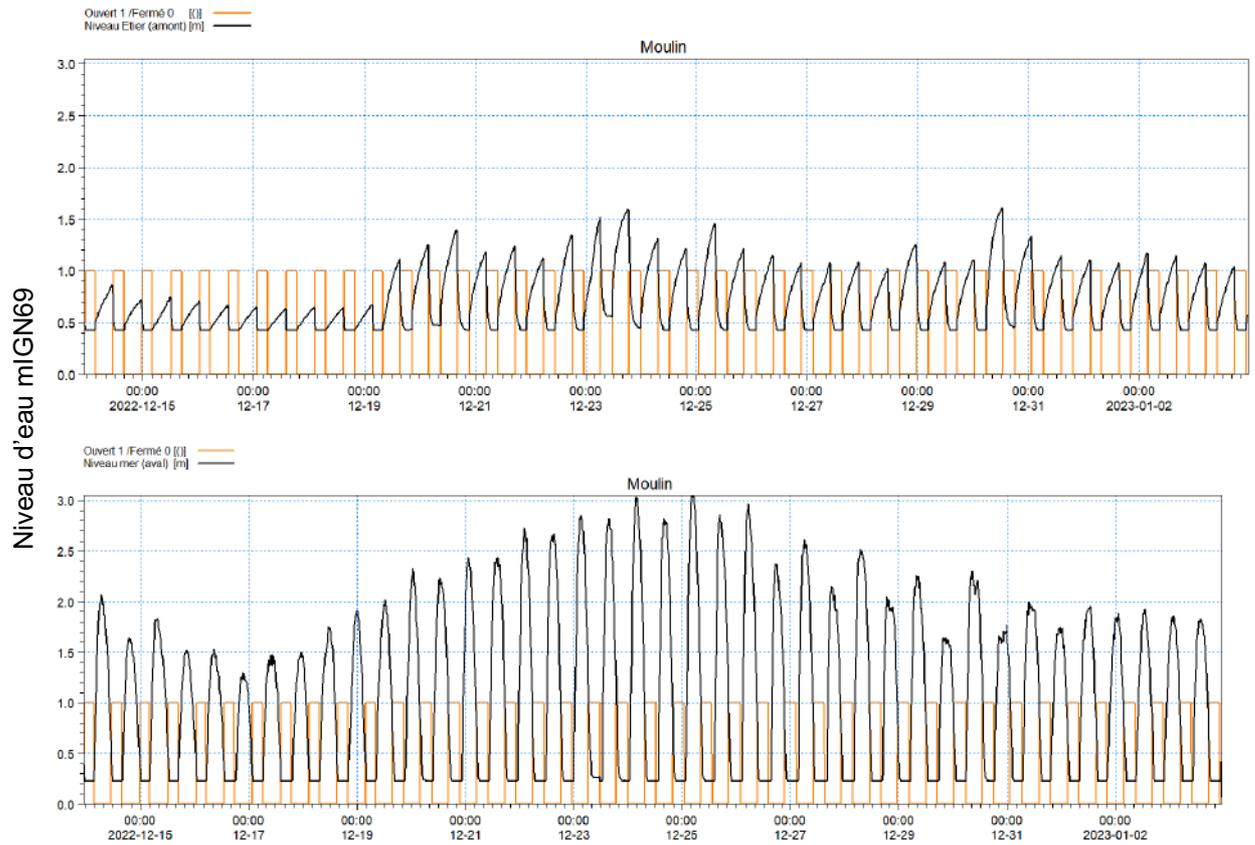


Figure 7.8 Série temporelle du niveau d'eau (en noir) en amont et en Aval de l'Ecluse du Moulin (période du 14/12/2022 au 03/01/2023). En orange sont indiquées les périodes d'ouverture (1) et de fermeture (0) des portes.



7.1.4 Niveaux marins extrêmes de pleine mer : travaux du SHOM/CEREMA

7.1.4.1 Généralités

Depuis 1994, le SHOM et le CEREMA (ancien CETMEF) développent une approche théorique d'estimation de la probabilité d'atteindre des niveaux marins extrêmes sur la façade Manche et Atlantique, basée sur une analyse statistique des mesures marégraphiques dans les ports de référence (plus de 10 ans de mesures effectives) et sur une analyse spatiale permettant d'obtenir les niveaux en tout point de la côte.

Ces niveaux extrêmes intègrent la marée astronomique et la surcote météorologique (liée à la pression atmosphérique et au vent), et éventuellement un wave set-up portuaire (même si les dispositifs et actions dans les ports tendent à diminuer l'agitation). Le long de la côte, ils n'intègrent pas la surcote additionnelle liée aux vagues engendrée par leur déferlement (lui-même lié à la morphologie de l'estran ou aux protections littorales), ou encore la surcote due à un effet local.

La méthodologie générale d'estimation des niveaux extrêmes et de leur période de retour associée aux ports de référence est basée sur la combinaison des deux lois de probabilités calculées d'une part pour les hauteurs d'eau à PM/BM générées par la marée prédite et d'autre part pour les surcotes/décotes de PM/BM (méthode dite de « convolution »). Cette méthode, dite des probabilités conjointes, repose sur l'hypothèse d'indépendance des deux phénomènes (non valide dans les zones de bassin et d'estuaires, exclus du fait des cartographies).

Le résultat des travaux est présenté sous forme de période de retour. Pour rappel, une période de retour de X années signifie que le niveau extrême a une chance sur X d'être observé dans l'année. Mais rien n'interdit que ce niveau soit observé plusieurs fois dans l'année et/ou plusieurs années de suite.

A noter que les estimations de ces travaux sont assorties de deux types d'incertitudes :

- Les incertitudes liées aux prédictions de marée : ± 15 cm dans les ports de référence et ± 25 cm entre les ports de référence ;
- Les incertitudes statistiques liées à la méthode d'analyse. Plus la période de retour est élevée, plus ces incertitudes augmentent.

Les résultats sont meilleurs aux ports de référence et moins bon en fond de baie.

Les publications du SHOM/CEREMA (ex CETMEF) relatives à ce sujet sont présentées ci-après de manière succincte. A chaque actualisation de ces travaux, les données utilisées pour l'analyse statistique sont de plus longue durée. Cette dernière est donc de plus en plus précise. Le niveau moyen du niveau de la mer évolue également entre ces actualisations : il est calculé à une date proche de la fin de la période de mesures utilisée.

La référence altimétrique des niveaux dans ces études est l'IGN69.

Le site étudié fait partie de la zone « Loire-Vendée ».



Les deux ports de référence de cette zone sont Saint-Nazaire au Nord et Saint-Gildas au Sud. L'Herbaudière n'est pas un port de référence eu égard à la durée effective de mesures inférieure à 10 ans.

7.1.4.2 Produits 2008 et 2012

La méthode d'analyse des niveaux extrêmes est globalement similaire entre 2008 et 2012. Pour 2012, des ports de référence ont cependant été ajoutés (atteinte des 10 ans de mesure) et la période des mesures utilisées est plus grande (au maximum jusqu'en novembre 2009 contre novembre 2004 pour le produit 2008).

Les incertitudes statistiques sur les estimations pour les ports de référence ne sont pas quantifiées dans ces produits, à l'exception de celles pour le niveau extrême de période de retour 10 ans.

Des cartes d'isolignes (hauteurs égales) des niveaux extrêmes de basse mer (BM) et de pleine mer (PM) de périodes de retour 10, 20, 50 et 100 ans ont été produites en 2008 puis actualisées en 2012. Elles se présentent sous forme d'isolignes de niveau d'eau tous les 10 cm.

Ces cartes sont construites par interpolation spatiale des niveaux extrêmes calculés aux ports de référence et aux points dits « secondaires » (moins de 10 ans de mesure mais au minimum 1 mois, et mesures simultanées avec le port de référence le plus proche). Pour les points secondaires, les surcotes atmosphériques sont considérées proportionnelles à celles aux ports de référence.

La méthode d'interpolation diffère entre 2008 et 2012 : la répartition spatiale des niveaux de la livraison 2012 est forcée localement par les points où des mesures sont disponibles et utilisées. Ce qui n'était pas le cas en 2008. Les conséquences de cette différence sont constatées et discutées ci-après.

Le port de référence le plus proche du site d'étude utilisé pour l'interpolation géographique de 2008 et 2012 est celui de Saint-Gildas. **Le port de Saint-Nazaire n'a pas été utilisé car il se situe proche de la zone estuarienne de la Loire et l'hypothèse d'indépendance des surcotes et de la marée n'est plus vérifiée.** D'autre part, les dragages de ce port exercent une influence sur les hauteurs observées à la basse mer.

La figure ci-dessous montre les sites utilisés pour le calcul des niveaux extrêmes dans le produit 2012 pour la zone « Loire-Vendée » qui intéresse le site étudié de l'île de Noirmoutier.



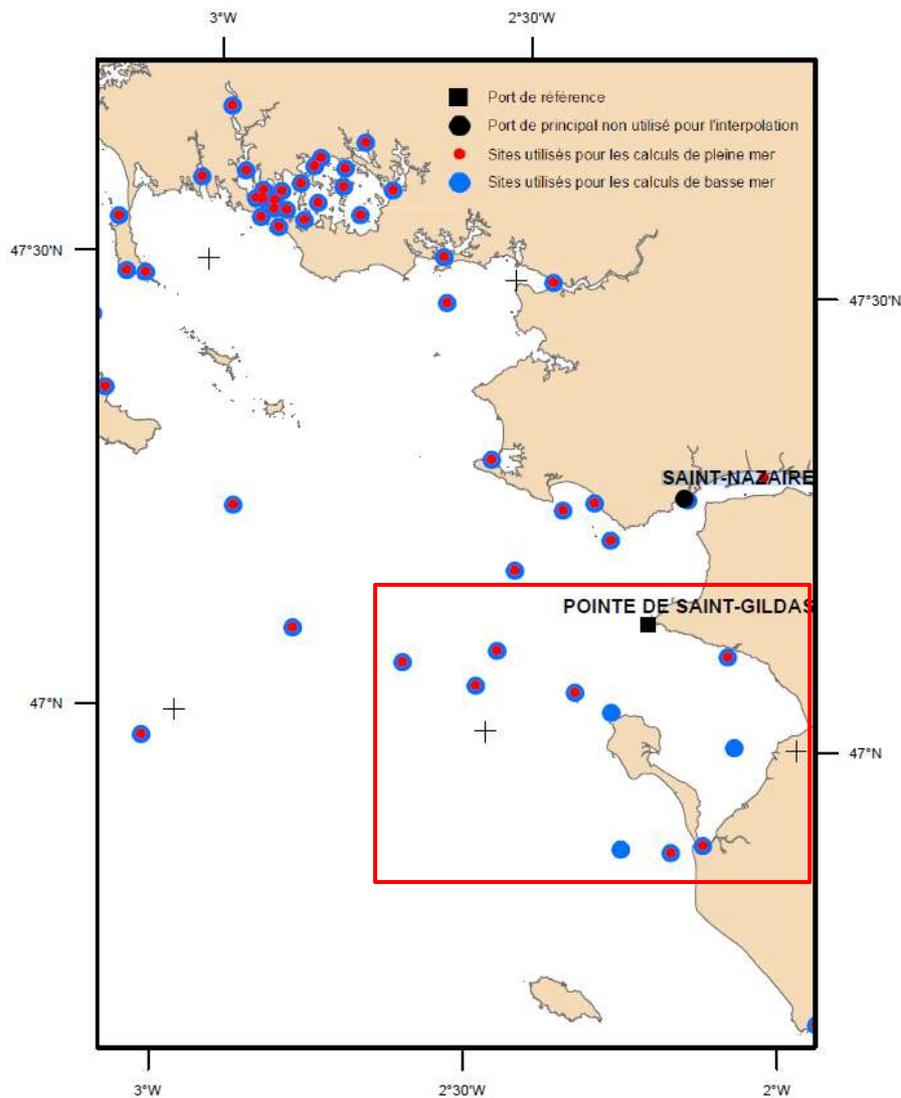


Figure 7.9 : Carte de la zone « Loire-Vendée » et sites utilisés pour le calcul des niveaux extrêmes dans le produit 2012 (SHOM, CEREMA).

On note qu'il existe des sites utilisés pour les calculs de pleine mer tout autour de l'île de Noirmoutier, mais que **le site de l'Herbaudière n'est pas utilisé pour ces calculs du fait de la période de mesures trop courte (<10 ans).**

Dans le produit 2008, les incertitudes ont donc été estimées pour les niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 10 ans uniquement : elles sont de 5 cm pour la zone étudiée (Figure 7.10).

Des périodes d'analyse et de la méthode d'interpolation différentes entre les produits 2008 et 2012, il résulte des estimations de niveaux extrêmes différentes, avec des écarts parfois significatifs.

Les cartes présentées ci-après, exprimées en cm IGN69, sont les cartes de niveaux extrêmes de pleine mer issues des travaux du SHOM/CEREMA de 2008 et 2012 pour la zone « Bretagne Nord ».



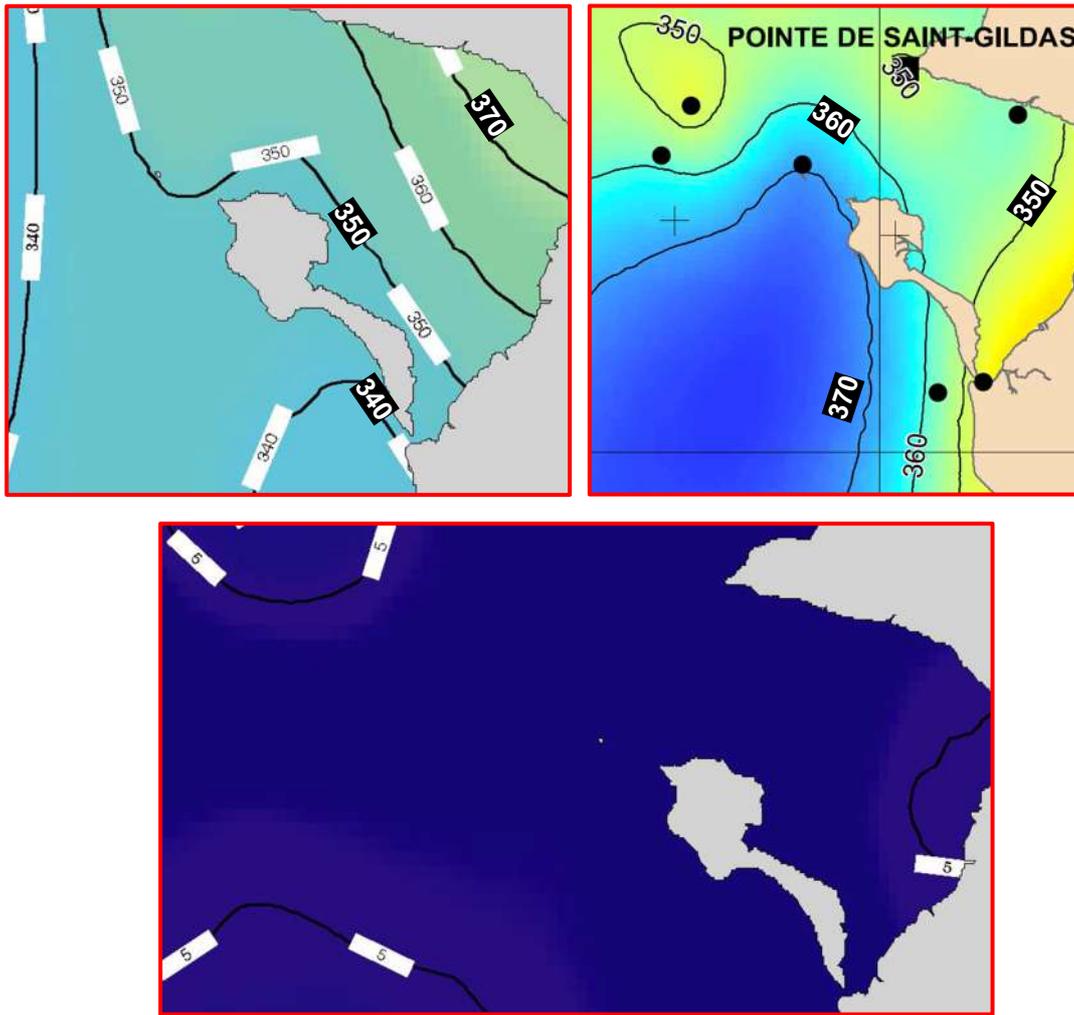


Figure 7.10 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 10 ans au droit du site d'étude : produits 2008 (en haut, à gauche) et 2012 (en haut, à droite) et incertitudes estimées pour le produit 2008 (en bas) (SHOM/CEREMA).



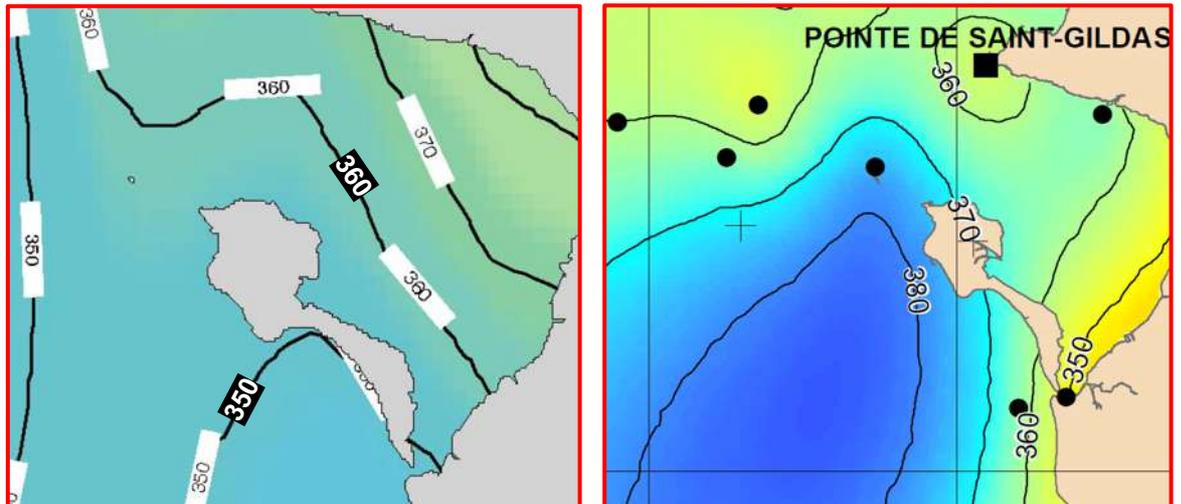


Figure 7.11 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 20 ans au droit du site d'étude : produits 2008 (à gauche) et 2012 (à droite) (SHOM/CEREMA).

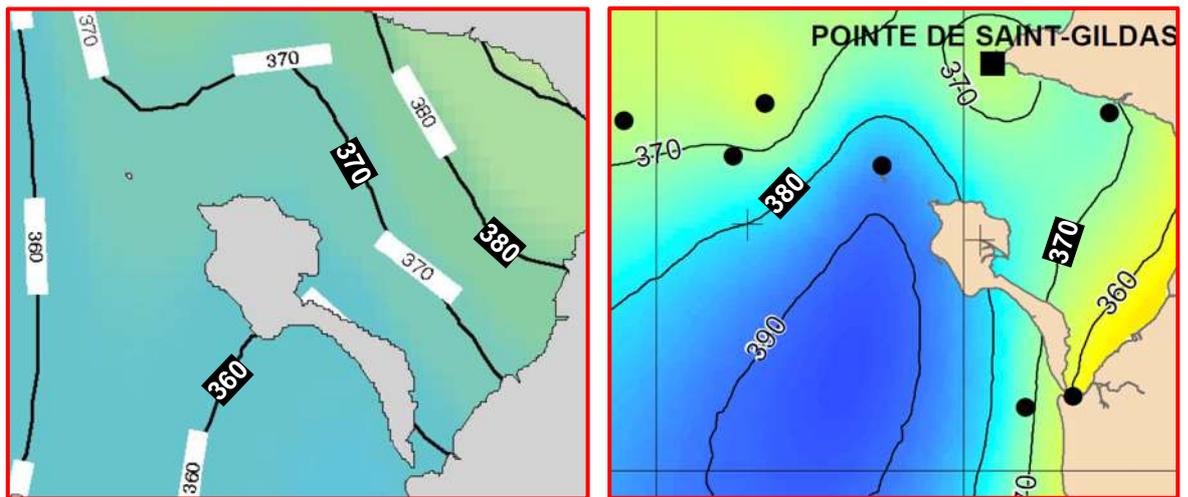


Figure 7.12 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 50 ans au droit du site d'étude : produits 2008 (à gauche) et 2012 (à droite) (SHOM/CEREMA).



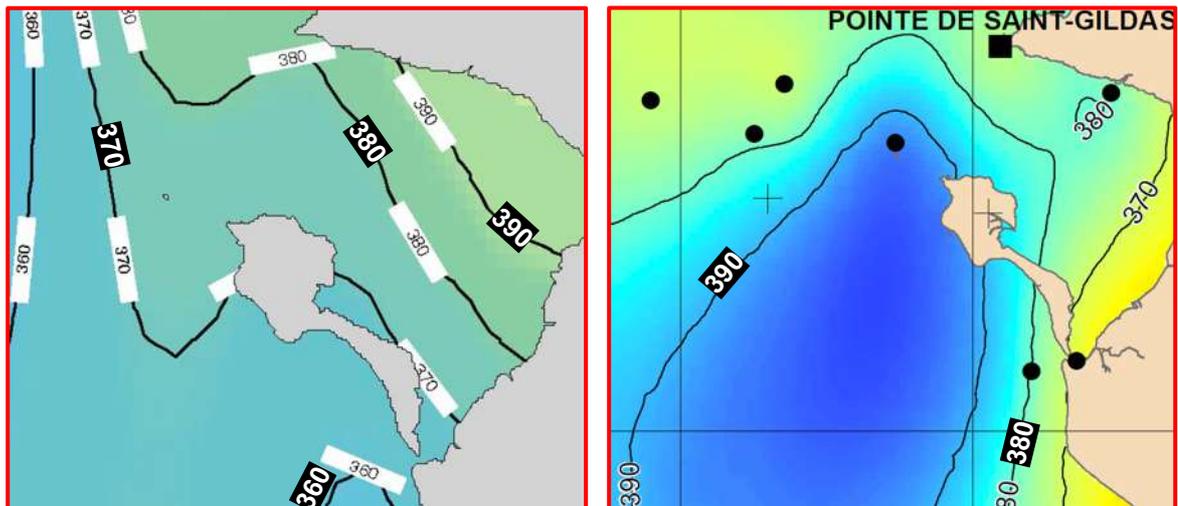


Figure 7.13 : Cartographie des niveaux extrêmes de pleine mer de période de retour 100 ans au droit du site d'étude : produits 2008 (à gauche) et 2012 (à droite) (SHOM/CEREMA).

7.1.4.3 Note méthodologique de 2013

Compte-tenu des différences importantes entre les niveaux centennaux des études de 2008 et 2012, une note méthodologique a été produite en 2013, avec une carte des niveaux marins centennaux maximums à considérer au regard des deux produits.

La note indique qu'en dehors des secteurs de mesures (ports de référence), compte tenu des fortes incertitudes concernant les résultats de l'interpolation spatiale, il est recommandé par sécurité de retenir le niveau marin le plus haut des produits de 2008 et 2012. Aux ports de référence, les résultats de 2012, de meilleure qualité, seront retenus.

Pour le site étudié, ce sont les isolignes et les valeurs de 2012 qui ont été retenues au large et autour de l'île de Noirmoutier. Ces isolignes et valeurs de 2012 ont uniquement été modulées au droit du débouché de la Loire et au fond de la baie de Bourgneuf pour tenir compte d'une augmentation du niveau d'eau représentée en 2008 et pas en 2012.



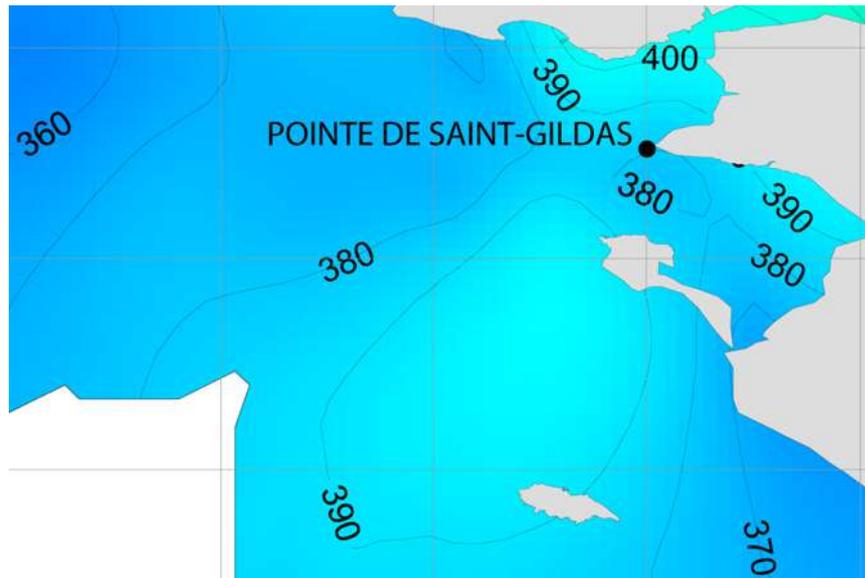


Figure 7.14 : Carte composite des niveaux marins centennaux des produits 2008 et 2012 – Niveaux en cm IGN69 (SHOM/CEREMA).

Toutefois, une réserve est émise sur la pertinence de ces isolignes du produit 2012 et de la note méthodologique de 2013 autour de l'île de Noirmoutier. En effet, la répartition spatiale des niveaux du produit 2012 est forcée localement par les points où des mesures sont disponibles et utilisées. Les résultats sont moins « naturels » que ceux de 2008, principalement dans les estuaires et dans les baies. Ici, les isolignes de 2012/2013 dans la baie de Bourgneuf montre des niveaux qui baissent vers le fond de la baie, ce qui ne semble pas logique. **Les isolignes à retenir ici seraient donc plutôt celles du produit 2008,** qui représentent une augmentation des niveaux vers le fond de la baie. L'analyse spatiale de la mise à jour de 2022 (cf. paragraphe suivant) tend à confirmer cela avec des valeurs des niveaux extrêmes à la côte qui sont maximales en fond de baie.

Cette augmentation des niveaux vers le fond de la baie de Bourgneuf est confirmée par les résultats de la modélisation numérique : Section 10.3.3.2.

7.1.4.4 Mises à jour de 2018 et 2022

En 2018 et en 2022, il a été publié des mises à jour de l'estimation des niveaux extrêmes aux ports de référence avec une évaluation de l'incertitude statistique (intervalles de confiance à 70% et 95%). La méthode d'estimation des niveaux extrêmes pour ces ports est relativement similaire à celle de 2008 et 2012, avec une durée de mesures utilisées plus longue : jusque 2021 pour la mise à jour de 2022, soit plus de 10 ans de mesures en plus que pour le produit 2012. Au port de Saint-Nazaire, un travail de reconstruction des données a même été réalisé par le SHOM, faisant passer la durée d'observation de 25 ans en 2012 à 117 ans en 2022.

Les documents fournis par le SHOM/CEREMA intègrent également une mise à jour des valeurs extrêmes de surcote pour les ports de référence, sur la base notamment du travail d'analyse réalisé par le CETMEF en 2013.



Enfin, dans ces mises à jour des travaux SHOM/CEREMA, des valeurs de niveaux extrêmes pour des périodes de retour de 200, 500 et 1000 ans sont estimées dans ces mises à jour. Néanmoins, ces estimations sont indicatives car faites avec une méthode peu adaptée pour ces périodes de retour.

Seule la mise à jour de 2022, plus complète et plus récente, est présentée et utilisée ici.

Une nouvelle analyse spatiale des niveaux extrêmes le long du trait de côte, entre les ports de référence, est proposée en 2022. Alors qu'en 2012, les niveaux extrêmes calculés (ports de référence et points secondaires) étaient directement interpolés, la méthode de 2022 sur la façade Manche et Atlantique est la suivante :

1. Utilisation des prédictions de marée entre les ports (SHOM) ;
2. Interpolation 1D des surcotes extrêmes calculées aux ports de référence : valeur au point de la côte considéré fonction de la valeur des surcotes aux ports de référence encadrant et de l'éloignement relatif du point à ces ports. Pour prendre en compte les variations locales, le résultat brut de cette interpolation est modulé par un facteur d'amplification ou de diminution calculé à partir des simulations numériques de surcote HOMONIM (Projet SHOM Météo-France) ;
3. Combinaison de la distribution de marée avec la distribution de surcote interpolée aux points d'interpolation sur la côte.

Les incertitudes sont également évaluées pour les niveaux extrêmes le long du trait de côte.

Le SHOM/CEREMA fournit ainsi en 2022 une estimation des niveaux extrêmes aux ports de référence et sur l'ensemble du linéaire du trait de côte avec un espacement des points de l'ordre du kilomètre. Elle ne concerne néanmoins plus le large comme en 2008 et 2012.

Le niveau moyen pris en référence est celui de 2022 dans les ports de référence et celui de 2000 entre les ports de référence.

La figure suivante montre la cartographie du niveau centennal à la côte réalisée en 2022 au droit du site d'étude. Les points orange au Nord sont les ports de référence et les points rouge les points à la côte pour lesquels les valeurs sont interpolées. Les deux ports de référence encadrant le trait de côte au droit du site étudié et utilisés pour l'interpolation des valeurs à la côte sont Saint-Gildas au Nord et les Sables d'Olonne au Sud.

A noter que les valeurs des niveaux extrêmes ne sont pas données autour de l'île de Noirmoutier.



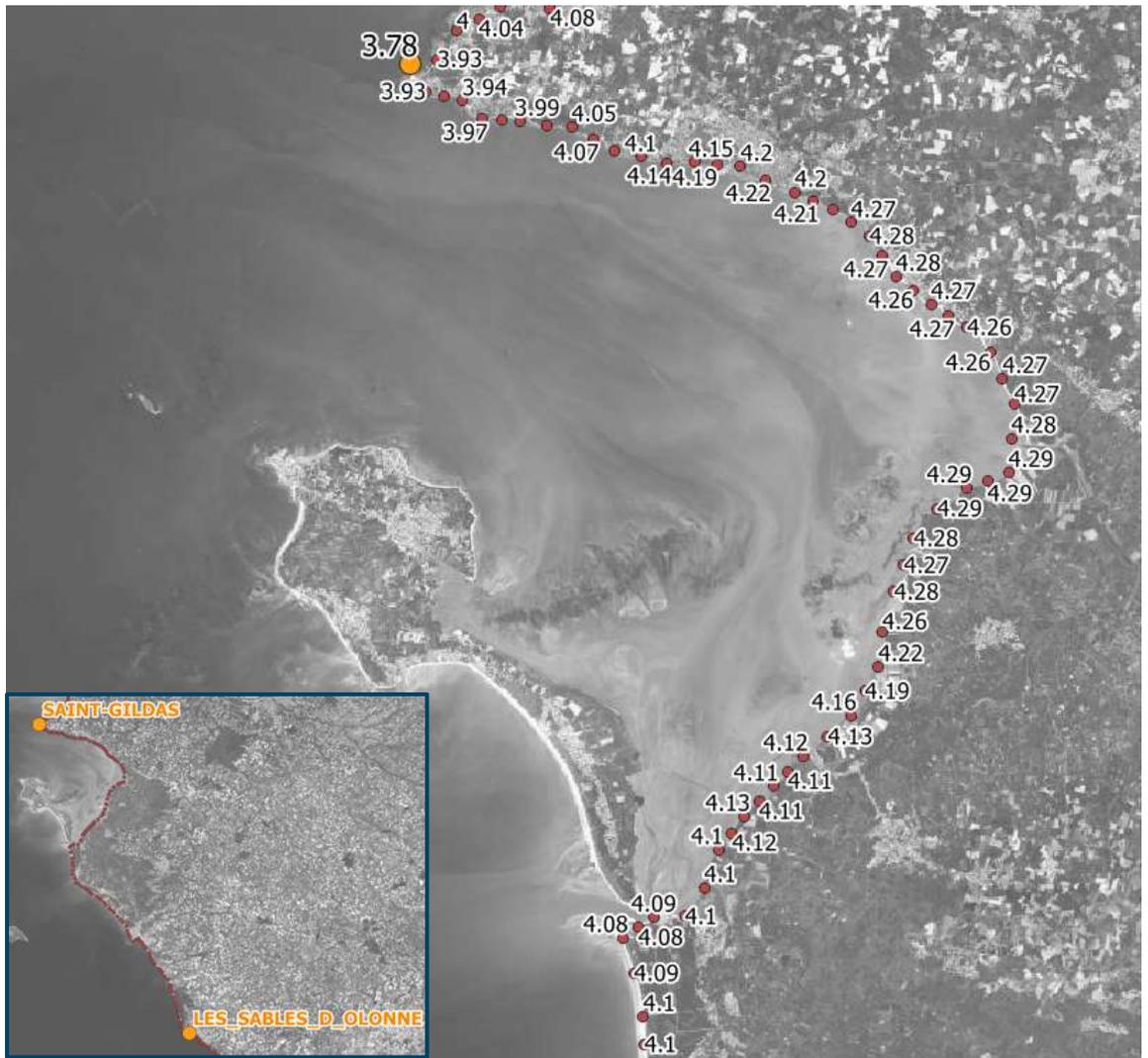


Figure 7.15 : Cartographie des niveaux extrêmes centennaux en m IGN69 le long du trait de côte autour de l'île de Noirmoutier produite en 2022, et localisation des ports de référence encadrant (SHOM/CEREMA).

Ces niveaux centennaux sont très nettement supérieurs à ceux des produits 2008 et 2012, avec respectivement **+40 cm et au moins +60 cm** en fond de baie de Bourgneuf par rapport à ces produits.

Il est estimé par le SHOM/CEREMA que les résultats de l'analyse de 2022 sont plus fiables que ceux des produits précédents aux ports de référence et le long du trait de côte.



7.1.4.5 Synthèse des travaux

La comparaison des niveaux extrêmes de PM estimés dans les publications du SHOM/CEREMA de 2008, 2012 et 2022 pour les deux ports de référence encadrant le site d'étude, Saint-Gildas et les Sables d'Olonne, est donnée dans les deux tableaux suivants. Pour chaque port de référence, les estimations des valeurs extrêmes des surcotes faites en 2022 sont également fournies.

Remarques: les valeurs pour 2008 sont lues directement sur les cartes et les informations entre parenthèses sont la date (mois/année) de fin des observations exploitées et la durée utile d'observation exploitée pour le port considéré.

Les premières observations exploitées pour l'étude des niveaux extrêmes de 2008/2012 datent de juin 1962 et juillet 1965 pour la Pointe Saint-Gildas et Les Sables d'Olonne, respectivement.

Tableau 7.8 : Comparaison des estimations de niveaux extrêmes de PM (en cm IGN69) dans les différents travaux du SHOM/CEREMA pour la pointe de Saint-Gildas.

Période de retour	2008 (09/2000, 24,4 ans)	2012 (07/2005, 24,8 ans)	2022 (juin 2017, 45,7 ans)		
			Niveau	Int.Conf.70%	Int.Conf.95%
5 ans	/	342	349	348 à 350	347 à 351
10 ans	358	349	356	354 à 357	353 à 359
20 ans	366	356	363	361 à 365	359 à 368
50 ans	375	366	372	369 à 376	367 à 380
100 ans	383	373	378	375 à 384	372 à 390
200 ans	/	/	385	380 à 392	377 à 400
500 ans	/	/	394	387 à 404	383 à 415
1 000 ans	/	/	400	392 à 412	388 à 426

Période de retour	GPD			Loi Exp.		
		Int. Conf. 70 %	Int. Conf. 95 %		Int. Conf. 70 %	Int. Conf. 95 %
5 ans	0.77 m	0.74 m à 0.79 m	0.72 m à 0.82 m	0.77 m	0.75 m à 0.79 m	0.74 m à 0.81 m
10 ans	0.83 m	0.80 m à 0.87 m	0.77 m à 0.91 m	0.84 m	0.82 m à 0.86 m	0.80 m à 0.89 m
20 ans	0.90 m	0.85 m à 0.95 m	0.81 m à 1.00 m	0.91 m	0.88 m à 0.94 m	0.87 m à 0.96 m
50 ans	0.99 m	0.92 m à 1.05 m	0.87 m à 1.13 m	1.00 m	0.97 m à 1.03 m	0.95 m à 1.06 m
100 ans	1.05 m	0.97 m à 1.13 m	0.90 m à 1.23 m	1.07 m	1.04 m à 1.11 m	1.01 m à 1.14 m
200 ans	1.12 m	1.01 m à 1.22 m	0.94 m à 1.35 m	1.14 m	1.10 m à 1.18 m	1.08 m à 1.21 m
500 ans	1.20 m	1.07 m à 1.33 m	0.98 m à 1.51 m	1.23 m	1.19 m à 1.27 m	1.16 m à 1.32 m
1 000 ans	1.26 m	1.11 m à 1.42 m	1.00 m à 1.63 m	1.30 m	1.26 m à 1.35 m	1.22 m à 1.39 m

Figure 7.16 : Périodes de retour des valeurs extrêmes de surcote PM pour la pointe de Saint-Gildas (SHOM/CEREMA, 2022).



Tableau 7.9 : Comparaison des estimations de niveaux extrêmes de PM (en cm IGN69) dans les différents travaux du SHOM/CEREMA pour le port des Sables d'Olonne.

Période de retour	2008	2012	2022 (décembre 2021, 31,5 ans)		
	(11/2004, 15,3 ans)	(11/2009, 19,8 ans)	Niveau	Int.Conf.70%	Int.Conf.95%
5 ans		334	337	337 à 338	336 à 339
10 ans	340	341	344	343 à 345	342 à 347
20 ans	347	348	350	348 à 351	348 à 354
50 ans	357	357	357	355 à 360	354 à 366
100 ans	363	364	362	360 à 367	358 à 377
200 ans	/	/	368	364 à 374	362 à 391
500 ans	/	/	374	369 à 384	367 à 414
1 000 ans	/	/	379	373 à 393	370 à 437

Période de retour	GPD			Loi Exp.		
		Int. Conf. 70 %	Int. Conf. 95 %		Int. Conf. 70 %	Int. Conf. 95 %
5 ans	0.71 m	0.68 m à 0.72 m	0.67 m à 0.75 m	0.71 m	0.69 m à 0.73 m	0.67 m à 0.75 m
10 ans	0.76 m	0.72 m à 0.78 m	0.70 m à 0.82 m	0.76 m	0.73 m à 0.78 m	0.71 m à 0.81 m
20 ans	0.81 m	0.76 m à 0.84 m	0.72 m à 0.89 m	0.81 m	0.78 m à 0.84 m	0.75 m à 0.87 m
50 ans	0.87 m	0.79 m à 0.93 m	0.75 m à 1.01 m	0.88 m	0.84 m à 0.91 m	0.81 m à 0.95 m
100 ans	0.92 m	0.82 m à 0.99 m	0.76 m à 1.11 m	0.93 m	0.88 m à 0.97 m	0.85 m à 1.02 m
200 ans	0.96 m	0.84 m à 1.07 m	0.77 m à 1.22 m	0.98 m	0.93 m à 1.03 m	0.89 m à 1.08 m
500 ans	1.03 m	0.87 m à 1.16 m	0.79 m à 1.39 m	1.05 m	0.99 m à 1.10 m	0.94 m à 1.16 m
1 000 ans	1.07 m	0.88 m à 1.24 m	0.79 m à 1.55 m	1.10 m	1.03 m à 1.16 m	0.99 m à 1.22 m

Figure 7.17 : Périodes de retour des valeurs extrêmes de surcote PM pour les Sables d'Olonne (SHOM/CEREMA, 2022).

Le tableau suivant synthétise les niveaux extrêmes qui peuvent être estimés entre l'Herbaudière au NO de l'île de Noirmoutier et la pointe de la Fosse au SE de l'île d'après les différents travaux du SHOM/CEREMA présentés ci-avant, en tenant compte :

- Des estimations à la côte issues des travaux de 2022 pour la Pointe de la Fosse : Section 7.1.4.4 ;
- De la répartition spatiale des niveaux extrêmes de 2008 pour l'Herbaudière. : Section 7.1.4.2.



Tableau 7.10 : Proposition des niveaux extrêmes en m IGN69 estimés au droit du trait de côte de l'île de Noirmoutier d'après l'ensemble des travaux SHOM/CEREMA.

Période de retour	Localisation	Niveau extrême (m IGN69)
T10	Herbaudière	3,95
	Pointe de la Fosse	3,85 à 3,90
T20	Herbaudière	4,0
	Pointe de la Fosse	3,95
T50	Herbaudière	4,10
	Pointe de la Fosse	4,0 à 4,05
T100	Herbaudière	4,20
	Pointe de la Fosse	4,10

Ces estimations selon les travaux SHOM/CEREMA sont à considérer avec les remarques et limitations suivantes :

- Les niveaux extrêmes ainsi estimés à l'Herbaudière sont :
 - 30 à 40 cm supérieurs à ceux de la pointe Saint-Gildas, alors que les plus forts niveaux mesurés à l'Herbaudière sont équivalents à ceux de la pointe Saint Gildas (Section 7.1.3.3) ;
 - 50 à 60 cm supérieurs à ceux des Sables d'Olonne, alors que les plus forts niveaux mesurés à l'Herbaudière sont 15 à 20 cm plus hauts que ceux des Sables d'Olonne (Section 7.1.3.3) ;

La seule prise en compte de la comparaison des mesures aux marégraphes aurait conduit à estimer des niveaux extrêmes à l'Herbaudière 30 à 40 cm plus bas que ceux estimés dans le tableau précédent. Cette comparaison est néanmoins à nuancer compte-tenu de la courte période de mesures disponibles à l'Herbaudière et du faible nombre de valeurs comparée avec la pointe Saint-Gildas.

- Les résultats des modélisations numériques tendent à aller dans le sens de niveaux extrêmes nettement plus faibles, équivalents ou très proches de ceux du produit 2008 des travaux SHOM/CEREMA : Section 7.1.6.



7.1.5 Niveaux marins extrêmes de pleine mer issus de la modélisation

7.1.5.1 Introduction

DHI a développé une base de données de niveau d'eau et courant sur le littoral de la Bretagne sud et la Loire Atlantique.

Les données proviennent du modèle hydrodynamique MIKE 21 HD FM dénommé ci-après HD_{BZHS} à partir duquel 43 années de données ont été reconstituées par modélisation numérique, du **01/01/1979 au 31/12/2022** au pas de temps horaire.

7.1.5.2 Description du modèle numérique

Le modèle s'étend de la Pointe de Penmarc'h au nord jusqu'au Pertuis Breton (Sables d'Olonne) au sud soit sur environ 250 km de linéaire côtier. Les données bathymétriques exploitées pour décrire les fonds sont le MNT bathymétrique de la façade Atlantique et le MNT topo-bathymétrique du Morbihan.

Le maillage se compose d'éléments triangulaires flexibles avec une résolution variable. La résolution du maillage du modèle s'affine en fonction de la configuration des fonds marins afin de bien représenter les chenaux et hauts-fonds. Ainsi les mailles s'affinent progressivement depuis la frontière au large du modèle (environ 1,5 km) jusqu'à l'approche des côtes ou de zones de hauts-fonds (200 m). La bathymétrie interpolée sur le maillage du modèle HDW_{BZHS} ainsi qu'un détail autour de Noirmoutier sont illustrés en figures suivante.

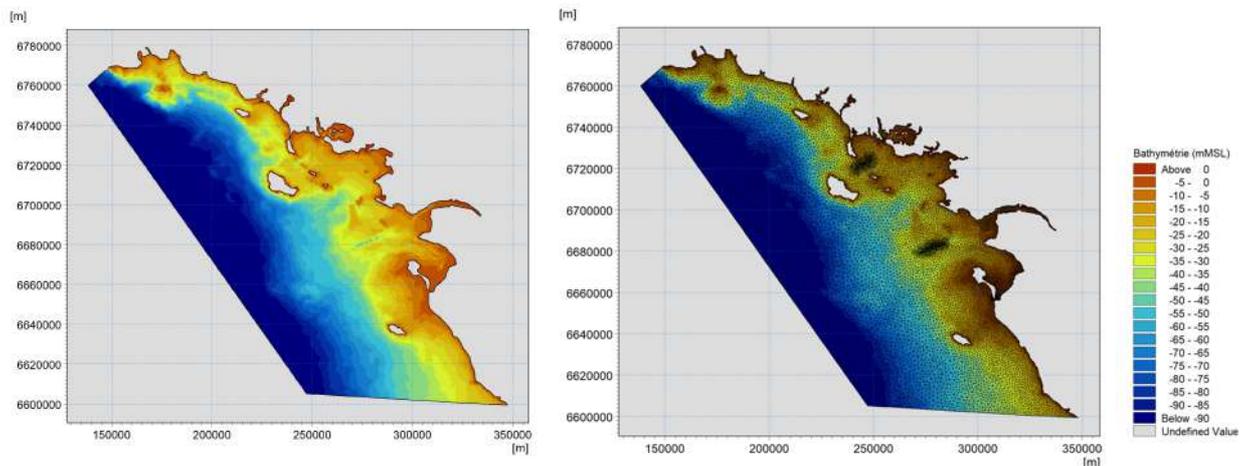


Figure 7.18 Emprise, maillage et bathymétrie interpolée du modèle HD_{BZHS}.



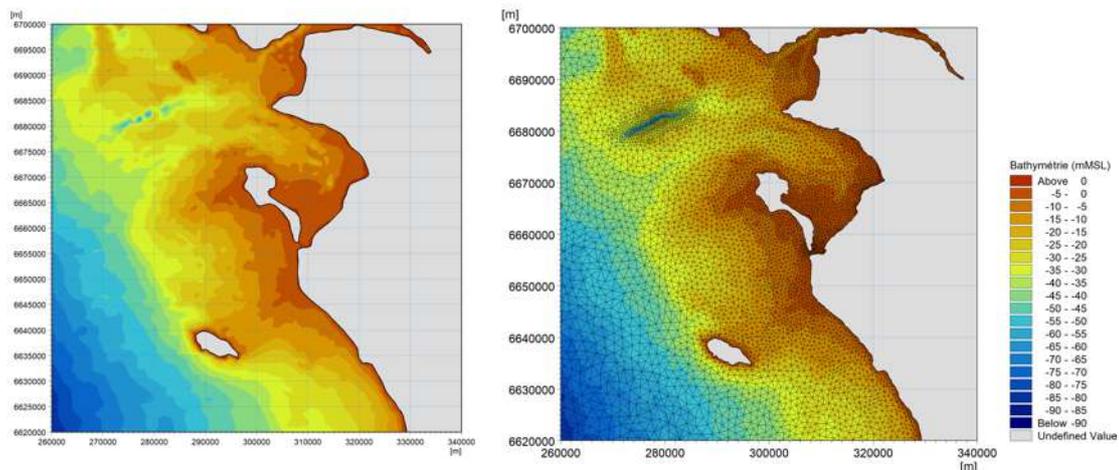


Figure 7.19 Détail du maillage et de la bathymétrie interpolée du modèle HD_{BZHS} autour de Noirmoutier.

Le modèle hindcast hydrodynamique HD_{BZHS} est forcé aux frontières marines par des données de niveau d'eau et de vitesses de courant. Les niveaux marins sont constitués de la somme de la marée astronomique et des surcotes/décotes météorologiques.

Pour la marée, les données de FES ont été exploitées. C'est un modèle global de marée qui assimile des données in-situ et altimétriques (Topex/ Poseidon, Jason-1, Jason-2, T/P interleaved - J1 interleaved, ERS-1, ERS-2, et Envisat). Il possède une couverture globale sur une grille régulière de 1/16°. Ce modèle permet de fournir les prévisions des hauteurs de marée. Pour cela, il utilise 34 composantes harmoniques du signal de la marée.

Etant donné que FES2014 est un modèle de marée pure, il n'intègre pas les surcotes/décotes météorologiques. Afin de les inclure dans les niveaux marins aux frontières du modèle HD_{BZHS}, les surcotes/décotes météorologiques ont été obtenues à partir du modèle hydrodynamique de l'Europe du Nord HD_{NE} de DHI (https://www.metocean-on-demand.com/metadata/waterdata-dataset-Nordic_SW) via une décomposition harmonique permettant d'isoler le signal de marée des surcotes météorologiques.

Le modèle HD_{BZHS} est également forcé par les champs de vent et de pression atmosphérique CFSR. Le modèle CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) a été développé par l'Administration Nationale Océanographique et Atmosphérique aux États-Unis (NOAA) et dirigé par le Centre National de Prévision Environnementale (NCEP). Le modèle CFSR est un système global de haute résolution, couplant les systèmes atmosphère-océan-terre et glace-surface de la mer. Les données CFSR globales sur les vents sont fournies par la NOAA du 01/01/1979 jusqu'à ce jour, avec des valeurs horaires. Le modèle a une résolution de 0,3° soit environ 38 km avant 2011 (système de réanalyse) puis de 0,2° soit environ 22 km (système de prévision). Dans cette étude, CFSR a été utilisé pour modéliser les conditions générales de courant et de vagues et établir les statistiques de vent.



7.1.5.3 Validation des résultats du modèle numérique

La validation du modèle HD_{BZHS} a été réalisée sur l'ensemble de la période modélisée aux marégraphes de Concarneau, Port-tudy, Le Crouesty, Saint-Nazaire, L'Herbaudière, Saint-Gilles-Croix-de-Vie et Les Sables d'Olonne. Les résultats de la validation du modèle sont présentés pour ceux de Saint-Nazaire, L'Herbaudière, et des Sables d'Olonne.

Ces figures montrent un très bon ajustement du modèle sur les niveaux marins mesurés, avec en chaque station une faible dispersion des résultats (Scatter Index (SI) de l'ordre de 0,1), un biais très faible (inférieur à 1%) et un coefficient de corrélation (CC) supérieur ou égal à 0,99.

Ces comparaisons permettent de valider la qualité du modèle HD_{BZHS} en tant que base de données fiable pour établir les niveaux d'eau en condition normale et extrême dans le domaine d'étude.

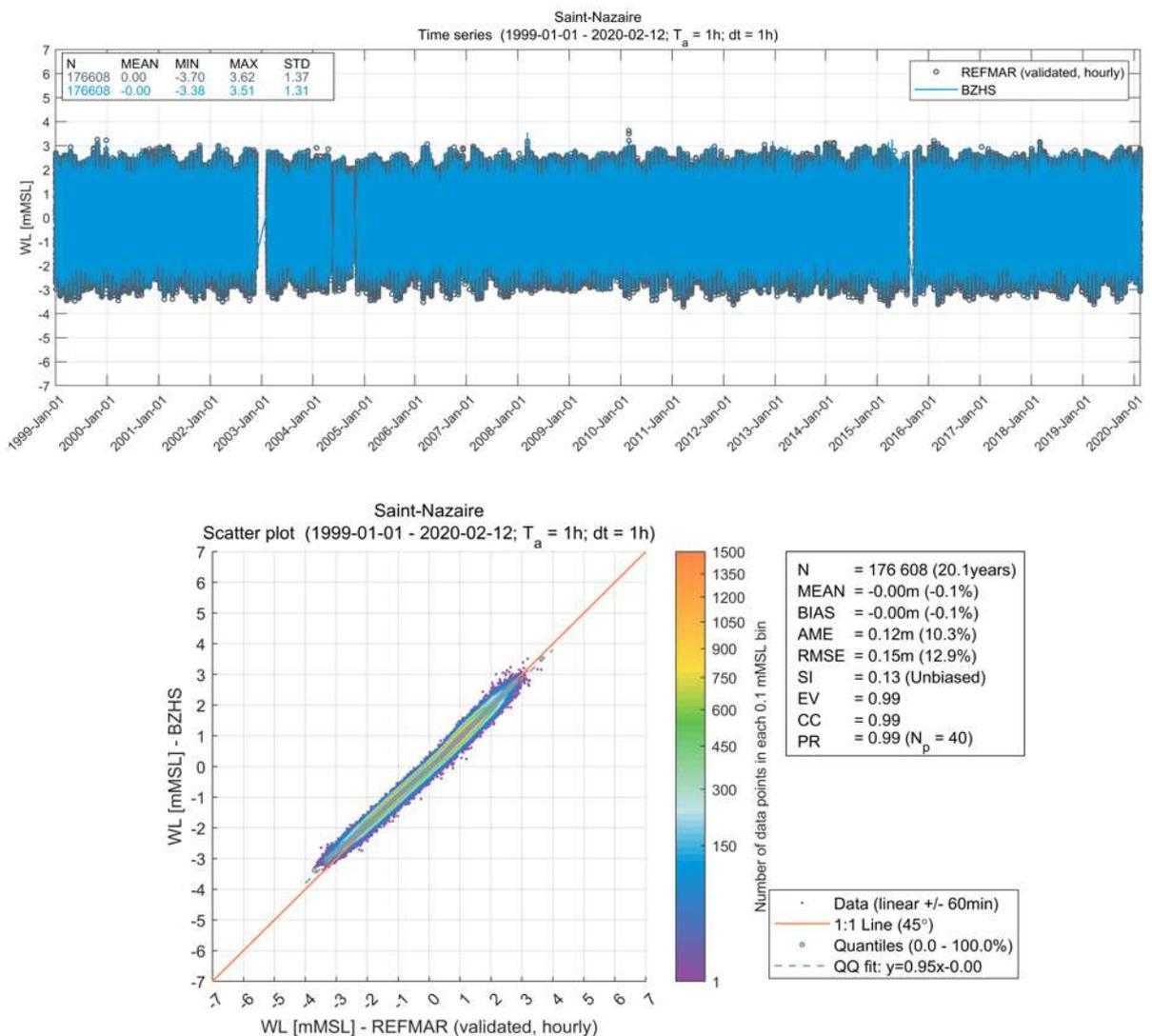


Figure 7.20 Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés à Saint-Nazaire. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion.



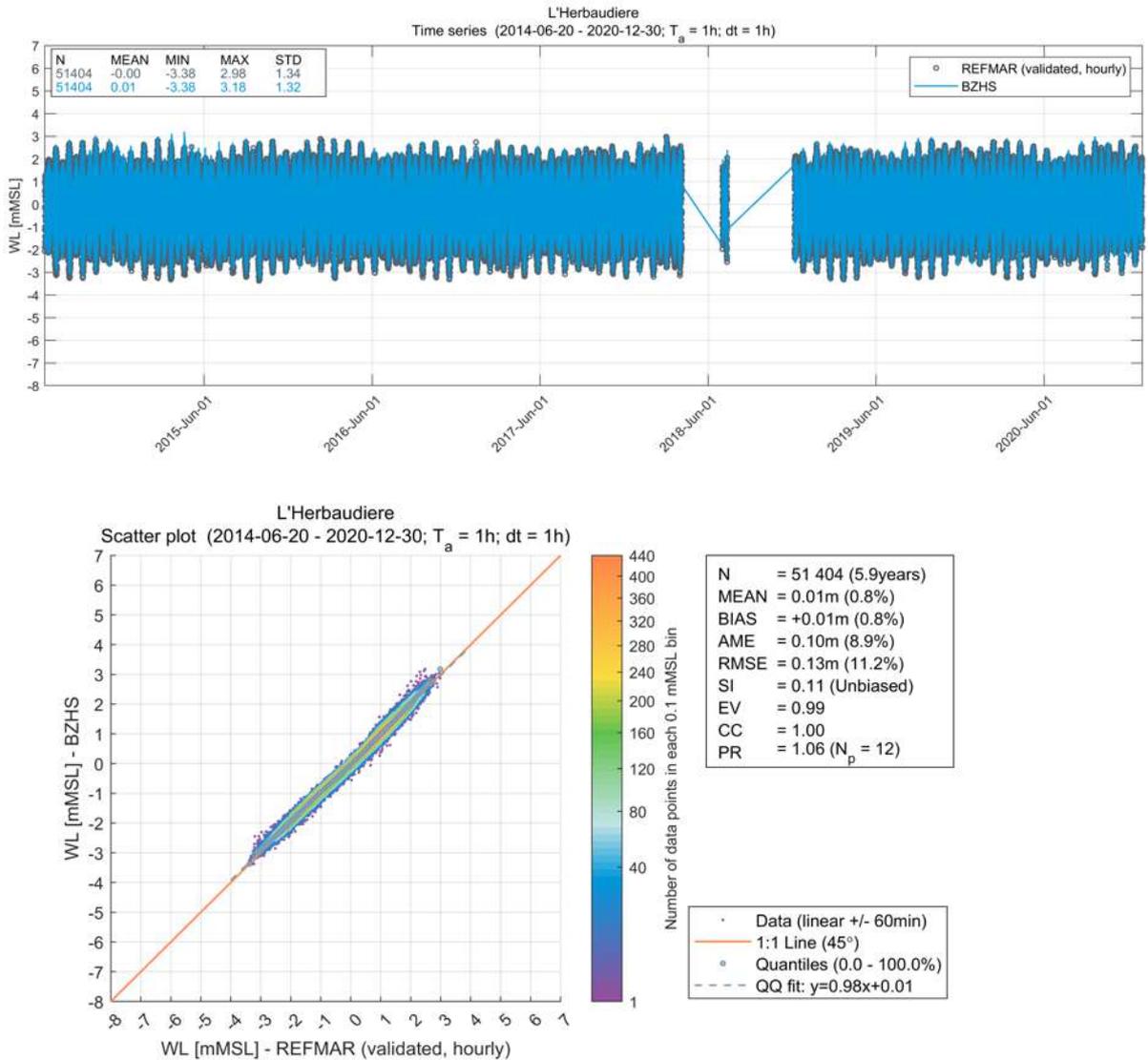


Figure 7.21 Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés à L'Herbaudière. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion.



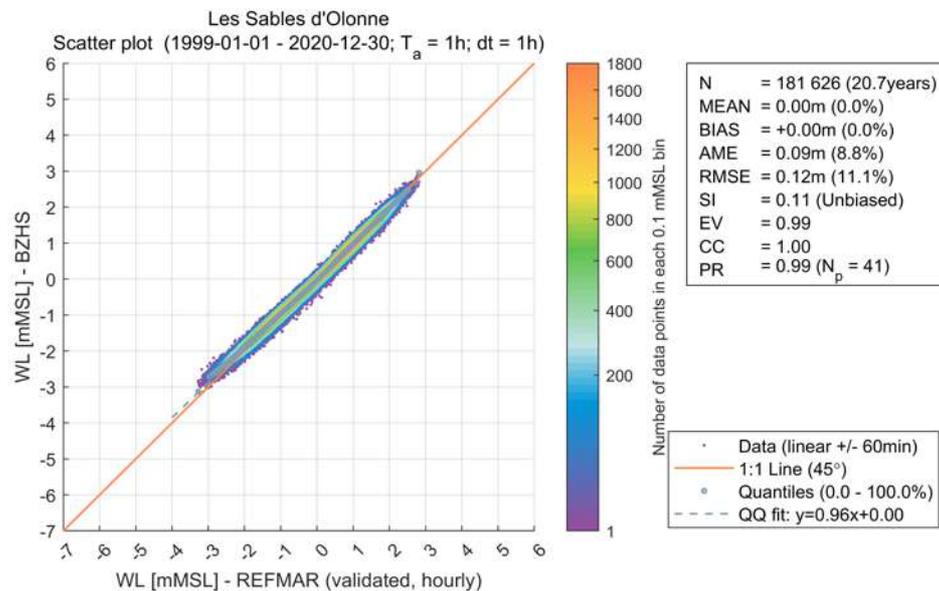
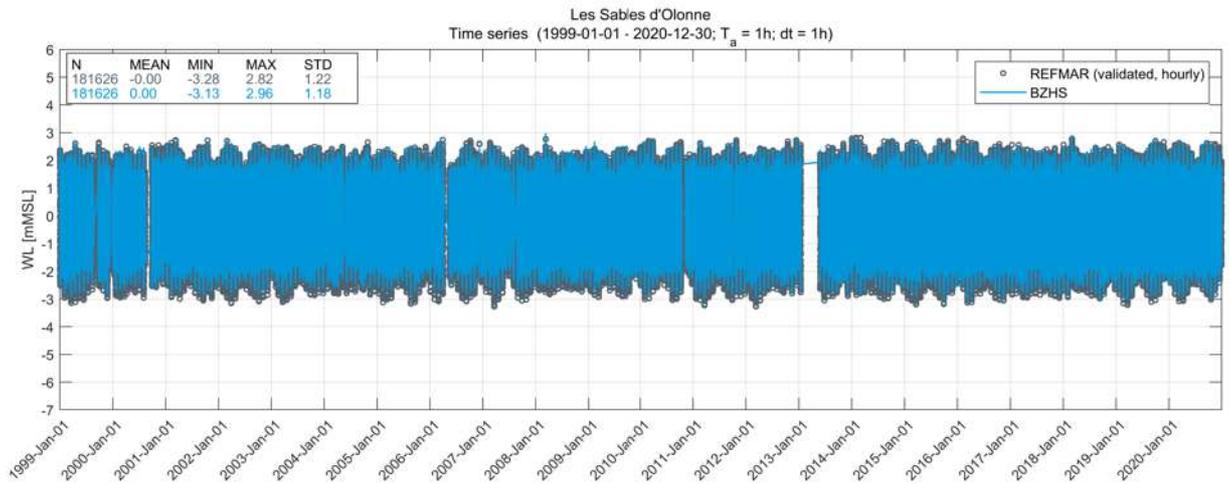


Figure 7.22 Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés aux Sabes d'Olonne. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion.

7.1.5.4 Analyse des niveaux extrêmes

Une analyse des niveaux marins extrêmes a été réalisée sur les séries temporelles des niveaux marins modélisés aux points P1, P2, P3 et P4 au pas de temps de 15 minutes. Ces points autour de l'île de Noirmoutier sont positionnés sur la figure suivante.

Les deux points particulièrement intéressants sont le point P1 au NO de l'île au large de l'Herbaudière, et le point P4 entre l'île de Noirmoutier et l'île d'Yeu.



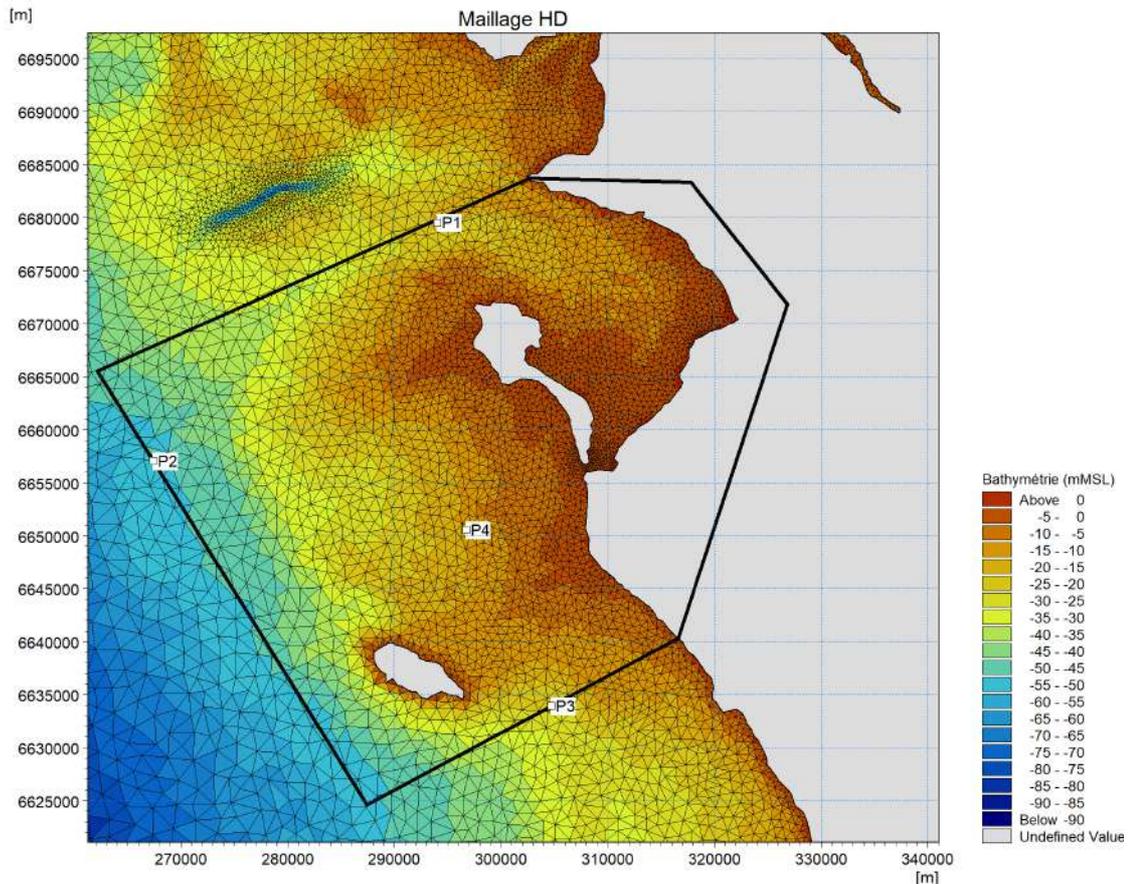


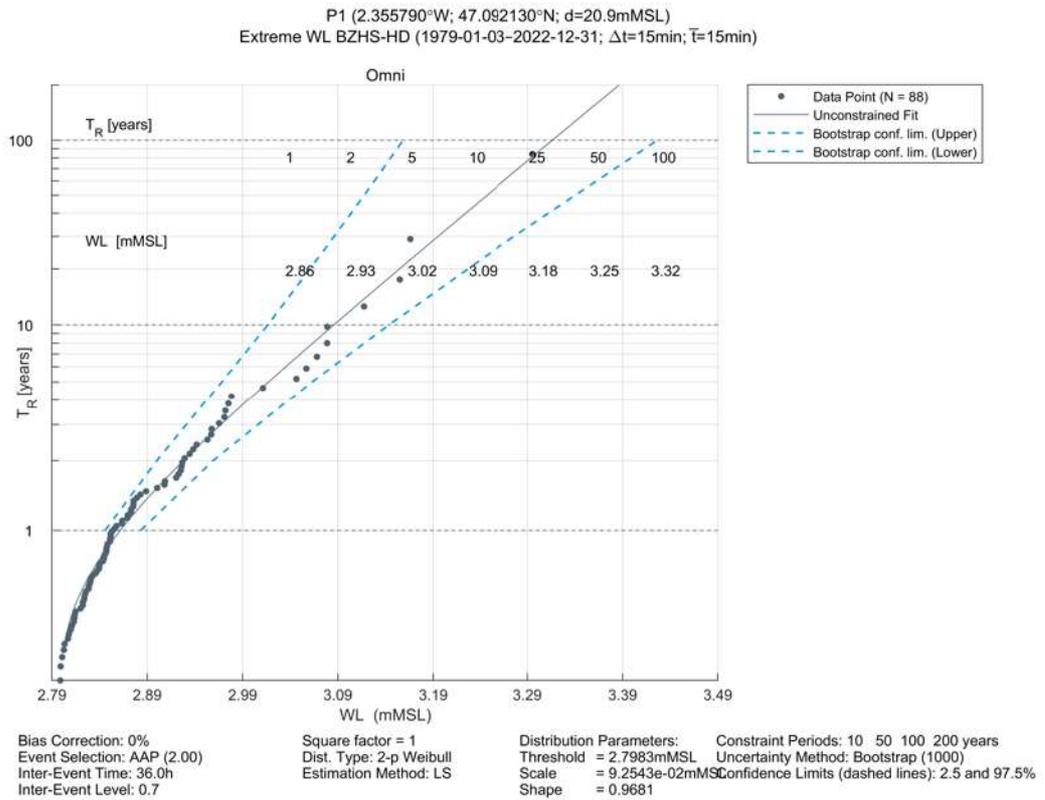
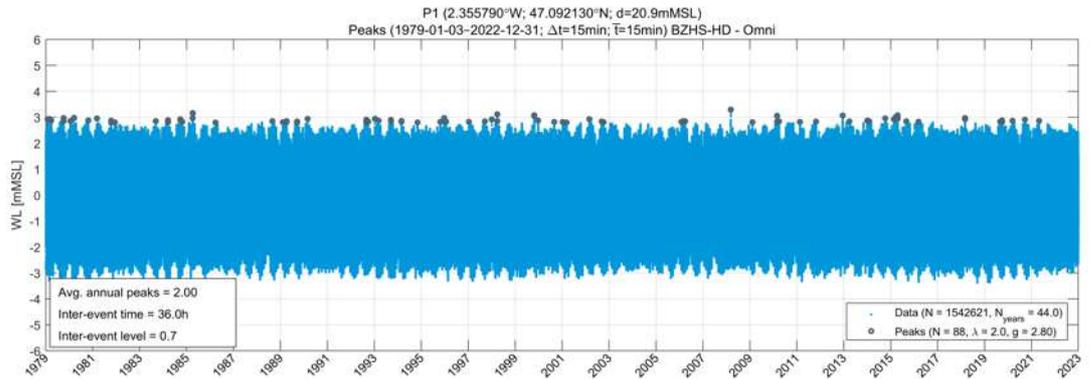
Figure 7.23 Positionnement des points pour l'analyse des niveaux marins extrêmes issue de la modélisation HD_{BZHS}.

La loi d'ajustement retenue pour cette analyse est la loi 2-p Weibull, avec un critère de 2 événements par an en moyenne.

Les événements extrêmes considérés, l'ajustement de cette loi sur ces points ainsi que le tableau des valeurs extrêmes sont présentés ci-après pour les points P1 et P4 en Figure 7.32 et Figure 7.33 respectivement.

Attention : les résultats sont m MSL (ou m NM), avec la conversion suivante qui a été adoptée en moyenne sur l'emprise du modèle : $IGN69 = NM + 0,44 \text{ m}$.



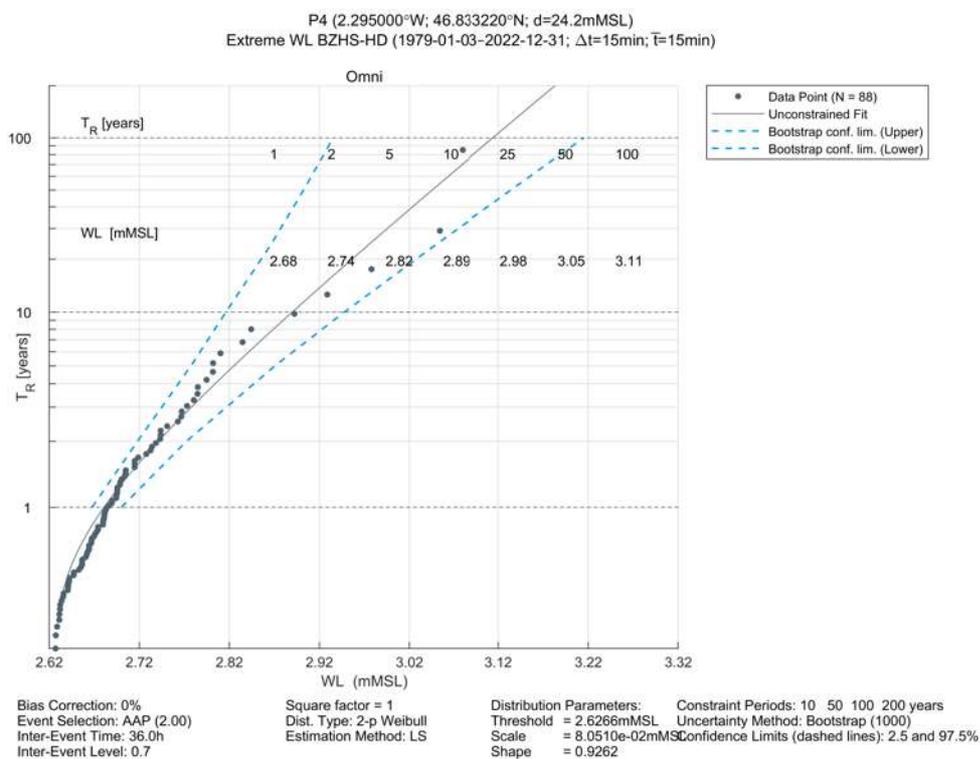
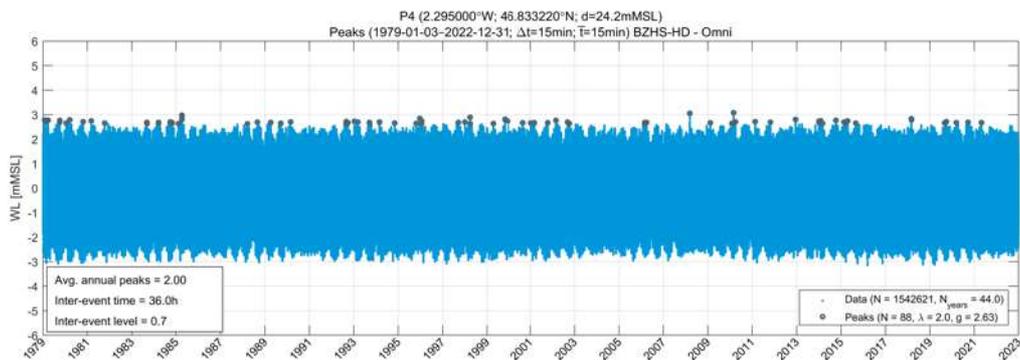


		P1 All T_R [years]						
		1	2	5	10	25	50	100
WL [mMSL]	Omni Lower bnd	2.85	2.90	2.97	3.02	3.07	3.12	3.16
	Omni Central Est.	2.86	2.93	3.02	3.09	3.18	3.25	3.32
	Omni Upper bnd	2.88	2.96	3.06	3.14	3.25	3.34	3.43

Figure 7.24 Analyse extrême des niveaux marins, à partir de la base de données HD_{BZHS}, au point P1 – en m MSL

Haut : événements extrêmes sélectionnés pour l'analyse,
 centre : ajustement statistique sur les niveaux extrêmes,
 bas : tableau des niveaux marins extrêmes.





		P4 All T_R [years]						
		1	2	5	10	25	50	100
WL [mMSL]	Omni Lower bnd	2.67	2.72	2.78	2.82	2.87	2.90	2.94
	Omni Central Est.	2.68	2.74	2.82	2.89	2.98	3.05	3.11
	Omni Upper bnd	2.70	2.77	2.87	2.95	3.05	3.13	3.21

Figure 7.25 Analyse extrême des niveaux marins, à partir de la base de données HD_{BZHS}, au point P4 – en m MSL.

Haut : événements extrêmes sélectionnés pour l'analyse,
 centre : ajustement statistique sur les niveaux extrêmes,
 bas : tableau des niveaux marins extrêmes.



7.1.6 Conclusions sur les niveaux marins extrêmes de pleine mer

Le tableau suivant compare aux points P1 et P4 (Figure 7.23) les niveaux marins extrêmes issus de l'analyse des résultats du modèle HD_{BZHS} de DHI et des travaux SHOM/CEREMA. Pour ces derniers, il est indiqué les estimations proposées d'après l'ensemble des travaux du SHOM de 2008 à 2022, selon la méthode présentée en Section 7.1.4.5, et les valeurs lues sur les cartes d'isolignes du produit 2008 (Section 7.1.4.2).

Tableau 7.11 : Comparaison des niveaux marins extrêmes issus de la modélisation DHI et des travaux du SHOM/CEREMA aux points P1 et P4 autour de l'île de Noirmoutier.

Période de retour	Localisation	Niveau extrême (m IGN69)		
		Modélisation HD _{BZHS}	Travaux SHOM/CEREMA	
			Estimations proposées d'après l'ensemble des travaux	2008
T10	P1	3,53	4,0	3,55
	P4	3,33	3,80 à 3,85	3,40
T20	P1	3,62	4,05 à 4,1	3,60 à 3,65
	P4	3,42	3,90 à 3,95	3,45 à 3,50
T50	P1	3,69	4,15 à 4,20	3,70 à 3,75
	P4	3,49	4,0 à 4,05	3,55 à 3,60
T100	P1	3,76	4,25	3,75 à 3,80
	P4	3,55	4,10	3,65

Il est noté :

- une équivalence globale des niveaux issus de la modélisation DHI et des niveaux estimés dans le produit SHOM/CEREMA de 2008 au point P1 au Nord-Ouest de l'île ;
- Un écart de +5 à +10 cm maximum entre les niveaux SHOM/CEREMA de 2008 et les niveaux issus de la modélisation au point P4 au Sud de l'île ;
- Un écart de +45 à +50 cm au point P1 et de +50 à +55 cm au point P4 entre les estimations proposées d'après l'ensemble des travaux SHOM et les niveaux issus de la modélisation.



7.2 Climat de houle

Le climat de houle au large de Noirmoutier est régulièrement agité. Il est caractérisé par deux états principaux :

- Un état hivernal (octobre à mars) avec une majorité de houles de grande amplitude et de période longue : c'est en effet pendant l'hiver que l'activité dépressionnaire de l'Atlantique nord est la plus importante. Ces dépressions peuvent descendre très au sud de l'Atlantique nord et générer des houles fortement énergétiques.
- Un état estival (avril à septembre) durant lequel les houles sont de relativement faibles amplitude (inférieures à 2m et des périodes courtes (inférieures à 10s). Pendant l'été, le vent thermique peut également souffler le long de la côte, générant une mer de vent de nord-ouest peu énergétique.

7.2.1 Mesure des houles

Le CEREMA gère un réseau de houlographes côtiers, le réseau CANDHIS. Au large de Noirmoutier, deux houlographes sont positionnés, tels qu'indiqués sur la figure suivante :

- 08505 – Noirmoutier : mesures depuis le 27/07/2022 ;
- 08504 - Ile d'Yeu Nord : mesures depuis le 21/06/2005.

Les données mesurées sont disponibles sur le site <https://candhis.cerema.fr>.

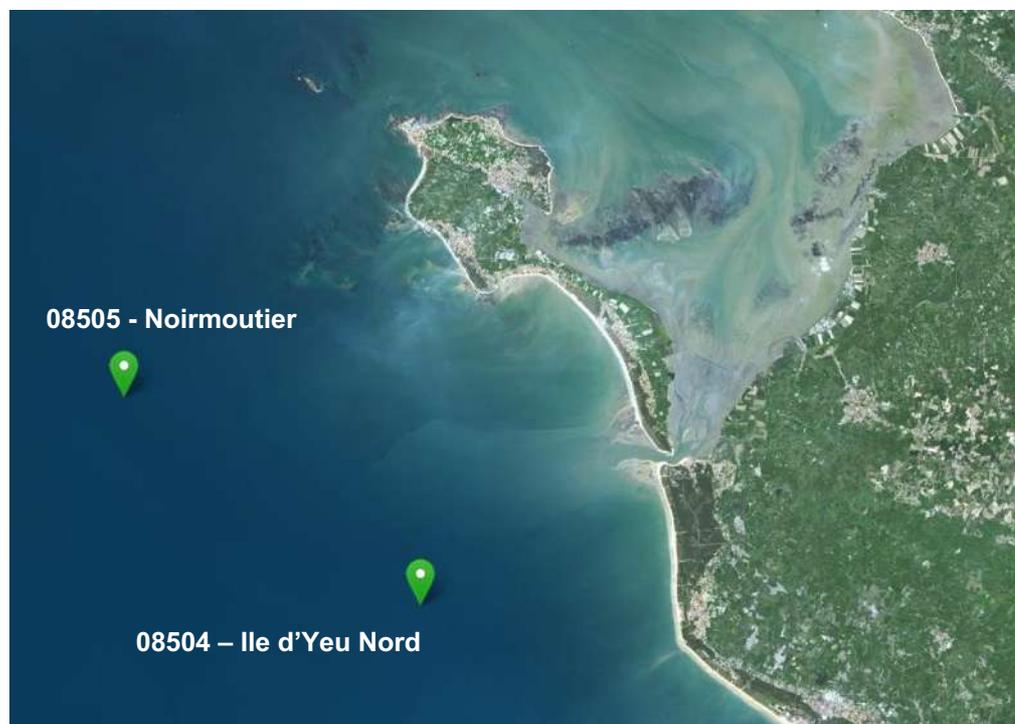


Figure 7.26 : Position des houlographes au large du réseau CANDHIS au large de Noirmoutier



Tableau 7.12 Caractéristiques des houlographes au large de Noirmoutier

Station	Longitude	Latitude [m]	Profondeur [m]	Fournisseur
Noirmoutier	02°27.980' W	46°55.000' N	15m	CEREMA
Île d'Yeu Nord	02°17.700' W	46°49.993' N	14	CEREMA

Les mesures permettent d'obtenir les principales caractéristiques des états de mer, soit les hauteurs de vagues et leurs périodes associées.

Les bouées de l'île d'Yeu Nord n'est malheureusement pas directionnelle, c'est-à-dire qu'elle ne mesure pas la direction de propagation des vagues, à l'inverse de la bouée de Noirmoutier, positionnée récemment.

7.2.2 Reconstruction d'un climat d'état de mer

DHI a développé une base de données de vagues sur le littoral de la Bretagne sud et la Loire Atlantique. Les données proviennent du modèle spectral de propagation des vagues MIKE 21 Spectral Waves FM dénommé ci-après SW_{BZHS} , à partir duquel 43 années de données ont été reconstituées par modélisation numérique, du **01/01/1979 au 31/12/2022** au pas de temps horaire. Le modèle de vagues simule la croissance, la décroissance et la transformation des vagues et des houles générées par le vent au large et dans les zones côtières.

Avec la base de donnée de niveaux et de courant développé avec le modèle HD_{BZHS} , présentée en Section 7.1.5, c'est un jeu de données d'état de mer que DHI possède donc sur le littoral de la Bretagne sud et la Loire Atlantique de 1979 à 2022.

7.2.2.1 Description du modèle numérique

L'emprise du modèle est la même que celle du modèle HD_{BZHS} présentée en Section 7.1.5.2.

Le maillage se compose d'éléments triangulaires flexibles avec une résolution variable. La résolution du maillage du modèle s'affine en fonction de la configuration des fonds marins afin de bien représenter les chenaux et hauts-fonds. Ainsi les mailles s'affinent progressivement depuis la frontière au large du modèle (environ 1,5 km) jusqu'à l'approche des côtes ou de zones de hauts-fonds (600m). La bathymétrie interpolée sur le maillage du modèle SW_{BZHS} ainsi qu'un détail autour de Noirmoutier sont illustrés en figures suivante.



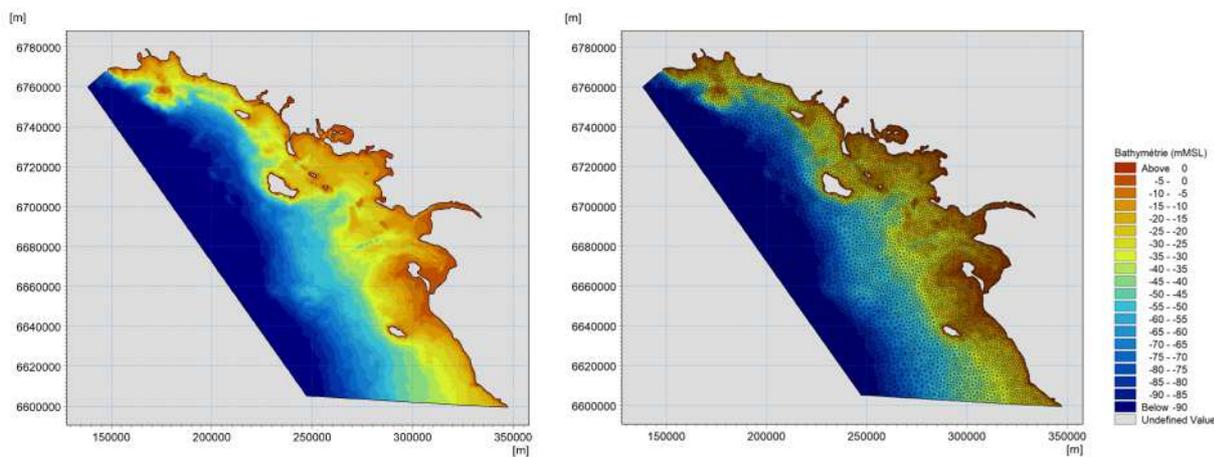


Figure 7.27 Emprise, maillage et bathymétrie interpolée du modèle SW_{BZHS}.

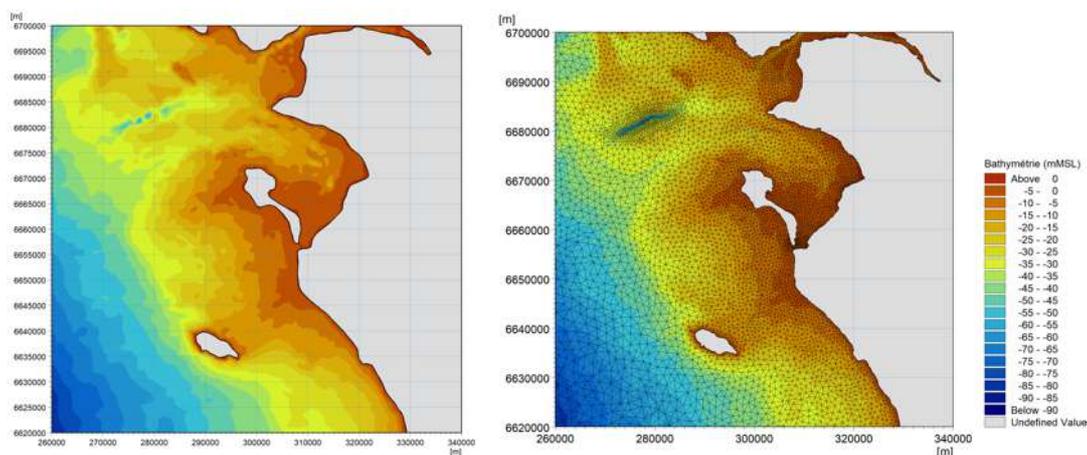


Figure 7.28 Détail du maillage et de la bathymétrie interpolée du modèle SW_{BZHS} autour de Noirmoutier.

Le modèle de propagation des états de mer SW_{BZHS} est forcé aux frontières par des données d'états de mer provenant de la base de données issue du modèle d'états de mer de l'Europe du Nord SW_{NE} de DHI (https://www.metocean-on-demand.com/metadata/waterdata-dataset-Nordic_SW) sous la forme de séries temporelles (hauteur, période, direction et étalement directionnel des vagues) appliquées le long des frontières marines du modèle.

Enfin, le modèle de propagation des vagues SW_{BZHS} inclut les variations de niveaux marins liées aux marées, pour cela les niveaux d'eau du modèle HD_{BZHS} sont utilisés comme données de forçage.

7.2.2.2 Validation des résultats du modèle numérique

Le modèle a été validé par comparaison avec les mesures obtenues au houlographe de l'île d'Yeu nord. Cependant, ce houlographe n'étant pas directionnel, nous illustrons en complément la validation obtenues pour les mesures prises par le houlographe



CANDHIS 04403 du plateau du four (au large du Croisic, soit environ 04km au nord-ouest de Noirmoutier).

Les résultats de la validation du modèle sont présentés ci-après. Ces figures montrent globalement une bonne reproduction des caractéristiques des vagues (hauteur significative, période pic, direction moyenne) par le modèle.

Aux stations Plateau du Four et Île d'Yeu Nord, le modèle tend à surestimer d'environ 9% les hauteurs de vagues les plus élevées. Les directions d'incidence des vagues sont très bien reproduites au Plateau du Four (les directions ne sont pas enregistrées à Île d'Yeu Nord).

De façon générale, les indices de dispersion (Scatter Index, SI) sont inférieurs ou égal à 0,2 et les coefficients de corrélation (Coefficient Correlation, CC) sont supérieurs à 0,9 pour les hauteurs significatives des vagues, ce qui est considéré comme une faible différence (excellente concordance) entre les mesures et le modèle pour des hauteurs significatives de vagues au large.

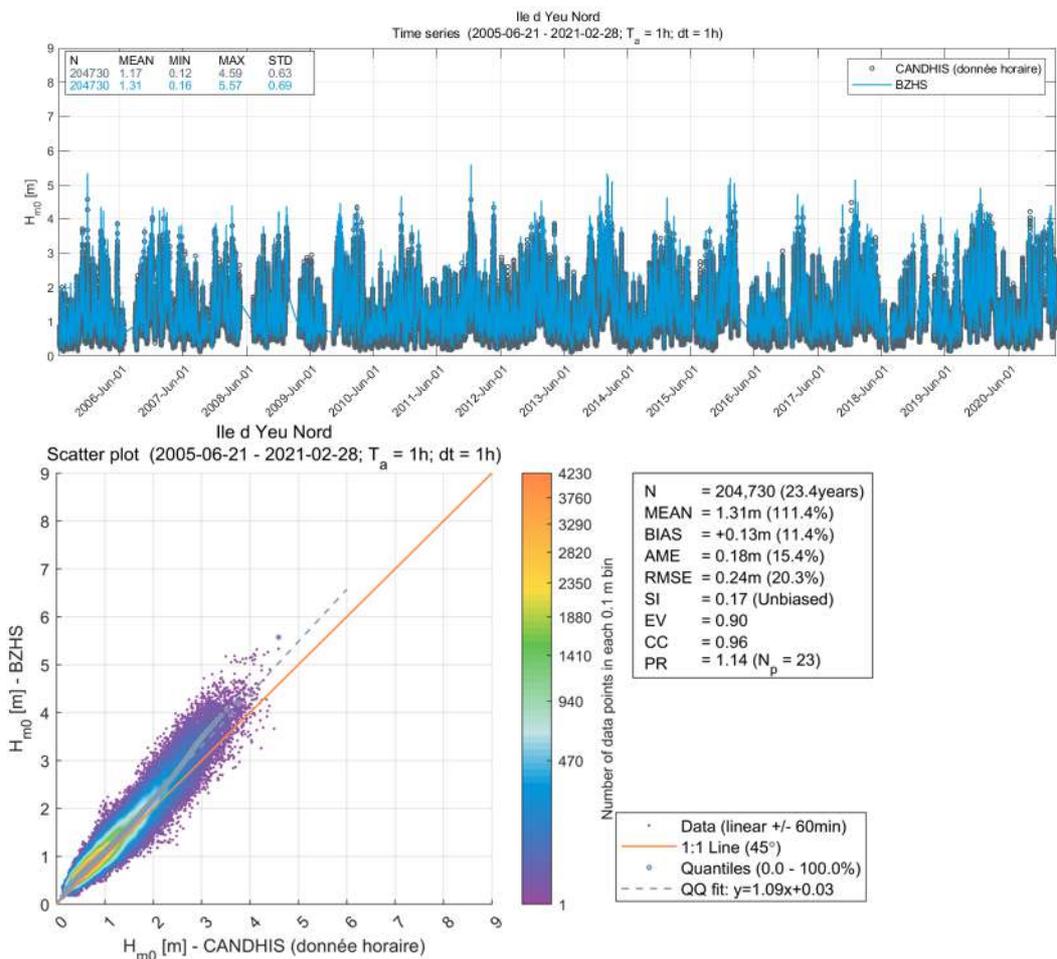


Figure 7.29 Comparaison des hauteurs de vagues significatives mesurées et modélisées à l'Île d'Yeu Nord. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion.



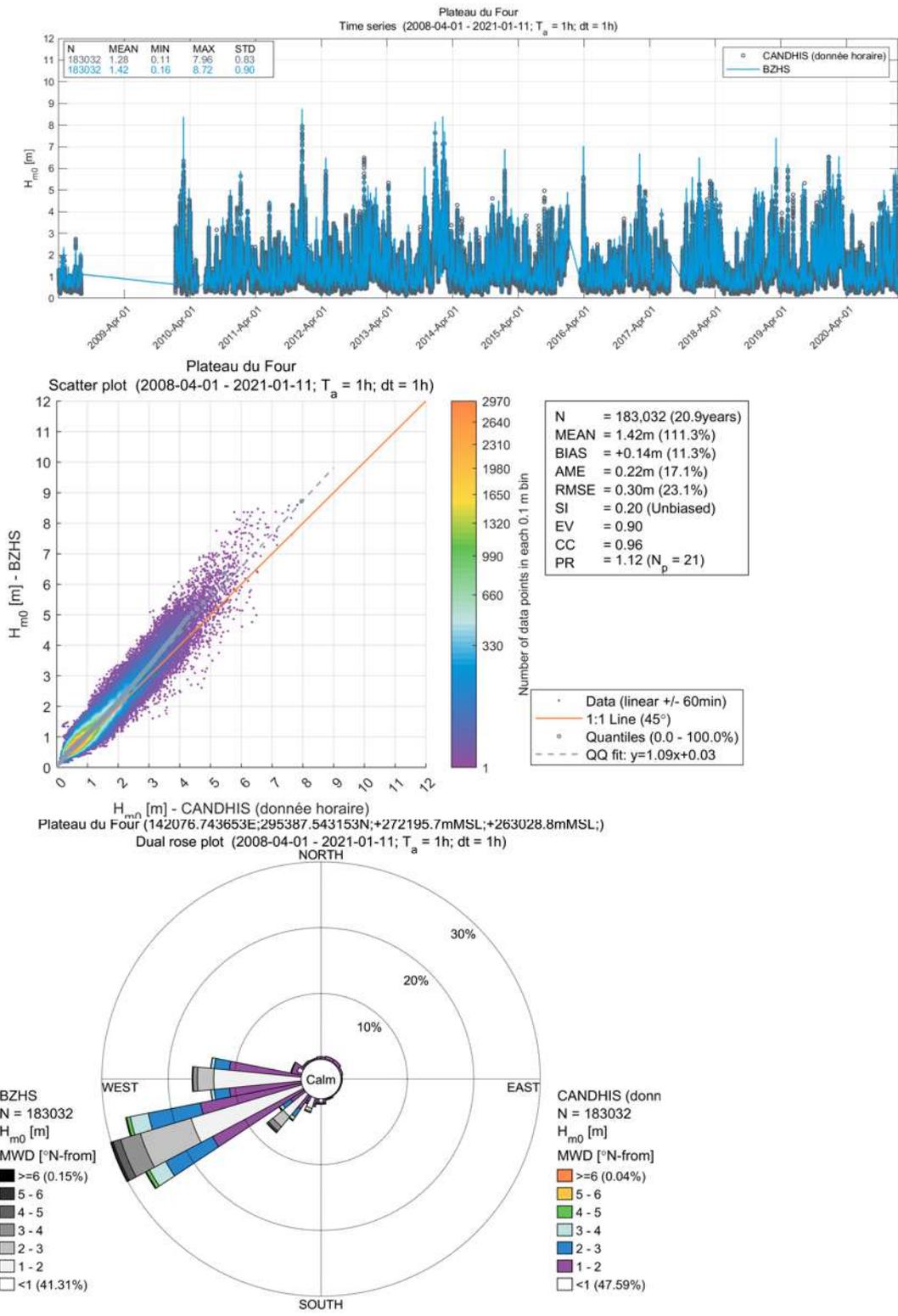


Figure 7.30 Comparaison des hauteurs de vagues significatives mesurées et modélisées au Plateau du Four. Haut : série temporelle, centre : diagramme de dispersion, bas : roses.



De même que pour les vagues, les résultats du modèle hydrodynamique HD_{BZHS} ont été validés par comparaison avec les mesures aux marégraphes inclus dans le domaine d'étude, et notamment à celui de l'Herbaudière.

Les comparaisons montrent un très bon ajustement du modèle sur les niveaux marins mesurés, avec en chaque station une faible dispersion des résultats (Scatter Index (SI) de l'ordre de 0,1), un biais très faible (inférieur à 1%) et un coefficient de corrélation (CC) supérieur ou égal à 0,99.

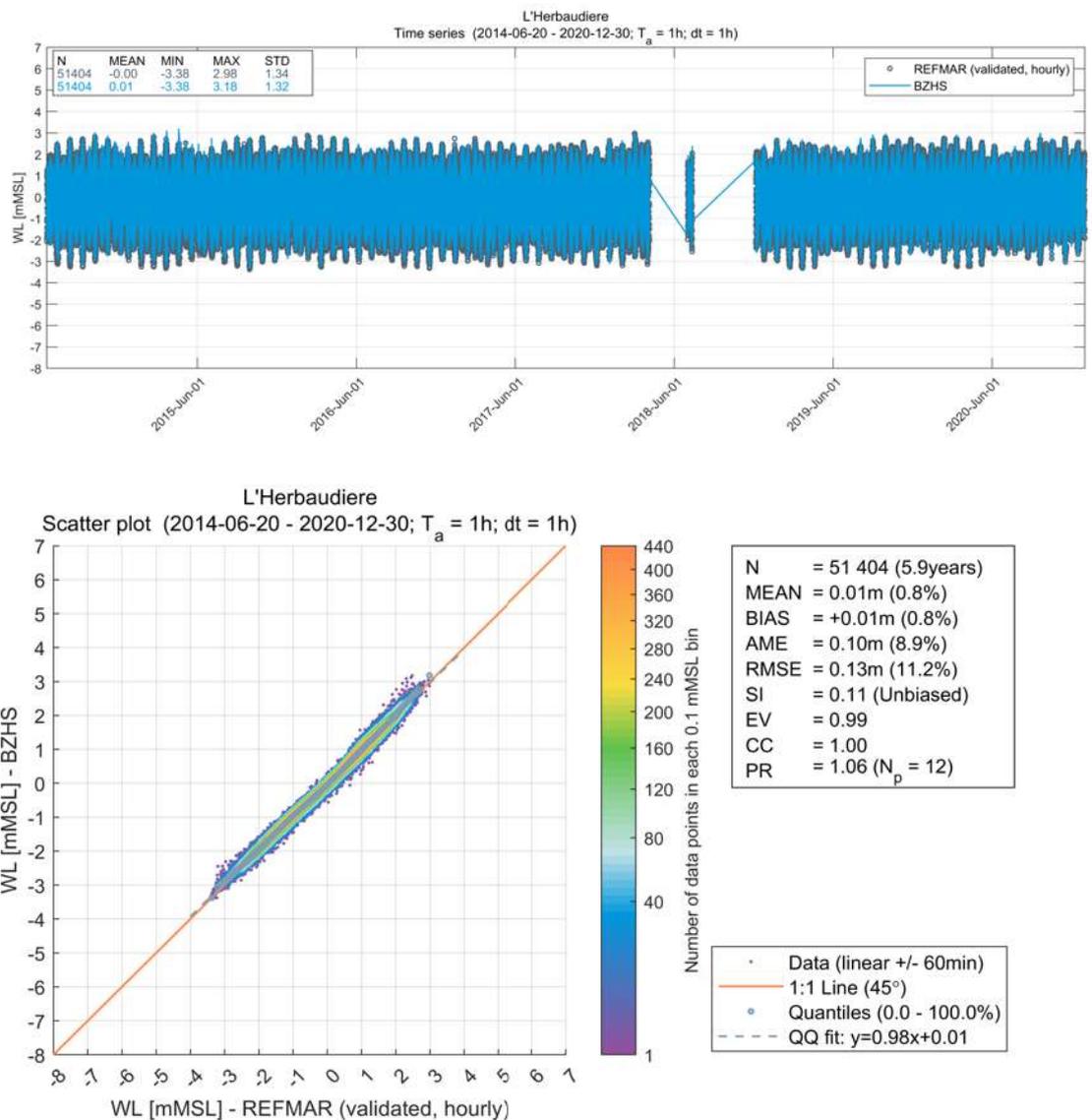


Figure 7.31 Comparaison des niveaux marins mesurés et modélisés à l'Herbaudière. Haut : série temporelle, bas : diagramme de dispersion.



La comparaison modèle/mesure n'est évidemment pas parfaite pour tous les évènements extrêmes, certains pouvant être sous-estimés, d'autres surestimés. C'est le cas notamment de la tempête Xynthia, pour laquelle le niveau d'eau donné par le modèle est sous-estimé.

Les analyses présentées ci-dessus montrent cependant une très bonne cohérence au niveau statistique, permettant de valider la qualité de manière globale du modèle hydrodynamique (HD_{BZHS}) et d'état de mer (SW_{BZHS})

La base de données issues de ce modèle permet ainsi d'établir les niveaux d'eau et états de mer en conditions normales et surtout extrêmes dans le domaine d'étude de Noirmoutier. Le modèle a toutefois tendance à surestimer les hauteurs de vagues de l'ordre de 9%.

Pour la reproduction des évènements particuliers, notamment Xynthia, un modèle local est mis en œuvre et ajusté à l'évènement.



7.2.2.3 Statistiques d'états de mer

A partir du climat reproduit, les conditions « normales » (ou statistiques) d'états de mer au point correspondant au houlographe ile d'Yeu nord sont décrites dans cette section.

Les séries temporelles et les statistiques de la hauteur significative des vagues (H_{m0}) et de la période pic des vagues (T_p) sont présentées sur les figures suivantes.

Les hauteurs significatives atteignent 1,3 m en moyenne et 6,5 m au maximum.

Les périodes pic moyennes sont de l'ordre de 11 s et elles atteignent 25 s au maximum.

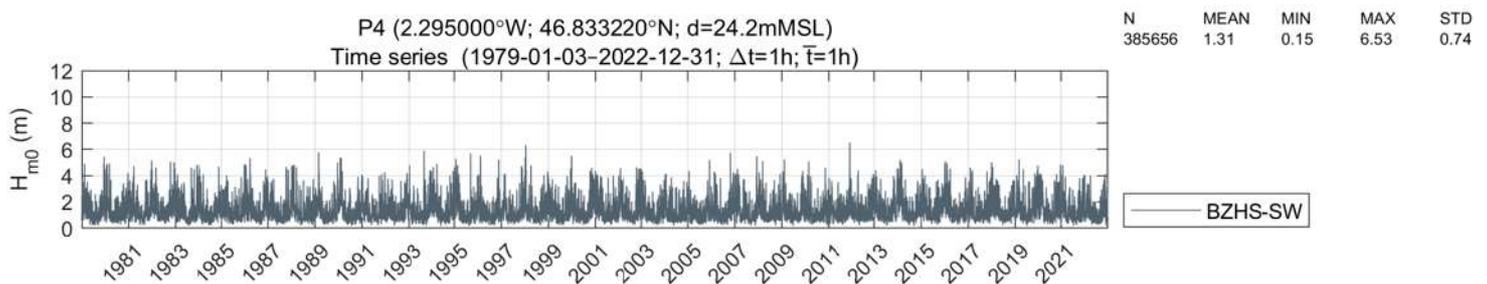


Figure 7.32 Séries temporelles et statistiques des hauteurs significatives des vagues

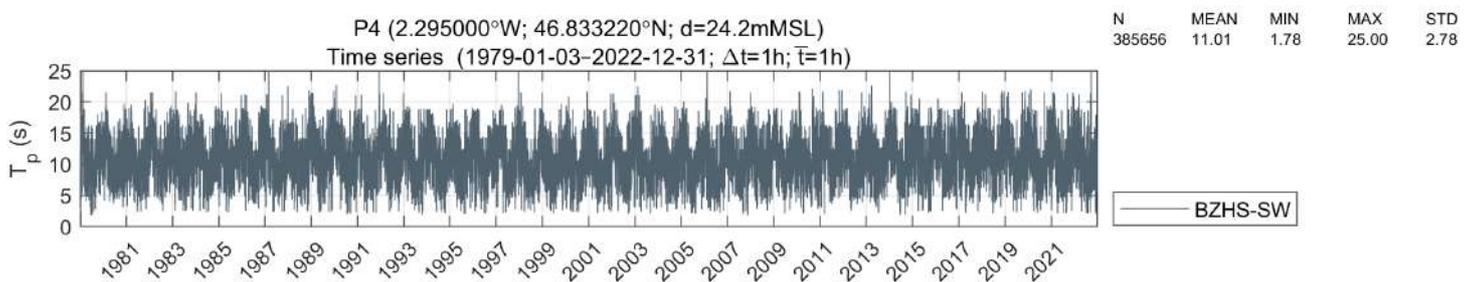
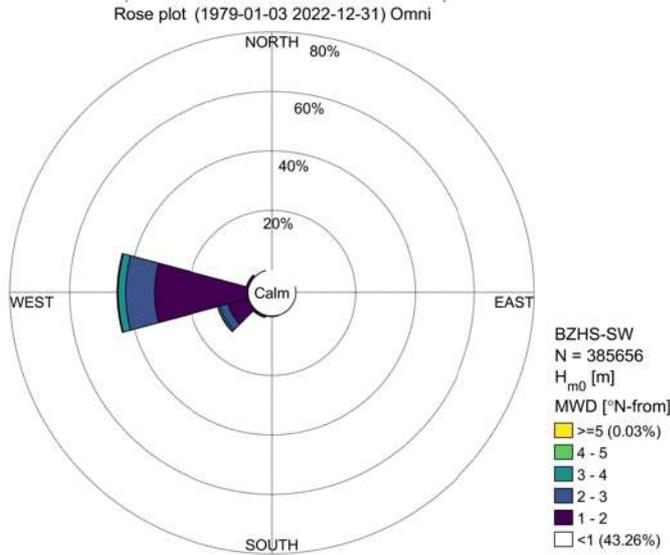


Figure 7.33 Séries temporelles et statistiques des périodes pic des vagues.

La rose des vagues et les fréquences d'occurrence associées sont présentées en Figure 7.34.

Les roses des vagues illustrent que les vagues proviennent principalement du secteur ouest ([255 – 285]), pour près de 73%. Le deuxième secteur directionnel en termes de fréquences d'occurrence est l'ouest-sud-ouest ([225 – 255]), pour environ 16%.





Frequency of Occurrence [%] (1979-01-03 2022-12-31) Omni
H_{m0} [m] - BZHS-SW

	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	Total	Accum
[315-345[	1.00	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.02	100.00
[285-315[	4.77	0.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.58	98.98
[255-285[	29.21	31.58	9.74	2.48	0.34	0.02	-	-	-	-	-	73.37	93.40
[225-255[	5.58	7.15	2.79	0.69	0.11	0.01	-	-	-	-	-	16.33	20.02
[195-225[	1.00	0.78	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	1.81	3.69
[165-195[	0.39	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57	1.88
[135-165[	0.21	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	1.32
[105-135[	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	1.10
[75-105[	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.96
[45-75[	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.80
[15-45[	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	0.64
[-15-15[	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.40	0.40
Total	43.26	40.51	12.57	3.17	0.45	0.03	-	-	-	-	-	100.00	-
Accum	43.26	83.78	96.35	99.52	99.97	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	-

H_{m0} [m] - BZHS-SW

	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-6[	[6-7[	[7-8[	[8-9[	[9-10[	[10-11[	[11-12[	Total	Accum
[22-24[	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	-	-	-	-	-	-	-	0.006	99.989
[20-22[	0.025	0.046	0.024	0.012	0.002	-	-	-	-	-	-	-	0.110	99.983
[18-20[	0.146	0.346	0.233	0.132	0.042	0.002	-	-	-	-	-	-	0.900	99.873
[16-18[	0.547	1.275	1.249	0.488	0.093	0.008	-	-	-	-	-	-	3.661	98.973
[14-16[	1.937	5.744	3.084	0.768	0.151	0.017	0.002	-	-	-	-	-	11.703	95.312
[12-14[	6.158	11.491	3.447	0.870	0.129	0.006	-	-	-	-	-	-	22.101	83.610
[10-12[	12.941	10.491	2.444	0.710	0.029	-	-	-	-	-	-	-	26.614	61.509
[8-10[	15.136	6.561	1.740	0.186	-	-	-	-	-	-	-	-	23.623	34.895
[6-8[	3.802	3.510	0.344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.656	11.272
[4-6[	1.493	1.042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.536	3.616
[2-4[	1.078	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.081	1.081
Total	43.263	40.511	12.566	3.167	0.448	0.032	0.002	-	-	-	-	-	99.989	-
Accum	43.263	83.774	96.340	99.507	99.956	99.988	99.989	99.989	99.989	99.989	99.989	99.989	-	-

Figure 7.34 Roses(haut) et tableau d'occurrence des vagues (1979 – 2022).



7.2.3 Houles de tempêtes – conditions extrêmes

A partir des données recueillies via le réseau des houlographe CANDHIS et de leur analyse, le CEREMA a édité en mars 2022 un rapport intitulé : « Candhis : analyses 2022 des états de mer ».

Au point « ile d'Yeu nord », les mesures sont prises depuis 2005, assurant une durée suffisamment longue pour envisager des analyses d'extrapolation des conditions extrêmes. Les tableaux et graphique ci-dessous donnant les houles de période de retour 5 à 50 ans sont extraits de ce rapport pour ce point « ile d'Yeu nord ».

Par cette analyse, les hauteurs significatives associées aux périodes de retour 50 ans sont de Hs=5.2m à 5.4m en fonction de la loi d'extrapolation, avec un intervalle de confiance d'environ 0.4m et 0.3m respectivement.

Niveaux de retour

Période de retour	$H_{1/3}$ (mètres)		Int. de Conf. 70% (mètres)		T_{avd} Int. Conf. 70% (secondes) ⁽¹⁾	
	GPD	Loi Exp.	GPD	Loi Exp.	GPD	Loi Exp.
5 ans	4,57	4,60	4,42 à 4,68	4,48 à 4,74	8,27 à 9,69	8,31 à 9,75
10 ans	4,77	4,83	4,54 à 4,92	4,68 à 5,00	8,54 à 10,04	8,63 à 10,15
20 ans	4,96	5,06	4,65 à 5,17	4,88 à 5,26	8,80 à 10,37	8,95 à 10,55
50 ans	5,19	5,37	4,76 à 5,51	5,15 à 5,60	9,14 à 10,79	9,38 à 11,09

$$^{(1)} T_{avd} = \sqrt{(2\pi L_{avd} / g) \cdot \tanh(2\pi Prof / L_{avd})} \text{ avec } L_{avd} = H_{1/3} / \text{Cambrure}$$

Ajustement statistique :

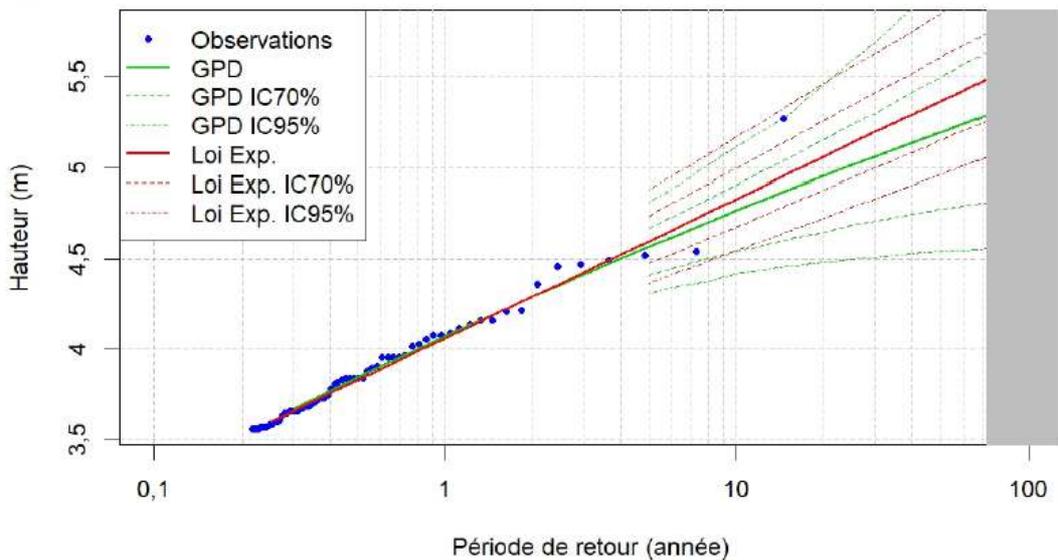


Figure 7.35 : Extrapolation des valeurs extrêmes à partir des mesures à la bouée Ile d'Yeu nord (source CEREMA)



Il est également proposé une liste des plus fortes tempêtes mesurées, reportées dans le tableau suivant.

A noter que les tempêtes récentes Ciaran et Domingos de novembre 2023 sont tout à fait exceptionnelles en termes de vagues, avec les deuxième et troisième plus fortes valeurs de hauteurs mesurées.

Tableau 7.13 Tempêtes mesurées au point ile d'Yeu nord, avec les plus fortes houles

Date et heure (UTC)	Remarque	Ile d'Yeu nord		
		H _s ou H _{1/3} (m)	H _{m0} (m)	Tp (s)
16 décembre 2011 6h00	Tempête Joachim	5,3	5,7	13,7
02 novembre 2023 4h	Tempête Ciaran	5,0	5,3	13,7
04 novembre 2023 21h30	Tempête Domingos	4,8	4,9	12,9
26 février 2010 1h30	Tempête Xynthia	4,5	4,8	11,7
9 décembre 2007 15h00		4,5	-	-
5 février 2014 15h30	Tempête Petra	4,5	4,4	18,8
22 décembre 2019 1h30	Tempête Fabien	4,5	4,8	13,7
23 octobre 2006 23h00		4,5	4,6	13,7
8 février 2016 15h00	Tempête Susanna	4,4	4,6	17,3
2 décembre 2005 15h00		4,2	-	-



En complément, une analyse extrême des états de mer a été réalisée à partir de la base de données SW_{BZHS} décrite ci-dessus. L'analyse est faite en considérant une loi d'ajustement de type Weibull, avec un critère de 2 événements par an en moyenne. Cette loi est adaptée pour les états de mer limités par la profondeur d'eau, en particulier du fait du déferlement possible des vagues les plus fortes, ce qui est le cas ici.

Compte tenu du fait que le modèle surestime d'environ 9% les hauteurs de vagues sur le secteur d'étude, les valeurs obtenues pour les différentes périodes de retour sont en très bonne cohérence avec celles données par l'analyse du CEREMA.

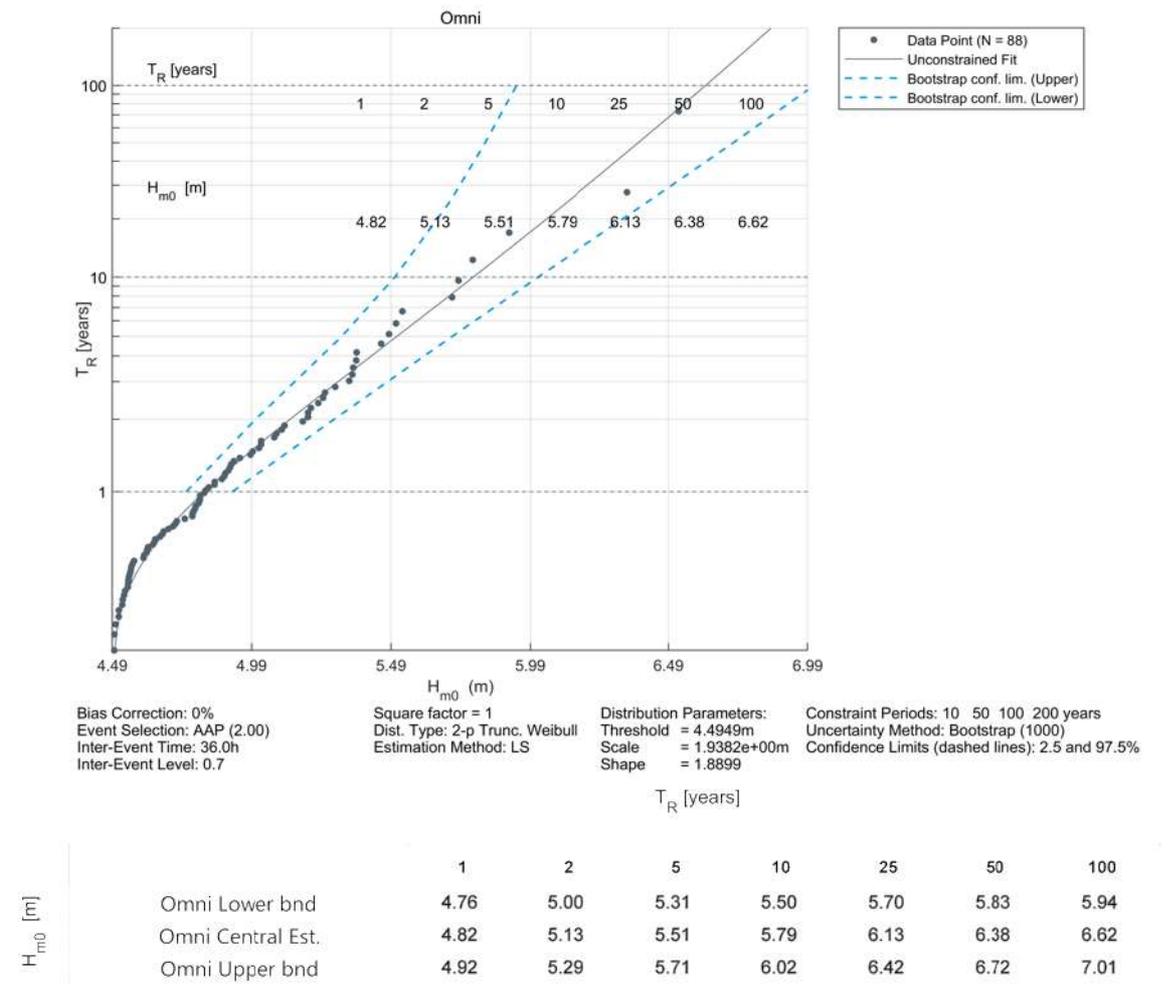


Figure 7.36 Analyse extrême des hauteurs significatives, à partir de la base de données SW_{BZHS}, au point Ile d'Yeu nord

Haut : événements extrêmes sélectionnés pour l'analyse,
 centre : ajustement statistique sur les hauteurs significatives extrêmes,
 bas : tableau des hauteurs significatives extrêmes.



7.3 Probabilités conjointes niveau marin/vagues

En exploitant à la fois les données de vagues et de niveau d'eau issus des modèles SW_{BZHS} et HD_{BZHS} présentés en Section 7.1.5 et en section 7.2.2, une analyse de probabilités conjointes (JPA) niveau marin/hauteur significative de vagues a été réalisée au point P4 de l'île d'Yeu nord (Figure 7.23).

Ces analyses permettent d'obtenir les courbes des événements de période de retour 1 à 100 ans pour les couples Hauteur de vagues (m) – niveau d'eau (m MSL – niveau moyen).

Ces courbes sont présentées sur le graphique ci-dessous.

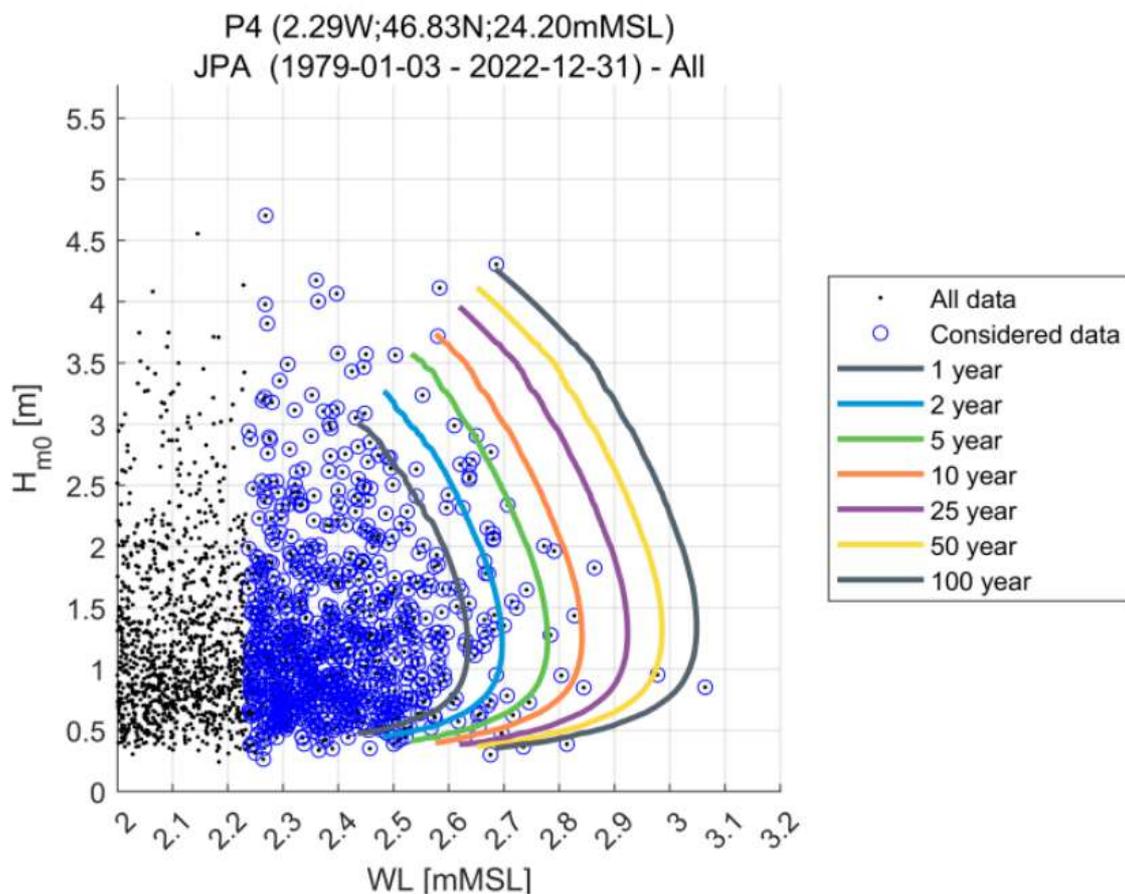


Figure 7.37 : Graphique d'analyse conjointe vague-niveau d'eau au point ile d'Yeu nord (P4) réalisée avec les modèles régionaux SW_{BZHS} et HD_{BZHS}



7.4 Elévation du niveau marin lié au réchauffement climatique

7.4.1 Démarche générale du PPRL

Le guide méthodologique d'établissement des risques littoraux de mai 2014 complète et précise le cadre méthodologique de la circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les PPRL.

Ce guide indique que les Plans de Prévention des Risques naturels Littoraux (PPRL) doivent prendre en compte l'impact actuel et à échéance 100 ans du changement climatique se traduisant par l'élévation du niveau de la mer.

Il indique d'autre part que la détermination des aléas à l'horizon 100 ans se base sur les prévisions du GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), reprises par l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique).

Les hypothèses prises en compte doivent être les dernières disponibles arrêtées par le ministère, en fonction des évolutions de l'avancée des travaux scientifiques en la matière.

7.4.2 Conséquences sur les niveaux extrêmes

Dans ses publications, le CEREMA indique que le changement climatique peut être pris en compte en ajoutant aux estimations des niveaux extrêmes les projections d'élévation moyenne.

Pour une estimation de l'élévation du niveau moyen de la mer lié au changement climatique en dehors des ports prenant en compte l'accélération du phénomène, le CEREMA préconise d'utiliser les estimations du GIEC.

LE CEREMA indique également que pour une période de retour donnée, le niveau d'eau associé augmente dans le temps sous l'effet du changement climatique. **Au niveau mondial et en 2100, les niveaux d'eau centennaux deviendraient des niveaux annuels pour 60 à 80% des sites équipés de marégraphes** (Journées REFMAR 2022, V.Masson Delmote, GIEC).

7.4.3 Circulaire de juillet 2011

La circulaire du 27 juillet 2011 retient l'hypothèse « pessimiste » d'élévation du niveau moyen de la mer recommandée par l'ONERC en 2010 sur la base du rapport du GIEC de 2007 et des scénarios établis par ce dernier : cf. Tableau 7.14.



Tableau 7.14 : Recommandations de l'ONERC de 2010 sur l'élévation du niveau moyen de la mer, en m, à considérer au niveau national.

Hypothèse ONERC	2030	2050	2100
Optimiste	0,10	0,17	0,40
Pessimiste	0,14	0,25	0,60
Extrême	0,22	0,41	1

Cette circulaire retient l'hypothèse d'une augmentation du niveau marin de +60 cm à l'horizon 2100, dont 20 cm sont intégrés directement à l'aléa de référence. Ces deux scénarios sont nommés respectivement T100 CC et T100 par la suite.

Tableau 7.15 : Surcotes marines liées aux conséquences du réchauffement climatique à considérer dans les PPRL, selon la circulaire de juillet 2011.

Scénario	Description	Surcote climatique par rapport à l'aléa de référence
T100	Niveau extrême de pleine mer centennal à l'horizon 2020 avec prise en compte de l'élévation des niveaux marins à court terme	+ 20 cm
T100 CC	Niveau extrême de pleine mer centennal à l'horizon 2100 avec prise en compte de l'élévation des niveaux marins à moyen terme	+ 60 cm

7.4.4 Décret et arrêté du 05 juillet 2019 (décret PPRI)

Le 05 juillet 2019 a été publié le décret n°2019-715 (dit décret PPRI) relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine », ainsi qu'un arrêté relatif à la détermination, qualification et représentation cartographique de l'aléa de référence et de l'aléa à échéance 100 ans s'agissant de la submersion marine dans le cadre de l'élaboration ou de la révision de ces plans.

Selon ces textes et les articles R.562-11-3 et R562-11-5 du Code de l'Environnement :

- une hauteur supplémentaire de 20 cm doit être intégrée afin de tenir compte de l'élévation du niveau moyen de la mer due aux conséquences à court terme du changement climatique ;



- Une marge supplémentaire **d'au moins** 40 cm doit être intégrée à ce niveau moyen de la mer pour prendre en compte les impacts du changement climatique à échéance 100 ans.

A titre informatif, une note d'accompagnement du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES), parue en novembre 2019, précise les modalités d'application du décret PPRI et détaille les éléments constitutifs du décret et de l'arrêté du 5 juillet 2019. Un addenda au guide méthodologique PPRI de 1999 mettant en avant les modifications à intégrer en lien avec le décret PPRI a également été publié en mars 2021 par le MTES.

7.4.5 Evolution des travaux scientifiques

Dans son rapport de 2007, le GIEC projette une élévation du niveau moyen de la mer de 0,18 à 0,59 m pour 2090-2099 par rapport à la période 1980-1999, selon les scénarios étudiés (6 scénarios dans ce rapport). Ainsi l'hypothèse de +60 cm retenue par l'ONERC pour l'élévation à 2100 dans le scénario pessimiste correspond à la plus forte valeur de tous les scénarios étudiés par le GIEC en 2007 (cf. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_fr.pdf).

Dans le rapport de 2013, ces projections du GIEC ont évolué à la hausse avec une plage d'élévation de 0,26 à 0,82 m pour 2081-2100 par rapport à la période 1986-2005, selon les 4 scénarios étudiés : cf. Tableau 7.16. Cette réévaluation est notamment dû à une meilleure prise en compte de l'écoulement dans les océans arctiques et antarctique des glaciers côtiers du Groenland et de l'Antarctique.

Tableau 7.16 : Projections du GIEC de 2013 (AR5) sur l'élévation du niveau moyen de la mer, en m, selon 4 scénarios.

Scénario	2046-2065		2081-2100	
	Plage	Valeur moyenne	Plage	Valeur moyenne
RCP2.6	0,17 à 0,32	0,24	0,26 à 0,55	0,40
RCP4.5	0,19 à 0,33	0,26	0,32 à 0,63	0,47
RCP6.0	0,18 à 0,32	0,25	0,33 à 0,63	0,48
RCP8.5	0,22 à 0,38	0,30	0,45 à 0,82	0,63



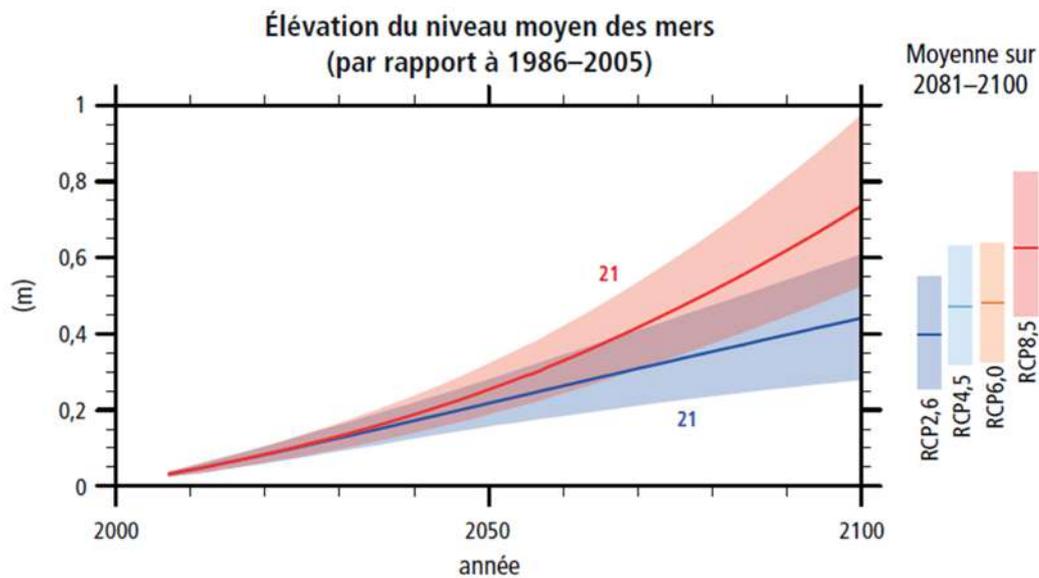


Figure 7.38 : Variation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale pour différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GIEC, 2014).

A noter que dès 2013 sont utilisés par le GIEC les scénarios RCP (Representative Concentration Pathways), qui sont des scénarios de réchauffement représentatifs de l'évolution de la concentration des gaz à effets de serre.

Ces scénarios RCP remplacent les anciens scénarios de 2007 du GIEC. Le scénario RCP comparable au scénario ancien qui a servi de base à l'ONERC pour définir son scénario propre « pessimiste » est le scénario RCP8.5.

(Cf. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf)

Ces projections d'élévation de 2013 ont encore été revues à la hausse pour l'horizon 2100 dans le dernier rapport du GIEC de septembre 2019 sur l'océan, la cryosphère et les changements climatiques.



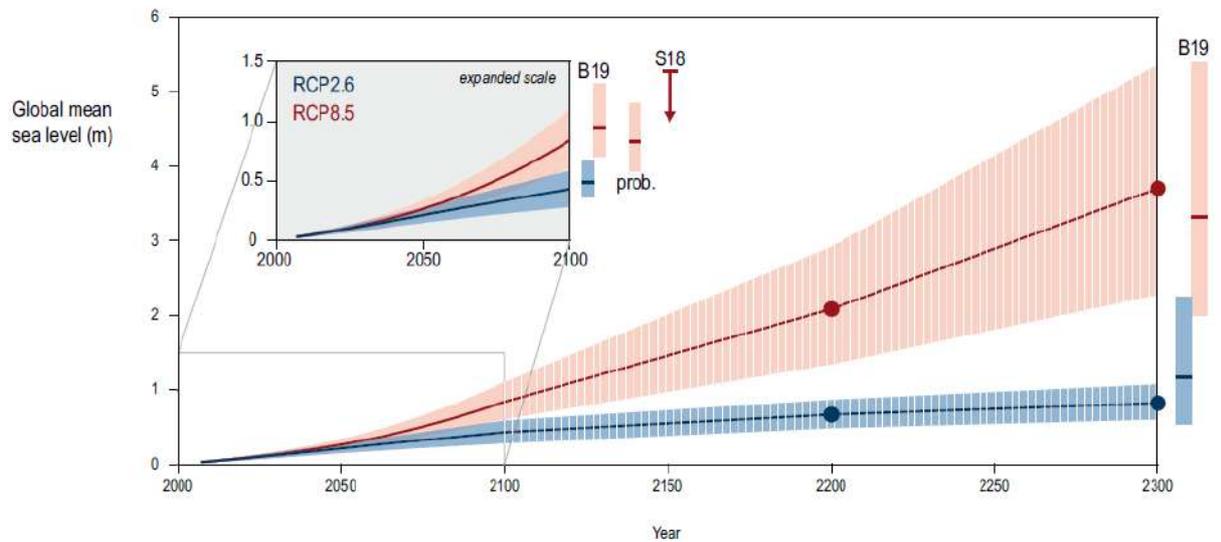


Figure 7.39 : Variation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale pour différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GIEC, 2019).

D'autre part, le GIEC donne des projections pour la période 2031-2050 et pour 2100 : cf. Tableau 7.17.

Le GIEC indique que l'élévation du niveau de la mer s'accélère et que la fonte des glaciers et de la calotte polaire en est maintenant la principale cause. L'évolution du taux d'élévation moyen à l'échelle du globe est le suivant :

- 1,4 mm/an entre 1901 à 1990 ;
- 2,1 mm/an entre 1970 et 2015 ;
- 3,2 mm/an entre 1993 et 2015 ;
- 3,6 mm/an entre 2006 et 2015.



Tableau 7.17 : Révisions et compléments des projections du GIEC en 2019 sur l'élévation du niveau moyen de la mer, en m, par rapport à la période 1995-2014 pour trois scénarios

Scénario	2031-2050		2046-2065		2081-2100		2100	
	Plage	Valeur moyenne	Plage	Valeur moyenne	Plage	Valeur moyenne	Plage	Valeur moyenne
RCP2.6	0,12 à 0,22	0,17	0,17 à 0,32	0,24	0,26 à 0,53	0,39	0,29 à 0,59	0,43
RCP4.5	0,13 à 0,23	0,18	0,19 à 0,34	0,26	0,34 à 0,64	0,49	0,39 à 0,72	0,55
RCP8.5	0,15 à 0,26	0,20	0,23 à 0,40	0,32	0,51 à 0,92	0,71	0,61 à 1,10	0,84

Ainsi, la plus forte valeur d'élévation du niveau moyen de la mer projetée pour la fin du XXIème siècle par le GIEC dans le cadre des scénarios qu'il étudie est passée de 0,59 m en 2007 à 0,71 m en 2019 (valeur moyenne). Dans le rapport de 2019, une projection à 1,10 m au maximum est faite pour 2100.

A noter qu'il existe de fortes incertitudes liées aux trajectoires économiques qui seront prises dans le monde, et donc sur comment évolueront les émissions de gaz à effet de serre et par conséquent la fonte des glaces marines. Le GIEC (et d'autres organismes) imaginent possibles des scénarios nettement plus pessimistes à 2100, avec des valeurs d'élévation dépassant le mètre.

C'est pourquoi à ce jour, les derniers travaux du GIEC concernent de nouveaux scénarios dits « SSP » (Shared Socioeconomic Pathways). Ces scénarios sont davantage représentatifs des trajectoires socio-économiques potentielles. Les scénarios RCP ne sont pas abandonnés mais sont associés à des scénarios SSP, car un niveau d'émission de gaz à effet de serre donné peut correspondre à plusieurs types de développement économiques.

Le GIEC se concentre sur cinq scénarios SSP-RCP principaux (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 et SSP5-8.5) pour assurer un certain recoupement avec les niveaux de forçage radiatif des RCP à l'horizon 2100 : cf. Figure 7.40.

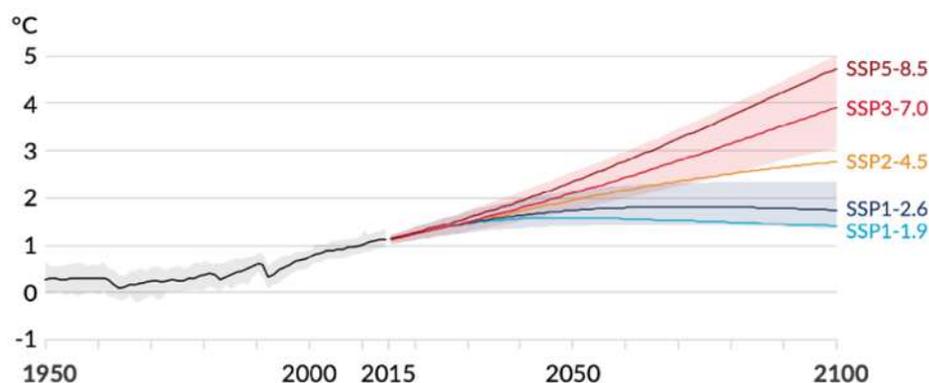


Figure 7.40 : Trajectoires de réchauffement climatique planétaire selon les 5 scénarios SSP-RCP retenus par le GIEC pour les décideurs.



Le scénario SSP2-4.5 est un scénario tendanciel considéré le plus probable, sans variations brutales majeures du rythme d'émissions de gaz à effet de serre.

A titre de comparaison, le scénario SSP5-8.5 est probable entre aujourd'hui et 2050 (prise en compte des échecs des politiques d'atténuation et la continuité des tendances actuelles), mais est peu probable à long terme car sans limite sur les ressources fossiles et minérales et sans prise en compte de la dérive climatique sur les activités humaines (et donc sur les émissions).

La correspondance entre les scénarios RCP et SSP est la suivante :

Tableau 7.18 : Correspondances entre scénarios SSP-RCP et scénarios RCP du GIEC.

Scénario SSP-RCP	Scénario RCP le plus proche	Commentaire
SSP1-1.9	Pas de scénario RCP équivalent	
SSP1-2.6	RCP2.6	Le RCP2.6 induit un réchauffement légèrement plus faible.
SSP2-4.5	RCP4.5	Le scénario RCP6.0 est lui aussi proche du SSP2-4.5, jusqu'à 2050.
SSP3-7.0	Entre le RCP6.0 et RCP8.5	Dans SSP3-7.0, les émissions d'autres GES que le CO2 et d'aérosols sont plus élevées que dans n'importe lequel des RCP
SSP5-8.5	RCP8.5	Le scénario SSP5 est le seul narratif SSP correspondant aux émissions du scénario RCP8.5 en 2100

Les hypothèses d'élévation du niveau marin pour ces scénarios SSP résultent de processus dont la projection est moyennement fiable. Il est introduit des scénarios dits « low confidence » qui prennent en compte un effet potentiellement plus important de fonte des glaces marines qui a une faible probabilité de se produire mais qui ne peut pas être exclu à ce stade.



Il n'existe pas d'étude de l'élévation du niveau de la mer à l'échelle du territoire national. Le CEREMA confie qu'il est possible d'utiliser à ce stade les projections d'augmentation du site de la NASA, [Sea Level Projection Tool – NASA Sea Level Change Portal](#). Ces projections sont déterminées le long du littoral français sur la base des derniers travaux du GIEC pour tous les scénarios SSP-RCP.

Les projections pour le scénario SSP5-8.5 et SSP5-8.5 « Low Confidence » sont fournies pour un point au large au droit de l'île de Noirmoutier : Figure 7.41.

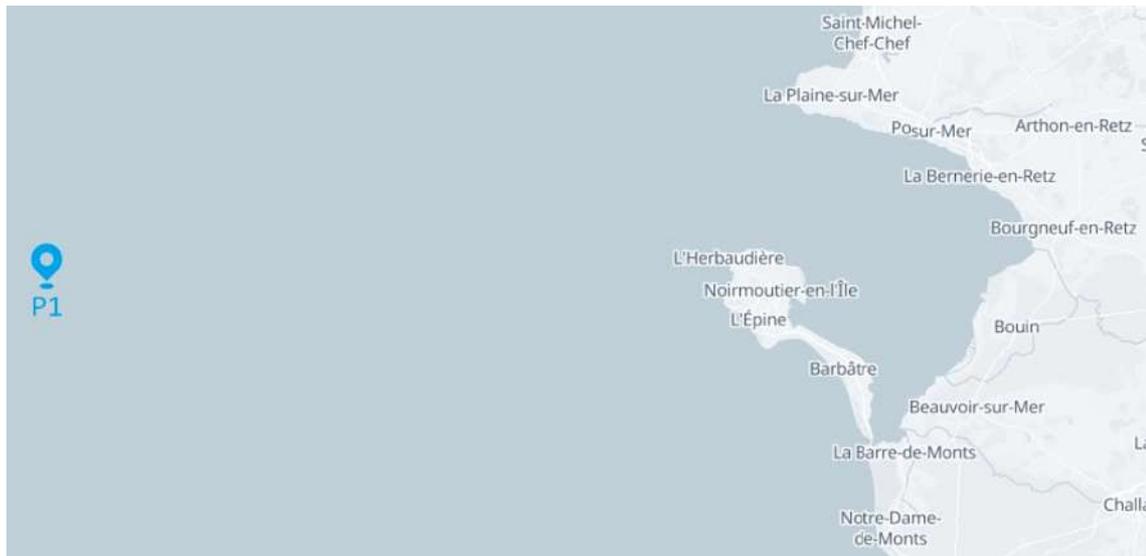


Figure 7.41 : Trajectoires de réchauffement climatique planétaire selon les 5 scénarios SSP-RCP retenus par le GIEC pour les décideurs.

Ces projections sont les suivantes, pour différentes dates. Elles sont égales ou quasiment à celles de la pointe de Saint-Gildas.

Tableau 7.19 : Projections d'élévation du niveau de la mer, en m, pour les scénarios SSP5-8.5 et SSP5-8.5 « Low Confidence » au point long : -3/Lat : 47 au large de Noirmoutier par rapport à la période 1995-2014 fournies sur le site de la NASA sur la base des travaux du GIEC de 2019.

Scénario	2030	2050	2090	2100	2150
SSP5-8.5	0,10 (0,06/0,15)	0,23 (0,15/0,32)	0,59 (0,43/0,83)	0,72 (0,52/1,01)	1,19 (0,76/1,81)
SSP5-8.5 « Low Confidence »	0,10 (0,06/0,15)	0,23 (0,15/0,35)	0,65 (0,43/1,06)	0,82 (0,52/1,29)	1,86 (0,76/5,0)



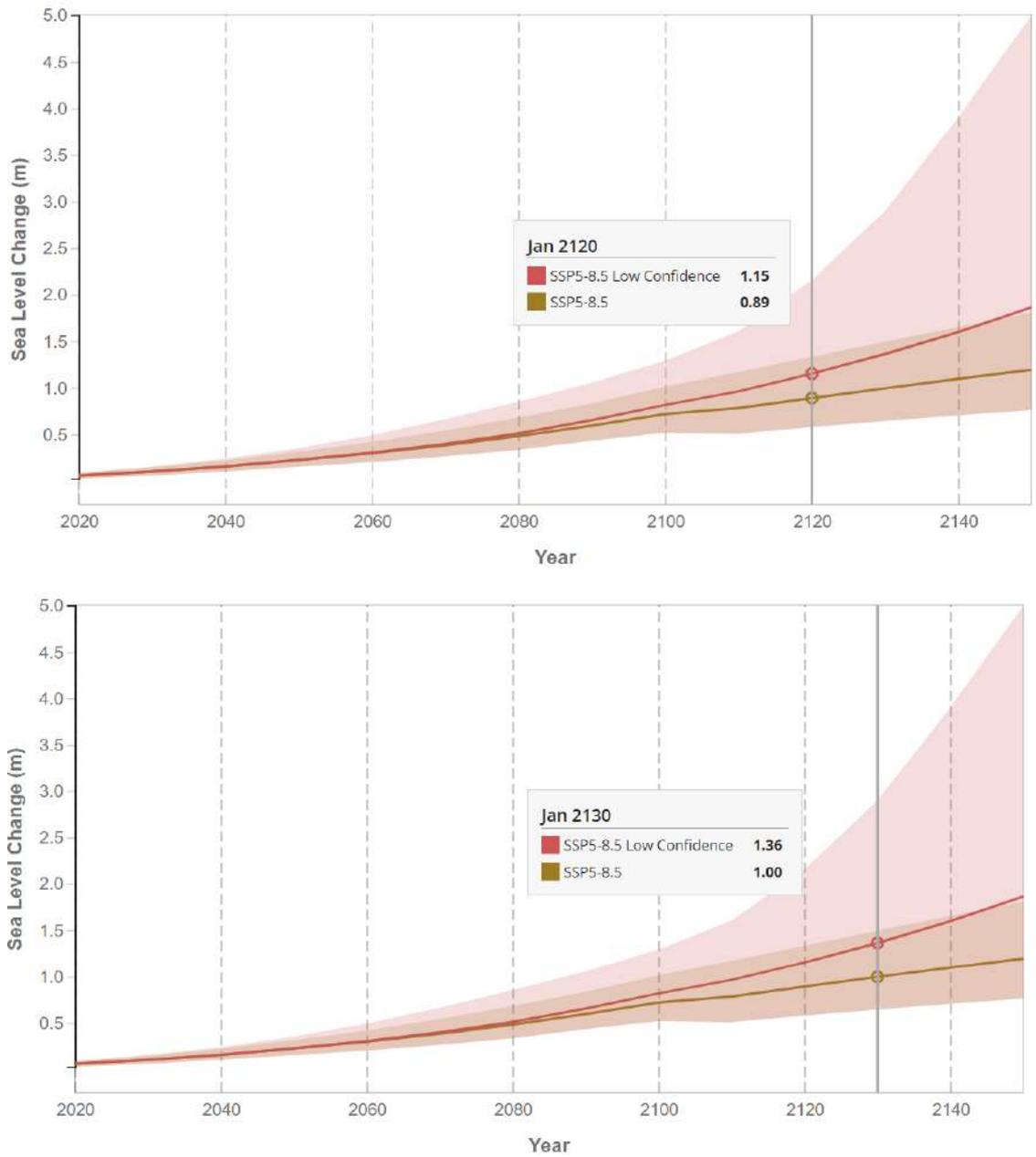


Figure 7.42 : Projections d'élévation du niveau de la mer, en m, pour les scénarios SSP5-8.5 et SSP5-8.5 « Low Confidence » pour 2120 et 2130 au point long :-3/Lat :47 au large de Noirmoutier par rapport à la période 1995-2014 fournies sur le site de la NASA sur la base des travaux du GIEC de 2019.



8 Analyse des systèmes d'endiguement

8.1 Ouvrages et système d'endiguement

Dans le cadre de la phase 1 de l'étude, il est évoqué de nombreux aménagements anthropiques de la côte : épis, quai, enrochement, digue, etc. Ces aménagements sont appelés de façon générique « ouvrage ». Néanmoins, ils recouvrent des objectifs et (protection contre l'érosion, protection contre les inondations) des situations réglementaires diverses.

On distingue généralement trois types d'ouvrages :

- **Les ouvrages classés pour la protection contre les inondations.** Ces ouvrages définis par la CCIN dans le cadre de sa compétence GEMAPI (compétence acquise depuis le 1^{er} janvier 2018) ont un rôle de protection contre les inondations (directement ou indirectement) et ont obtenu une autorisation administrative via la définition d'un **système d'endiguement**. Les engagements d'entretien et de surveillance sont très fort et engagent directement le maître d'ouvrage (la CCIN) ;
- **Les ouvrages ayant une autorisation administrative.** Ces ouvrages ont des buts et des gestionnaires très variés. Du fait, de leurs autorisations administratives, les propriétaires sont responsables des éventuels dommages par rapport au tiers, mais ils ont peu ou pas d'engagement de gestion et d'entretien ;
- **Les ouvrages sans autorisation ou ayant perdus leurs autorisations.** Ces ouvrages souvent implantés pour résoudre un problème d'érosion ponctuel, devrait logiquement être régularisés ou démontés.

Un système d'endiguement fait partie d'un système global de protection contre les inondations, qui intègre l'ensemble des aménagements anthropiques ou des éléments naturels (cordons dunaires, éléments de relief, etc.) qui permettent de lutter contre les inondations. La zone « potentiellement protégée » est le réceptacle de l'inondation en cas de défaillance du système de protection. Cette zone potentiellement protégée est généralement définie comme la zone qui est topographiquement sous le niveau de protection.

Le classement des ouvrages en **système d'endiguement** implique des obligations réglementaires, notamment en ce qui concerne la définition des niveaux de service (Section 8.5), l'étude et la visite et l'entretien des ouvrages et les consignes de gestion et de sécurité. **Le niveau de protection est finalement retenu par le gestionnaire, après la réalisation de l'étude de dangers.** Une fois retenu, ce niveau de protection doit être maintenu par le gestionnaire.

Un système d'endiguement est associé à une **zone protégée définie réglementairement selon le choix du gestionnaire à l'aide des résultats de l'étude de dangers.** L'emprise de la zone protégée est au maximum celle de la zone potentiellement protégée. Elle est laissée au choix final du gestionnaire.



L'ensemble de ces notions est schématisé en figure suivante :

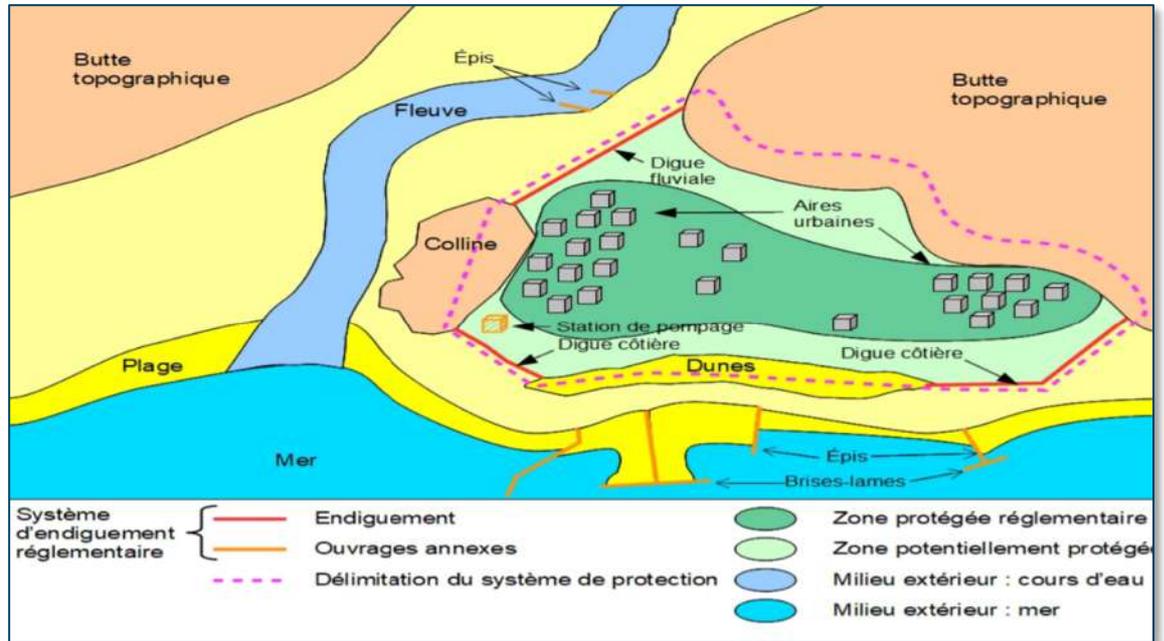


Figure 8.1 : Représentation schématique des notions de système de protection, système d'endiguement et de zones potentiellement protégée et zone protégée (CEREMA).

L'atteinte du niveau de protection au cours d'un évènement marin implique le déclenchement systématique d'un état d'alerte/vigilance du gestionnaire pour la sécurité des personnes dans la zone protégée, et le plus souvent la réalisation d'actions de sa part sur le terrain. C'est pourquoi le gestionnaire a le choix final du niveau de protection et de l'emprise de la zone protégée qui l'engagent.



8.2 Contexte des systèmes d'endigement

L'île de Noirmoutier est protégée des submersions marines par deux systèmes d'endigement déclarés aux sens des articles L181-1 et suivants du code de l'environnement.

Ces deux systèmes d'endigement sont :

1. Le système d'endigement du Cœur de l'Île classé A le 29 juin 2022 (arrêté n°22-DDTM85-440) ; Le système d'endigement du Cœur de l'île est classé A par anticipation des évolutions de population ;
2. Le système d'endigement du secteur Sableaux-Jacobsen, classé B le 29 juin 2022 (arrêté n°22-DDTM85-439).

Le processus de classement comme système d'endigement c'est étalé dans le temps avec :

- Un premier classement comme digue le 30 décembre 2011 de la majorité des ouvrages au sens du décret 2007-1735 sur le classement de digue ;
- Une première étude de danger en 2013 ;
- Un premier dépôt du dossier de système d'endigement le 6 juillet 2021 ;
- Une demande de compléments durant l'instruction reçu le 21 septembre 2021 ;
- Une réception de pièce complémentaire le 10 mai 2022 ;
- Un avis positif du SCOH Pays de la Loire le 25 mai 2022.

Le tableau ci-après reprend les caractéristiques des systèmes d'endigement.

Le système d'endigement de Sableaux-Jacobsen peut être considéré comme simple avec un peu moins de 2 km de digue et 2 tronçons, et 4 ouvrages hydrauliques traversants. Le système d'endigement du Cœur de l'Île est nettement plus complexe avec 30 km de digue et de nombreux éléments connexes : cales, écluses et ouvrages hydrauliques traversants, épis qui servent à la protection. On notera aussi que la protection contre la mer est aussi assurée par des éléments naturels (parfois partiellement renforcés) non classés.



Tableau 8.1 : Caractéristiques des systèmes d'endiguement de l'île de Noirmoutier.

Caractéristique	Cœur de l'île	Sableaux-Jacobsen
Surface protégée	27.7 km ²	1.35 km ²
Niveau de protection	3.05 m IGN69	3.12 m IGN69
Point de référence	Marégraphe Herbaudière	Marégraphe Herbaudière
Population protégée	28 400	4 256
Classe	A	B
Linéaire d'ouvrage	30 500 m	1930 m
Nombre d'ouvrage	38 tronçons	2 tronçons
Nombre d'ouvrage traversant	24 dans l'arrêté / 115 identifiés	4
Autres ouvrages	18 épis, 21 cales	
Commune concernée	Noirmoutier-en-l'Île l'Épine, La Guérinière, Barbâtre	Noirmoutier-en-l'Île
Éléments naturels de fermeture	Cordon dunaire de Barbâtre, des lutins, de Luzérone, Bosse Epine et Eloux	Cordon dunaire des Sableaux

8.3 Localisation et description succincte

Pour les deux systèmes d'endiguement il convient de bien préciser les éléments indiqués dans l'EDD réalisée jusqu'en 2023 et dans les arrêtés régularisant ces systèmes d'endiguement. Les type d'éléments suivants sont indiqués :

- **Les digues classées** découpées en tronçon. Ce sont les ouvrages principaux de la digue qui assurent la protection contre la mer.
- **Les épis classés** situés au droit des tronçons classés (concerne uniquement la digue du Devin et le secteur Guérinière). Ils protègent contre l'érosion des plages ;
- **Les ouvrages traversants classés.** Ce sont normalement tous les ouvrages traversant la digue. On notera que pour le système d'endiguement du cœur de l'île, l'arrêté ne mentionne que 24 ouvrages traversants (les plus grands) sur les 115 cartographiés : Figure 8.3. Les écluses diverses sont incluses dans les ouvrages traversants ;
- **Le cordon dunaire**, élément naturel non classés qui ferme la protection. Ces cordons seront suivis par le gestionnaire de la digue ;



- **Les ouvrages annexes, qui sont des protections du trait de côte ou de cordon dunaire. Ils ne sont pas classés.** Ces ouvrages sont principalement des épis, des perrés en pied de dune et des enrochements. Ces ouvrages étant mentionnés dans l'arrêté, ils font l'objet d'un suivi par le gestionnaire du système d'endigement.

La carte ci-après localise les digues et épis classés. Ces ouvrages sont tous également représentés sur des cartes zoomées. Nota: il n'existe pas de cartographie claire des seuls ouvrages hydrauliques traversants classés mentionnés dans les arrêtés de classement.

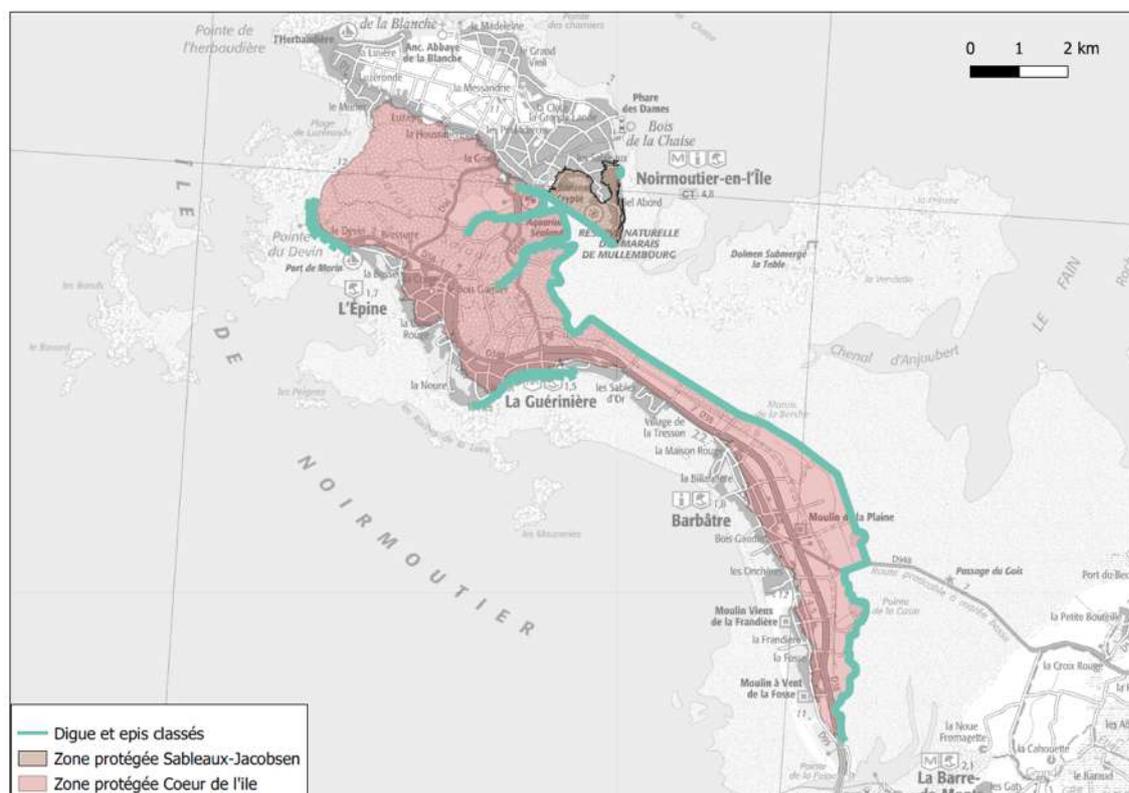


Figure 8.2 : Vue d'ensemble des ouvrages classés en systèmes d'endigement et des zones protégées.

Les ouvrages traversants classés dans le système d'endigement du Cœur de l'île, selon l'arrêté préfectoral de classement, sont regroupés dans le tableau en figure suivante.

Ceux classés dans le système d'endigement Sableaux-Jacobsen d'après l'arrêté préfectoral de classement sont l'Ecluse du Ribandon, le Grand Müllembourg, la Prise du Petit Müllembourg et la Prise de Fort Larron.



Code	Nom de la digue traversée par l'ouvrage	Nom de l'Ouvrage Hydraulique Traversant
M2	Digue de la Grande Rouche	Écluse de la Grande Rouche (ou des 3 Coefs)
M3	Digue de Sébastopol	Écluse du Vide
M4	Digue de Cailla	Écluse de Cailla
M5	Digue de la Berche	Écluse de la Berche
M6	Digue de la Tresson	Écluse de la Tresson
A30		Exutoire Et Devineau
A31		Prise d'eau Et Devineau
A28A		Prise d'eau Et la Godaille
A28B		Exutoire Et la Godaille
-	Digue de la Nouvelle Brille	Chez P'tit Louis
M7		Écluse du Bonhomme
M8		Écluse de la Nouvelle Brille
M9		Exutoire Et Sourbier
M10		Écluse Sourbier
M11		Écluse de la Vache
M12	Digue de Bouclard	Écluse des Châtaigniers
M13		Écluse du Bouclard
S34		Pris de Pré Garnier
M14	Digue de l'Anglée	Écluse des 3 Coefs
M15	Digue de Jubert	Écluse Couteleau
M16	Digue de Brémaud	Prise de Brémaud
M17	Digue du Clouet des Ileaux	Prise du Clouet des Ileaux
M18	Digue des Ileaux	Écluse des Ileaux
M19		Prise des Ileaux

Figure 8.3 : Ouvrages traversants classés dans le système d'endiguement Cœur de l'île, inscrits dans l'arrêté préfectoral de classement.

Le système d'endiguement du Cœur de l'île couvre la grande majorité de l'île. Il est décomposable en 3 secteurs de digue entrecoupés de cordon dunaire ou de point haut.

- Le premier secteur est l'ensemble de la façade Est de l'île avec 26.7 km (soit 89% du linéaire de digue). 7.4 km de digue sont des digues d'étier donc non soumis à la houle ;
- Le secteur Devin avec la digue du même nom. Il présente un linéaire de 1.4 km. Ce secteur est équipé de 10 épis.

Le secteur Guérinière avec 13 tronçons de digue pour un linéaire total de 2.4 km (7% du linéaire total). Ce secteur est équipé de 8 épis.

Sur les zones non classées, il est identifié 15 tronçons de perré et 11 tronçons de plage pour un linéaire total de 16.5 km.



Le système d'endiguement de Sableaux-Jacobsen couvre la façade maritime Est de la commune de Noirmoutier en l'île. Il est décomposable en deux secteurs de digue entrecoupé de cordon dunaire ou d'ouvrage annexe non classés :

- Le premier secteur de 1.8 km couvrant la bordure Sud de la zone protégée (secteur Jacobsen) C'est une digue rectiligne qui finit sur un cordon dunaire
- Le secteur sableaux de 110 m de long en face d'enjeux bâti sur la partie Nord-Est de la zone protégée.

Toute la zone entre ces deux secteurs n'est pas classée malgré la présence de nombreux ouvrages

8.4 Description des ouvrages et travaux réalisés sur ces ouvrages

8.4.1 Ouvrages actuels du système d'endiguement

Les ouvrages des systèmes d'endiguement actuels

Pour chaque tronçon des deux systèmes d'endiguement, il est proposé en annexe du rapport une fiche ouvrage indiquant notamment :

- Une localisation du tronçon (source : Étude de dangers) ;
- Une ou plusieurs photographie (source : Étude de dangers) ;
- Une coupe technique (source : Étude de dangers) ;
- Les caractéristiques générales (source : Étude de dangers) ;
- L'état de l'ouvrage (source : Étude de dangers annexe B4) et les éventuelles évolutions depuis l'EDD basée sur des VTA après l'EDD et une visite de terrain ;
- Les niveaux de services (source : Étude de dangers).

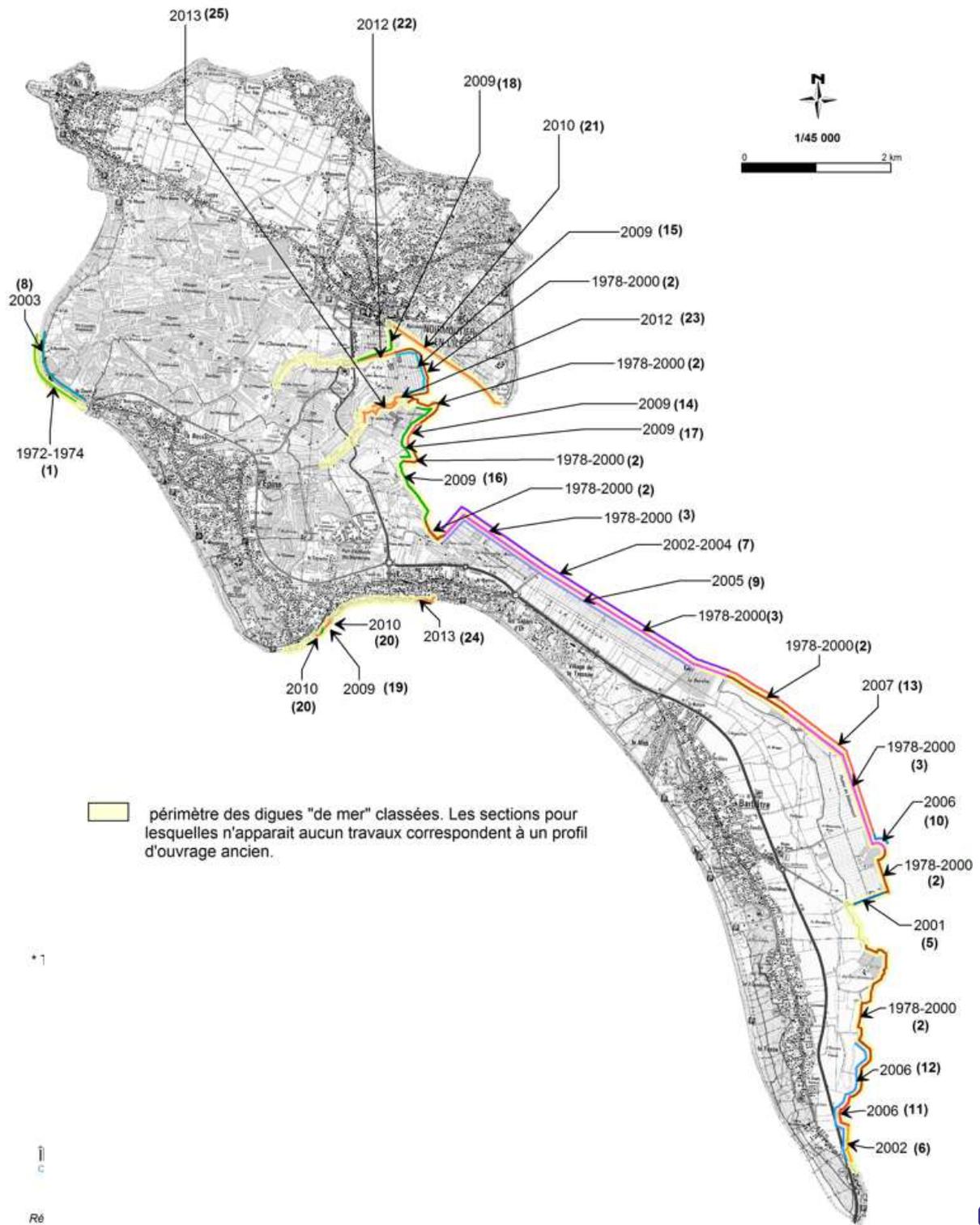
D'après les données de l'EDD, les ouvrages sont globalement dans un état moyennement satisfaisant (84% du linéaire). Le reste des ouvrages est plutôt dans un bon état. Ces ouvrages en bon état sont sur la côte Ouest avec des structures principalement en perré ou béton. Les sections à l'Est en remblai présentent plus de désordres sauf autour du passage du Gois.

Côté Est de l'île, l'objectif des travaux de rehausse sont menés sur les digues pour atteindre une cote de crête (niveau apparent de protection) de 5,05 m IGN69 correspondant au niveau d'eau maximum atteint pendant la tempête Xynthia (Section 10.3.3), 4,20 m IGN69, augmenté de 60 cm d'élévation du niveau marin lié au changement climatique et de 25 cm d'incertitudes (la cote de 5 m IGN6 sera évoquée ci-après par simplification).

Coté anse de la Guérinière, 9 ans de travaux menés de 2009 à 2017 ont consisté à consolider les anciens perrés maçonnés de ce secteur, et à sécuriser les cales avec des batardeaux.



La carte et le tableau suivants synthétisent les travaux réalisés sur les ouvrages classés entre 1970 et 2013 (juillet) par le Sivom, le District et la CCIN sur la base des ouvrages historiques (levée de terre avec parement de pierres sèches ou simple levée de terre pour les berges d'étier). Cet inventaire réalisé par la CCIN ne mentionne pas les opérations d'entretien ou les interventions d'urgence. Ces travaux consistent à renforcer et à rehausser les digues de défense.



N°	ANNEE (ou période)	SECTEUR	NATURE DES TRAVAUX
1	1972-1974	Digue du Devin	Construction de la digue en enrochement.
2	1978-2000	Digues de Grande Rouche, la Plaine, Sébastopol sud, le Bouclard, Terrain Neuf, des Ileaux et du Clouet des Ileaux	Renforcement du parement externe par des enrochements – rehausse.
3	1978-2000	Digues de Sébastopol Nord, la Berche et la Tresson	Renforcement du parement externe par un revêtement béton et mise en place d'un cordon enrochements en pied – rehausse.
4	1978-2000	Digue de la Nouvelle Brille	Renforcement du parement externe en béton – rehausse.
5	2001	Digue du Gois	Reprise complète du parement externe en pierres maçonnées.
6	2002	Digue de Gris Fer (section sud)	Renforcement du parement externe par des enrochements. Reprofilage.
7	2002-2004	Digue de la Berche, la Tresson et Nouvelle Brille	Rehausse et renforcement par construction d'un muret béton en tête de digue (5m NGF).
8	2003	Digue de Devin	Rehausse et renforcement par construction d'un muret béton en tête d'enrochements.
9	2004-2005	Digue de la Tresson, Nouvelle Brille	Renforcement interne par rehausse importante du pied de digue (remblais issus du port de l'Herbaudière).
10	2006	Digue de Sébastopol (Etang du Vide)	Rehausse et renforcement par construction d'un muret béton en tête de digue (5m NGF). Renforcement interne par reprofilage.
11	2006	Digue de Gris Fer (section nord)	Renforcement du parement externe par des enrochements.
12	2006	Digue de Gris Fer / Grande Rouche / la Plaine	Rehausse générale (remblai profilé appuyé sur un cordon d'enrochements en tête de digue).
13	2007	Digues de Sébastopol nord et Cailla	Rehausse et renforcement par construction d'un muret béton en tête de digue (5m NGF).
14	2009	Digue des Ileaux	Renforcement du parement externe en enrochements (section restante).
15	2009	Digue du Terrain Neuf	Rehausse générale et reprofilage interne. Parement externe non modifié.
16	2009	Digues Bremaud-Jubert-l'Anglée	Renforcement général par l'extérieur. Création d'un chemin de pied de digue côté mer (voie bétonnée), parement en enrochement et rehausse générale.
17	2009	Digues des Ileaux et du Clouet des Ileaux	Renforcement interne par rehausse importante du pied de digue.
18	2009	Digue du Boucaud/berge Arceau Nord	Rehausse générale – remblai et parement externe pierres.
19	2009	Perrés de la Guérinière (T1)	Renforcement externe – technique des plaques préfabriquées (béton + pierres) avec soubassement palplanches.
20	2010	Perrés de la Guérinière (T2)	Renforcement externe – technique des plaques préfabriquées (béton + pierres) avec soubassement palplanches.
21	2010	Digue Jacobsen	Renforcement et rehausse générale (5m NGF)
22	2012	Digue Arceau Sud	Rehausse, reprofilage et création d'un parement externe en pierres.
23	2012	Berges des Coefs ("les Retraites")	Rehausse, reprofilage et création d'un parement externe en pierres.
24	2013	Perrés de la Guérinière (T3) section Est.	Renforcement externe, création d'une bèche (palplanches), injection béton
25	2013	Berges des Coefs (partie sud))	Rehausse, reprofilage et création d'un parement externe en pierres.

Figure 8.4 : Historiques des grands travaux réalisés entre 1970 et 2013 sur les ouvrages classés en système d'endiguement (CCIN).

En 2009 et 2010/2011, c'est le perré du Fier qui a été consolidé sur 100 et 230 ml, respectivement, sur le secteur de la Guérinière. En 2013, c'est celui de la Rampe sur 250 ml.





Figure 8.5 : Photos des travaux de consolidation du perré du Fier en 2009 et 2010/2011, en haut et au milieu et du perré de la Rampe en 2013, en bas (CCIN).



Depuis 2013, et notamment depuis l'approbation du PPRL en 2015, on notera les travaux suivants de rehausse à 5 m IGN69 de la crête des digues :

- Rehausse des digues Sud du Gois en 2013/2014 ;
- Rehausse de la digue de Sébastopol Sud en 2014 ;



Figure 8.6 : Photos des travaux de rehausse de la digue de Sébastopol en 2014 (CCIN).

- Réhausse de la digue des Mattes en 2018/2019 ;
- Réhausse de la digue du Gois en 2018/2019 avec construction d'un muret, et intégration d'un batardeau dans ce muret. Un batardeau peut également être ajouté au droit de la RD948 à l'enracinement de la digue du Gois pour compléter cette protection à 5 m IGN69 ;



Figure 8.7 : Photos de la digue du Gois rehaussée par un muret et des batardeaux (janvier 2023).



Depuis 2013, les travaux de consolidation des perrés classés de l'anse de la Guérinière se sont poursuivis :

- Reprise du perré des Homardiens en 2015, sur 200 ml ;
- Reprise du perré du Both en 2016, sur 200 ml ;



Figure 8.8 : Photos des travaux de consolidation du perré du Both en 2016 (CCIN).

- Reprise du perré du fier en 2016 sur les sous-tronçons 1 et 6 ;
- Reprise du Mortrit en 2017, sur 460 ml.



Figure 8.9 : Photos des travaux de consolidation du perré du Mortrit en 2016 (CCIN).



8.4.2 Travaux récents et travaux à venir concernant les systèmes d'endiguement

8.4.2.1 Prolongation du mur des Sableaux

Le mur des Sableaux, sur le secteur du même nom, est équipé de batardeaux à son extrémité Nord actuelle.

Les batardeaux ont été remplacés/améliorés et le mur des Sableaux a été prolongé d'une quinzaine de mètres vers le nord jusqu'à rattraper les terrains hauts.

La régularisation du système d'endiguement de Sableaux-Jacobsen intégrant ces travaux est en cours. Le niveau de protection du système d'endiguement n'est pas modifié, ainsi que le niveau de sûreté du tronçon : Section 8.5.



Figure 8.10 : Photos du mur des Sableaux après travaux (2023).

8.4.2.2 Projet des 3 étiers et rehaussement des digues adjacentes

Le projet des portes anti-submersion prévoit la mise en place de trois portes secteur avec des ouvrages de raccordement aux digues sur les trois étiers de Noirmoutier. L'objectif du projet est de protéger les étiers des niveaux d'eau dépassant le niveau de protection de leurs berges : +3,54 m IGN69 pour l'étier du Moulin, +3,05 m IGN69 pour l'étier de l'Arceau et +3,16 mN IGN69 pour l'étier des Coëfs. Les portes secteur sont effacées dans le radier en situation courante et relevées lors de niveaux d'eau importants attendus (Figure 8.11).

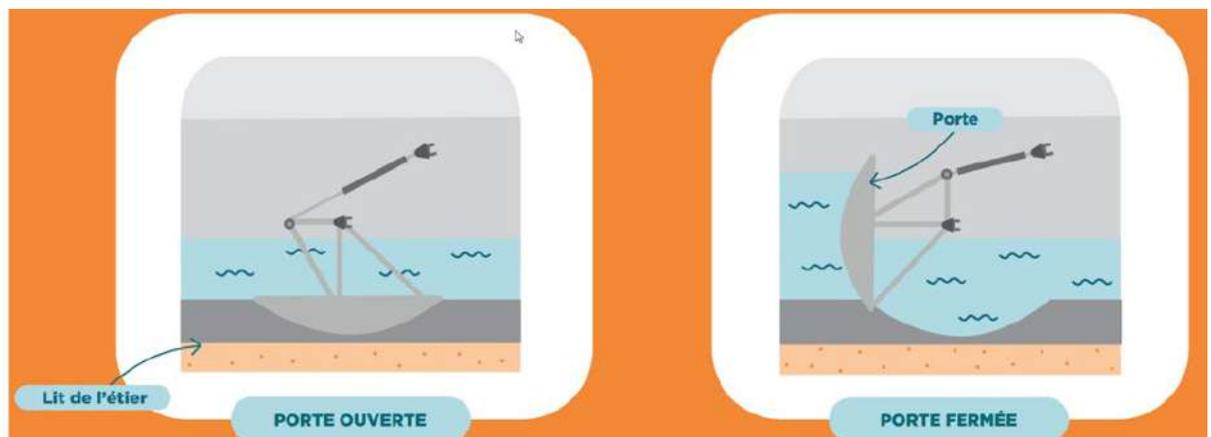


Figure 8.11 Illustration du fonctionnement des portes secteur (CCIN, 2022)



Les dimensions au droit de chaque porte sont les suivantes :

- Moulin : libre passage de 10m de large, cote du radier à -0,6m IGN69 ;
- Coëfs : libre passage de 6m de large, cote du radier à -0.3 m IGN69 ;
- Arceau : libre passage de 6 m de large, cote du radier à -0.3 m IGN69.

Il est également prévu de rehausser les digues de front de mer adjacentes aux 3 portes, à savoir les digues du Boucaud, de Terrain Neuf, et de l'Ileaux aux Coëfs, pour atteindre la côte de 5,05 m IGN69 (+50 à +80 cm par rapport à l'existant).

Les travaux mentionnés dans ce paragraphe ne sont pas encore intégrés au système d'endiguement du Cœur de l'Île qui a fait l'objet de l'étude de dangers récemment menée.

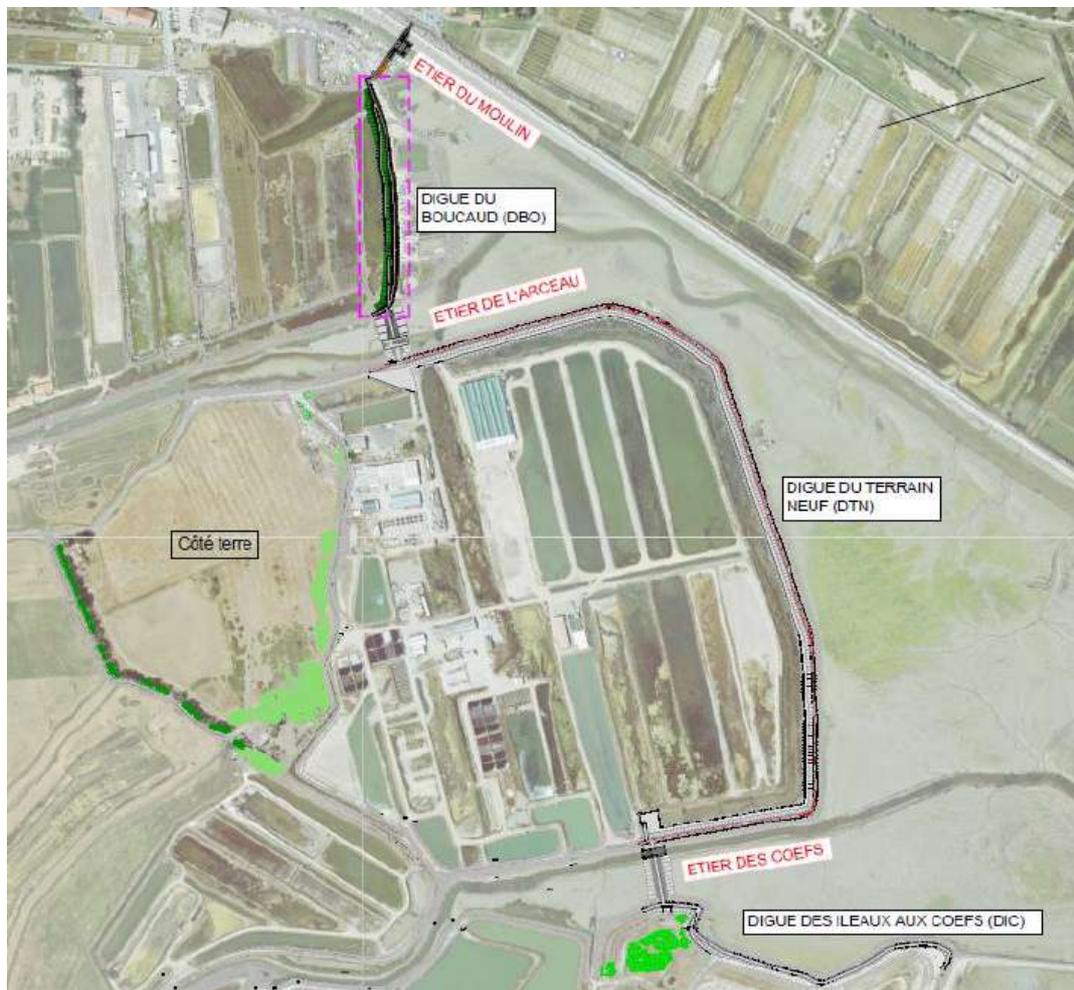


Figure 8.12 Localisation des des digues à rehausser.





Figure 8.13 : Insertion paysagère des trois portes anti-submersion (ARCADIS 2022) :
porte du Moulin, porte de l'Arceau et porte des Coëfs.



8.4.2.3 Travaux du port du Bonhomme

La cale du Port du Bonhomme a été confortée et renforcée par la pose d'enrochements. Pour assurer la continuité de la protection, un muret et un batardeau amovible ont été mis en œuvre au droit de la cale d'accès à l'estran. Le batardeau est fermé lors des alertes météo importantes.

La régularisation du système d'endiguement du Cœur de l'Île intégrant ces travaux est en cours.



8.5 Niveaux de services

Dans le cadre des études de dangers, il est défini 4 niveaux de services :

- **Le niveau de submersion (N_{sub}).** C'est le niveau de crête. Pour un niveau marin supérieur au NPA, à minima l'eau rentre dans la zone protégée. Dans les situations les plus graves, la surverse peut entraîner une rupture. Pour un niveau marin supérieur au N_{sub} , la zone protégée est soumise à des entrées d'eau ;
- **Le niveau de sureté (NS).** C'est le niveau d'eau au-dessus duquel la probabilité de rupture de l'ouvrage n'est plus considérée comme négligeable. Le risque de rupture est considéré négligeable s'il est inférieur à 5%. Il est considéré que pour un niveau marin inférieur au niveau de sureté, le risque d'entrée d'eau est négligeable ;
- **Le niveau de danger (ND).** Le niveau de danger d'un ouvrage correspond au niveau d'eau à partir duquel la probabilité de défaillance est considérée comme très élevée ou certaine., il est égal à une probabilité de brèche de 50 %.
- **Le niveau de protection (NP),** il correspond au niveau à partir duquel des entrées d'eau dans le système doivent être prises en compte. Il est un niveau d'engagement du maître d'ouvrage des digues sur la sécurité des digues. Ce niveau est nécessairement inférieur ou égal au niveau de sureté.

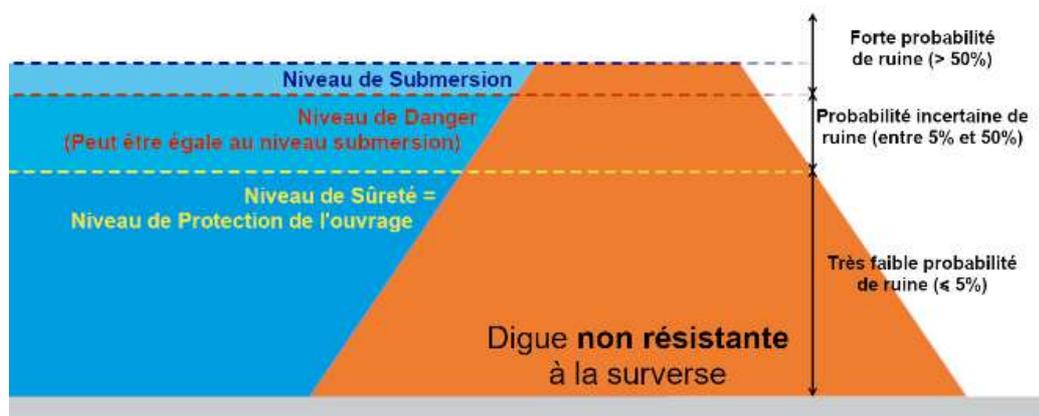


Figure 8.14 : Présentation des niveaux de services d'une digue (France digue).

Pour les deux systèmes d'endigement de Noirmoutier, le document comprend sur chaque tronçon de digue et d'éléments annexes (cordon dunaire, enrochement...) une estimation du niveau de sureté et du niveau de dangers. Il a été fait par le maître d'ouvrage le choix de retenir sur chaque système d'endigement un niveau de protection égal au niveau de sureté minimal des tronçons. Ces niveaux sont :

- 3,05 m IGN69, à l'Herbaudière pour le système d'endigement du Cœur de l'Île ;
- 3,12 m IGN69, à l'Herbaudière pour le système d'endigement Sableaux-Jacobsen.



Les deux tableaux ci-après, indiquent les niveaux de services sur les tronçons de digues issue de l'EDD Il est aussi indiqué, les niveaux calculés sur les tronçons d'ouvrages annexe ou cordon dunaire. Ces éléments annexes sont surlignés en jaune.

De plus, il est indiqué en rouge tous les niveaux inférieurs à 4,2 m IGN69.

Il faut noter que tous les niveaux sont définis en pied d'ouvrage. Il y a quelques centimètres d'écart avec le port de référence. **Enfin, il faut noter que sur les ouvrages annexes, les niveaux de services sont définis au jour de l'étude de dangers et le maître d'ouvrage ne s'engage pas sur la pérennité des niveaux contrairement aux digues classées.**



Nom du tronçon	Niveau de submersion (m NGF)	Niveau de sureté minimum (m NGF)	Niveau de sureté maximum (m NGF)	Mode de défaillance critiques (m NGF)	Niveau de dangers (m NGF)
Perré de la Fosse	5.54	4.4	5.44	Surverse	
Digue Gris de Fer	4.46	4.26	4.26	Surverse	
Digue de la Grande Rouche	5	4.45	4.9	Franchissement	
Digue de la Plaine sud	5	4.45	4.9	Surverse	
Digue de la Casie	5.1	4.45	5	Surverse	
Digue des Mattes	5.1	4.44	4.77	Erosion interne	
Digue du Gois	5	4.43	4.9	Surverse	
Digue de Sébastopol	5.14	4.33	4.93	Erosion interne	
Digue de Cailla	4.88	4.32	4.78	Surverse	
Digue de la Berche	5	4.31	4.9	Surverse	
Digue de la Tresson	4.96	4.17	4.63	Erosion interne	
Digue de la Nouvelle Brille	4.1	3.92	3.92	Franchissement	3.92
Digue du Bouclard	5	4.14	4.9	Surverse	
Digue de l'Anglée	4.5	4.14	4.14	Franchissement	
Digue de Jubert	4.56	4.12	4.38	Erosion interne	
Digue de Bremaud	4.5	4.1	4.4	Surverse	
Digue du Clouet des Ileaux	4.11	3.88	3.88	Franchissement	3.91
Digues des Ileaux	4.02	3.87	3.87	Franchissement	3.89
Berges de l'étier des Coefs	3.36	3.16	3.16	Surverse	3.36
Terrain Neuf	4.33	3.8	3.8	Erosion interne	4.23
Berges de l'étier de l'Arceau	3.2	3	3	Surverse	3.2
Digue de Boucaud	4.38	3.82	3.82	Erosion interne	4.28
Port de Noirmoutier	3.64	3.54	3.54	Surverse	3.64
Perré des lutins	3.31	3.77	9.9	Surverse	
Plages des lutins	4.86	3.76	9.9	Surverse	
Plage du Luzeronde	3.73	3.78	9.9	Surverse	
Perré bas de l'Homme	4.8	3.61	9.9	Franchissement	3.82
Perré de sénégalais	4.8	3.6	9.9	Franchissement	3.81
Digue de Devin - tronçon 1	4.38	3.6	3.60	Franchissement	3.6
Digue de Devin - tronçon 2	5.37	3.6	3.60	Franchissement	3.83
Digue de Devin - tronçon 3	5	3.85	3.85	Franchissement	4.12
Plage de la Cabane	10.6	4.23	10.50	Surverse	
Perré de Saint-Jean	5.8	4.2	4.33	Franchissement	
Plage de Saint Jean	9	4.19	8.90	Surverse	
Perré de la Martinière	6	4.21	5.90	Surverse	
Plage de l'Océan	11.5	4.18	4.18	Erosion dune	
Perré de la Mougenderie	6.7	4.20	6.6	Surverse	



<i>Perré des Eloux</i>	6.2	4.20	6.10	<i>Surverse</i>	
<i>Plage des Eloux</i>	8.4	4.20	8.30	<i>Surverse</i>	
Perré du Fier - tronçon 1	4.78	3.99	3.99	Franchissement	4.33
Perré du Fier - tronçon 2	5	4.20	4.33	Franchissement	
Perré du Fier - tronçon 3	5.22	4.20	5.12	Surverse	
Perré du Fier - tronçon 4	5.41	4.20	5.31	Surverse	
Perré du Fier - tronçon 5	5.2	4.20	5.1	Surverse	
Perré du Booth	4.03	3.49	3.49	Franchissement	3.76
Perré des Homardiens ST7	4.95	4.22	4.36	Franchissement	
Perré des Homardiens ST8	4.95	4.22	4.36	Franchissement	
Perré de La Cantine	5.7	4.25	5.6	Surverse	
Perré de La Cantine dunaire	5.5	4.26	5.4	Surverse	
Perré de Bon secours ST1	5.5	4.26	5.4	Surverse	
Perré de la Rampe ST2	4.69	3.81	3.81	Franchissement	4.06
Perré de la Rampe ST3	4.69	4.27	4.4	Franchissement	
<i>Plage</i>	7.7	4.29	7.6	<i>Surverse</i>	
<i>Perré bas de la Court</i>	7.3	4.29	7.2	<i>Surverse</i>	
<i>Plage</i>	6.9	4.27	4.27	<i>Erosion dune</i>	
<i>Perré bas de la Sourderie</i>	8	4.26	7.9	<i>Surverse</i>	
<i>Plage de Barbâtre</i>	10.6	4.28	10.5	<i>Surverse</i>	
<i>Perré bas des sables d'Or Nord</i>	10	4.30	9.9	<i>Surverse</i>	
<i>Perré bas des sables d'Or Sud</i>	10.8	4.29	10.7	<i>Surverse</i>	
<i>Perré bas de la Tresson Nord</i>	11	4.28	10.9	<i>Surverse</i>	
<i>Perré bas de la Tresson Nord</i>	10.9	4.27	10.8	<i>Surverse</i>	
<i>Plage de Barbâtre</i>	11.6	4.31	11.5	<i>Surverse</i>	

Figure 8.15 : Niveaux de services des ouvrages du système d'endiguement Cœur de l'île. Les cases surlignées en jaune sont des sections non classées. Les niveaux en rouge sont ceux inférieurs à 4,20 m IGN69.

Sur le système d'endiguement du Cœur de l'île, l'estimation des niveaux de services montre :

- Que le secteur Sud-Est présente des niveaux de sureté supérieur à 4.2 m IGN69 ;
- Que le secteur Nord-Ouest est le plus critique des secteurs notamment à proximité du secteur des 3 étiers avec des risques de surverse dès un niveau de 3 à 3.5 m IGN69 ;
- Que le secteur de la digue du Devin est fortement soumis à la houle avec des risques de franchissement pour des niveaux marins de 3.6 m IGN69 alors que la crête de digue est 1 m au-dessus du niveau marin ;
- Le risque du secteur Ouest, les niveaux de sureté sont plutôt assez hauts sauf sur quelques ouvrages ponctuels : perré du Fier, du Both et de la Rampe.



Nom du tronçon	Niveau de protection apparent (m IGN69)	Niveau de sureté minimum (m IGN69)	Niveau de sureté maximum (m IGN69)	Mode de défaillance critiques (m IGN69)	Niveau de dangers (m IGN69)
Digue Jacobsen - tronçon 1	4.98	4.07	4.46	Erosion interne	
Digue Jacobsen - tronçon 2	5.00	4.07	4.90	Surverse	
Digue de fort Larron	2.67	3.2	3.2	Surverse	3.40
Plage des Sableaux	3.40	4.01	4.01	Surverse	
Perré ancien des Sableaux	4.67	3.97	3.97	Franchissement	4.20
Perrés de Sableaux	3.6	3.5	3.50	Surverse	3.60
Plage des Sableaux 2	4.18	4.05	4.08	Surverse	
Mur des Sableaux	5.00	4.03	4.90	Franchissement	
Plage des Sableaux 3	5.41	4.02	5.31	Erosion interne	

Figure 8.16 : Niveaux de services des ouvrages du système d'endiguement Sableaux-Jacobsen. Les cases surlignées en jaune sont des sections non classées. Les niveaux en rouge sont ceux inférieurs à 4,20 m IGN69.

Sur le système d'endiguement de Sableaux-Jacobsen, le niveau de sureté minimum varie autour de 4 m IGN69 sauf sur deux tronçons d'ouvrages annexes.

Le graphique ci-après montre l'évolution de la proportion du linéaire de digue concernée par des défaillances pour chaque niveau marin. Les deux systèmes d'endiguement sont rassemblés et il n'est considéré que les digues classées. Ce graphique montre que pour un niveau en pied d'ouvrage de 3.5 m IGN69, plus de 20% du linéaire sont concernés par des risques de rupture significatif (Niveau de dangers). A 4.00 m IGN69, sur presque 50% du linéaire le niveau de sureté est dépassé et sur 40% du linéaire le niveau de dangers est dépassé. A partir de 4.5 m IGN69, plus de 50% des digues sont surversées et presque 100% du linéaire présente un risque de rupture supérieur à 5%

Remarque : les proportions sont légèrement surestimées car le risque de défaillance d'un tronçon est basé sur le risque du point bas.

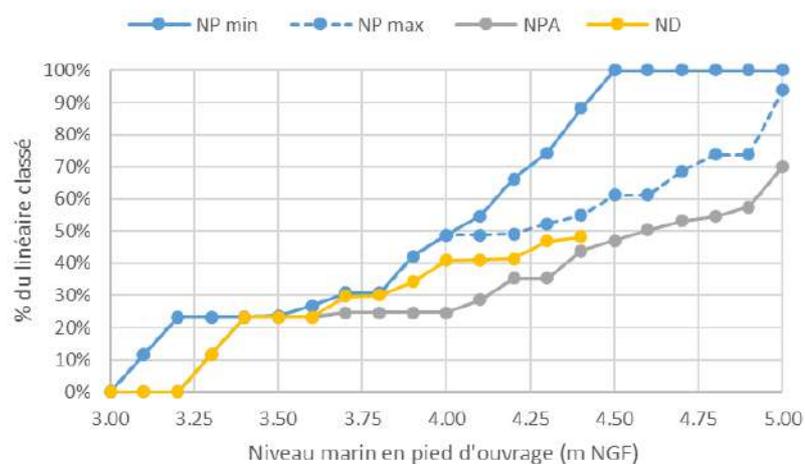


Figure 8.17 : Evolution de la proportion du linéaire de digue concernée par des défaillances pour chaque niveau marin.



8.6 Travaux de fiabilisation

Le projet des trois étiers a deux conséquences sur le système d'endiguement :

- Une réduction importante du linéaire de digue. Ainsi il est attendu une réduction du linéaire de 7.4 km environ, soit près de 25% du linéaire ;
- Une augmentation du niveau de protection à 3.49 m IGN69 au pied du perré du Both.

Le graphique précédant a été repris en enlevant les tronçons de digue qui seront fermés. On observe une évolution des niveaux de service avec uniquement 30% du linéaire concerné par un risque de rupture significatif (> 5%) pour un niveau marin de 4.2 m IGN69

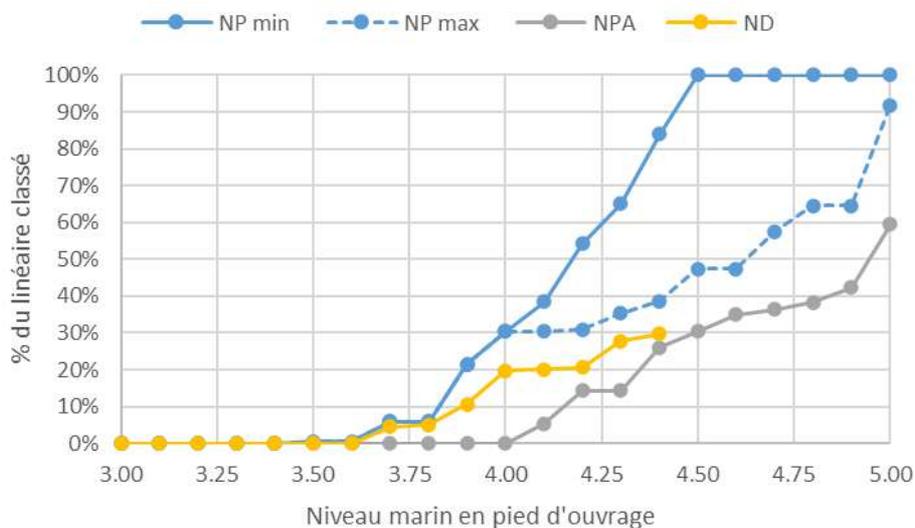


Figure 8.18 : Evolution de la proportion du linéaire de digue concernée par des défaillances pour chaque niveau marin en prenant en compte le projet des trois étiers.

8.7 Scénarios de défaillance joués dans le cadre des études de dangers

8.7.1 Cadre réglementaire

Le tableau ci-après indique les scénarios de défaillance qui doivent être réglementairement définis et étudiés dans le cadre des études de dangers.

Il sera surtout détaillé par la suite le scénario 3, qui a été mis en œuvre pour un niveau marin de 3.5 m IGN69 à l'Herbaudière.



Scénario	Niveau marin au lieu de référence	Défaillance	Risque résiduel de rupture
S1	Niveau de protection	Non	Choix du maître d'ouvrage dans la limite maximale de 5%
S2	Niveau de protection	Fonctionnelle uniquement (dispositif de régulation)	
S3	Niveau de danger	Structurale (brèches)	De l'ordre de 50 %
S4 (facultatif)	Aléa de référence du PPRI(L) s'il existe	Application de l'aléa (hauteur d'eau et dynamique) résultant de l'effet de la brèche la plus défavorable pour chaque point du système d'endiguement nonobstant le niveau de protection assuré par le SE.	

Figure 8.19 : Définition des scénarios de défaillance réglementaires à étudier dans le cadre des études de dangers.

8.7.2 Définition des brèches

Il a été défini dans l'étude de dangers 35 brèches pour le scénario 3 dont 32 sur les digues classées, 2 sur la digue en retrait de Sébastopol (brèches n°32 et 33) et 1 sur les ouvrages non classés des Sableaux (brèche n°25).

Les brèches présentent les caractéristiques suivantes :

- 50 m de large ;
- Arasement jusqu'au terrain naturel ou la berme si elle existe ;
- Initiation entre 1h avant la pleine mer et la pleine mer ;
- Brèches instantanées.

La localisation des brèches est définie selon trois critères :

- Le résultat du calcul issu de l'analyse de risque (dépassement du niveau de protection) ;
- L'historique du site (même si des confortements ont eu lieu) ;
- Les observations des VTA.

Le tableau ci-après présente les brèches sur le secteur et l'origine de la brèche en fonction des trois critères précédemment définis.



Tableau 8.2 : Brèches retenues dans les scénarios des études de dangers.

Nom de la digue	Brèche	N°	Source
Digue Gris de Fer	1	15	Historique
Digue de la Grande Rouche	1	20	Historique
Digue de la Plaine sud	1	1	
Digue de la Casie	1	26	
Digue des Mattes	1	8	Historique
Digue du Gois	1	21	Historique
Digue de Sébastopol	3	2,9 et 34	Historique
Digue de Cailla	1	27	Historique
Digue de la Berche	1	16	Historique
Digue de la Tresson	1	10	Historique
Digue de la Nouvelle Brille	2	3 et 22	Historique
Digue du Bouclard	0		Historique
Digue de l'Anglée	1	28	Historique
Digue de Jubert	1	17	Historique
Digue de Bremaud	1	11	Historique
Digues des Ileaux	1	29	Historique
Berge de l'étier de coeffs	2	4 et 23	ND dépassé
Terrain Neuf	1	12	Historique
Berges de l'étier de l'Arceau	3	18,24 et 30	ND dépassé
Digue de Boucaud	0		
Port de Noirmoutier	1	5	ND dépassé
Digue de Devin - tronçon 1	1	35	ND dépassé
Perré des Homardiens ST7	1	7	
Perré des La Cantine	1	14	
Digue Jacobsen - tronçon 1	1	6	
Digue Jacobsen - tronçon 2	2	13 et 19	



8.7.3 Scénario hydraulique

Les 35 brèches du scénario 3 n'ont pas été simulées de façon concomitante. Il a été défini 6 scénarios hydrauliques définis ci-après.

Tronçon	Ouvrage	Scénario 3					
		S3-1-1	S3-1-2	S3-1-3	S3-1-4	S3-1-5	S3-1-6
E01	Digue Gris Fer			X			
E02	Digue de la Grande Roche				X		
E03	Digue de la Plaine Sud	X					
E04	Digue de la Casie					X	
E05	Digue des Mattes		X				
E06	Digue du Gois				X		
E07	Digue de Sébastopol	X					2x50m digue seconde
E07	Digue de Sébastopol		X				
E08	Digue de Cailla					X	
E09	Digue de la Berche			X			
E10	Digue de la Tresson		X				
E11	Digue de la Nouvelle Brille	X			X		
E13	Digue de l'Anglée					X	
E14	Digue de Jubert			X			
E15	Digue de Bremaud		X				
E17	Digues des Ileaux					X	
E18	Berges de l'étier des Coëfs	X			X		
E19	Terrain Neuf		X				
E20	Berges de l'étier de l'Arceau			X	X	X	
E22	Berges de l'étier du Moulin (Port)	X					
O03-01	Digue du Devin - tronçon 1						X
O19-01	Perrés des Homardiens - Fier ST7	X					
O20-02	Perré de la Cantine - Zone dunaire		X				
E23-01	Digue de Jacobsen - tronçon 1	X					
E23-02	Digue de Jacobsen - tronçon 2		X				
E23-03	Digue de Fort Larron			X			
N03	Perré des Sableaux				X		
N05	Mur des Sableaux					X	

Figure 8.20 : Scénarios hydrauliques définis dans les études de dangers.



Le graphique suivant indique la zone inondable cumulée des scénarios hydrauliques.

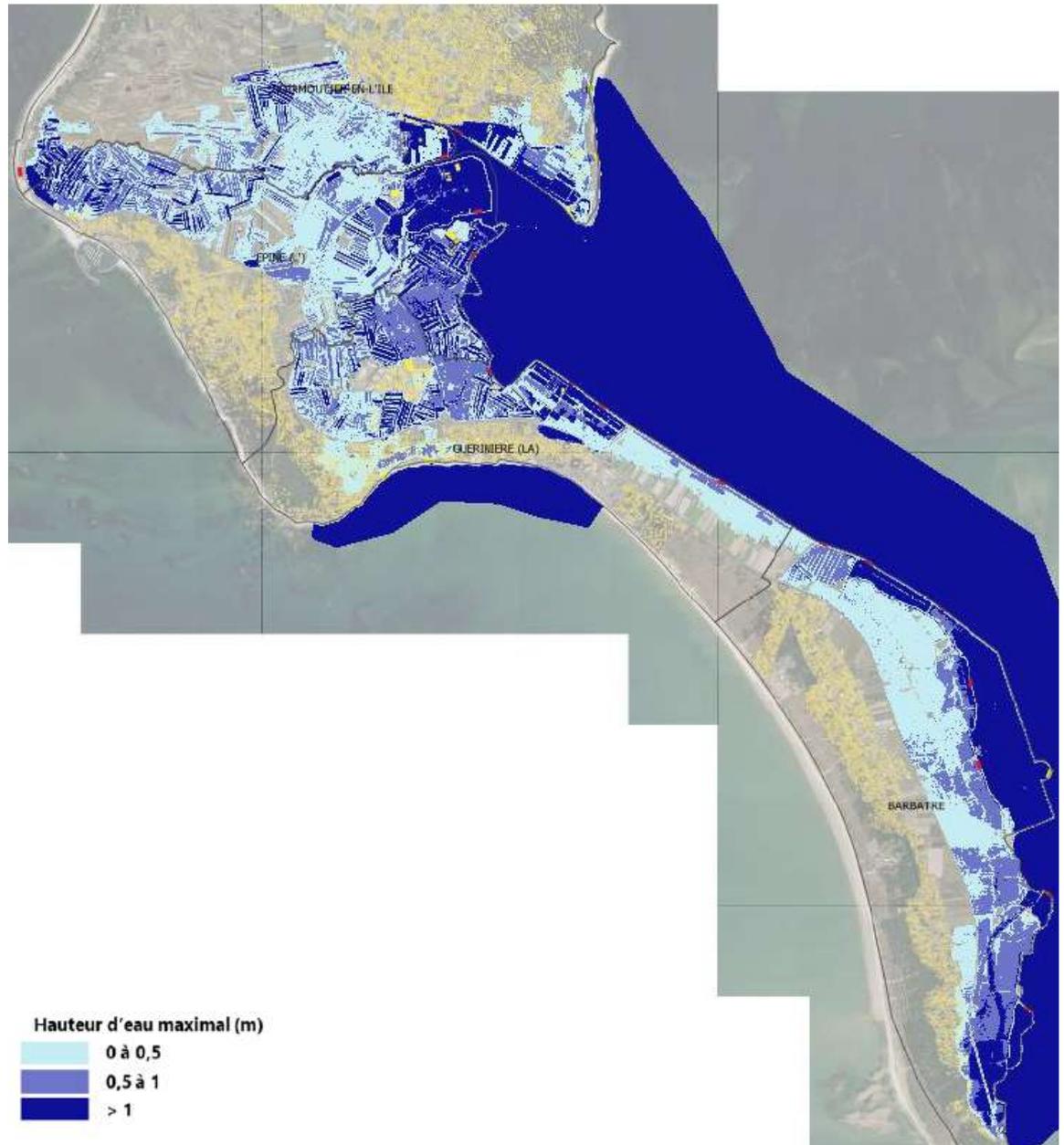


Figure 8.21 : Scénarios hydrauliques définis dans les études de dangers.



L'analyse des scénarios de façon individuelle montre :

- Une forte structuration de la zone inondable par les remblais et casiers dans la zone protégée. Parmi les remblais les plus importants, il est possible de citer : la RD 38 qui traverse l'île dans l'axe Nord/sud, la digue seconde de Sébastopol, la RD 948 qui mène au passage du Gois, la RD 95 qui traverse l'Épine ;
- La criticité de certains scénarios de brèches. En effet, les brèches sur le perré des Homardières, de la cantine ou des sableaux provoquent des inondations sur une population importante (> 100 personnes). À l'opposé, les brèches sur les digues suivantes : ruche, Gois, Cailla, Tresson ou Jubert, induisent moins de 10 personnes en zone inondable.

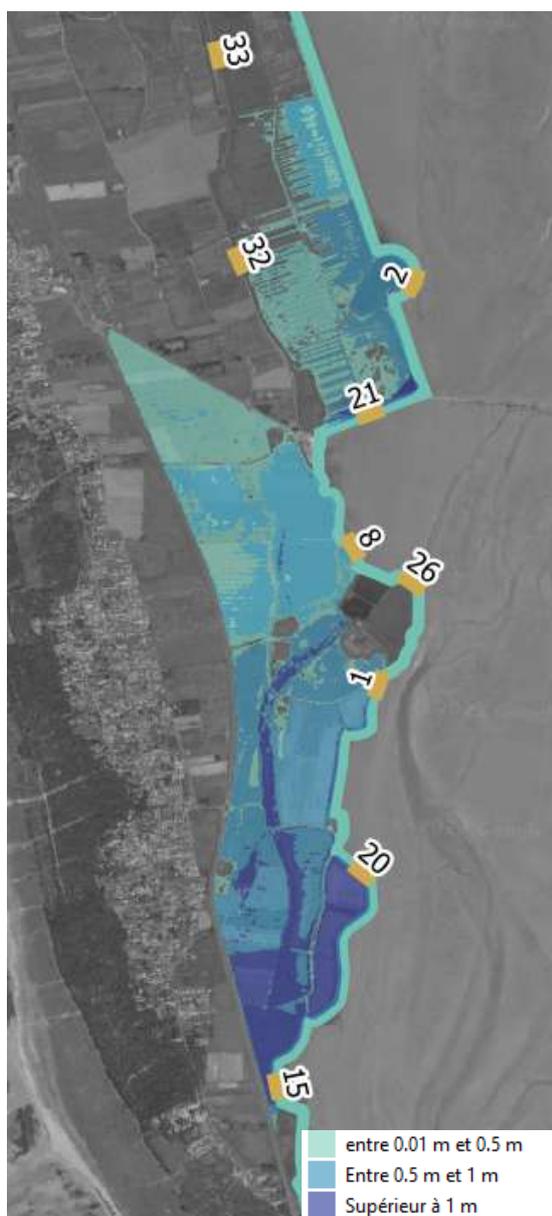


Figure 8.22 : Zone inondée pour le scénario 3-4.



8.8 Description succincte des ouvrages hors système d'endiguement

8.8.1 Croisement des zones basses et des ouvrages présents

La carte ci-dessous issue du chapitre 2, montre l'ensemble des ouvrages présent sur le littoral de l'île de Noirmoutier. La majorité des ouvrages sont classés dans les systèmes d'endiguements, ou à minima inclus comme éléments annexes comme sur la Martinière, les Eloux ou la dune de Barbâtre. Ces ouvrages ont été présentés précédemment.

Il y a aussi plusieurs ouvrages qui sont associés à de la protection de trait de côte car sans points bas à proximité immédiate. Cela concerne particulièrement la pointe Saint-Pierre, l'Herbaudière et la pointe de la Fosse. Ces ouvrages ne sont pas analysés ici car ils ne jouent pas un rôle de protection contre les inondations.

Il reste néanmoins, 4 secteurs avec des ouvrages avec un point bas en aval. Sur ces 4 secteurs les ouvrages peuvent avoir directement ou indirectement un rôle de protection contre les inondations. Ces 4 secteurs sont :

- A, le secteur de la Clère ;
- B, le secteur du vieil ;
- C, le secteur de la Blanche ;
- D, Pointe de la Loire.

Ces 4 secteurs sont présentés ci-après sur la base des éléments techniques existants.



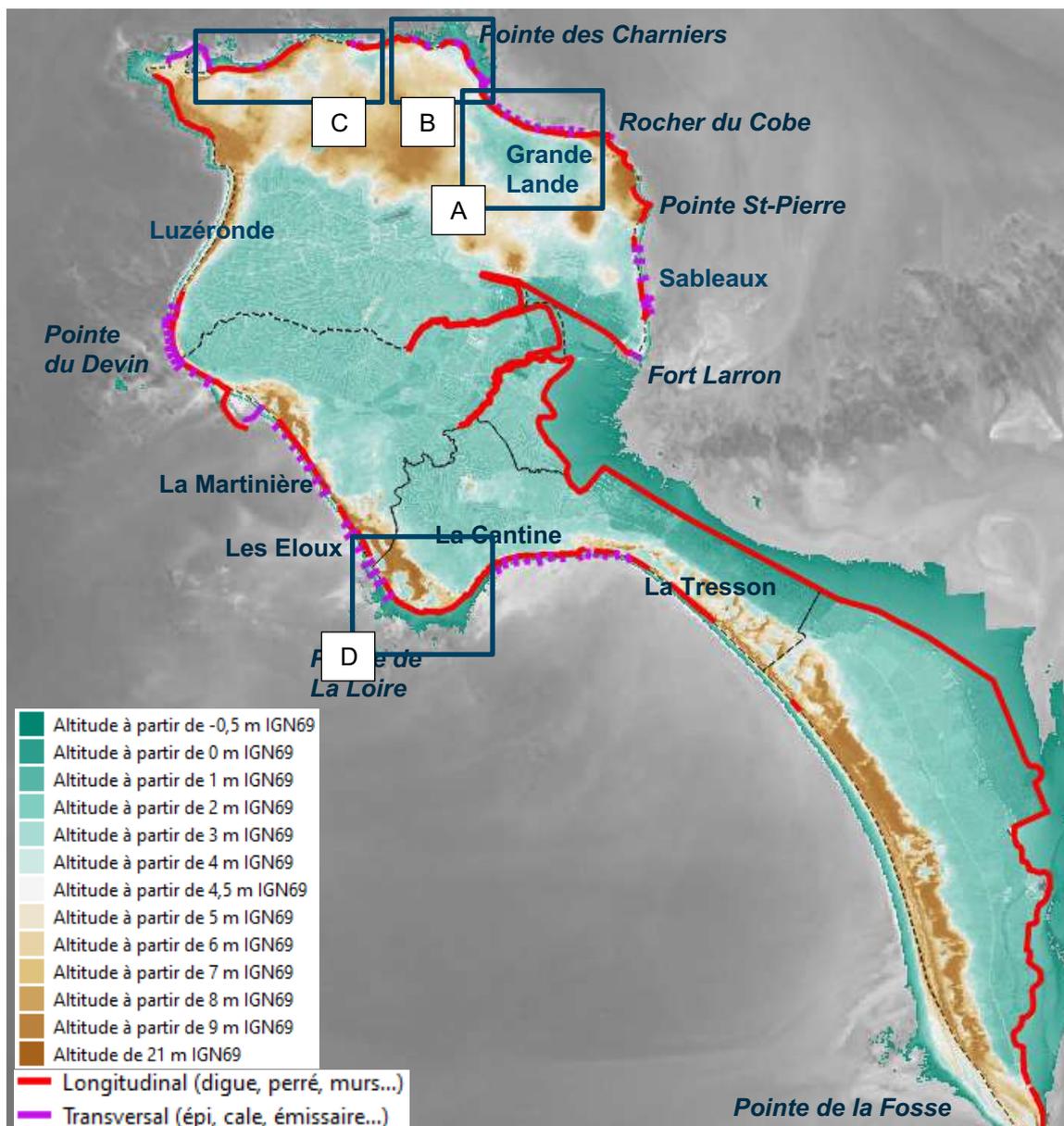


Figure 8.23 : Localisation des ouvrages de protection contre la mer (CCIN) et topographie d'ensemble de l'île de Noirmoutier (PCRS, 2022).

8.8.2 Secteur de la Clère

Les ouvrages présents sur ce secteur ont été partiellement étudiés dans l'étude de dangers de l'île de Noirmoutier, mais n'ont pas été retenus comme système d'endiguement. Les éléments ci-après sont issus de l'analyse technique de l'EDD.



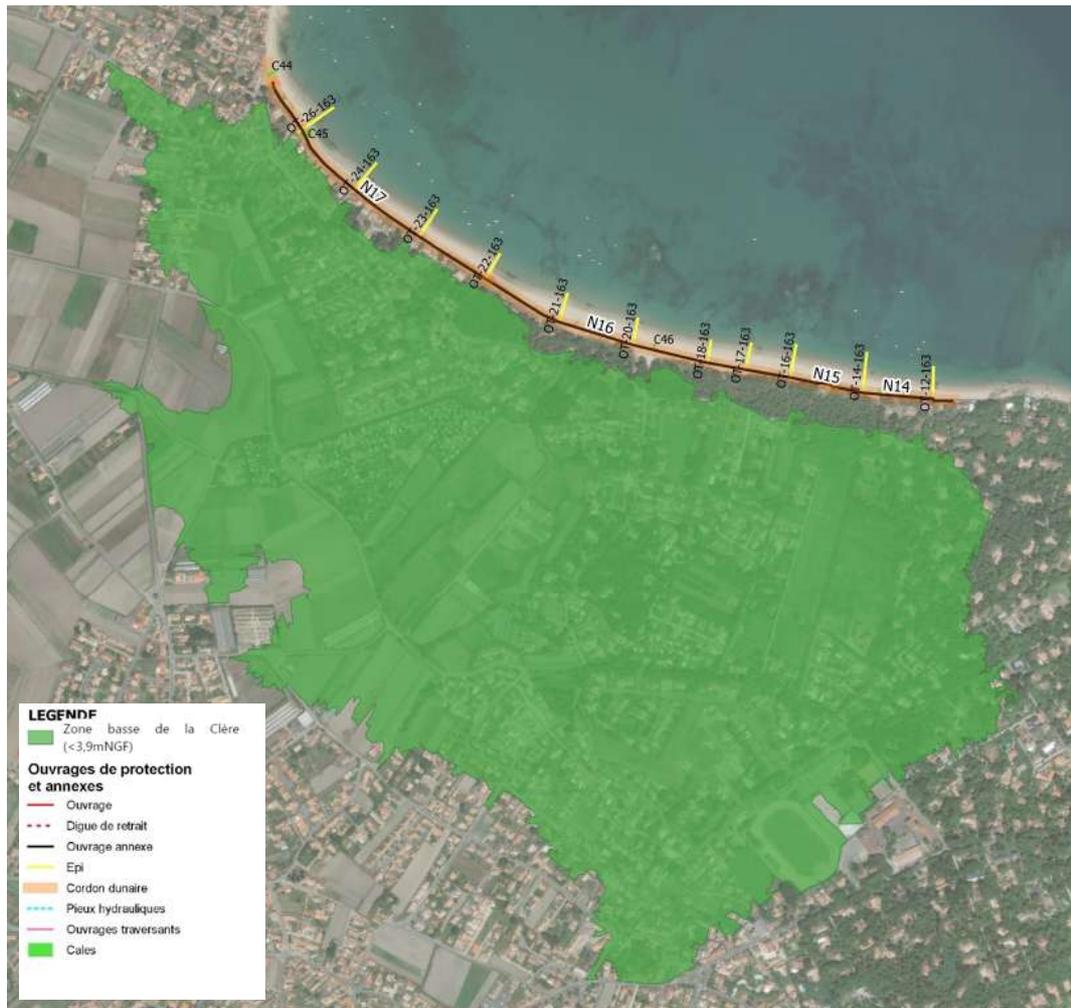


Figure 8.24 : Système de protection de la Clère (source : étude de dangers)

Les 4.2 km d'ouvrage sont décomposés en 5 tronçons avec :

- Un perré maçonné et des épis en bois sur le tronçon N14, (1.3 km)
- Un mur maçonné sur le tronçon N15, (29 m)
- Un enrochement et des épis en bois sur le tronçon N16 (0.7 km)
- Un perré maçonné sur le tronçon N17 (1.5 km)
- Une dune 600 m à l'extrémité Ouest

Le niveau de crête varie entre 4.39 m NGF et 5.7 m NGF. Le niveau de sureté est autour de 3.91 m NGF sur le tronçon N14.

On notera que les tronçon N14, N15, N16 et N18 sont marqués par un cordon dunaire assez large (>50m). Sur le tronçon N17, la crête de l'ouvrage est bâti et l'ancien cordon dunaire est assez étroit (entre 20 et 50 m) .



8.8.3 Secteur du Vieil

Sur ce secteur décrit au chapitre 4, il est présent une zone basse. L'ancien cordon dunaire est largement bâti et marqué par un talus aval très doux. Des protections sont présentes sur le haut de plage.

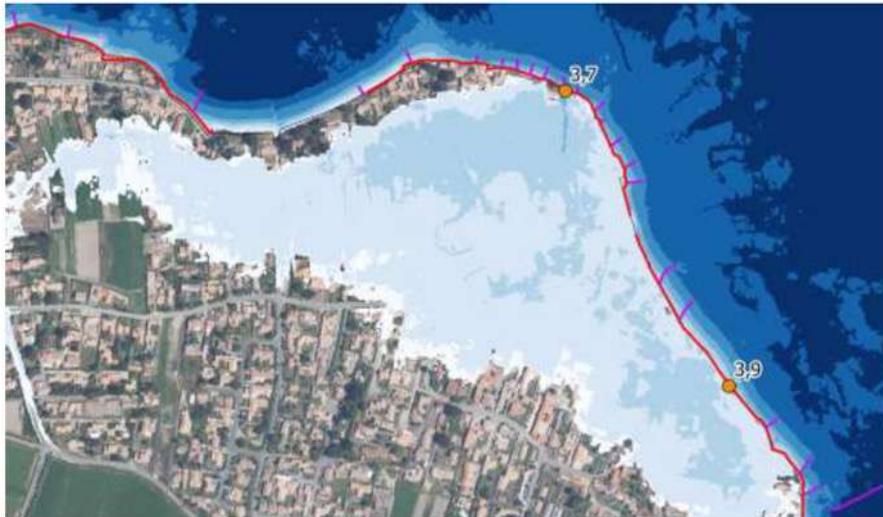


Figure 8.25 : Localisation des points bas du secteur du Vieil

8.8.4 Secteur de la Blanche

Sur ce secteur, aussi décrit dans le chapitre 4, les zones basses sont situées largement en retrait d'un ancien cordon dunaire. La distance entre les zones basses et le haut de plage (protégé par des ouvrages) est supérieure à 50 m.



Figure 8.26 : Localisation des points bas du secteur de la Blanche



8.8.5 Pointe de la Loire

Les ouvrages présents sur ce secteur ont été partiellement étudiés dans l'étude de dangers de l'île de Noirmoutier, mais n'ont pas été retenus comme système d'endigement. Les éléments ci-après sont issus de l'analyse technique de l'EDD.



Figure 8.27 : Système de protection la pointe de la Loire (source : étude de dangers)

Les 0.8 km d'ouvrage sont décomposés en 4 tronçons qui sont tous des enrochements en pied de cordon dunaire. Le point le plus bas de la dune est autour de 6 m NGF

Le niveau de sureté est autour de 4.14 m NGF.

Entre le haut des ouvrages et les zones basse (<4.2 m NGF), la distance est de l'ordre de 20 à 50 m.



9 Fonctionnement hydraulique de l'île

9.1 Contexte général et casiers hydrauliques

Sur l'île de Noirmoutier, le fonctionnement hydraulique est assez particulier et complexe au regard des nombreux canaux, bassins (salicoles et conchylicoles notamment), et ouvrages de canalisation et de protection contre la mer. Compte-tenu de la topographie de l'île, avec les plus fortes altitudes au Nord et à l'Ouest, l'écoulement préférentiel des eaux est globalement orienté vers les zones basses que sont la zone de marais au centre de l'île et les polders de la façade Est, et in fine vers la baie de Bourgneuf à l'Est.

Étiers, canaux et fossés drainent et font communiquer les marais et polders avec la mer.

Les étiers et les canaux/fossés de drainage des polders sont les réceptacles de la majorité des eaux pluviales urbaines : Section 9.5.

Les marais et les polders, avec des niveaux altimétriques très bas, sont par ailleurs en eux-mêmes de véritables surfaces d'accumulation d'eaux pluviales. Les échanges entre les eaux de surface et les nappes souterraines sont facilités par les formations alluviales.

Il existe de nombreux ouvrages hydrauliques traversants les digues de protections littorales, surtout celles de la façade Est, ou les berges des étiers principaux des Cœfs, de l'Arceau et du Moulin (Section 9.2). Ces ouvrages, équipés ou non d'organes de gestion/régulation (clapets anti-retours, vannes, pompes) permettent le lien entre le réseau hydrographique et les étiers principaux ou la mer directement. Ces ouvrages sont répartis entre :

- Les ouvrages hydrauliques liés aux activités salicoles, aquacoles ou conchylicoles : ouvrages de prise d'eau pour l'irrigation en eaux de mer et de vidange ;
- Les ouvrages hydrauliques de type vidange des permettant leur ressuyage ;
- Les ouvrages hydrauliques liés à l'assainissement pluvial : Section 9.5.

Ces ouvrages ont fait l'objet d'un inventaire en 2014 (CCIN) puis d'un diagnostic technique et de fonctionnement en 2020 dans le cadre de l'étude de dangers des systèmes d'endiguement, avec une précision de leur fiabilité et la définition d'un programme de travaux. Certains sont intégrés aux systèmes d'endiguement.

La figure suivante montre une vue d'ensemble du réseau hydrographique de l'île de Noirmoutier (hors réseaux d'eaux pluviales) avec les étiers, canaux et fossés, bassins et les ouvrages hydrauliques traversants.



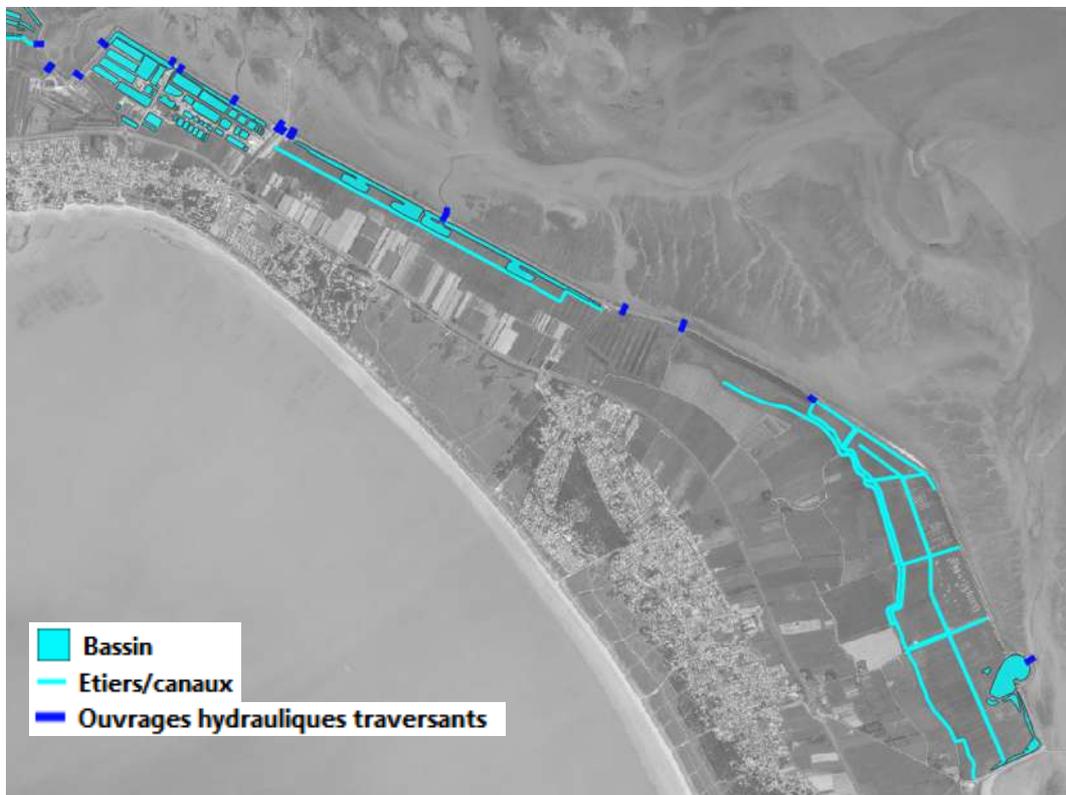
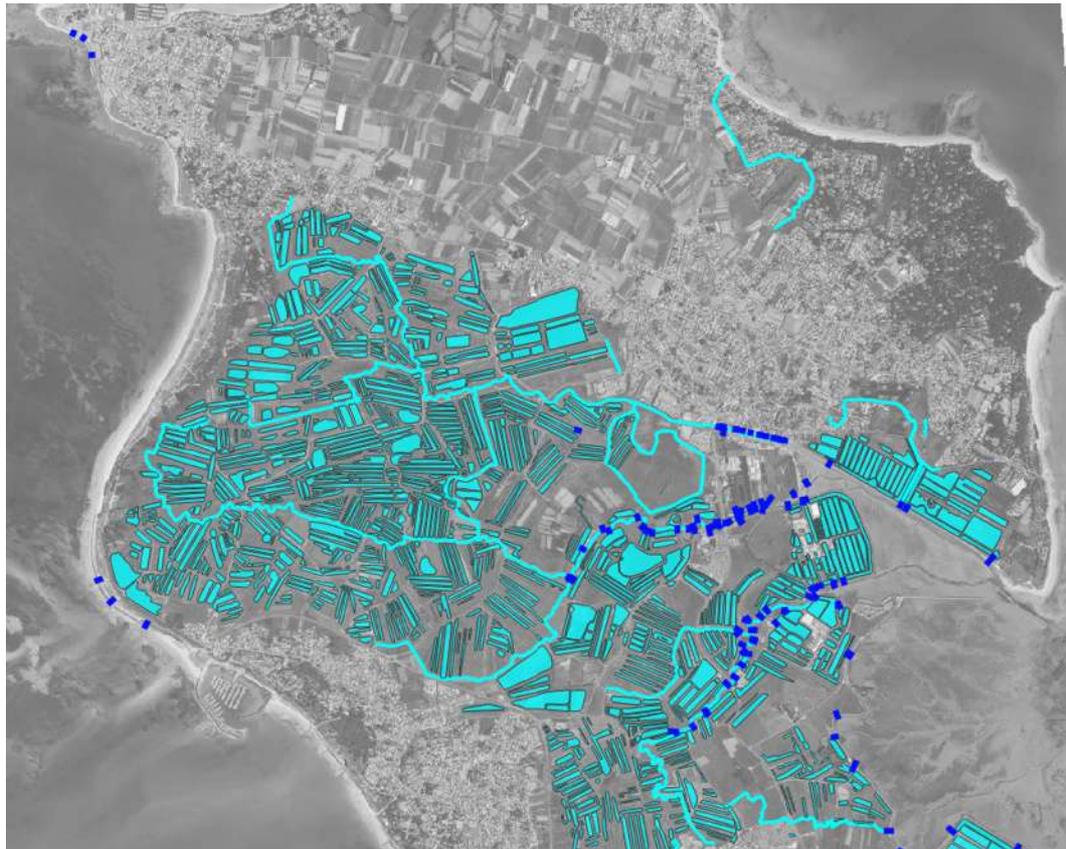


Figure 9.1 : Ensemble du réseau hydrographique de l'île de Noirmoutier avec localisation des ouvrages traversants.



Les écoulements sur l'île sont contraints par les infrastructures (talus des routes RD38, RD 948), les digues de second rang à Barbâtre, ainsi que le réseau hydrographique constitué notamment par les étiers principaux.

Ces éléments permettent de définir des « casiers hydrauliques » partiellement indépendants situés sur la façade Est de l'île en grande partie au droit des polders : jusqu'à un certain niveau d'eau ces casiers hydrauliques ne communiquent pas. Au-delà de ces niveaux, des communications par écoulement d'eau s'établissent.

Ce contexte hydraulique particulier de l'île de Noirmoutier avait été retenu lors de l'établissement du premier PPRL pour l'analyse des hypothèses de défaillance des ouvrages : les hypothèses avaient été réalisées à l'échelle du casier hydraulique plutôt que du tronçon d'ouvrage. A noter que cette approche avait été initialement adoptée dans le cadre du PAPI et des premières études de dangers. Les casiers hydrauliques, déterminés par analyse topographique, sont présentés sur les cartes ci-après pour la partie nord et la partie sud de l'île.

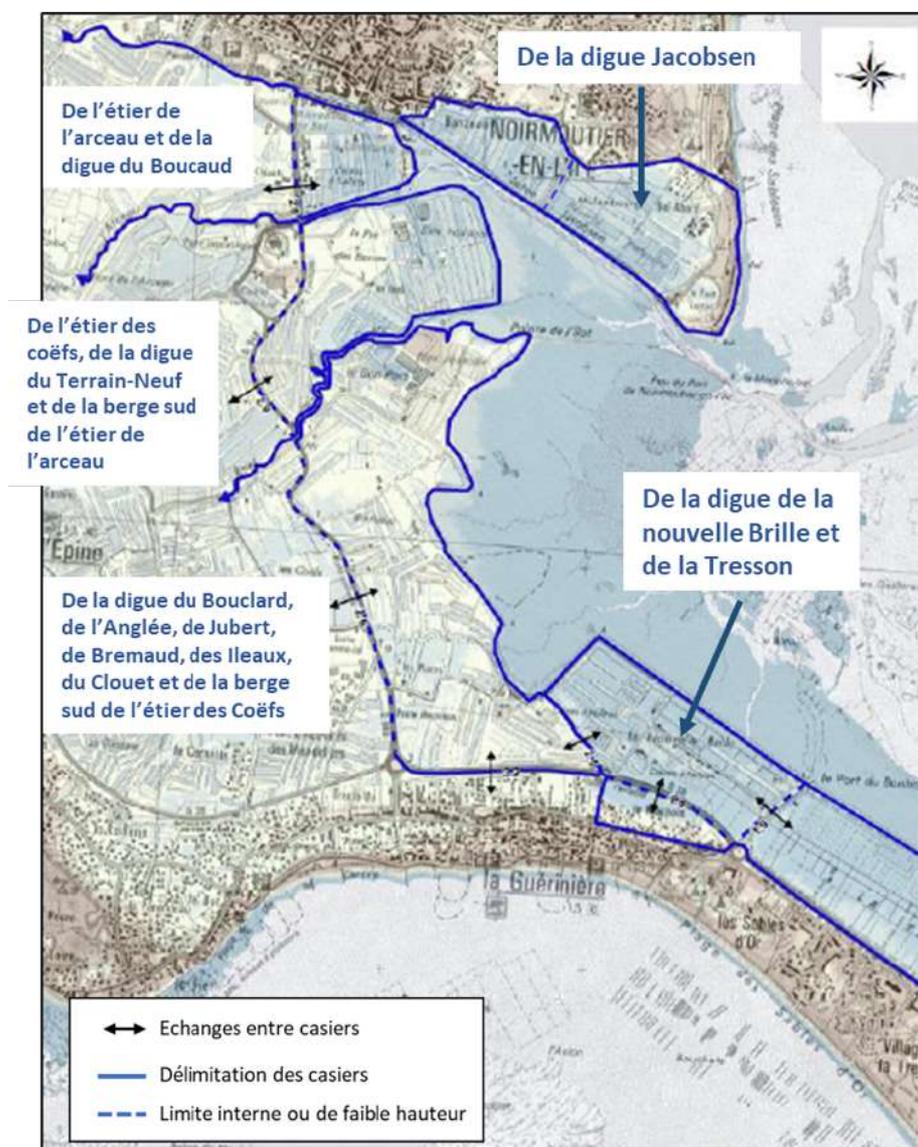


Figure 9.2 : Casiers hydrauliques – secteur Nord.



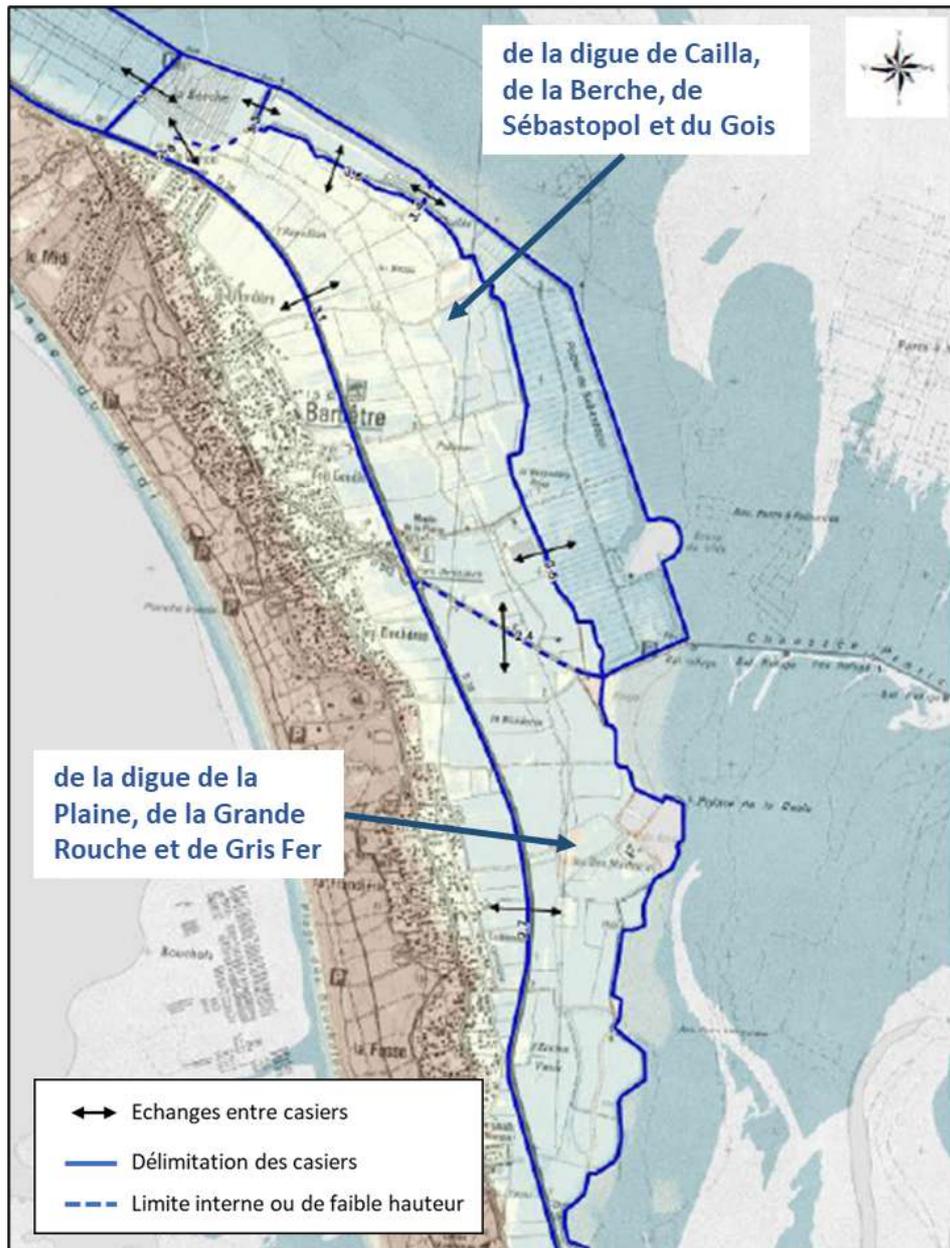


Figure 9.3 : Casiers hydrauliques – secteur Sud.



9.2 Le marais et étiers

9.2.1 Présentation générale

La zone du marais de Noirmoutier est alimentée par la mer via trois étiers (canaux) principaux :

- L'étier des Coëfs,
- L'étier de l'Arceau,
- L'étier du Moulin.

Le tableau suivant détaille la surface du bassin versant naturel propre à chacun de ces trois étiers.

Tableau 9.1 Surface des bassins versants naturels des trois étiers principaux de Noirmoutier

Etier	Surface (ha)	Surface (km ²)
Moulin	484	4,84
Arceaux	535	5,35
Coëfs	326	3,26



Figure 9.4 : Bassins versants des trois étiers principaux (ARCADIS 2023).

Trois ouvrages hydrauliques principaux équipent le marais de Noirmoutier : les écluses du Moulin, de l'Arceau et des Coëfs, positionnées au droit de chacun des étiers du même nom et équipées de systèmes de vannage. Parmi ces trois ouvrages, seul le plus important, l'écluse du Moulin, est motorisé ; les autres sont manœuvrés manuellement.



Ces ouvrages ont plusieurs fonctions : l'évacuation des eaux pluviales, les chasses d'eau pour le désenvasement des chenaux du domaine maritime et les prises d'eau de mer pour les marais salants. Les trois ouvrages principaux ne contrôlent qu'une partie du marais. A l'aval de ces ouvrages les marais salants et les établissements conchylicoles s'alimentent directement.

Au Sud de l'écluse des Coëfs, la zone de marais est alimentée et drainée par l'étier des Places.

Le réseau hydrographique du marais se subdivise depuis les étiers (canaux principaux) en canaux secondaires : les étraux et les branches. L'ensemble alimente les bassins de saliculture, aquaculture et conchyliculture qui s'étendent sur une surface totale d'environ 560ha.

La figure suivante donne une vue générale du réseau hydrographique de la zone du marais en distinguant les bassins versants naturels de chacun des étiers principaux. Les écluses du Moulin, de l'Arceau et des Coëfs y sont localisées. Elle distingue également le bassin versant naturel du polder de Mullembourg et celui au Sud-Est de l'étier des Coëfs. Nota : cette figure est issue d'une étude EGIS de 2014. Elle a été mise à jour concernant les surfaces des bassins versants avec l'étude hydraulique ARCADIS de 2023 réalisée dans le cadre du projet de sécurisation des étiers.

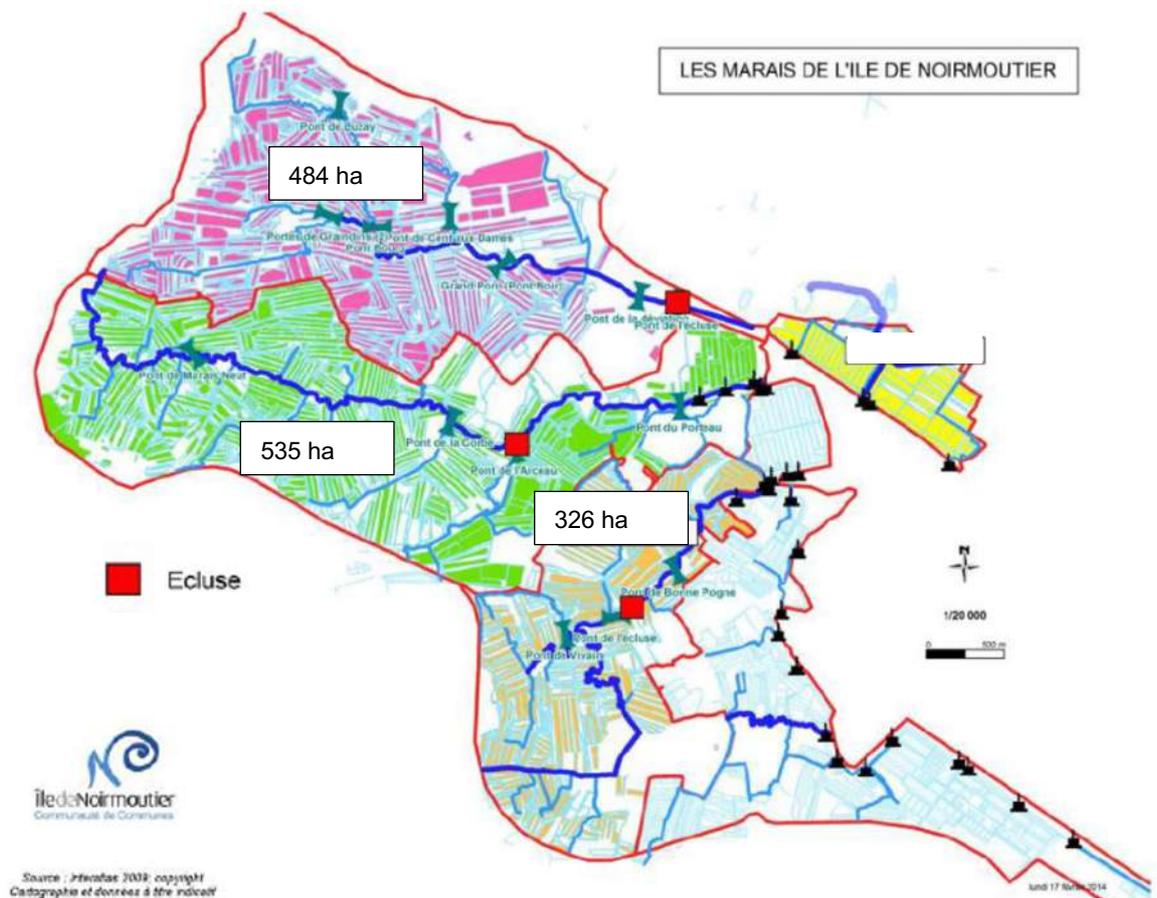


Figure 9.5 : Réseau hydrographique sur le secteur des marais avec positionnement des écluses (EGIS 2014) – Mise à jour des surfaces des bassins versants des trois étiers principaux (ARCADIS 2023).



9.2.2 Fonctionnement du réseau des trois étiers principaux

En été, les vannes des trois écluses principales sont manœuvrées afin de remplir les étiers du Moulin, de l'Arceau et des Coëfs. Les sauniers disposent alors d'un stock d'eau pour alimenter les branches. Les vannes sont maintenues fermées par ailleurs lorsque les coefficients de marée sont trop faibles pour remplir les étiers ou quand les étiers sont suffisamment remplis pour garantir le besoin en eau des saliculteurs jusqu'à la prochaine marée importante. De manière générale, les vannes sont ouvertes, d'avril à octobre, 3 à 5 jours avant et après les grands coefficients. Elles sont ensuite fermées à la renverse de marée.

En période hivernale :

- D'octobre à janvier, les vannages sont maintenus ouverts sur 15 à 20 cm. Des chasses sont par ailleurs effectuées régulièrement afin de permettre un curage des étiers et étraux.
- De janvier à mars, période de préparation des marais, les vannes sont ouvertes pendant quatre jours à chaque morte-eau.

En cas de tempête, les éclusiers ouvrent les vannes de manière à évacuer les eaux pluviales lorsque la marée le permet. Les vannes sont ensuite fermées avant la pleine mer pour éviter l'intrusion d'eau dans les étiers. Les vannes sont ensuite ouvertes afin de vider les étiers. A noter que la capacité d'absorption des eaux de pluie par le marais diminue en avançant dans l'hiver (saturation des sols).

Branches

Les étiers alimentent des branches alimentant elles-mêmes un ou plusieurs marais. **La régulation des branches est privée** (cf. paragraphe précédent). Les ouvrages de régulation sont gérés par les sauniers afin d'alimenter en eaux les marais. Les ouvrages permettant l'alimentation des branches sont divers. Il peut s'agir de clapet anti-retour manœuvrés avec une corde ou encore de tuyaux pvc équipés d'une pipe (système de tuyauterie emboîtable permettant de gérer les prises d'eau).

Les ouvrages hydrauliques alimentant les branches sont généralement ouverts (clapets) ou retirés (pipes) dès l'automne et durant la période hivernale pour permettre l'évacuation des eaux pluviales vers les étiers. Les ouvrages sont manipulés en été afin de fournir de l'eau au marais. Un faible apport constant est préféré à un fort apport ponctuel pour ne pas refroidir l'eau de la branche.

Marais salants et oeillets

Les marais salants ou salines sont les pièces d'eau contenant les oeillets exploités. Les oeillets sont situés sur la partie centrale des marais. Ces derniers sont délimités par des chemins, ou vettes, en terre. Le sel cristallise dans les oeillets.

En été, durant la période d'exploitation, les marais sont alimentés par les branches selon le besoin des saliculteurs par des systèmes de régulation (généralement par des canalisations pvc régulées). Les oeillets sont alimentés à partir des marais par des tuyaux de petit diamètre ouvert au besoin.

Bassins conchylicoles



Le remplissage des claires et réserves d'eau des conchyliculteurs est effectué de la même façon que les marais salants pour les prises d'eau, mais sur des périodes différentes. Un calendrier des enjeux annuels conchylicoles a été établi par la profession pour identifier les périodes à enjeux forts : Figure 9.6.

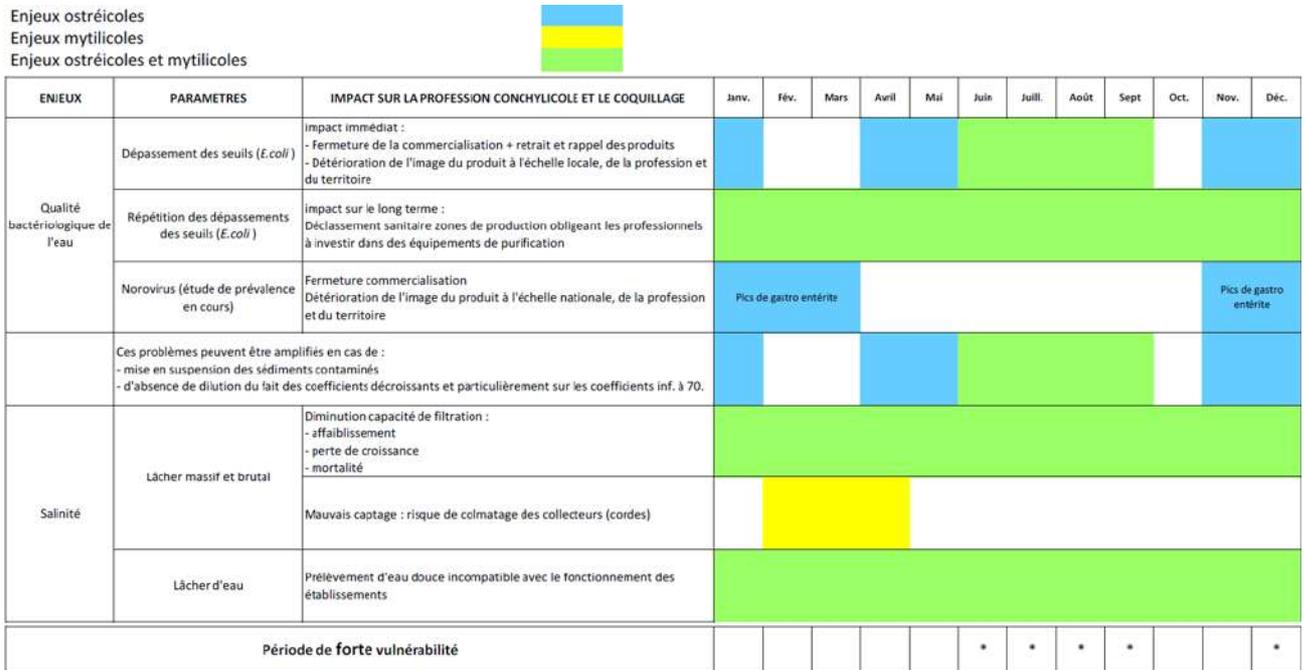


Figure 9.6 : Calendrier des enjeux conchylicoles en Baie de Bourgneuf – focus sur l'île de Noirmoutier (CRC).

9.2.3 Propriétaires et gestionnaires

L'Association Syndicale Autorisée (ASA) des 3 étiers regroupe les nombreux propriétaires des marais salants alimentés par les 3 étiers principaux du Moulin, de l'Arceau et des Coëfs. L'ASA a pour objet « la préservation, la restauration et l'exploitation de ressources naturelles ainsi que l'aménagement et l'entretien des cours d'eau, elle a pour but d'effectuer ou de faire effectuer les travaux d'entretien et de conservation nécessaires afférents aux dits étiers ». L'ASA est propriétaire de l'écluse de l'Arceau et de celle des Coëfs qui sont incluses dans le système d'endiguement du Cœur de l'île. Elle a la charge de la gestion des étiers (curage, manipulation des écluses, etc.). **Une convention de gestion doit être établie entre l'ASA et la CCIN.**

Dans le cadre de la GEMAPI et de l'intégration de ces ouvrages au système d'endiguement Cœur de l'île, La CCIN a la charge :

- De la gestion de l'écluse du Moulin. Les éclusiers de la mairie de Noirmoutier-en-l'île la manœuvre pour le compte de la CCIN ;
- De l'entretien et du renforcement des berges des étiers côté mer, jusqu'aux écluses.

La multiplicité des propriétaires et le fait que certains propriétaires s'ignorent (succession à la suite d'un décès notamment) impliquent des problématiques



d'entretien du réseau et de gestion hydraulique à l'aide de nombreux ouvrages secondaires qui ne sont même pas forcément tous connus et répertoriés.

La profession conchylicole compte 44 entreprises sur l'île de Noirmoutier.

Chaque année, deux calendriers sont réalisés en concertation avec la CCIN et les usagers du marais (sauniers et conchyliculteurs), selon leur besoin en eau à certains moments de l'année :

- Un calendrier de gestion de l'écluse du Moulin, coordonnant notamment les prises d'eau et les rejets d'eau douce de la station d'épuration de la Salaisière ;
- Un calendrier des enjeux annuels conchylicoles (cf. paragraphe précédent), indiquant notamment la gestion des rejets des lagunes de la déchetterie, en coordination avec les prises d'eau des sauniers pendant l'été.

Sur le secteur conchylicole de la Nouvelle Brille, à la Guérinière, les conchyliculteurs sont organisés en Association Syndicale Autorisée (ASA). Cette association a pour but d'assurer l'assainissement et l'exploitation des terrains et des marais de son périmètre, grâce à :

- L'entretien des ouvrages secondaires (fossés, chenaux et autres cours d'eau) ;
- La création, l'entretien et la gestion des ouvrages hydrauliques nécessaires à l'alimentation en eau et à l'évacuation des eaux des bassins aquacoles.

9.3 Pluviométrie

D'après une étude climatologique de MétéoFrance (2003), le régime pluviométrique de Noirmoutier est caractéristique des climats océaniques. On distingue deux saisons de précipitations bien différentes :

- Les mois d'octobre à mars sont marqués par le passage des perturbations océaniques. Les pluies sont faibles mais durent souvent 6 à 12h. Ces précipitations dites « efficaces » contribuent à la réhydratation des sols.
- Les mois d'avril à septembre sont caractérisés par des pluies très irrégulières (averses, orages...) et de courte durée (souvent moins d'une heure). Ces pluies sont dites « inefficaces » car elles ne compensent pas l'évapo-transpiration de la végétation.

La moyenne de la pluviométrie annuelle sur l'île de Noirmoutier est d'environ 650 mm, avec des cumuls annuels compris entre moins de 300mm et plus de 900mm.

La pluviométrie annuelle de l'île de Noirmoutier entre 1896 et 2002 est présentée ci-après.



Pluviométrie annuelle à Noirmoutier depuis 1896

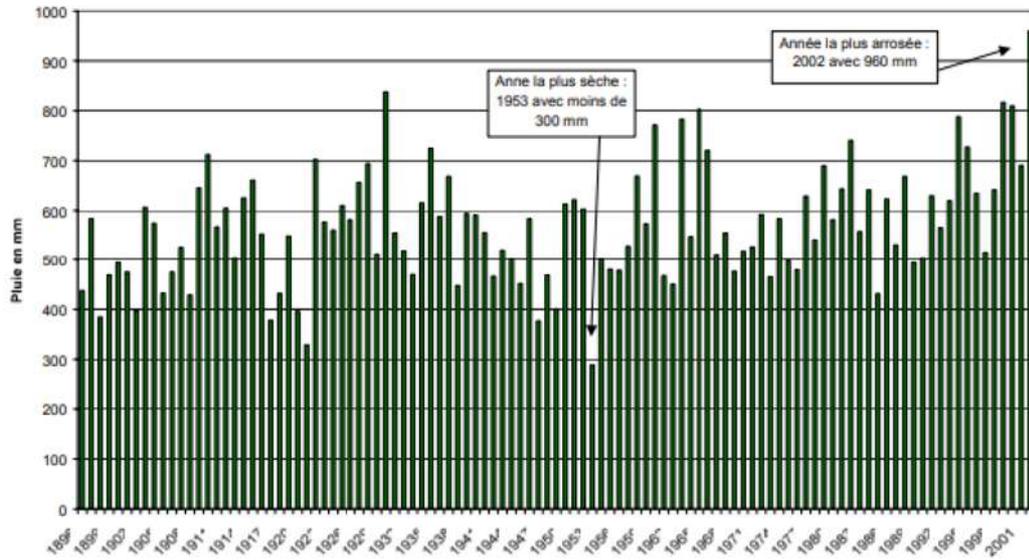


Figure 9.7 : Pluviométrie annuelle à Noirmoutier depuis 1896 (source : MétéoFrance, 2003).

L'étude de dangers de 2021 indique que dans les marais, les inondations sont principalement générées par des pluviométries au-dessus des 500 mm sur plusieurs mois consécutifs,



9.4 Le ruissellement

Le ruissellement est l'écoulement surfacique non maîtrisé des eaux de pluies, situé hors des cours d'eau, dont le temps de réponse à un événement de pluie est rapide (quelques heures). Le ruissellement peut présenter un risque pour les personnes et les activités économiques d'un territoire s'il n'est pas connu et anticipé.

Le territoire est peu impacté par le risque ruissellement à proprement parler, **c'est-à-dire provenant des zones non urbanisées** et qui est à différencier de celui lié à la mise en charge et à la saturation ou au dysfonctionnement du réseau des eaux pluviales en milieu urbanisé abordé au paragraphe suivant. Il est admis qu'il n'est pas présent dans les zones de marais où les pentes sont suffisamment faibles pour ne pas provoquer des vitesses d'écoulements importantes.

Une partie du territoire peut *a priori* être concerné : le secteur Nord, sur toute sa partie agricole. Cependant, les axes d'écoulements naturels sont maîtrisés à l'aide de fossés structurant le paysage (voir figure ci-après). Ces fossés sont ensuite repris par le réseau d'eaux pluviales au droit de la Linière et de la Madeleine. Au lieu-dit Luzay-la Houssinière, les fossés évacuent les ruissellements vers les marais. Les ruissellements de la Messandrie sont eux repris par les fossés qui dirigent les écoulements vers la Plage de la Clère.

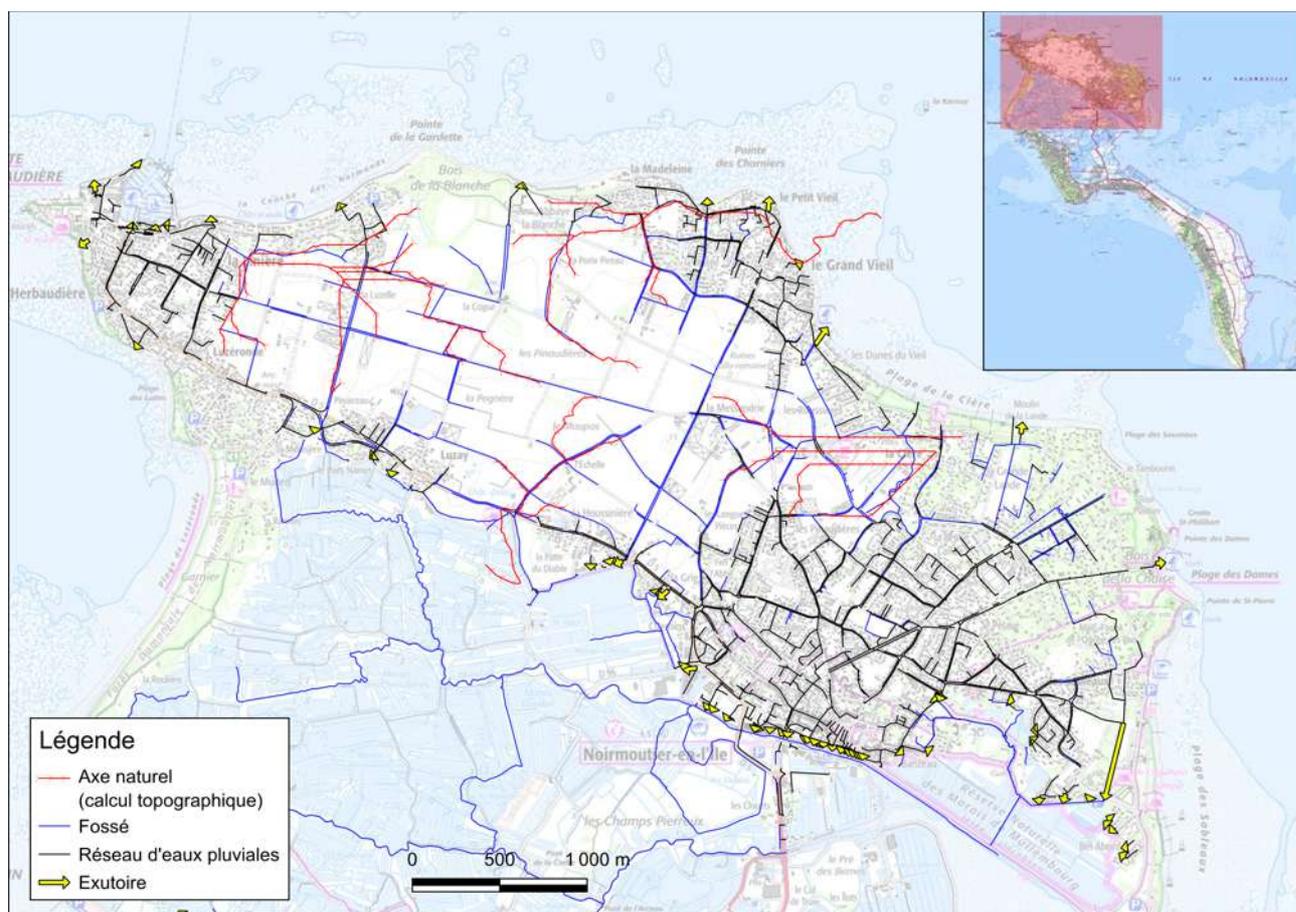


Figure 9.8 : Localisation des secteurs soumis aux ruissellements.



9.5 Réseaux d'eaux pluviales urbains

9.5.1 Généralités

Les réseaux d'eaux pluviales urbains sont importants à considérer dans le fonctionnement hydraulique. Ils peuvent en effet potentiellement contribuer par leur mise en charge à propager une submersion marine dans des zones topographiquement au-dessus du niveau marin engendrant cette submersion.

Un schéma directeur des Eaux Pluviales de l'île a été réalisé en 2014. Il a identifié 129 bassins versants anthropiques (2 343 km² pour le plus grand) desservis par les réseaux pluviaux urbains.

Sur l'île de Noirmoutier, les exutoires des réseaux d'eaux pluviales se font principalement dans le réseau hydrographique de la zone du marais ou des polders, et plus rarement directement à la mer.

Les difficultés potentielles d'évacuation des eaux des marais et étiers (Section 9.2) en période hivernale, liées notamment à la manipulation des ouvrages hydrauliques secondaires, ne favorisent pas l'écoulement des eaux pluviales.

Des éléments spécifiques aux réseaux d'eaux pluviales de chacune des communes de l'île sont fournis dans les paragraphes suivants. Une figure est notamment donnée par commune afin de présenter les éléments cartographiques disponibles pour ces réseaux, avec :

- En haut, la représentation des réseaux en distinguant les tronçons de ces réseaux (traits en jaune), les avaloirs (points noirs) et les regards. Pour ces derniers, il est fait la distinction entre les regards dont la cote tampon (terrain) se situe sous la cote 4,20 m IGN69 (points rouge) et ceux dont la cote tampon se situe au-dessus de cette cote (point vert) ;
- En bas, la représentation schématique du fonctionnement des réseaux en distinguant le bassin versant concerné, les tronçons linéaires enterrés (canalisations) et aériens (fossés, cours d'eau et caniveaux/noues), et enfin les exutoires de ces réseaux distingués par types.

On note une prédominance de regards dont la cote est située sous la cote 4.20m IGN69 à Barbâtre et à l'épine.

9.5.2 Noirmoutier-en-l'île

Les inondations liées aux réseaux d'eaux pluviales sont récurrentes, particulièrement dans le centre de Noirmoutier-en-l'île et dans le secteur de La Blanche.

Bien que ce ne soit par l'objet du présent PPRL, il a été relevé quelques évènements d'inondation du centre urbain de Noirmoutier-en-l'île liés à la mise en charge et à la saturation des réseaux pluviaux par suite d'épisodes pluvieux. Dans ces cas relevés, la forte intensité de la pluie était trop importante pour la capacité des réseaux, sans dysfonctionnement observé de leurs équipements de gestion/régulation (pompes, exutoires). Ces évènements sont présentés au



chapitre suivant et dans des fiches spécifiques fournies en annexe A, section A.29.



Figure 9.9 : Inondation place de la république à Noirmoutier-en-l'Île dans la soirée du 20 juin 2022 : une partie des commerces a été inondée. ©DR

Dans ces cas d'inondations provoquées par des épisodes pluvieux intenses, les coefficients de marée étaient à chaque fois relativement faibles, inférieurs à 70.

La survenance de niveaux marins extrêmes pendant de tels épisodes pluvieux (concomitance d'évènements marins et pluviométriques) aurait pu sans nul doute aggraver les inondations vécues.

La mauvaise gestion des ouvrages hydrauliques du réseau hydrographique de l'île pendant la période automnale/hivernale peut également engendrer des problématiques d'évacuation des réseaux d'eaux pluviales.

La figure suivante présente les éléments cartographiques disponibles pour les réseaux d'eaux pluviales de Noirmoutier-en-l'Île.



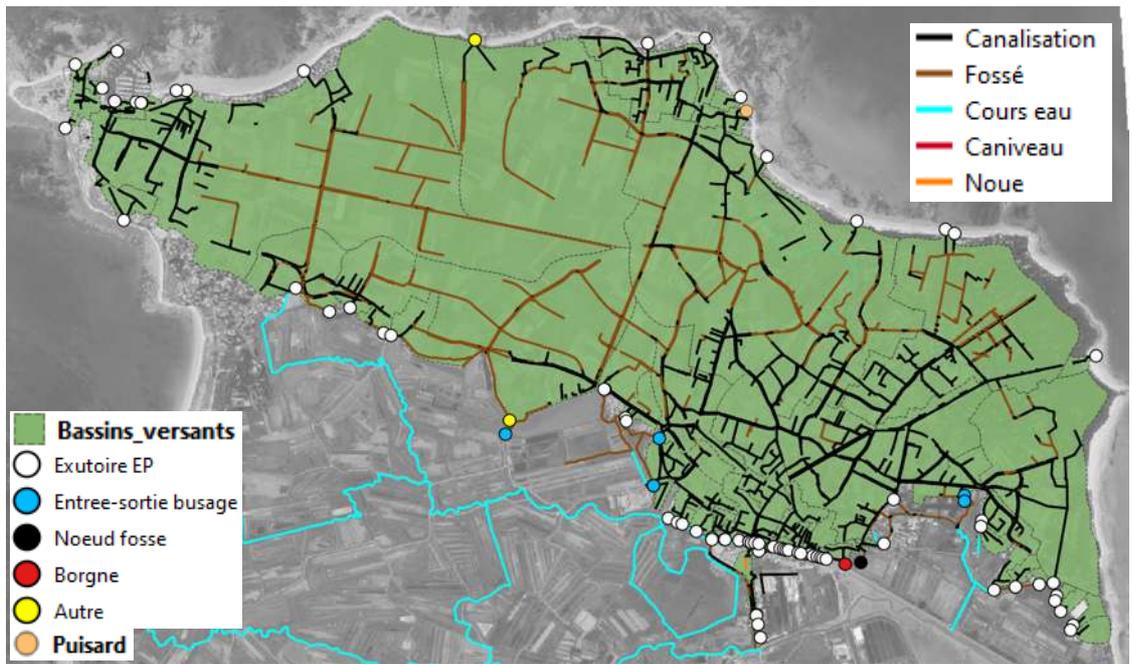
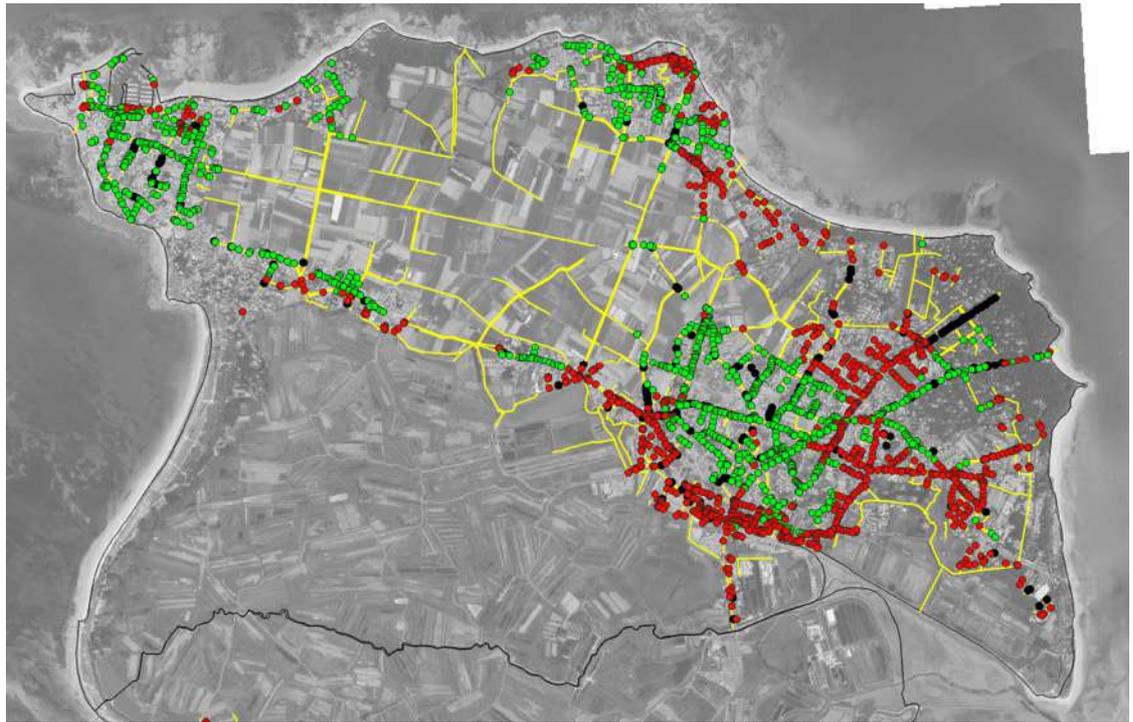


Figure 9.10 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de Noirmoutier-en-l'Île.

9.5.3 L'Épine

La figure suivante présente les éléments cartographiques disponibles pour les réseaux d'eaux pluviales de L'Épine.



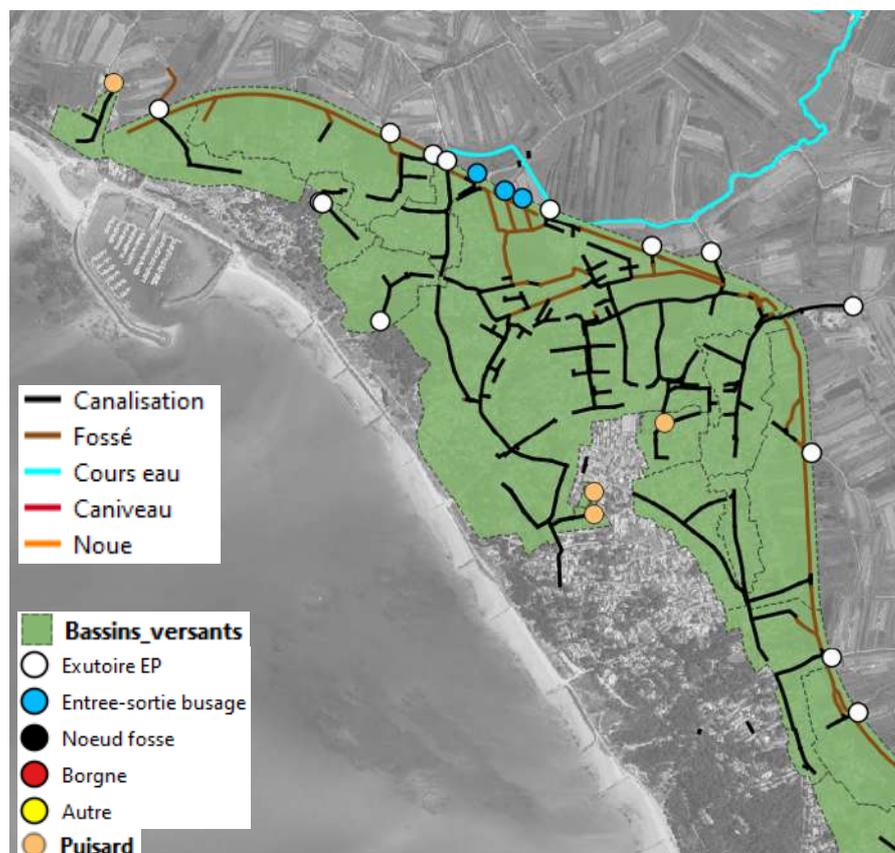
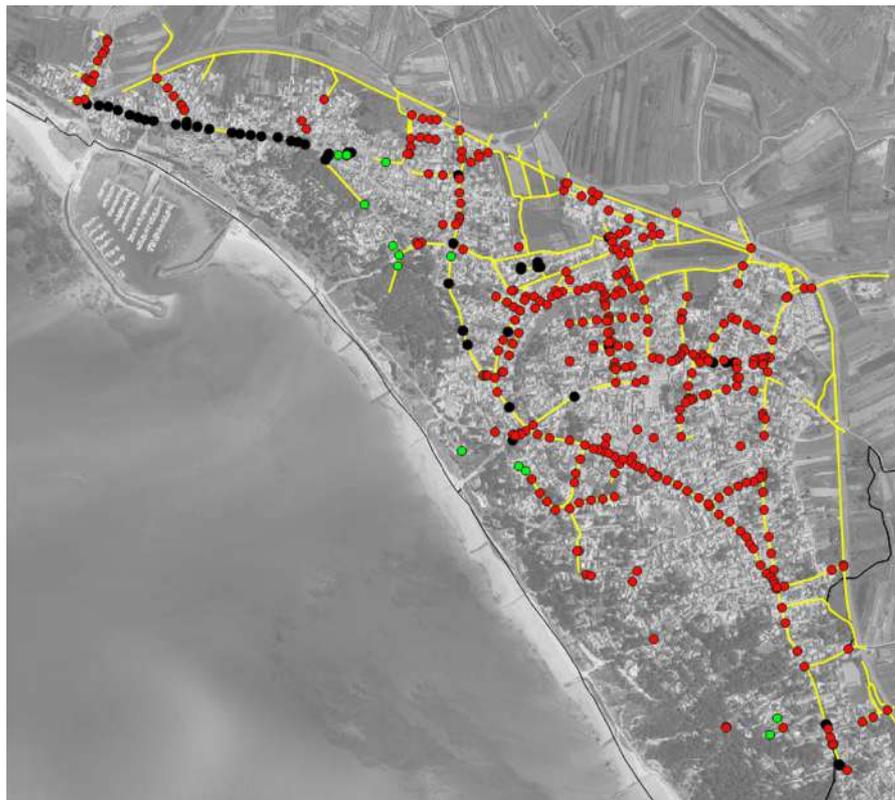


Figure 9.11 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de l'Épine.



9.5.4 La Guérinière

La figure suivante présente les éléments cartographiques disponibles pour les réseaux d'eaux pluviales de la Guérinière.

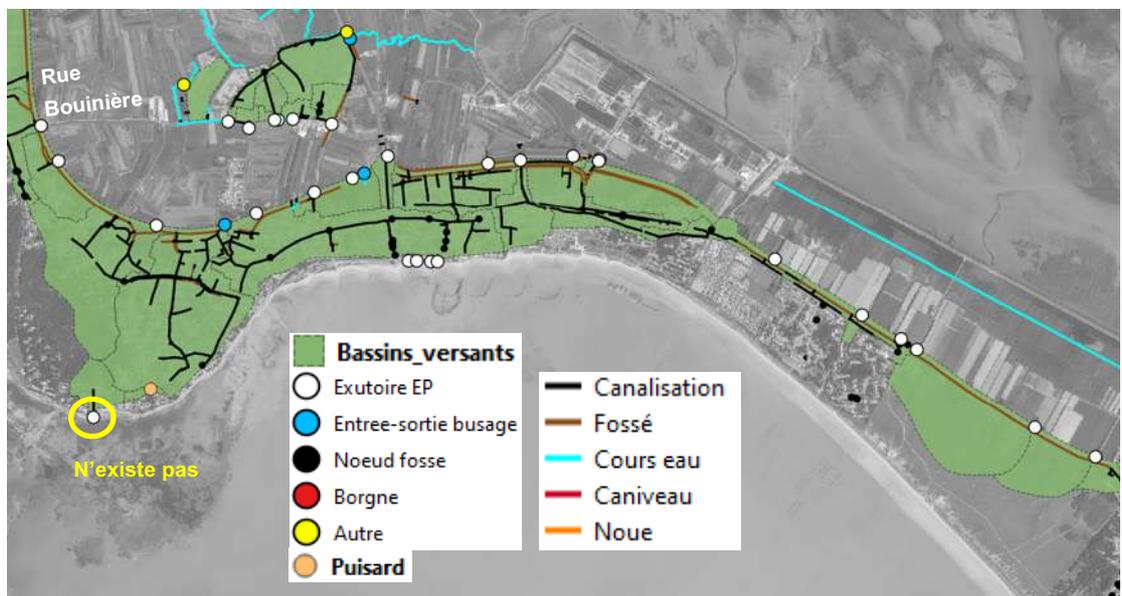


Figure 9.12 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de la Guérinière.



La commune de la Guérinière reçoit une partie des eaux pluviales urbaines de la commune de L'Epine. Cette réception se passe à hauteur de la rue de la Bouinière : Figure 9.12.

Les eaux pluviales de la commune se déversent quasi-exclusivement dans la zone de marais (et donc in fine dans la baie de Bourgneuf) via plusieurs écluses qui sont gérés par des propriétaires privés. Elles se déversent notamment dans l'étier des Coëfs.

Il existe cependant une exception le long du trait de côte de l'agglomération, au niveau du boulevard de l'Océan entre la maison de retraite et la cale du Calvaire. Au droit de ce tronçon de chaussée, hors du bassin versant du réseau EP, il existe 4 branches individuelles de ce dernier, indépendantes les unes des autres, et constituées chacune de deux grilles-avaloirs et d'une conduite de collecte traversant le perré avec un exutoire à la mer côté anse de la Guérinière : Figure 9.13.

La mairie de la Guérinière indique que ces exutoires viennent de retrouver leur fonctionnement car il n'y a plus de sable sur ce perré (contrairement aux années antérieures). Cependant, les exutoires ne sont pas équipés de clapet anti-retour et peuvent donc constituer un point d'entrée des eaux de mer, selon le niveau marin atteint.



Figure 9.13 : Branches individuelles et indépendantes du réseau EP au droit du boulevard de l'Océan à la Guérinière.

Remarque : les données cartographiques disponibles indiquent également un exutoire à la mer au droit de la Pointe de la Loire. Cet exutoire serait celui d'une branche du réseau EP présente au droit de la rue de la Coquette. La Mairie de la Guérinière indique que cet exutoire, qui serait au droit de l'enrochement présent à hauteur du parking de la Coquette, n'existe pas : Figure 9.12.



9.5.5 Barbâtre

La figure suivante présente les éléments cartographiques disponibles pour les réseaux d'eaux pluviales de Barbâtre.

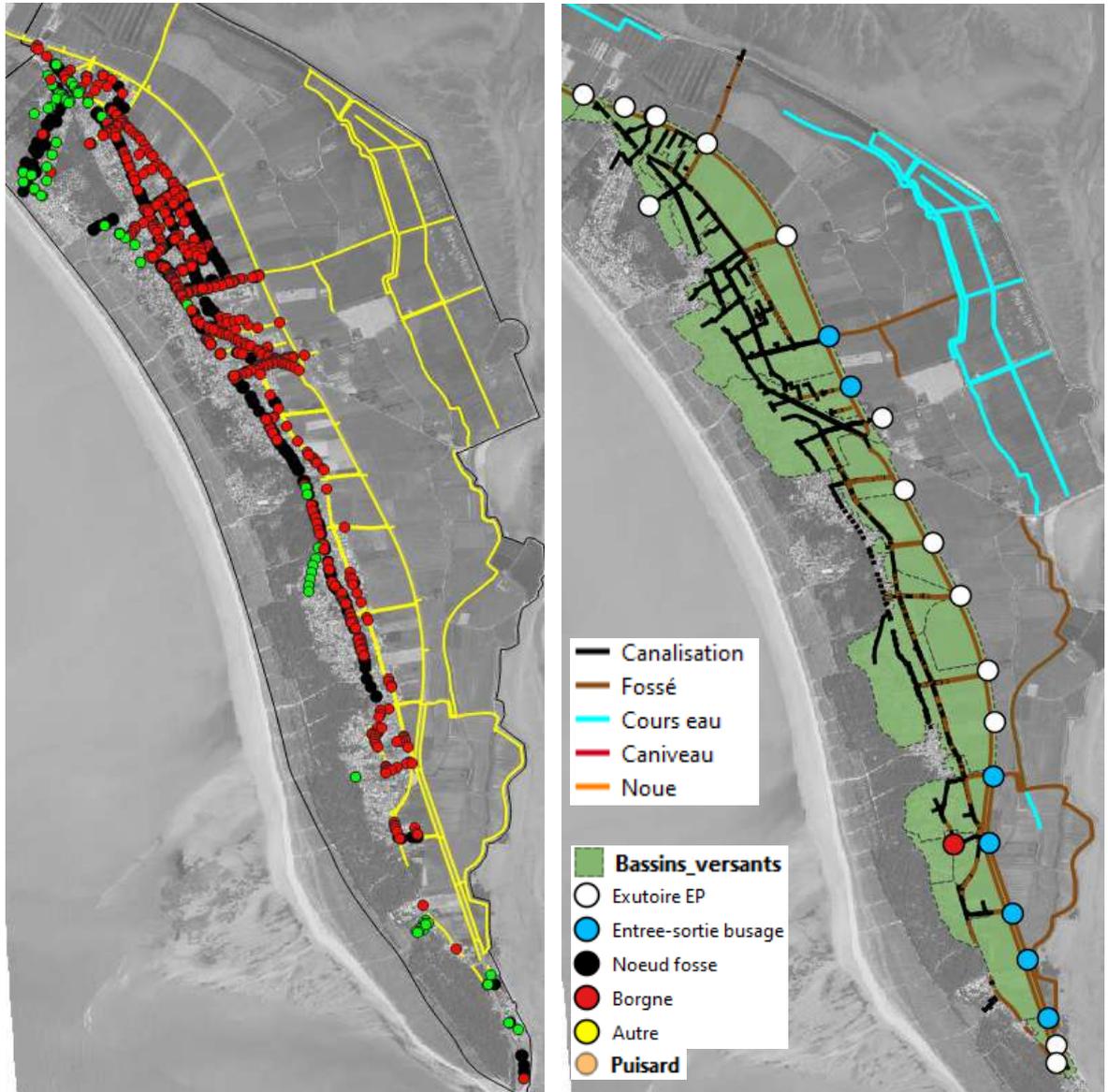


Figure 9.14 : Présentation des éléments et du fonctionnement des réseaux d'eau pluviales sur la commune de Barbâtre.



10 Présentation et analyse des événements historiques

10.1 Préambule

Il s'agit ici de recenser les **événements météo-marins historiques** qui ont occasionné des dommages sur la bande littorale étudiée à savoir :

- L'**érosion du trait de côte** et les volements de sable ;
- La **dégradation des ouvrages anthropiques** de défense contre la mer ;
- La **submersion marine** des terres en arrière du trait de côte, consécutive ou non au phénomène d'érosion ou de dégradation des ouvrages côtiers ;

Ces différents types de dommages peuvent être rencontrés pour un même événement. Ils sont la plupart du temps engendrés par des conditions météorologiques et océaniques défavorables (basses pressions atmosphériques et vents forts) de quelques heures à quelques jours, et souvent en période de grands coefficients de marée.

Le Guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Littoraux (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 2014) précise que le **recul du trait de côte** est le déplacement vers l'intérieur des terres de la limite entre le domaine marin et le domaine continental. Généralement, c'est la conséquence d'une perte de matériaux sous l'effet de l'érosion marine, érosion naturelle induite par les forces marines, combinée parfois à des actions continentales, ou d'une érosion générée ou accélérée par l'homme (sur-fréquentation, extraction, aménagements et ouvrages de protection, urbanisation proche du littoral entraînant des ruissellements de surface et la présence de réseaux, etc.). **L'érosion est une perte de sédiments pouvant entraîner un recul du trait de côte, ou un abaissement de l'estran ou de la plage lorsque le trait de côte est fixé par des ouvrages.**

De manière générale, la submersion marine est une inondation temporaire de la zone côtière par la mer qui peut intervenir par :

- **Franchissement** : le niveau marin moyen total est inférieur à la crête de la protection de front de mer mais l'effet de la houle implique que des **paquets de mer** franchissent la protection. Ce mode de submersion concerne les sites significativement exposés à la houle. Les franchissements dépendent des conditions de mer à la côte (houle et niveau d'eau) et des caractéristiques de la protection anthropique ou naturelle (crête, pente et nature). Ils se caractérisent par un flot discontinu, au gré des vagues. **Ces phénomènes peuvent être non négligeables en termes de volumes d'eau franchi susceptibles de se propager à terre ;**



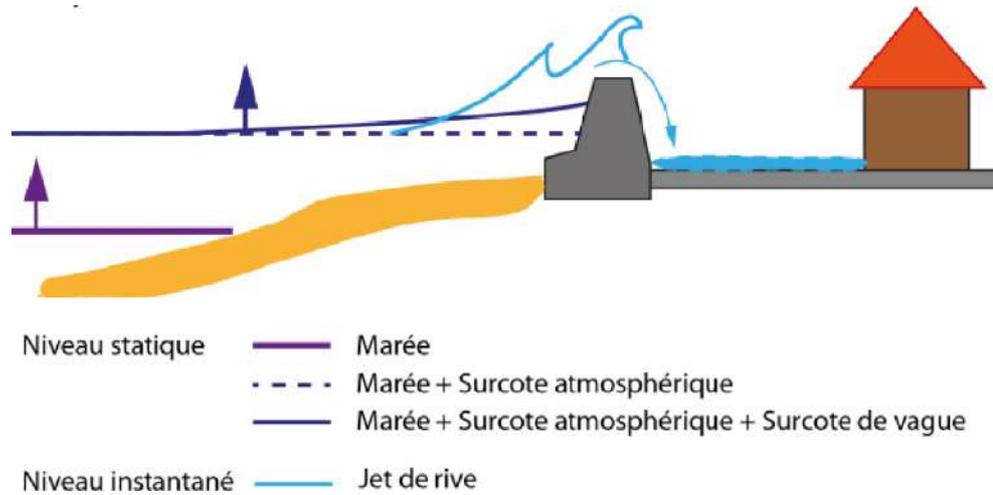


Figure 10.1 : Représentation schématique de la submersion marine par franchissements (BRGM) – Franchissements de la digue d’Etretat en décembre 2019 (CD76).

- **Débordement** : le niveau marin moyen total (cf. définition en Section 7.1.1) est supérieur à la cote de crête de l’ouvrage longitudinal de défense du trait de côte ou à la côte du terrain naturel. Le débordement se caractérise alors par un flot continu au-dessus de la protection ;

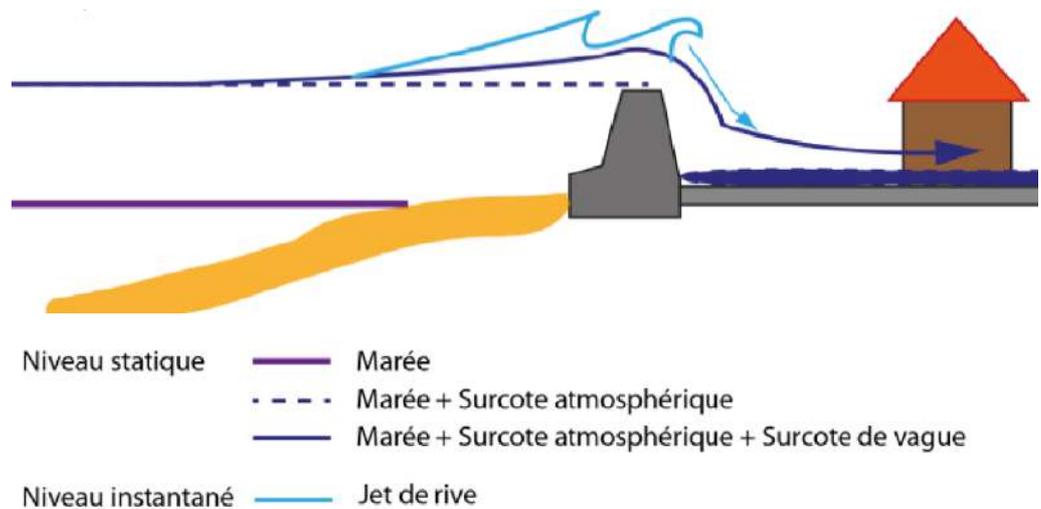


Figure 10.2 : Représentation schématique de la submersion marine par débordement (BRGM).



- **Rupture ou défaillance du système de protection** : une brèche se crée dans un ouvrage anthropique ou dans un cordon dunaire ou un ouvrage (souvent un ouvrage hydraulique) subit une défaillance. Ce phénomène se produit suite à l'attaque frontal de la houle, à un phénomène de surverse, à un mauvais entretien d'un ouvrage, ou encore à une érosion intensive du trait de côte. Il engendre une submersion si le terrain en arrière est situé sous le niveau marin.

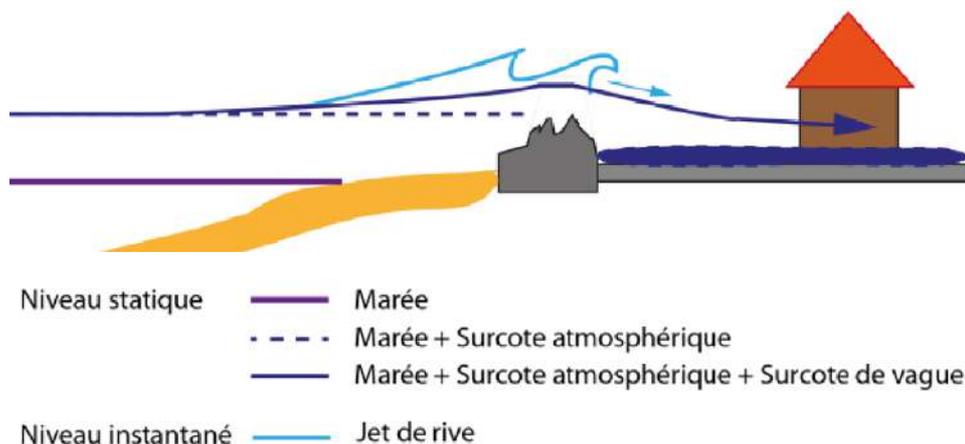


Figure 10.3 : Représentation schématique de la submersion marine par rupture d'ouvrage (BRGM).

Des événements importants d'inondations en milieu urbanisé engendrés par une pluie intense et liés à la mise en charge et à la saturation des réseaux d'eaux pluviales, dits « **inondations par ruissellement urbain** » sont également recensés comme des événements historiques dans le présent chapitre (cf. Section 9.5).

10.2 Analyse statistique des événements historiques

Le recensement des événements historiques sur l'île de Noirmoutier s'appuie sur les données et les indices retrouvés dans différentes archives consultées :

- Archives départementales de la Vendée ;
- Archives de la Communauté de Communes de l'île de Noirmoutier ;
- Archives municipales des 4 communes (Noirmoutier en l'île, L'Épine, La Guérinière et Barbâtre) ;
- Archives de la presse régionale (Ouest France, Le Relais, Presse Océan) et de la presse ancienne (Le Journal des Sables, Ouest-Eclair, La Résistance de l'Ouest) ;
- Site Internet de l'Association "Vivre l'île 12 sur 12" ;
- M. Gautier, Les effets des tempêtes de fin décembre 1978 et du premier janvier 1979 sur les côtes de Noirmoutier (Vendée) et du pays de Retz (Loire-Atlantique), Norois, Poitiers n°103, Juillet-Septembre 1979 ;



- Bilan des tempêtes hivernales 2013/2014, Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Vendée, Réunion du 17 avril 2014 ;
- Jean-Louis Eugène (2020), Catastrophes et cataclysmes dans l'île de Noirmoutier depuis le III^{ème} siècle, Editions du Petit Pavé.

Dans les archives consultées il apparaît clairement que :

- La quasi-totalité des évènements mentionnés sont ceux qui ont provoqué des dommages ;
- Les archives antérieures au 18^{ème} siècle, relatant les tempêtes et leurs conséquences, sont extrêmement rares ;
- Les évènements dommageables sont recensés et décrits de manière plus systématique à partir du moment l'on observe une occupation humaine sur le rivage ;
- Il existe très peu d'informations précises sur l'extension des zones submergées.

Afin de faciliter l'analyse, le territoire est découpé en 3 secteurs :

- Les cordons dunaires de l'Ouest de l'île (de la pointe de l'Herbaudière à la pointe de la Fosse) ;
- La côte à platiers rocheux du Nord-Est de l'île (de la pointe de l'Herbaudière à la pointe du Fort Larron) ;
- Les digues de polder de l'Est de l'île (de la pointe du Fort Larron à la pointe de la Fosse).

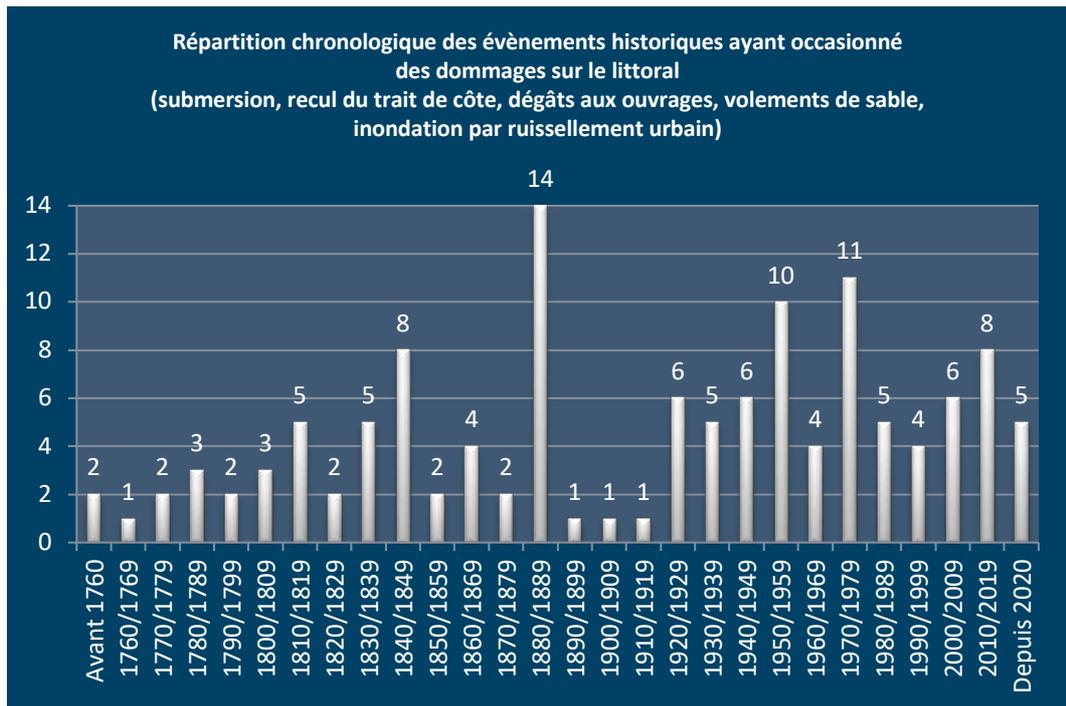
10.2.1 Description des évènements ayant occasionné des dommages

10.2.1.1 Présentation des évènements dans leur ensemble

Ce sont **128 évènements historiques**, identifiés dans les archives entre 1705 et 2023, qui ont occasionné des dommages sur l'île de Noirmoutier. Ces évènements historiques sont **124 évènements météo-marins** et **4 évènements liés uniquement à la pluie** (ruissellement urbain). Parmi eux, 30 ont provoqué une submersion/inondation sur une ou plusieurs communes.

La répartition chronologique de ces 128 évènements est donnée en figure suivante.





Il est important de signaler que les renseignements recueillis ne sont pas toujours suffisamment fournis pour localiser de manière précise les secteurs impactés par un évènement historique. Aussi, 3 couleurs différentes ont été utilisées pour la localisation des secteurs impactés en fonction du degré de précision de l'information recueillie :

- localisation approximative **à l'échelle de la commune**
- localisation approximative **à l'échelle du lieu-dit**
- Location précise au **niveau du secteur impacté**

Ces évènements historiques font l'objet de fiches spécifiques fournies en annexe A, où sont présentés de manière détaillée les dommages occasionnés et dans la mesure du possible les différents paramètres qui caractérisent les évènements.

Le code couleur de la précision de la localisation et le numéro de fiche de l'évènement sont repris dans tous les tableaux de présentation dans la suite du rapport.

Le tableau suivant présente de manière synthétique et par ordre chronologique les caractéristiques générales de l'ensemble des 128 évènements historiques recensés de 1705 à 2023 sur l'île de Noirmoutier.



Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
1705	1705 (1)	Côte Ouest	Submersion / rupture du cordon dunaire	-	"Vimer"	-
1745	1745 (1a)	Côte Ouest	Volements de sable	-	-	-
	1745 (1b)		Volements de sable			
3 février 1763	1763 (1)	Côte Ouest	Volements de sable Submersion	91 et 94	-	-
6 au 9 décembre 1771	1771 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	81 à 92	Grosses mers	-
10 au 13 février 1779	1779 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	32 à 55	Coup de mer	-
Février 1781	1781 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	-	-	-
5 au 8 décembre 1786	1786 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	91 à 100	-	-
21 au 24 février 1788	1788 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	102 à 111	-	-
19 et 20 janvier 1791	1791 (1)	-	Submersion / rupture d'ouvrage Submersion / débordement	75 à 87	Ouragan	"Hauteur prodigieuse"
8 au 10 novembre 1798	1798 (1)	Côte Ouest	Submersion / rupture du cordon dunaire	82 à 107	Vents violents d'WSW	-
28 décembre 1804	1804 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	47 et 50	Ouragan d'W et WSW	-
1807	1807 (1a)	Côte Ouest	Volements de sable	-	-	-
	1807 (1b)					
31 décembre au 1er janvier 1808	1808 (1a)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	83 à 91	Ouragan	-
	1808 (1b)		Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte			
22 au 26 février 1811	1811 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Submersion / débordement Recul du trait de côte	95 à 117	Vent violent de SW	"Hauteur prodigieuse"
	1811 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
	1811 (1c)		Submersion			
	1811 (1d)	Polders de l'Est	Submersion / rupture d'ouvrage			
18 et 19 octobre 1812	1812 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Submersion / rupture de cordon dunaire	81 à 104	Tempête violente de SW	"Hauteur extraordinaire"
	1812 (1b)	Côte Ouest	Submersion / rupture de cordon dunaire Dégradations d'ouvrages			
27 et 28 décembre 1814	1814 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	98 à 103	Vents très violents de SW	-
14 et 15 décembre 1816	1816 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	57 à 70	Ouragan	-
21 février 1818	1818 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	88 et 92	Ouragan de NSW	-
19 au 22 octobre 1820	1820 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	77 à 109	-	-
10 au 12 novembre 1821	1821 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	92 à 105	Violents coups de mer	-
19 et 20 décembre 1831	1831 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	102 à 107	Vent impétueux d'W à SW	-
16 au 18 octobre 1833	1833 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	63 à 102	Tempête	-
Décembre 1837	1837 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	-	Vent de SE	-



Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
25 février 1838	1838 (1)	Côte Ouest	Submersion / débordement Submersion / rupture de cordon dunaire	110 et 113	-	-
21 et 22 décembre 1839	1839 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	92 à 94	Tempête	-
Début 1841	1841 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	-	-	-
	1841 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
Février 1842	1842 (1)	-	-	-	-	-
Octobre 1842	1842 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	-	Vent très fort de SSW	-
16 février 1843	1843 (1)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages	112 et 113	-	-
Novembre 1843	1843 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	-	Gros temps	-
Octobre 1844 et janvier 1845	1845 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	-	-	-
27 janvier 1846	1846 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	100 et 106	Flots violents	-
	1846 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Submersion / rupture de cordon dunaire			
1er au 4 octobre 1846	1846 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	55 à 107	Vents très forts de SW	-
5 et 8 octobre 1857	1857 (1)	Côte Ouest	Submersion / rupture d'ouvrage	73 à 97	Vent de SSW très violent	-
25 octobre 1859	1859 (1)	Polders de l'Est	Submersion / rupture d'ouvrage	97 et 100	Vent violent	-
8 mars 1864	1864 (1a)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	111 et 115	Tempête soufflant du SSW	"Hauteur exceptionnelle"
	1864 (1b)		Recul du trait de côte			
1er au 5 décembre 1864	1864 (2a)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	65 à 89	Vent violent de SW	-
	1864 (2b)		Recul du trait de côte			
2 décembre 1865	1865 (1a)	Côte Ouest	Dégradations	99 et 102	-	-
	1865 (1b)		Dégradations			
31 janvier et 1er février 1869	1869 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte Submersion / rupture d'ouvrage	92 à 107	Vents de S	-
Novembre 1870	1870 (1)	Côte Ouest	Dégradations	-	Gros temps	-
1er janvier 1877	1877 (1a)	Polders de l'Est	Submersion / rupture d'ouvrage	96 et 98	Tempête	-
	1877 (1b)	Côte Ouest	Submersion / franchissement de cordon dunaire			
17 et 18 novembre 1880	1880 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	79 à 82	Vents de SW, Vagues énormes	-
30 janvier 1881	1881 (1a)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	103 et 107	Tempête	-
	1881 (1b)		Dégradations d'ouvrages			
6 septembre 1881	1881 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	78 et 86	Tempête	-



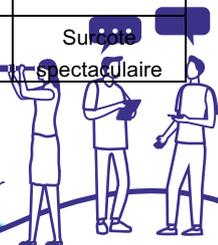
Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
20 et 21 novembre 1881	1881 (3)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	76 à 88	Tempête	-
26 septembre au 1er octobre 1882	1882 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	85 à 116	Tempête	-
27 octobre 1882	1882 (2a)	Polders de l'Est	Submersion / paquets de mer	109 et 110	Tempête	-
	1882 (2b)	Côte Ouest	Submersion Dégradations d'ouvrages			
9 au 10 janvier 1883	1883 (1a)	Côte Ouest	Submersion / rupture d'ouvrage	86 à 96	Vents d'E à S	-
	1883 (1b)		Submersion / rupture d'ouvrage			
7 au 10 février 1883	1883 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	90 à 111	Vents de S	-
2 septembre 1883	1883 (3)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	90 et 91	Tempête	-
16 et 17 octobre 1883	1883 (4)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	107 à 114	Tempête	-
9 et 10 mars 1884	1884 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	73 à 88	-	-
5 décembre 1884	1884 (2)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	105 et 102	Tempête	-
31 janvier 1885	1885 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	106 et 109	Vents de SW	-
21 mars 1888	1888 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	111 et 114	Tempête	-
3 et 4 avril 1897	1897 (1)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	84 à 89	Violente tempête	-
3 février 1904	1904 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	114	Tempête	-
Hiver 1911-1912	1912 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Recul du trait de côte	-	Tempêtes violentes de SW	-
	1912 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
20 au 22 octobre 1922	1922 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	108 à 115	Violente tempête	-
	1922 (1b)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
10 et 11 novembre 1923	1923 (1)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages	102 et 113	Tempête	-
9 et 10 janvier 1924	1924 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	84 à 97	Violente tempête	-
	1924 (1b)	Côte Ouest	Submersion / débordement Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte			
26 février 1925	1925 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	101 et 96	Tempête de NW d'une violence exceptionnelle	-
24 mai 1925	1925 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	83 et 81	Tempête	-
6 avril 1928	1928 (1)	Platiers Rocheux du NE	Recul du trait de côte	90 et 89	Mauvais temps	-
1er et 2 février 1930	1930 (1)	-	Dégradations	78 à 80	-	-
9 au 11 novembre 1931	1931 (1a)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	100 à 105	Tempête	-
	1931 (1b)		Dégradations d'ouvrages			
25 janvier 1937	1937 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	78 et 83	Mer violente	-



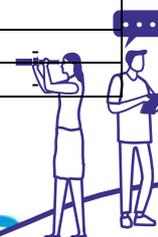
Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
13 et 14 mars 1937	1937 (2a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	104 à 111	Tempête	-
	1937 (2b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte			
		Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
	1937 (2c)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
		Polders de l'Est	Submersion / rupture d'ouvrage			
1937 (2d)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages Submersion / rupture d'ouvrage				
20 au 24 janvier 1939	1939 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	77 à 83	Tempête	-
		Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte			
16 novembre 1940	1940 (1a)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages	83 et 83	Tempête	-
	1940 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
		Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
	1940 (1c)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
16 février 1941	1941 (1)	Polders de l'Est	Submersion / débordement	98 et 93	Tempête violente	-
Décembre 1946	1946 (1)	Platiers Rocheux du NE	Recul du trait de côte	-	Tempêtes	-
3 au 5 avril 1947	1947 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	78 à 100	Tempête furieuse	-
28 décembre 1947	1947 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	92 et 95	Tempête	-
1er et 2 janvier 1949	1949 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	74 à 79	Tempête	-
Fin octobre 1950	1950 (1)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	-	Fortes tempêtes de NE	-
10 et 11 novembre 1950	1950 (2)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	103 à 105	Tempête de NE	-
20 et 21 février 1951	1951 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	68 à 84	Vents violents de NE	-
	1951 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
28 mars 1952	1952 (1a)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages	102 et 97	Tempête	-
	1952 (1b)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
	1952 (1c)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
15 et 16 février 1953	1953 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	112 et 115	Coup de vent de NNE	-
	1953 (1b)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
8 et 9 décembre 1954	1954 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	80 à 94	Tempête	-
15 février 1957	1957 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	111 et 115	-	-
	1957 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
	1957 (1c)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
	1957 (1d)		Recul du trait de côte			
21 au 24 janvier 1959	1959 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	48 à 85	Tempête	-
6 et 7 mars 1959	1959 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	64 à 81	Mer violente	-



Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
28 décembre 1959	1959 (3)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	85 et 91	Mer houleuse et vent de SW	-
5 avril 1962	1962 (1)	Platiers Rocheux du NE	Recul du trait de côte	115 et 117	-	-
Début 1966	1966 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	-	-	-
3 au 9 décembre 1966	1966 (2)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	52 à 78	Tempête	-
17 au 20 février 1969	1969 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	90 à 105	Vents de SE, dépression barométrique (745)	Gonflement anormal de la marée
	1969 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
9 au 12 janvier 1970	1970 (1a)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages	85 à 100	Violente tempête	-
	1970 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
	1970 (1c)		Dégradations d'ouvrages			
18 au 22 janvier 1971	1971 (1a)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	35 à 57	Violente tempête	-
	1971 (1b)		Dégradations d'ouvrages			
18 et 19 janvier 1972	1972 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	91 à 93	-	-
13 octobre 1973	1973 (1)	Polders de l'Est	Submersion / débordement	99 et 100	Coup de vent	-
13 février 1974	1974 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Recul du trait de côte	61 et 53	Tempête	-
	1974 (1b)	Côte Ouest	Recul du trait de côte			
	1974 (1c)	Côte Ouest	Submersion / débordement Recul du trait de côte			
Début décembre 1974	1974 (2)	Côte Ouest	Volements de sable	-	-	-
26 au 30 janvier 1975	1975 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	78 à 112	Tempête	-
15 et 16 mars 1976	1976 (1)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte	97 à 114	Mauvais temps	-
11 et 12 janvier 1978	1978 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Recul du trait de côte	99 à 108	Tempête	-
	1978 (1b)	Côte Ouest	Submersion / débordement Recul du trait de côte			
		Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
Fin février 1978	1978 (2)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	-	Tempête	-
1er janvier 1979	1979 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Recul du trait de côte	105 et 104	Tempête (pointes de 100 km/h) et forte houle	-
	1979 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte			
	1979 (1c)	Polders de l'Est	Submersion / rupture d'ouvrage			
Janvier 1982	1982 (1)	Platiers Rocheux du NE	Inondation par ruissellement urbain	-	-	-
22 et 23 novembre 1984	1984 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégâts	99 à 102	Violente tempête de vent d'W	-
	1984 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages			
	1984 (1c)		Recul du trait de côte			
	1984 (1d)		Recul du trait de côte			
7 et 8 avril 1985	1985 (1)	Polders de l'Est	Submersion / débordement	103 à 116	Très fort vent de SW	Surcote spectaculaire



Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
5 février 1988	1988 (1)	Platiers Rocheux du NE	Submersion / débordement	82 et 82	Fortes pluies	Surcote engendrée par la tempête
14 au 18 décembre 1989	1989 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	59 à 93	Tempête	-
		Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
	1989 (1b)	Côte Ouest	Recul du trait de côte			
3 février 1990	1990 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	57 et 51	Tempête	Surcote de 100%
7 février 1996	1996 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	88 et 87	Tempête	-
	1996 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte			
24 octobre 1999	1999 (1a)	Polders de l'Est	Submersion / débordement	96 et 102	Rafales à 110 km/h	+ 1,25m
		Côte Ouest	Recul du trait de côte Dégradations d'ouvrages			
	1999 (1b)	Côte Ouest	Recul du trait de côte Dégradations d'ouvrages			
	1999 (1c)	Côte Ouest	Recul du trait de côte Dégradations d'ouvrages			
		Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
25 au 27 décembre 1999	1999 (2a)	Côte Ouest	Submersion Recul du trait de côte	77 à 102	Tempête	-
		Platiers Rocheux du NE	Submersion			
	1999 (2b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages Recul du trait de côte			
	1999 (2c)	Côte Ouest	Submersion Recul du trait de côte			
		Polders de l'Est	Submersion Dégradations d'ouvrages			
	1999(2d)	Polders de l'Est	Submersion Dégradations d'ouvrages			
Début novembre 2004	2004 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	-	-	-
2 au 4 novembre 2005	2005 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte Submersion / franchissement de cordon dunaire	86 à 90	Coup de vent	-
Début décembre 2006	2006 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	-	-	-
10 mars 2008	2008 (1a)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	106 et 104	Vents de SW de plus de 100 km/h	-
	2008 (1b)		Recul du trait de côte			
	2008 (1c)		Recul du trait de côte Dégradations d'ouvrages			
13 janvier 2009	2009 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	103 et 102	-	-
23 août 2009	2009 (2)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	107 et 103	-	-



Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
28 février 2010	2010 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages Submersion / débordement Submersion / paquets de mer	102 et 108	Tempête	-
		Polders de l'Est	Submersion / débordement			
	2010 (1b)	Côte Ouest	Submersion / paquets de mer Dégradations d'ouvrages			
		Polders de l'Est	Submersion / paquets de mer			
	2010 (1c)	Côte Ouest	Recul du trait de côte Submersion / paquets de mer Dégradations d'ouvrages			
		Polders de l'Est	Submersion / débordement Submersion / paquets de mer Dégradations d'ouvrages			
	2010 (1d)	Côte Ouest	Recul du trait de côte			
		Polders de l'Est	Submersion / débordement Submersion / paquets de mer Dégradations d'ouvrages			
16 décembre 2011	2011 (1)	Côte Ouest	Volements de sable	-	Vents de 119 km/h	-
3 au 6 novembre 2013	2013 (1)	Côte Ouest	Submersion / débordement Recul du trait de côte Dégradations d'ouvrages	101 max.	Vent de 70-80 km/h direction W/NW, Houle de 3,54m direction W/SW	0,54m à PM 0,75m max.
30 décembre au 7 janvier 2014	2014 (1a)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	108 max.	Vents de 70-80 km/h direction SW, Houle de 3,53m direction W/SW	0,69m à PM 0,79m max.
	2014 (1b)	Polders de l'Est	Dégradations d'ouvrages			
31 janvier au 4 février 2014	2014 (2a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	114 max.	Vents de 100 km/h direction SW, Houle de 4,50m direction W/SW	0,47m à PM 1,05m max.
	2014 (2b)	Côte Ouest	Submersion / débordement			
	2014 (2c)		Recul du trait de côte			
2 au 4 mars 2014	2014 (3)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	115 max.	Vents de 100 km/h d'W, Houle de 4,16m d'W	0,57 à PM 0,71m max.



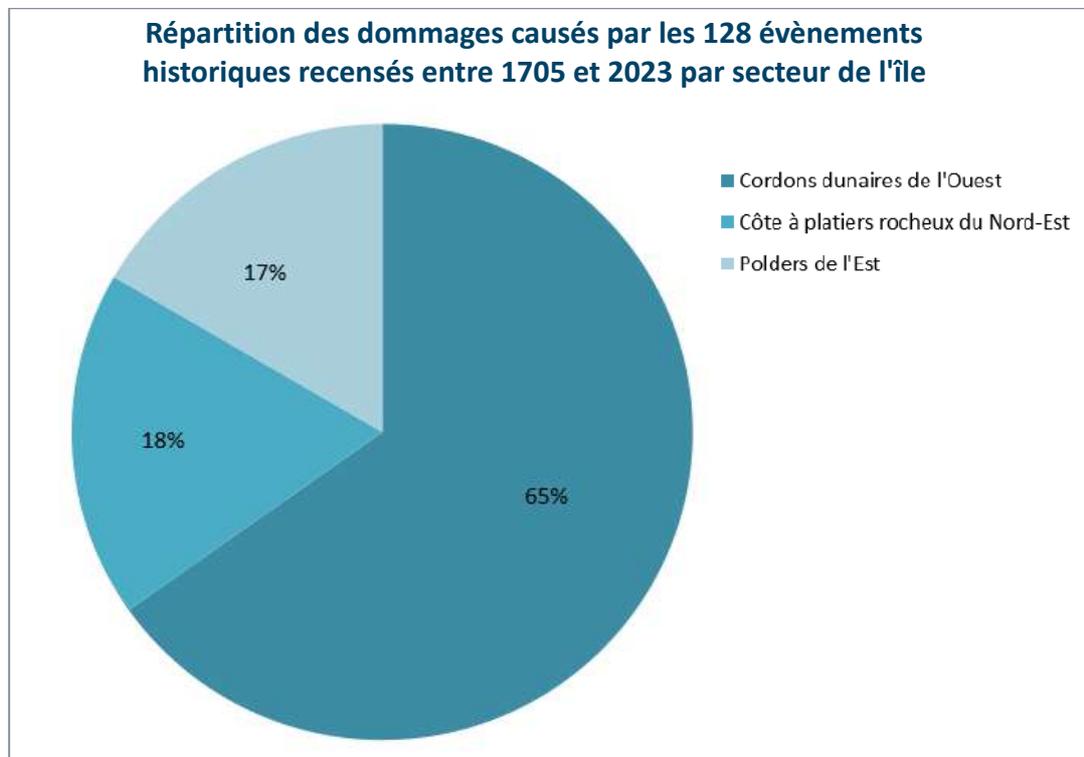
Date de l'évènement	N° de fiche	Localisation	Type de dommages (dégâts aux ouvrages, submersion par débordement/ par paquets de mer...)	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
9 au 12 février 2016	2016 (1a)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	100 à 107	Tempête, vents forts	-
	2016 (1b)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	100 à 107		
	2016 (1c)	Côte Ouest	Dégradations d'ouvrages	100 à 107		
	2016 (1d)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	100 à 107		
11 juin 2018	2018 (1)	Platiers Rocheux du NE	Inondation par ruissellement urbain	68 à 74	-	-
9 février 2020	2020 (1)	Côte Ouest	Recul du trait de côte	93 à 98	Tempête, rafales jusqu'à 100 km/h	-
1 ^{er} mars 2020	2020 (2)	Platiers Rocheux du NE	Inondation par ruissellement urbain	57 à 52	Tempête, orages	-
9 mars 2020	2020 (3)	Platiers Rocheux du NE	Dégradations d'ouvrages	99 à 105	-	-
20 juin 2022	2022 (1)	Platiers Rocheux du NE	Inondation par ruissellement urbain	66 à 62	Orages	-
28 octobre 2023	2023 (1a)	Platiers Rocheux du NE	Dégradation d'ouvrages Submersion / débordement Recul du trait de côte	101 à 103	Tempête Vents violents	-
	2023 (1b)	Côte Ouest	Dégradation d'ouvrages Submersion / franchissement Recul du trait de côte			
	2023 (1c)	Côte Ouest	Recul du trait de côte Submersion / franchissement			
	2023 (1d)	Côte Ouest	Recul du trait de côte			



10.2.1.2 Localisation des secteurs impactés sur le littoral

Les 128 événements historiques recensés dans les archives entre 1705 et 2023 ont occasionné au total 253 dommages (un même événement pouvant impacter plusieurs secteurs). La répartition de ces dommages par secteur de l'île en pourcentage est la suivante :

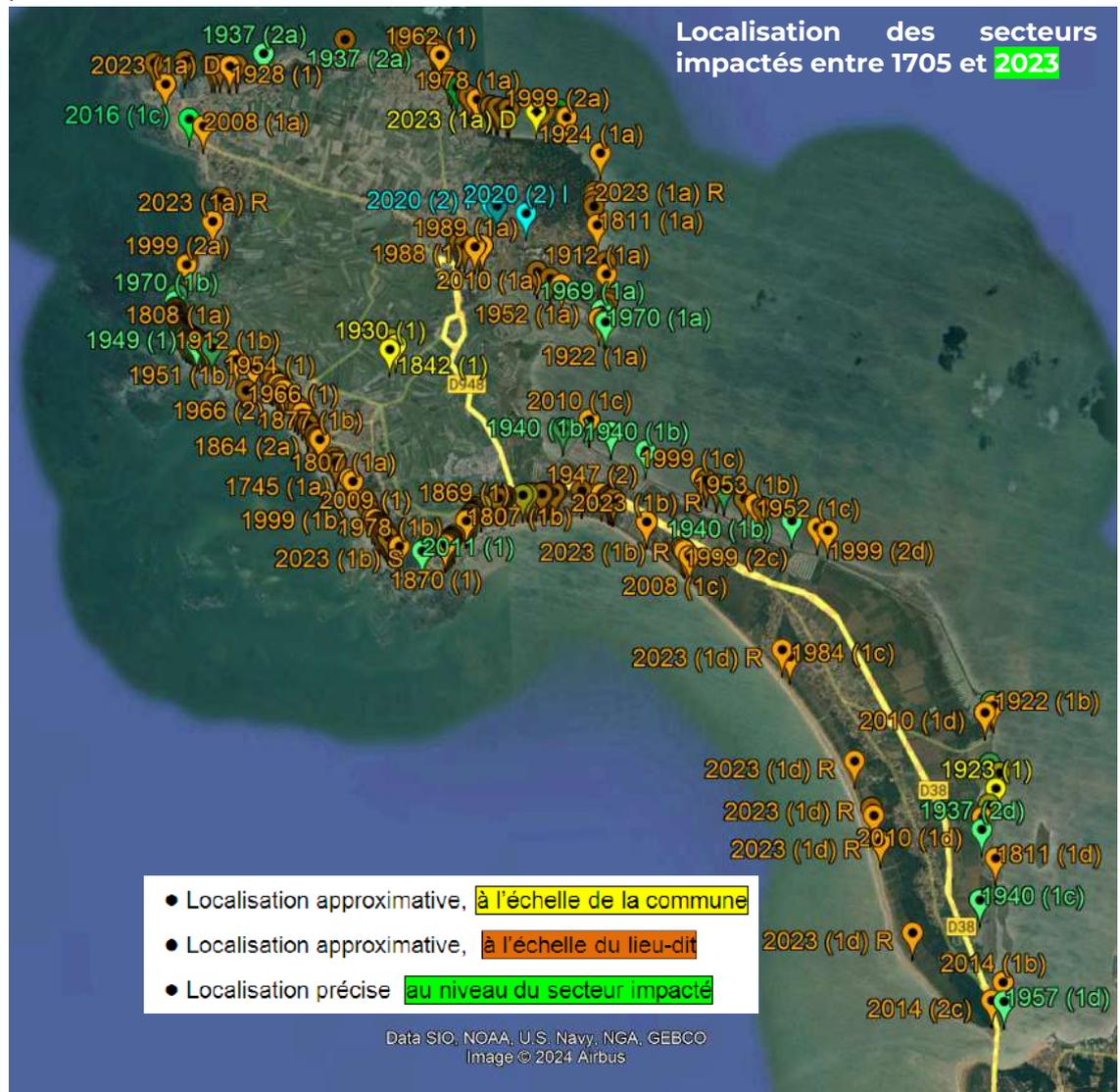
- 65 % des dommages ont été recensés sur les cordons dunaires de la côte Ouest de l'île ;
- 18 % des dommages ont été recensés sur la côte à platiers rocheux du Nord-Est ;
- 17 % des dommages ont été recensés sur les digues de Polders à l'Est de l'île.



Secteurs géographiques	Nombre de dommages recensés entre 1705 et 2023 au cours des 128 événements identifiés
Cordons dunaires de l'Ouest de l'île	165
Côte à platiers rocheux du Nord-Est de l'île	46
Digues de polder à l'Est de l'île	42



La carte d'ensemble suivante montre la localisation qui a été réalisée de l'ensemble des dommages causés par les 124 évènements météo-marins historiques recensés, selon la légende de localisation présentée au **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Les évènements de pluie ayant engendré du ruissellement urbain sont exclus de cette cartographie. Ils ont tous eu lieu sur la commune de Noirmoutier-en-l'île.



La localisation des 253 dommages, y compris ceux par ruissellement urbain, par secteur de l'île est présentée dans les tableaux dans les sections suivantes.

10.2.1.3 Cordons dunaires de l'Ouest de l'île

Domage(s) occasionné(s) par un évènement historique :

- Localisation approximative à l'échelle du lieu-dit
- Localisation précise au niveau du secteur impacté
- Localisation approximative à l'échelle de la commune



Date de l'évènement	N° de fiche
1705	1705 (1)
1745	1745 (1a)
	1745 (1b)
3 février 1763	1763 (1)
6 au 9 décembre 1771	1771 (1)
10 au 13 février 1779	1779 (1)
Février 1781	1781 (1)
5 au 8 décembre 1786	1786 (1)
21 au 24 février 1788	1788 (1)
8 au 10 novembre 1798	1798 (1)
28 décembre 1804	1804 (1)
1807	1807 (1a)
	1807 (1b)
31 décembre au 1er janvier 1808	1808 (1a)
	1808 (1b)
22 au 26 février 1811	1811 (1b)
	1811 (1c)
18 et 19 octobre 1812	1812 (1b)
27 et 28 décembre 1814	1814 (1)
14 et 15 décembre 1816	1816 (1)
21 février 1818	1818 (1)
19 au 22 octobre 1820	1820 (1)
10 au 12 novembre 1821	1821 (1)
19 et 20 décembre 1831	1831 (1)
16 au 18 octobre 1833	1833 (1)
Décembre 1837	1837 (1)
25 février 1838	1838 (1)
21 et 22 décembre 1839	1839 (1)
Début 1841	1841 (1b)
Octobre 1842	1842 (2)
Novembre 1843	1843 (2)
Octobre 1844 et janvier 1845	1845 (1)
27 janvier 1846	1846 (1b)
1er au 4 octobre 1846	1846 (2)
5 et 8 octobre 1857	1857 (1)
8 mars 1864	1864 (1a)
	1864 (1b)
1er au 5 décembre 1864	1864 (2a)
	1864 (2b)
2 décembre 1865	1865 (1a)
	1865 (1b)
31 janvier et 1er février 1869	1869 (1)
Novembre 1870	1870 (1)
1er janvier 1877	1877 (1b)



Date de l'évènement	N° de fiche
17 et 18 novembre 1880	1880 (1)
30 janvier 1881	1881 (1a)
	1881 (1b)
6 septembre 1881	1881 (2)
20 et 21 novembre 1881	1881 (3)
26 septembre au 1er octobre 1882	1882 (1)
27 octobre 1882	1882 (2b)
9 au 10 janvier 1883	1883 (1a)
	1883 (1b)
7 au 10 février 1883	1883 (2)
2 septembre 1883	1883 (3)
16 et 17 octobre 1883	1883 (4)
9 et 10 mars 1884	1884 (1)
5 décembre 1884	1884 (2)
31 janvier 1885	1885 (1)
21 mars 1888	1888 (1)
3 février 1904	1904 (1)
Hiver 1911-1912	1912 (1b)
9 et 10 janvier 1924	1924 (1b)
26 février 1925	1925 (1)
24 mai 1925	1925 (2)
9 au 11 novembre 1931	1931 (1a)
	1931 (1b)
25 janvier 1937	1937 (1)
13 et 14 mars 1937	1937 (2b)
	1937 (2c)
20 au 24 janvier 1939	1939 (1)
16 novembre 1940	1940 (1b)
3 au 5 avril 1947	1947 (1)
28 décembre 1947	1947 (2)
1er et 2 janvier 1949	1949 (1)
20 et 21 février 1951	1951 (1b)
8 et 9 décembre 1954	1954 (1)
15 février 1957	1957 (1b)
21 au 24 janvier 1959	1959 (1)
6 et 7 mars 1959	1959 (2)
28 décembre 1959	1959 (3)
Début 1966	1966 (1)
3 au 9 décembre 1966	1966 (2)
17 au 20 février 1969	1969 (1b)
9 au 12 janvier 1970	1970 (1b)
	1970 (1c)
18 au 22 janvier 1971	1971 (1a)
	1971 (1b)
18 et 19 janvier 1972	1972 (1)
13 février 1974	1974 (1b)
	1974 (1c)



Date de l'évènement	N° de fiche
Début décembre 1974	1974 (2)
26 au 30 janvier 1975	1975 (1)
15 et 16 mars 1976	1976 (1)
11 et 12 janvier 1978	1978 (1b)
Fin février 1978	1978 (2)
1er janvier 1979	1979 (1b)
22 et 23 novembre 1984	1984 (1b)
	1984 (1c)
	1984 (1d)
14 au 18 décembre 1989	1989 (1b)
3 février 1990	1990 (1)
7 février 1996	1996 (1b)
24 octobre 1999	1999 (1a)
	1999 (1b)
	1999 (1c)
25 au 27 décembre 1999	1999 (2a)
	1999 (2b)
	1999 (2c)
Début novembre 2004	2004 (1)
2 au 4 novembre 2005	2005 (1)
Début décembre 2006	2006 (1)
10 mars 2008	2008 (1a)
	2008 (1b)
	2008 (1c)
13 janvier 2009	2009 (1)
23 août 2009	2009 (2)
28 février 2010	2010 (1b)
	2010 (1c)
	2010 (1d)
16 décembre 2011	2011 (1)
3 au 6 novembre 2013	2013 (1)
30 décembre au 7 janvier 2014	2014 (1a)
31 janvier au 4 février 2014	2014 (2b)
	2014 (2c)
2 au 4 mars 2014	2014 (3)
9 au 12 février 2016	2016 (1a)
9 au 12 février 2016	2016 (1b)
9 au 12 février 2016	2016 (1c)
9 février 2020	2020 (1)
28 octobre 2023	2023 (1b)
	2023 (1c)
	2023 (1d)



10.2.1.4 Côtes à platiers rocheux du Nord-Est de l'île

Domage(s) occasionné(s) par un évènement historique :

- localisation approximative à l'échelle du lieu-dit
- localisation précise au niveau du secteur impacté

Date de l'évènement	N° de fiche
22 au 26 février 1811	1811 (1a)
18 et 19 octobre 1812	1812 (1a)
Début 1841	1841 (1a)
27 janvier 1846	1846 (1a)
3 et 4 avril 1897	1897 (1)
Hiver 1911-1912	1912 (1a)
20 au 22 octobre 1922	1922 (1a)
9 et 10 janvier 1924	1924 (1a)
6 avril 1928	1928 (1)
13 et 14 mars 1937	1937 (2a)
20 au 24 janvier 1939	1939 (1)
Fin octobre 1950	1950 (1)
10 et 11 novembre 1950	1950 (2)
20 et 21 février 1951	1951 (1a)
15 et 16 février 1953	1953 (1a)
15 février 1957	1957 (1a)
5 avril 1962	1962 (1)
17 au 20 février 1969	1969 (1a)
13 février 1974	1974 (1a)
11 et 12 janvier 1978	1978 (1a)
1er janvier 1979	1979 (1a)
22 et 23 novembre 1984	1984 (1a)
Janvier 1982	1982 (1)
5 février 1988	1988 (1)
14 au 18 décembre 1989	1989 (1a)
7 février 1996	1996 (1a)
25 au 27 décembre 1999	1999 (2a)
28 février 2010	2010 (1a)
31 janvier au 4 février 2014	2014 (2a)
9 au 12 février 2016	2016 (1d)
11 juin 2018	2018 (1)
1 ^{er} mars 2020	2020 (2)
9 mars 2020	2020 (3)
20 juin 2022	2022 (1)
28 octobre 2023	2023 (1a)



10.2.1.5 Polders de l'Est de l'île

Domage(s) occasionné(s) par un évènement historique :

- Localisation approximative à l'échelle du lieu-dit
- Localisation précise au niveau du secteur impacté
- Localisation approximative à l'échelle de la commune

Date de l'évènement	N° de fiche
22 au 26 février 1811	1811 (1d)
16 février 1843	1843 (1)
25 octobre 1859	1859 (1)
1er janvier 1877	1877 (1a)
27 octobre 1882	1882 (2a)
20 au 22 octobre 1922	1922 (1b)
10 et 11 novembre 1923	1923 (1)
13 et 14 mars 1937	1937 (2b)
	1937 (2c)
	1937 (2d)
16 novembre 1940	1940 (1a)
	1940 (1b)
	1940 (1c)
16 février 1941	1941 (1)
28 mars 1952	1952 (1a)
	1952 (1b)
	1952 (1c)
15 et 16 février 1953	1953 (1b)
15 février 1957	1957 (1c)
	1957 (1d)
9 au 12 janvier 1970	1970 (1a)
13 octobre 1973	1973 (1)
11 et 12 janvier 1978	1978 (1b)
1er janvier 1979	1979 (1c)
7 et 8 avril 1985	1985 (1)
14 au 18 décembre 1989	1989 (1a)
24 octobre 1999	1999 (1a)
	1999 (1c)
	1999 (2c)
25 au 27 décembre 1999	1999 (2d)
	1999 (2d)
28 février 2010	2010 (1a)
	2010 (1b)
	2010 (1c)
	2010 (1d)
30 décembre au 7 janvier 2014	2014 (1b)
	2014 (1b)



10.2.2 Les différents types de dommages recensés

Le tableau ci-dessous présente la répartition des événements historiques qui ont occasionnés des dommages, en fonction des différents types de dommages recensés et de leur localisation.

Les sections suivantes présentent les dommages provoqués par type.



Secteur	Recul du trait de côte	Dégradations d'ouvrages côtiers	Voilements de sable	Submersions						Inondation par ruissellement urbain
				Franchissement d'ouvrage par débordement	Franchise ment du cordon dunaire	Rupture du cordon dunaire	Rupture d'ouvrage	Paquets de mer	Type de submersion non-identifiable	
Cordons dunaires de l'Ouest de l'île	<u>1808 (1b), 1864 (1a), 1864 (1b), 1864 (2a), 1864 (2b), 1869 (1), 1880 (1), 1884 (1), 1884 (2), 1885 (1), 1888 (1), 1924 (1b), 1937 (2b), 1939 (1), 1954 (1), 1966 (1), 1966 (2), 1974 (1b), 1974 (1c), 1975 (1), 1976 (1), 1978 (1b), 1979 (1b), 1984 (1c), 1984 (1d), 1989 (1b), 1990 (1), 1996 (1b), 1999 (1a), 1999 (1b), 1999 (1c), 1999 (2a), 1999 (2b), 1999 (2c), 2004 (1), 2005 (1), 2006 (1), 2008 (1a), 2008 (1b), 2008 (1c), 2009 (1), 2009 (2), 2010 (1c), 2010 (1d), 2013 (1), 2014 (1a), 2014 (2c), 2014 (3), 2020 (1), 2023 (1a), 2023 (1b), 2023 (1c), 2023 1 (d)</u>	<u>1771 (1), 1779 (1), 1781 (1), 1786 (1), 1788 (1), 1804 (1), 1808 (1a), 1808 (1b), 1811 (1b), 1812 (1b), 1814 (1), 1816 (1), 1818 (1), 1820 (1), 1821 (1), 1831 (1), 1833 (1), 1837 (1), 1839 (1), 1841 (1b), 1842 (2), 1843 (2), 1845 (1), 1846 (1b), 1846 (2), 1880 (1), 1881 (1a), 1881 (1b), 1881 (2), 1881 (3), 1882 (1), 1882 (2b), 1883 (2), 1883 (3), 1883 (4), 1885 (1), 1904 (1), 1912 (1b), 1924 (1b), 1925 (1), 1925 (2), 1931 (1a), 1931 (1b), 1937 (1), 1937 (2b), 1937 (2c), 1939 (1), 1940 (1b), 1947 (1), 1947 (2), 1949 (1), 1951 (1b), 1957 (1b), 1959 (1), 1959 (2), 1959 (3), 1969 (1b), 1970 (1b), 1970 (1c), 1971 (1a), 1971 (1b), 1972 (1), 1975 (1), 1976 (1), 1978 (2), 1979 (1b), 1984 (1b), 1996 (1b), 1999 (1a), 1999 (1b), 1999 (1c), 1999 (2b), 2008 (1c), 2010 (1b), 2010 (1c), 2013 (1), 2016 (1a), 2016 (1b), 2016 (1c), 2023 (1a), 2023 (1b)</u>	<u>1745 (1a), 1745 (1b), 1763 (1), 1807 (1a), 1807 (1b), 1974 (2), 2011 (1)</u>	<u>1838 (1), 1924 (1b), 1974 (1c), 1978 (1b), 2013 (1), 2014 (2b)</u>	<u>1877 (1b), 2005 (1)</u>	<u>1705 (1), 1798 (1), 1812 (1b), 1838 (1), 1846 (1b)</u>	<u>1857 (1), 1869 (1), 1883 (1a), 1883 (1b)</u>	<u>2010 (1b), 2010 (1c), 2023 (1a), 2023 (1b), 2023 (1c)</u>	<u>1763 (1), 1811 (1c), 1882 (2b), 1999 (2a), 1999 (2c)</u>	
Côte à platiers rocheux du Nord-Est de l'île	<u>1811 (1a), 1846 (1a), 1912 (1a), 1928 (1), 1937 (2a), 1939 (1), 1946 (1), 1950 (1), 1951 (1a), 1953 (1a), 1962 (1), 1974 (1a), 1978 (1a), 1979 (1a), 2023 (1a)</u>	<u>1841 (1a), 1846 (1a), 1897 (1), 1922 (1a), 1924 (1a), 1937 (2a), 1939 (1), 1950 (1), 1950 (2), 1951 (1a), 1953 (1a), 1957 (1a), 1969 (1a), 1989 (1a), 1996 (1a), 2010 (1a), 2014 (2a), 2016 (1d), 2020 (3), 2023 (1a)</u>		<u>1811 (1a), 1988 (1), 2010 (1a), 2023 (1a)</u>		<u>1812 (1a)</u>		<u>2010 (1a)</u>	<u>1999 (2a)</u>	<u>1982 (1), 2018 (1), 2020 (2), 2022 (1)</u>
Digues de polder à l'Est de l'île	<u>1957 (1d)</u>	<u>1843 (1), 1922 (1b), 1923 (1), 1937 (2b), 1937 (2d), 1940 (1a), 1940 (1b), 1940 (1c), 1952 (1a), 1952 (1b), 1952 (1c), 1953 (1b), 1957 (1c), 1970 (1a), 1978 (1b), 1989 (1a), 1999 (1c), 1999 (2c), 1999 (2d), 2010 (1c), 2010 (1d), 2014 (1b)</u>		<u>1941 (1), 1973 (1), 1985 (1), 1999 (1a), 2010 (1a), 2010 (1c), 2010 (1d)</u>			<u>1811 (1d), 1859 (1), 1877 (1a), 1937 (2c), 1937 (2d), 1979 (1c)</u>	<u>1882 (2a), 2010 (1b), 2010 (1c), 2010 (1d), 2023 (1a)</u>	<u>1999 (2c), 1999 (2d)</u>	



10.2.2.1 Recul du trait de côte

49 évènements météo-marins ayant entraîné un recul du trait de côte ont été recensés, entre 1808 et 2023, au niveau de La Guérinière, de Devin et du Sableau à l'emplacement actuel des ouvrages, et à leurs extrémités depuis leur construction, mais également à Luzérone, à la Clère et plus récemment aux Eloux depuis la construction du port de Morin.

Ces évènements se sont généralement produits en période de tempête (avec des vents de NW à SW) et de grande marée de vive-eau (coefficients de marée supérieurs à 85).

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
31 décembre au 1er janvier 1808	1808 (1b)	83 à 91	Ouragan	-
22 au 26 février 1811	1811 (1a)	95 à 117	Vent violent de SW	"Hauteur prodigieuse"
27 janvier 1846	1846 (1a)	100 et 106	Flots violents	-
8 mars 1864	1864 (1a)	111 et 115	Tempête soufflant du SSW	"Hauteur exceptionnelle"
	1864 (1b)			
1er au 5 décembre 1864	1864 (2a)	65 à 89	Vent violent de SW	-
	1864 (2b)			
31 janvier et 1er février 1869	1869 (1)	92 à 107	Vents de S	-
17 et 18 novembre 1880	1880 (1)	79 à 82	Vents de SW, Vagues énormes	-
9 et 10 mars 1884	1884 (1)	73 à 88	-	-
5 décembre 1884	1884 (2)	105 et 102	Tempête	-
31 janvier 1885	1885 (1)	106 et 109	Vents de SW	-
21 mars 1888	1888 (1)	111 et 114	Tempête	-
Hiver 1911-1912	1912 (1a)	-	Tempêtes violentes de SW	-
9 et 10 janvier 1924	1924 (1b)	84 à 97	Violente tempête	-
6 avril 1928	1928 (1)	90 et 89	Mauvais temps	-
13 et 14 mars 1937	1937 (2a)	104 à 111	Tempête	-
	1937 (2b)			
20 au 24 janvier 1939	1939 (1)	77 à 83	Tempête	-
Décembre 1946	1946 (1)	-	Tempêtes	-
Fin octobre 1950	1950 (1)	-	Fortes tempêtes de NE	-
20 et 21 février 1951	1951 (1a)	68 à 84	Vents violents de NE	-
15 et 16 février 1953	1953 (1a)	112 et 115	Coup de vent de NNE	-
8 et 9 décembre 1954	1954 (1)	80 à 94	Tempête	-
15 février 1957	1957 (1d)	111 et 115	-	-



Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
5 avril 1962	1962 (1)	115 et 117	-	-
Début 1966	1966 (1)	-	-	-
3 au 9 décembre 1966	1966 (2)	52 à 78	Tempête	-
13 février 1974	1974 (1a)	61 et 53	Tempête	-
	1974 (1b)			
	1974 (1c)			
26 au 30 janvier 1975	1975 (1)	78 à 112	Tempête	-
15 et 16 mars 1976	1976 (1)	97 à 114	Mauvais temps	-
11 et 12 janvier 1978	1978 (1a)	99 à 108	Tempête	-
	1978 (1b)			
1er janvier 1979	1979 (1a)	105 et 104	Tempête (pointes de 100 km/h) et forte houle	-
	1979 (1b)			
22 et 23 novembre 1984	1984 (1c)	99 à 102	Violente tempête de vent d'W	-
	1984 (1d)			
14 au 18 décembre 1989	1989 (1a)	59 à 93	Tempête	-
	1989 (1b)			
3 février 1990	1990 (1)	57 et 51	Tempête	Surcote de 100%
7 février 1996	1996 (1b)	88 et 87	Tempête	-
24 octobre 1999	1999 (1a)	96 et 102	Rafales à 110 km/h	+ 1,25m
	1999 (1b)			
	1999 (1c)			
25 au 27 décembre 1999	1999 (2a)	77 à 102	Tempête	-
	1999 (2b)			
	1999 (2c)			
Début novembre 2004	2004 (1)	-	-	-
2 au 4 novembre 2005	2005 (1)	86 à 90	Coup de vent	-
Début décembre 2006	2006 (1)	-	-	-
10 mars 2008	2008 (1a)	106 et 104	Vents de SW de plus de 100 km/h	-
	2008 (1b)			
	2008 (1c)			
13 janvier 2009	2009 (1)	103 et 102	-	-
23 août 2009	2009 (2)	107 et 103	-	-
28 février 2010	2010 (1c)	102 et 108	Tempête	-
	2010 (1d)			



Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
3 au 6 novembre 2013	2013 (1)	101 max.	Vent de 70-80 km/h direction W/NW, Houle de 3,54m direction W/SW	0,54m à PM 0,75m max.
30 décembre au 7 janvier 2014	2014 (1a)	108 max.	Vents de 70-80 km/h direction SW, Houle de 3,53m direction W/SW	0,69m à PM 0,79m max.
31 janvier au 4 février 2014	2014 (2c)	114 max.	Vents de 100 km/h direction SW, Houle de 4,50m direction W/SW	0,47m à PM 1,05m max.
2 au 4 mars 2014	2014 (3)	115 max.	Vents de 100 km/h d'W, Houle de 4,16m d'W	0,57 à PM 0,71m max.
9 février 2020	2020 (1)	98 max.	Tempête, rafales jusqu'à 100 km/h	
28 octobre 2023	2023 (1a)	103 max	Tempête Vents violents	
	2023 (1b)			
	2023 (1c)			
	2023 (1d)			



10.2.2.2 Dégradation d'ouvrages côtiers

Ce sont 80 évènements météo-marins qui ont été recensés entre 1771 et 2023 principalement entre la pointe de Devin et La Guérinière, à l'Herbaudière, au Vieil, à la Clère, au Sableau et dans les digues des polders de l'Est de l'île.

Ces évènements se sont produits principalement en période de tempête et de grande marée de vive-eau (coefficients de marée la plupart du temps supérieurs à 90).

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
6 au 9 décembre 1771	1771 (1)	81 à 92	Grosses mers	-
10 au 13 février 1779	1779 (1)	32 à 55	Coup de mer	-
Février 1781	1781 (1)	-	-	-
5 au 8 décembre 1786	1786 (1)	91 à 100	-	-
21 au 24 février 1788	1788 (1)	102 à 111	-	-
28 décembre 1804	1804 (1)	47 et 50	Ouragan d'W et WSW	-
31 décembre au 1er janvier 1808	1808 (1a)	83 à 91	Ouragan	-
	1808 (1b)			
22 au 26 février 1811	1811 (1b)	95 à 117	Vent violent de SW	"Hauteur prodigieuse"
18 et 19 octobre 1812	1812 (1b)	81 à 104	Tempête violente de SW	"Hauteur extraordinaire"
27 et 28 décembre 1814	1814 (1)	98 à 103	Vents très violents de SW	-
14 et 15 décembre 1816	1816 (1)	57 à 70	Ouragan	-
21 février 1818	1818 (1)	88 et 92	Ouragan de NSW	-
19 au 22 octobre 1820	1820 (1)	77 à 109	-	-
10 au 12 novembre 1821	1821 (1)	92 à 105	Violents coups de mer	-
19 et 20 décembre 1831	1831 (1)	102 à 107	Vent impétueux d'W à SW	-
16 au 18 octobre 1833	1833 (1)	63 à 102	Tempête	-
Décembre 1837	1837 (1)	-	Vent de SE	-
21 et 22 décembre 1839	1839 (1)	92 à 94	Tempête	-
Début 1841	1841 (1a)	-	-	-
	1841 (1b)			
Octobre 1842	1842 (2)	-	Vent très fort de SSW	-
16 février 1843	1843 (1)	112 et 113	-	-
Novembre 1843	1843 (2)	-	Gros temps	-
Octobre 1844 et janvier 1845	1845 (1)	-	-	-
27 janvier 1846	1846 (1a)	100 et 106	Flots violents	-
	1846 (1b)			
1er au 4 octobre 1846	1846 (2)	55 à 107	Vents très forts de SW	-
17 et 18 novembre 1880	1880 (1)	79 à 82	Vents de SW, Vagues énormes	-



Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
30 janvier 1881	1881 (1a)	103 et 107	Tempête	-
	1881 (1b)			
6 septembre 1881	1881 (2)	78 et 86	Tempête	-
20 et 21 novembre 1881	1881 (3)	76 à 88	Tempête	-
26 septembre au 1er octobre 1882	1882 (1)	85 à 116	Tempête	-
7 au 10 février 1883	1883 (2)	90 à 111	Vents de S	-
2 septembre 1883	1883 (3)	90 et 91	Tempête	-
16 et 17 octobre 1883	1883 (4)	107 à 114	Tempête	-
31 janvier 1885	1885 (1)	106 et 109	Vents de SW	-
3 et 4 avril 1897	1897 (1)	84 à 89	Violente tempête	-
3 février 1904	1904 (1)	114	Tempête	-
20 au 22 octobre 1922	1922 (1a)	108 à 115	Violente tempête	-
	1922 (1b)			
10 et 11 novembre 1923	1923 (1)	102 et 113	Tempête	-
9 et 10 janvier 1924	1924 (1a)	84 à 97	Violente tempête	-
	1924 (1b)			
26 février 1925	1925 (1)	101 et 96	Tempête de NW d'une violence exceptionnelle	-
24 mai 1925	1925 (2)	83 et 81	Tempête	-
9 au 11 novembre 1931	1931 (1a)	100 à 105	Tempête	-
	1931 (1b)			
25 janvier 1937	1937 (1)	78 et 83	Mer violente	-
13 et 14 mars 1937	1937 (2a)	104 à 111	Tempête	-
	1937 (2b)			
	1937 (2c)			
	1937 (2d)			
20 au 24 janvier 1939	1939 (1)	77 à 83	Tempête	-
16 novembre 1940	1940 (1a)	83 et 83	Tempête	-
	1940 (1b)			
	1940 (1c)			
3 au 5 avril 1947	1947 (1)	78 à 100	Tempête furieuse	-
28 décembre 1947	1947 (2)	92 et 95	Tempête	-
1er et 2 janvier 1949	1949 (1)	74 à 79	Tempête	-
Fin octobre 1950	1950 (1)	-	Fortes tempêtes de NE	-
10 et 11 novembre 1950	1950 (2)	103 à 105	Tempête de NE	-
20 et 21 février 1951	1951 (1a)	68 à 84	Vents violents de NE	-
	1951 (1b)			
28 mars 1952	1952 (1a)	102 et 97	Tempête	-
	1952 (1b)			
	1952 (1c)			
15 et 16 février 1953	1953 (1a)	112 et 115	Coup de vent de NNE	-
	1953 (1b)			



Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
15 février 1957	1957 (1a)	111 et 115	-	-
	1957 (1b)			
	1957 (1c)			
21 au 24 janvier 1959	1959 (1)	48 à 85	Tempête	-
6 et 7 mars 1959	1959 (2)	64 à 81	Mer violente	-
28 décembre 1959	1959 (3)	85 et 91	Mer houleuse et vent de SW	-
17 au 20 février 1969	1969 (1a)	90 à 105	Vents de SE, dépression barométrique (745)	Gonflement anormal de la marée
	1969 (1b)			
9 au 12 janvier 1970	1970 (1a)	85 à 100	Violente tempête	-
	1970 (1b)			
	1970 (1c)			
18 au 22 janvier 1971	1971 (1a)	35 à 57	Violente tempête	-
	1971 (1b)			
18 et 19 janvier 1972	1972 (1)	91 à 93	-	-
26 au 30 janvier 1975	1975 (1)	78 à 112	Tempête	-
15 et 16 mars 1976	1976 (1)	97 à 114	Mauvais temps	-
11 et 12 janvier 1978	1978 (1b)	99 à 108	Tempête	-
Fin février 1978	1978 (2)	-	Tempête	-
1er janvier 1979	1979 (1b)	105 et 104	Tempête (pointes de 100 km/h) et forte houle	-
22 et 23 novembre 1984	1984 (1b)	99 à 102	Violente tempête de vent d'W	-
14 au 18 décembre 1989	1989 (1a)	59 à 93	Tempête	-
7 février 1996	1996 (1a)	88 et 87	Tempête	-
	1996 (1b)			
24 octobre 1999	1999 (1a)	96 et 102	Rafales à 110 km/h	+ 1,25m
	1999 (1b)			
	1999 (1c)			
25 au 27 décembre 1999	1999 (2b)	77 à 102	Tempête	-
	1999 (2c)			
	1999(2d)			
10 mars 2008	2008 (1c)	106 et 104	Vents de SW de plus de 100 km/h	-



Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
28 février 2010	2010 (1a)	102 et 108	Tempête	-
	2010 (1b)			
	2010 (1c)			
	2010 (1d)			
3 au 6 novembre 2013	2013 (1)	101 max.	Vent de 70-80 km/h direction W/NW, Houle de 3,54m direction W/SW	0,54m à PM 0,75m max.
30 décembre au 7 janvier 2014	2014 (1b)	108 max.	Vents de 70-80 km/h direction SW, Houle de 3,53m direction W/SW	0,69m à PM 0,79m max.
31 janvier au 4 février 2014	2014 (2a)	114 max.	Vents de 100 km/h direction SW, Houle de 4,50m direction W/SW	0,47m à PM 1,05m max.
9 au 12 février 2016	2016 (1a)	103 max	Tempête, rafales jusqu'à 100 km/h	
	2016 (1b)			
	2016 (1c)			
	2016 (1d)			
9 mars 2020	2020 (3)	105 max		
28 octobre 2023	2023 (1a)	103 max	Tempête Vents violents	
	2023 (1b)			

10.2.2.3 Volements de sable

Ce sont 5 évènements météo-marins qui ont été recensés entre 1745 et 2022 uniquement sur les cordons dunaires de la côte Ouest.

Ces évènements se sont produits principalement en période de tempête.

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
1745	1745 (1a)	-	-	-
	1745 (1b)			
3 février 1763	1763 (1)	91 et 94	-	-
1807	1807 (1a)	-	-	-
	1807 (1b)			
Début décembre 1974	1974 (2)	-	-	-
16 décembre 2011	2011 (1)	-	Vents de 119 km/h	-



10.2.2.4 Submersion marine

On note 5 types de submersion marine.

➔ **Les submersions par débordement** (lorsque le niveau marin atteint est supérieur à la cote de crête des ouvrages de protection).

15 évènements météo-marins ont été répertoriés entre 1791 et 2023. Ils se sont produits généralement en période de tempête et de grande marée de vive-eau (coefficients de marée supérieurs à 80). Ces submersions sont quasiment toujours accompagnées d'une surcote importante.

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
19 et 20 janvier 1791	1791 (1)	75 à 87	Ouragan	"Hauteur prodigieuse"
22 au 26 février 1811	1811 (1a)	95 à 117	Vent violent de SW	"Hauteur prodigieuse"
25 février 1838	1838 (1)	110 et 113	-	-
9 et 10 janvier 1924	1924 (1b)	84 à 97	Violente tempête	-
16 février 1941	1941 (1)	98 et 93	Tempête violente	-
13 octobre 1973	1973 (1)	99 et 100	Coup de vent	-
13 février 1974	1974 (1c)	61 et 53	Tempête	-
11 et 12 janvier 1978	1978 (1b)	99 à 108	Tempête	-
7 et 8 avril 1985	1985 (1)	103 à 116	Très fort vent de SW	Surcote spectaculaire
5 février 1988	1988 (1)	82 et 82	Fortes pluies	Surcote engendrée par la tempête
24 octobre 1999	1999 (1a)	96 et 102	Rafales à 110 km/h	+ 1,25m
28 février 2010	2010 (1a)	102 et 108	Tempête	-
	2010 (1c)			
	2010 (1d)			
3 au 6 novembre 2013	2013 (1)	101 max.	Vent de 70-80 km/h direction W/NW, Houle de 3,54m direction W/SW	0,54m à PM 0,75m max.
31 janvier au 4 février 2014	2014 (2b)	114 max.	Vents de 100 km/h direction SW, Houle de 4,50m direction W/SW	0,47m à PM 1,05m max.
28 octobre 2023	2023 (1)	103 max	Tempête Vents violents	



➔ Les submersions par rupture d'ouvrage

9 évènements météo-marins ont été recensés entre 1791 et 1979, principalement au niveau des polders de l'Est de la pointe de Devin et de La Guérinière.

Ils sont survenus principalement en période de vents forts et de grande marée de vive-eau (coefficient de marée supérieur à 95).

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
19 et 20 janvier 1791	1791 (1)	75 à 87	Ouragan	"Hauteur prodigieuse"
22 au 26 février 1811	1811 (1d)	95 à 117	Vent violent de SW	"Hauteur prodigieuse"
5 et 8 octobre 1857	1857 (1)	73 à 97	Vent de SSW très violent	-
25 octobre 1859	1859 (1)	97 et 100	Vent violent	-
31 janvier et 1er février 1869	1869 (1)	92 à 107	Vents de S	-
1er janvier 1877	1877 (1a)	96 et 98	Tempête	-
9 au 10 janvier 1883	1883 (1a)	86 à 96	Vents d'E à S	-
	1883 (1b)			
13 et 14 mars 1937	1937 (2c)	104 à 111	Tempête	-
	1937 (2d)			
1er janvier 1979	1979 (1c)	105 et 104	Tempête (pointes de 100 km/h) et forte houle	-

➔ Les submersions par franchissement du cordon dunaire

Deux évènements météo-marins ont été recensés en 1877 et 2005, au niveau la côte Ouest de l'île.

Ils se sont produits en période de coup de vent et de grande marée de vive-eau (coefficient de marée supérieur ou égal à 90).

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
1er janvier 1877	1877 (1b)	96 et 98	Tempête	-
2 au 4 novembre 2005	2005 (1)	86 à 90	Coup de vent	-



➔ Les submersions par rupture du cordon dunaire

5 évènements météo-marins ont été répertoriés entre 1705 et 1846 dans le secteur la Clère et de La Guérinière avant la construction des ouvrages, et aux extrémités de la digue de la pointe de Devin.

Ils se sont produits en période de tempête (vents de SW) et de grande marée de vive-eau (coefficients de marée supérieurs à 105).

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
1705	1705 (1)	-	"Vimer"	-
8 au 10 novembre 1798	1798 (1)	82 à 107	Vents violents d'WSW	-
18 et 19 octobre 1812	1812 (1a) 1812 (1b)	81 à 104	Tempête violente de SW	"Hauteur extraordinaire"
25 février 1838	1838 (1)	110 et 113	-	-
27 janvier 1846	1846 (1b)	100 et 106	Flots violents	-

➔ Les submersions par paquets de mer

Trois évènements météo-marins ont été recensés en 1882, 2010 et 2023. Ils sont survenus en période de vents forts et de grande marée de vive-eau (coefficient de marée supérieur à 102).

Date de l'évènement météo-marin	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
27 octobre 1882	1882 (2a)	109 et 110	Tempête	-
28 février 2010	2010 (1a)	102 et 108	Tempête	-
28 octobre 2023	2023 (1a) 2023 (1b) 2023 (1c)	103 max	Tempête Vents violents	

10.2.2.5 Inondation occasionnée par les fortes pluies

Quatre évènements historiques de ruissellement urbain provoqués par des pluies intenses ont été recensés entre 1982 et 2022.

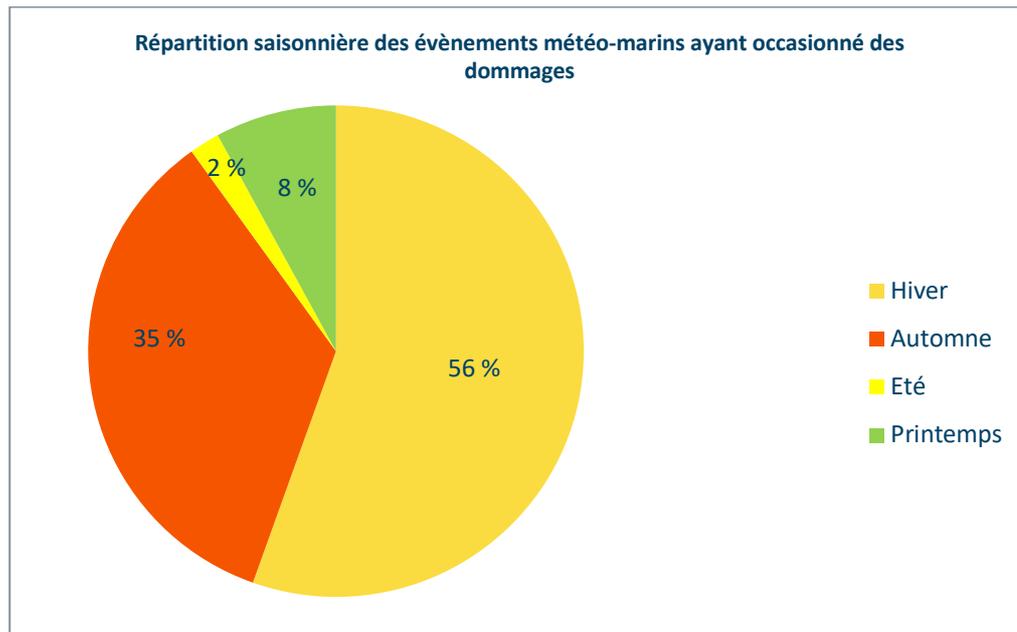
Dates de l'évènement	N° de fiche	Coeff. de marée (source Shom)	Conditions de vent/ de houle (source: archives)	Surcote (source: archives)
Janvier 1982	1982 (1)	-	-	-
11 juin 2018	2018 (1)	68 à 74	-	-
1 mars 2020	2020 (2))	57 à 52	Tempête, orages	-
20 juin 2022	2022 (1)	66 à 62	Orages	-



10.2.3 Répartition saisonnière des évènements météo-marins qui ont occasionné des dommages

Il apparait dans les archives consultées que :

- La quasi-totalité (90%) des évènements météo-marins dommageables se sont produits en hiver ou en automne ;
- Seulement 10% ont eu lieu le reste de l'année (printemps/été).



10.3 Focus sur quelques évènements majeurs de submersion marine

10.3.1 Tempête de mars 1937

10.3.1.1 Forçages météo-marins

La tempête de mars 1937 a été impactante pour les côtes de l'île de Noirmoutier. Elle a eu lieu pendant les grandes marées d'équinoxe avec des vents orientés sud sud-ouest et une pression atmosphérique minimale atteinte dans la nuit du 13 au 14 mars (979 hPa relevés au sud Bretagne).

L'initiation des dommages et les submersions ont débuté dans la nuit du 13 au 14 mars par une marée de coefficient 109, avec une hauteur de pleine mer prédite entre 2,90 m et 3 m IGN69 environ du nord au sud de l'île (de l'Herbaudière à l'embarcadère de Fromentine) vers 5h du matin.

La tempête a duré plusieurs jours avec des coefficients de marée qui ont dépassé 100 sur 7 marées consécutives de la nuit du 12 au 13 mars jusqu'au 16 mars tôt le matin, avec un niveau prédit de pleine mer dépassant les 2,60/2,70 m IGN69 sur toutes les pleines mers et une hauteur prédite maximale pour la pleine mer du 14 mars vers 5h du matin.



Aucun marégraphe dans la zone d'étude ou à proximité n'a mesuré les niveaux d'eau réellement atteints au cours de la tempête.

10.3.1.2 Présentation et analyse des conséquences

Cette tempête de mars 1937 a provoqué des inondations :

Sur la face Est de l'île, côté baie de Bourgneuf, du sud au nord :

- **Par rupture de digue et surverse au droit de la Grande Rouche à Barbâtre**

Données d'archives

Une première brèche s'est créée sur environ 20 m dans la digue du polder de la Grande Rouche, inondant ce polder. Le polder de la Grande Rouche se remplissait et se vidait à chaque marée pendant la période de gros coefficients. La digue de retrait à une centaine de mètres en arrière au plus près a alors été surversée en plusieurs endroits, avec une propagation de l'inondation au polder de l'Enclos en arrière. Cette digue a été surélevée en urgence pendant la tempête pour empêcher cette surverse.



Figure 10.4 : Localisation des différents polders dans le secteur de la Grande Rouche/L'enclos au sud de l'île de Noirmoutier (CCIN).

Dans les jours suivants, deux autres brèches se sont ouvertes dans la digue de la Grande Rouche. La digue de front de mer était donc ouverte en 3 endroits au total.

Au total, ce sont plus de 60 hectares qui ont été inondés (dont une dizaine représentant la surface du polder de la Grande Rouche).





Figure 10.5 : Photographies de mars 1937 : brèche dans la digue du polder de la Grande Rouche (la mer est à gauche de la digue).

Analyse

Une photographie aérienne de 1934 montre un polder au sud immédiat de la Grande Rouche qui a aujourd'hui disparu (terrains rendus à la mer : Section 5.3.1.3). Sur les photographies aériennes de 1945, on distingue une brèche dans cette ancienne digue qui a disparu. Il est donc supposé que cette brèche était l'une de celles de l'évènement de mars 1937, et que le polder aujourd'hui disparu a été inondé au cours de cet évènement.

D'autre part, compte-tenu de la surface submergée annoncée (plus de 60 hectares) et de la topographie des terrains, il semble que le polder de la Lyde ait été également en partie inondé avec ceux de la Grande Rouche et de l'Enclos.

La submersion s'est limitée à priori au polder de l'Enclos. Sa bordure Ouest, marquée par des terrains plus hauts ou une digue, présente une cote autour de 1,8 m IGN69 (cote LiDAR 2022).

L'emprise de l'inondation et le positionnement des brèches ont donc été déterminés en fonction de l'ensemble des éléments d'analyse disponibles, et sont proposés sur les figures suivantes.

Elle correspond approximativement aux terrains sous la cote 1,8 m IGN69.

Remarques :

- Seules deux brèches sont positionnées sur les 3 mentionnées dans les documents d'archives. Aucun élément ne permet en effet de positionner la 3^{ème} ;
- La RD38 actuelle n'existait pas à cette époque.



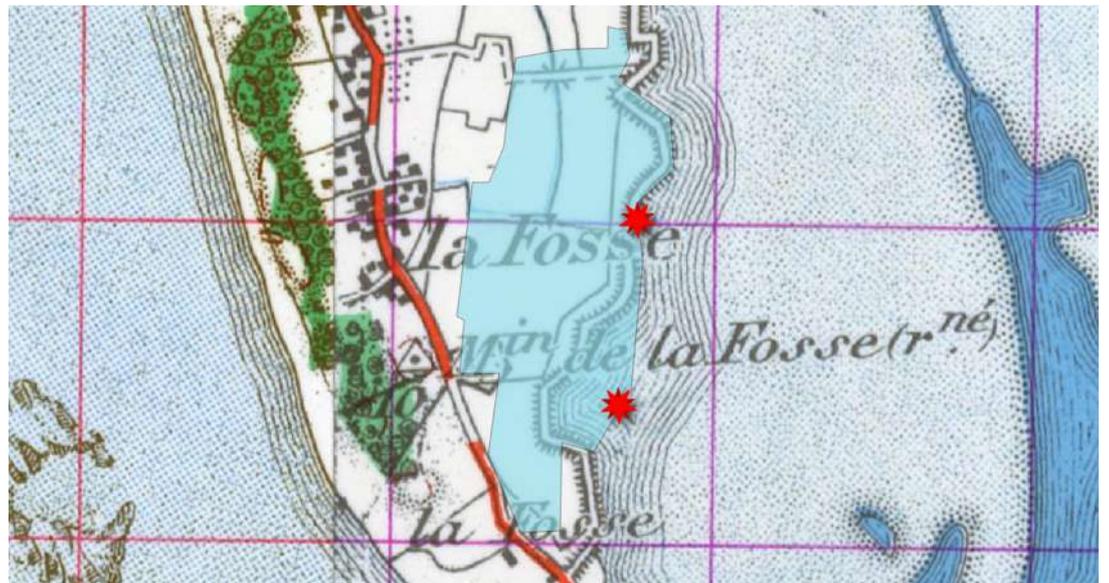


Figure 10.6 : Positionnement des brèches et emprise de la submersion de mars 1937 proposés au droit de Barbâtre : sur le fond de la carte de l'IGN de 1950, en haut, et sur la photoaérienne de 2022 avec bâti actuel, en bas.



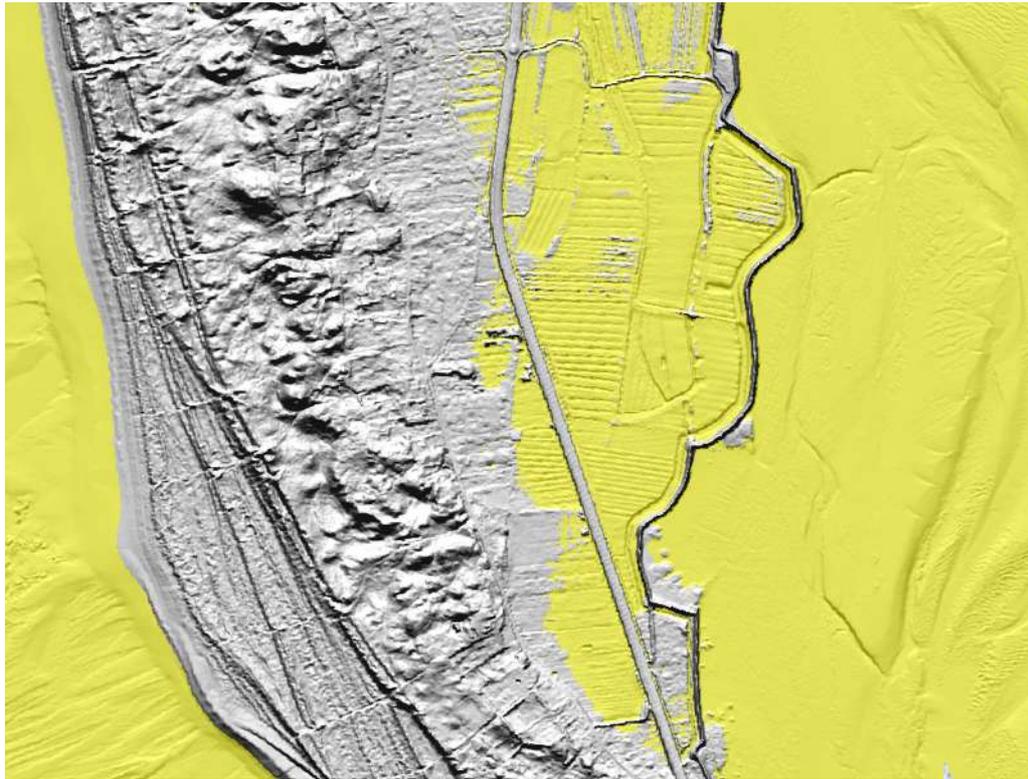


Figure 10.7 : Terrains en jaune sous la cote 1,8 m IGN69 (LiDAR 2022) sur le secteur des polders de la Grande Rouche et de l'Enclos.

- **Par rupture de digue et surverse au droit de la Tresson à la Guérinière**

Données d'archives

Une brèche a été découverte dans la digue du polder le 14 mars au matin, à hauteur du village de la « Parée Coupée » entre 500 et 800 m au sud de la cale du Bonhomme.

Après une réparation le 14 au matin qui a cédé, la largeur a probablement augmenté au fur et à mesure jusqu'au 17 mars passant de 15 à 35 m de largeur, selon les documents d'archives. Elle a été contenue uniquement le 17 mars lorsque les coefficients de marée ont diminué.

Cette brèche aurait été initiée au droit d'un ouvrage traversant dans la digue (coëf) constituant un point faible.

130 hectares de terrain ont été inondés avec la propagation de l'inondation à l'ouest jusqu'à la RN148 de l'époque. L'inondation a globalement été contenue dans le casier fermé par les digues en travers du Bonhomme au nord et de la Berge au sud, même si une coupure de presse note un commencement d'inondation par surverse des polders adjacents de la Nouvelle Brille et de la Berge. Un début de brèche a même été observé dans la digue transversale Sud (affaissement) en fin de tempête, mais cette dernière a été contenue.



La RN148 a été submergée par surverse sur 2 à 3 km selon le moment de la tempête (il y a 2,4 km entre les digues transversales du casier inondé), avec jusqu'à près d'1 m d'eau au maximum (selon la presse) en face du village de la Parée-Coupée (point bas). Le 17 mars à la PM de 7h (niveau prédit autour de 2,3 m IGN69), la route n'était plus submergée que par 30 cm d'eau.

Selon les coupures de presse, c'est surtout la marée haute du 14 mars après-midi puis dans la nuit du 14 au 15 mars qui ont fait monter le niveau d'eau dans le casier, avec une vidange faible de ce dernier à marée basse. Ces coupures de presse indiquent une hauteur d'eau maximale de 3 m dans le casier.

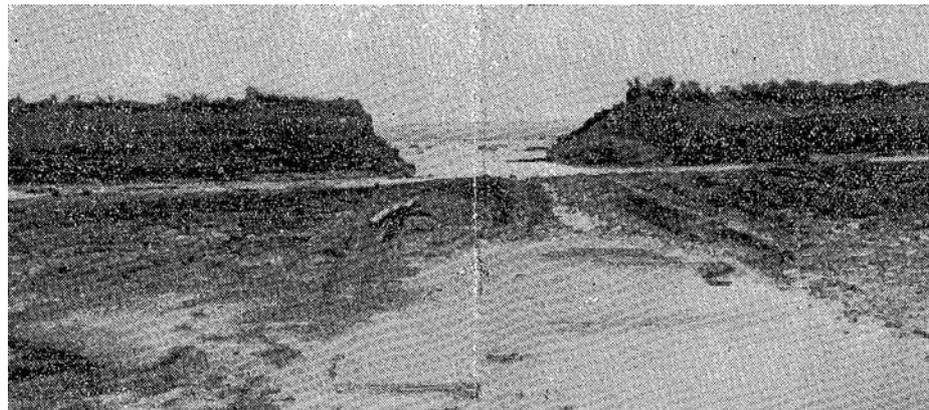


Figure 10.8 : Photographies de mars 1937 (non datées) : brèche dans la digue du Tresson et polder inondé, en haut et au milieu, et RN148 submergée, en bas.



Analyse

L'emprise de l'inondation et le positionnement de la brèche ont donc été déterminés en fonction de l'ensemble des éléments d'analyse disponibles, et sont proposés sur les figures suivantes.

Remarque : l'emprise de la submersion a été légèrement prolongée de part et d'autre des digues transversales de la Nouvelle Brille et de la Berge pour tenir compte du commencement de surverse qui aurait été constaté. Ce phénomène a cependant dû être limité et l'emprise de ces prolongations au nord et au sud du casier de la Tresson est arbitraire.



Figure 10.9 : Positionnement de la brèche et emprise de la submersion de mars 1937 proposés au droit de la Guérimière côté Est : sur le fond de la carte de l'IGN de 1950, en haut, et sur la photoaérienne de 2022 avec bâti actuel, en bas.



Actuellement, la chaussée (sur la voie de circulation côté polder) est à une cote minimale autour de 2,1/2,2 m IGN69, avec un point bas toujours non loin de la brèche de 1937. Cependant, l'altimétrie de la chaussée a très certainement été modifiée depuis l'évènement.

Les digues transversales de la Nouvelle Brille et de la Berge sont de meilleurs indicateurs du niveau d'eau maximal atteint en mars 1937. Actuellement, elles ont des points bas situés entre 1,4 et 1,6 m IGN69 et présentent une cote de protection continue minimale de 1,4 m IGN69. En tenant compte du fait que ces digues ont commencé à être surversées et qu'elles n'aient pas été trop modifiées depuis 1937, un niveau maximum de 1,6 m IGN69 ou légèrement au-dessus a dû être atteint au droit du casier de la Tresson.

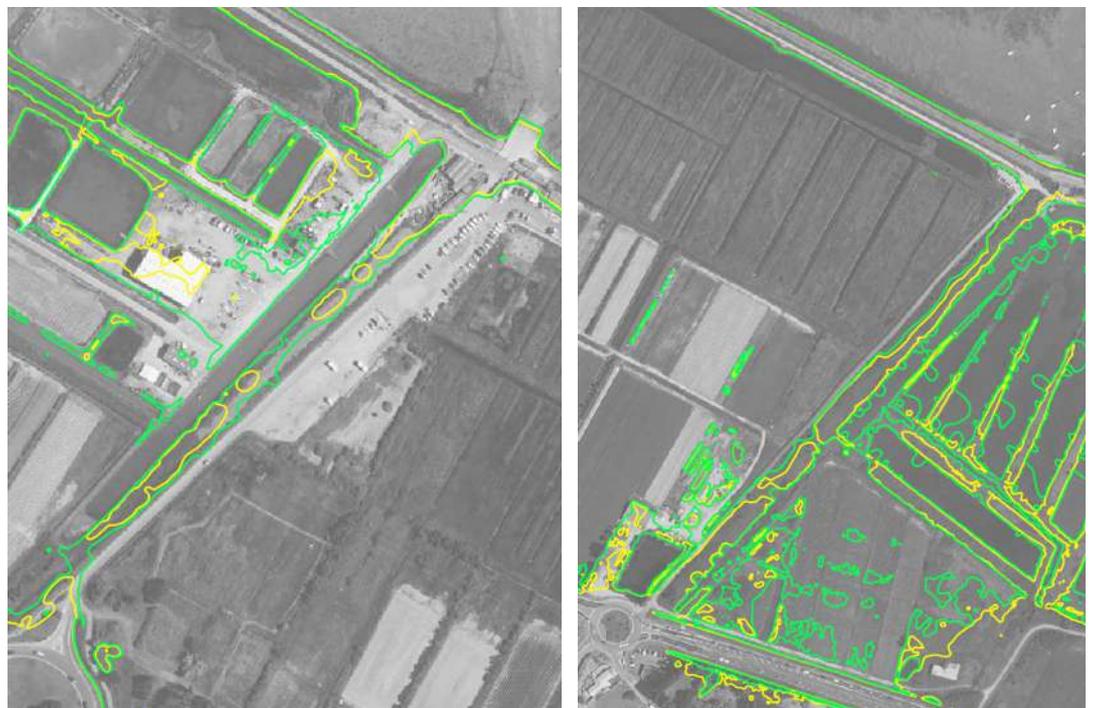


Figure 10.10 : Contours topographiques à 1,4 m IGN69 (en vert) et 1,6 m IGN69 (en jaune) au droit de la digue de la Nouvelle Brille (à gauche) et de la Berge (à droite) – LiDAR 2022 (PCRS).

- **Par débordement de la digue du secteur de l'îlot à l'Épine**

Une surverse de la digue a entraîné la submersion de 30 à 40 ha de prés. Au droit de ce secteur de l'îlot, entre la RD948 et les digues en bordure de baie.

Aucun élément d'archives ne permet de situer précisément l'emprise de l'inondation. L'emprise proposée par la CCIN est ici conservée :





Figure 10.11 : Carte IGN1950 et emprise de la submersion proposée supposés de la submersion de mars 1937 au droit de l'Epine côté Est.

Sur la face Ouest de l'île, côté Atlantique, du sud au nord :

- **Par franchissement de la dune de la Court au droit de l'anse de la Guérinière**

Des franchissements se sont produits devant les Moulins de la Court, avec l'eau de mer qui a inondé 1 ha de terrain environ près du bois de sapins.

Aucun élément d'archives ne permet de situer précisément l'emprise de l'inondation. L'emprise proposée par la CCIN est ici conservée :



Figure 10.12 : Carte IGN1950 et emprise de la submersion proposée supposés de la submersion de mars 1937 au droit de l'Epine côté anse.



La zone qui a été submergée est une dépression en arrière du cordon dunaire comme le montre la figure suivante :

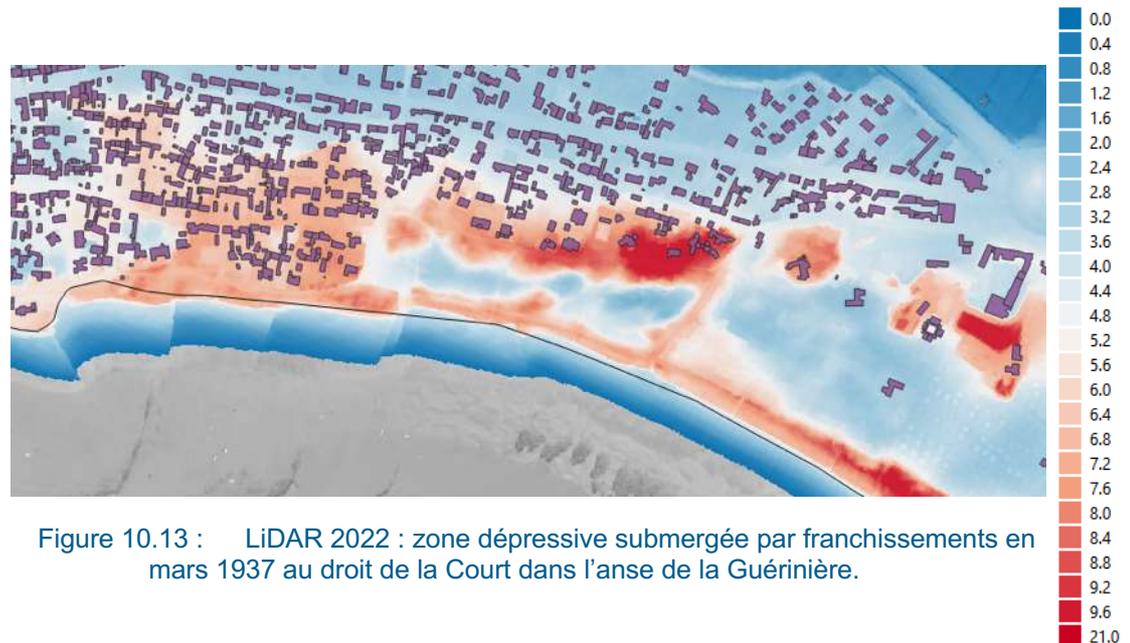


Figure 10.13 : LiDAR 2022 : zone dépressive submergée par franchissements en mars 1937 au droit de la Court dans l'anse de la Guérinière.

A noter que les aménagements de défense contre la mer (perré et épis) sur ce tronçon de l'anse sont largement postérieurs à l'évènement de 1937.

La tempête a également provoqué des dommages sans submersion :

- **Un fort recul dunaire de la dune de l'Hommée au nord immédiat de la digue du Devin, à l'ouest**

A l'extrémité Nord de la digue du Devin, le trait de côte a reculé de 7 à 8 m environ pendant la tempête, sans provoquer de submersion.

La pointe des ouvrages a été contournée par la mer.

Cet hiver 1936/1937 a vu reculer le cordon de 35 m au total entre novembre 1936 et mars 1937. Ce recul majeur a engendré la réalisation du perré des Sénégalais en 1937.

- **La destruction de la digue du Vieil avec une érosion du cordon dunaire, au nord**

L'ouvrage a été détruit sur 120 m et le cordon de dunaire en arrière a été érodé sur une profondeur limitée à 3/4 m, sans provoquer de submersion. Les coupures de presse indiquent qu'une brèche de 40 m existait déjà avant la tempête à ce niveau suite aux coups de vent hivernaux de 1936/1937.

- **De l'érosion de plage à l'Herbaudière, secteur de la Linière**
- **Une brèche au droit du Bot, à l'Ouest de l'anse de la Guérinière.**



10.3.2 Tempête de 1978/1979

10.3.2.1 Forçages météo-marins

La tempête de fin 1978/début 1979 a commencé le 29 décembre 1978 et a atteint son paroxysme le 1^{er} janvier 1979 avant de s'apaiser rapidement dans la soirée de ce même jour.

Le vent de sud-ouest a dépassé les 80 km/h, avec des pointes de 100 km/h sur le nord du littoral Vendée.

Cette tempête a eu lieu avec des coefficients de marée importants, supérieurs à 90 le 29/12 et supérieurs à 100 sur les 7 pleines mers consécutives du 30 décembre 1978 au 2 janvier 1979 au matin. Le pic de la tempête au 1^{er} janvier s'est produit avec un coefficient de 106. Le niveau marin prédit sur la durée de ces 7 fortes marées a toujours dépassé 2,40 m IGN69 avec un maximum entre 2,70 et 2,80 m IGN69 du nord au sud de l'île (de l'Herbaudière à l'embarcadère de Fromentine) pour les 2 PM du 31/12/78 et du 01/01/79 vers 5/6h du matin.

Aucun marégraphe dans la zone d'étude ou à proximité n'a mesuré les niveaux d'eau réellement atteints au cours de la tempête.

10.3.2.2 Présentation et analyse des conséquences

Le dommage majeur engendré par cette tempête de fin 1978/début 1979 est la création d'une brèche dans la digue du polder de Sébastopol, entre le passage du Gois et l'« Etang du vide » (secteur de digue semi-circulaire correspondant à l'obturation d'une brèche plus ancienne).

La brèche a été initiée dans la nuit du 31 décembre au 1^{er} janvier, sur une longueur de 50 m. Elle s'est ensuite agrandie à chaque marée jusqu'à la fin de la tempête du fait des violents courants qui se sont développés entraînant le sapement de l'ouvrage.



Figure 10.14 : Photographies de la brèche dans la digue du polder de Sébastopol et de l'inondation en arrière fin 1978/début 1979.



L'eau s'est engouffrée dans le polder Sébastopol puis a passé la digue de retrait (digue des Bréchets) en arrière, qui a elle-même cédée localement le 2 janvier 1979 au matin.

Les polders de la commune de Barbâtre ont été noyés. jusqu'à la RD 38 actuelle. Cette RD a été légèrement franchie par les eaux en huit 8 points. Ces franchissements ne sont pas situés

Des maisons ont été inondées et un moulin situé à 1 km du rivage de la baie a eu les pieds dans l'eau.

Il est estimé que 500 ha ont été inondés et que le volume de cette inondation représente 3 millions de mètres cubes d'eau.



Figure 10.15 : Photographies de l'inondation des polders de la commune de Barbâtre fin 1978/début 1979.



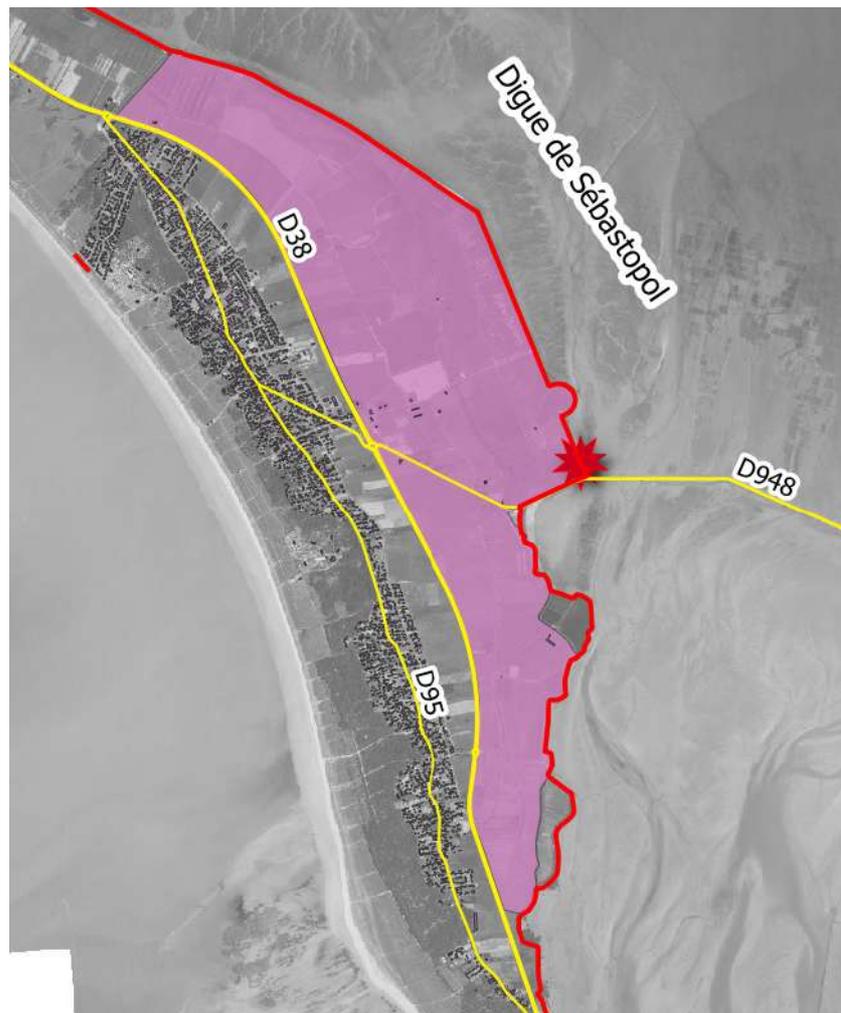


Figure 10.16 : Positionnement de la brèche et emprise de la submersion de 1978/1979 proposés au droit Barbâtre sur le fond de la photo aérienne de 2022 avec bâti actuel.

Cette même tempête de fin 1978/début 1979 a également engendré une brèche dans le cordon dunaire de la Clère, au sud du Vieil, menaçant une villa proche. Le positionnement de cette brèche n'a pas été retrouvé, et elle ne semble pas avoir provoqué de submersion.



10.3.3 Tempête Xynthia de Février 2010

10.3.3.1 Forçages météo-marins

La tempête Xynthia est due à une dépression aux basses latitudes au-dessus de l'Atlantique, qui s'est intensifiée progressivement lors de son passage au niveau de l'île de Madère puis des côtes portugaises.

Elle a atteint les côtes françaises selon un axe sud-ouest/nord-est. Une dépression de 970hPa a ainsi traversé le Golfe de Gascogne et a frappé le littoral atlantique et plus particulièrement les littoraux Charentais et vendéen dans la nuit du samedi 27 au dimanche 28 février 2010. Elle a ensuite remonté le Nord-Est de la France.

Sur le littoral vendéen, les forts vents associés à la dépression ont tourné du secteur Sud puis Ouest et Nord-Ouest, avec des pointes à 120 km/h.

Si cet évènement météorologique n'a pas été remarquable par la force du vent (en dessous de 50 ans pour la période de retour propre du vent), le passage du pic de la dépression au moment (concomitance) du pic d'une marée haute de vives-eaux (coefficient 102) a engendré un niveau marin exceptionnel. Outre la composante de la marée, ce niveau est formé par une surcote extrême induite par le vent et la basse pression atmosphérique, et dans une moindre mesure par le déferlement des vagues ces dernières n'ayant pas eu le temps de se développer (Pineau-Guillou et al. 2012).

La tempête a particulièrement touché le littoral sud-Vendéen et la Charente Maritime. La figure suivante montre l'analyse des niveaux et surcotes à La Rochelle (Pineau-Guillou et al. 2010). La surcote mesurée atteint 1.60m au marégraphe de la Rochelle le 28 février à 03h TU. Les phénomènes météo-marins ont généré des surcotes très importantes au fond des baies, dans les pertuis mais également au fond de la baie de Bourgneuf.

Des phénomènes de résonance de l'onde de tempête ont également eu lieu sur le plateau, avec un maximum de l'ordre de 20 cm dans le secteur Loire-Bourgneuf et donc au niveau de l'île de Noirmoutier et plus particulièrement de sa face Est.



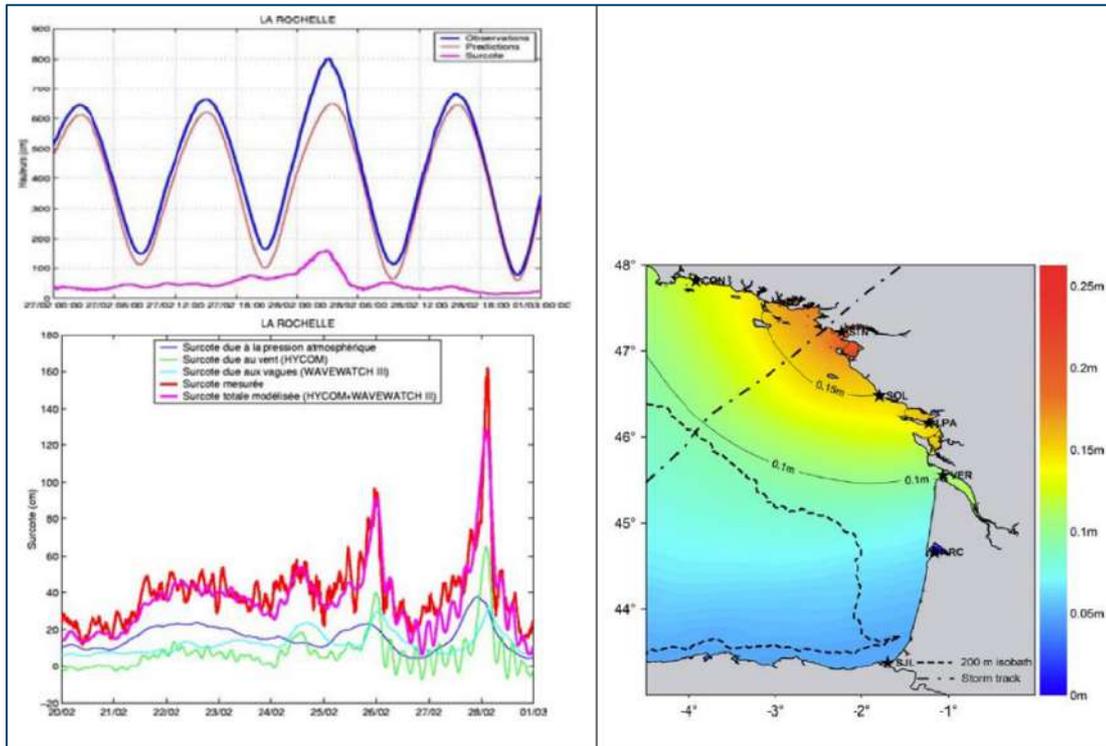


Figure 10.17 : Analyse des niveaux marins et des surcotes à La Rochelle lors de la tempête Xynthia (Pineau-Guillou et al.2010 et estimation des phénomènes de résonance sur le plateau lors de la tempête (Bertin et al. 2012).

La modélisation des vagues pendant la tempête réalisée par DHI (paragraphe suivant) montre qu'elles sont venues du sud/sud-ouest en début de nuit puis ont tourné au secteur Ouest au large le 28 février à partir de 4h du matin, avec un pic de hauteur significative de 3,6 m au sud de l'île à 4h et de 2,50 m au nord de l'Herbaudière à 4h15. Sur la face Est de l'île, les vagues se propagent vers le fond de baie le long du littoral avec une forte atténuation de leur hauteur (moins de 0,5 m du port de Noirmoutier-en-l'Île à la pointe de la Fosse).

Concernant les niveaux d'eau atteints, il est rappelé que pour les trois marégraphes de Saint-Nazaire, Saint-Gildas et des Sables d'Olonne l'ayant mesuré, c'est le niveau marin de Xynthia, le 28 février 2010, vers 3h du matin, qui est le plus haut recensé : entre 4 et 4,20 m IGN69 environ et une surcote de 1,10 à 1,40 m environ selon le marégraphe (Section 7.1.3.3).

Bien que le marégraphe de l'Herbaudière n'ait pas mesuré les niveaux pendant la tempête, ces derniers ont été estimés par observation tout autour de l'île : Figure 10.18.



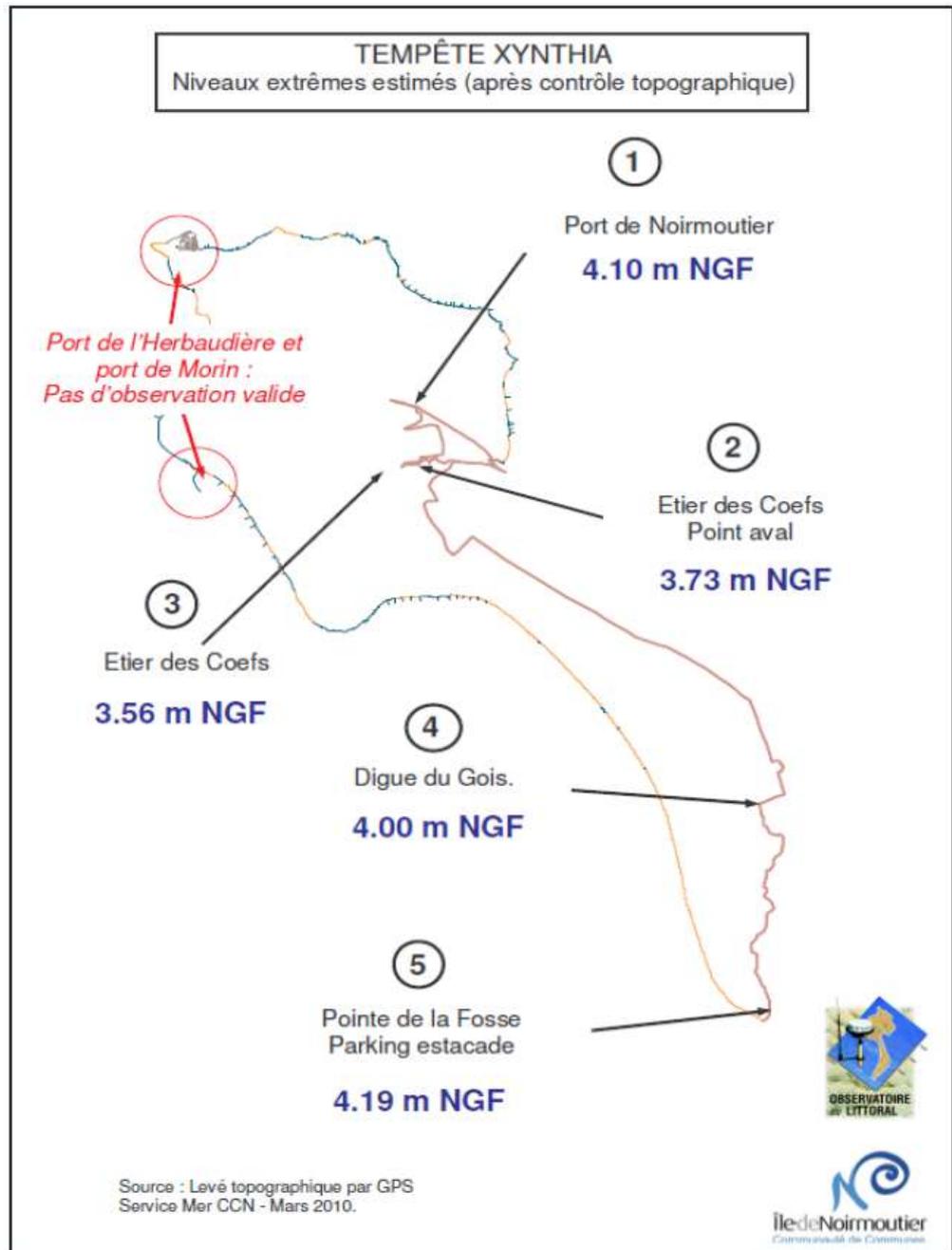


Figure 10.18 : Niveaux extrêmes estimés à Noirmoutier lors de la tempête Xynthia (source Service mer CCN, mars 2010).

En considérant un niveau maximum de 4,20 m IGN69 environ atteint au niveau de la pointe de la Fosse, la période de retour de la tempête Xynthia est supérieure à 100 ans. Selon les travaux d'analyses considérés, le niveau extrême T100 a été soit légèrement dépassé (derniers travaux SHOM/CEREMA de 2022, section 7.1.4.4), soit très nettement dépassé (travaux SHOM/CEREMA de 2008/2012 et résultats de la modélisation régionale, sections 7.1.4.2 et section 7.1.5.4).



10.3.3.2 Modélisation de l'évènement

Les analyses (Pineau-Guillou et al. 2010, Bertin et al 2012) ont montré que la surcote était essentiellement induite par le vent et la pression atmosphérique, et dans une moindre mesure au déferlement des vagues qui n'ont pas eu le temps de se développer, du fait du passage sur l'Espagne de la dépression atmosphérique. De plus, des phénomènes de résonance de l'onde de tempête sur le plateau ont été mis en évidence par Bertin et al. 2012, avec un maximum dans le secteur Loire-Bourgneuf de l'ordre de 20cm.

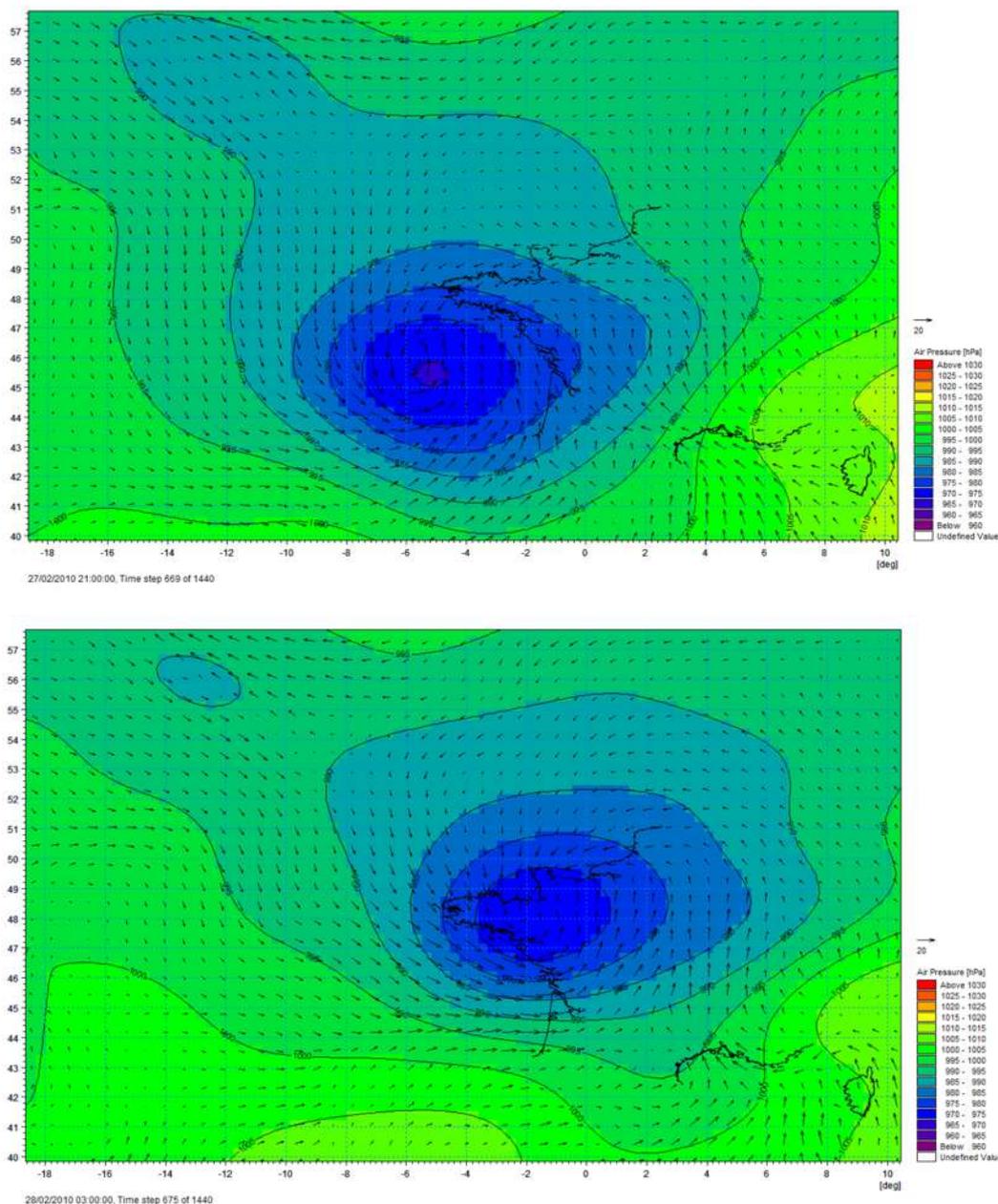


Figure 10.19 : Champs de vent (m/s) et de pression atmosphérique (hPa) issus de la base de données CFSR, pendant la tempête Xynthia, le 27 février 2010 à 21h TU (en haut) et le 28 février 2010 à 03h TU (en bas).



Comme indiqué ci-avant (section 7.2), le modèle régional BZHS montre une tendance à sous-estimer l'ampleur de l'évènement. Aussi, un **modèle local** est utilisé pour reproduire et étudier finement l'évènements Xynthia autour de Noirmoutier.

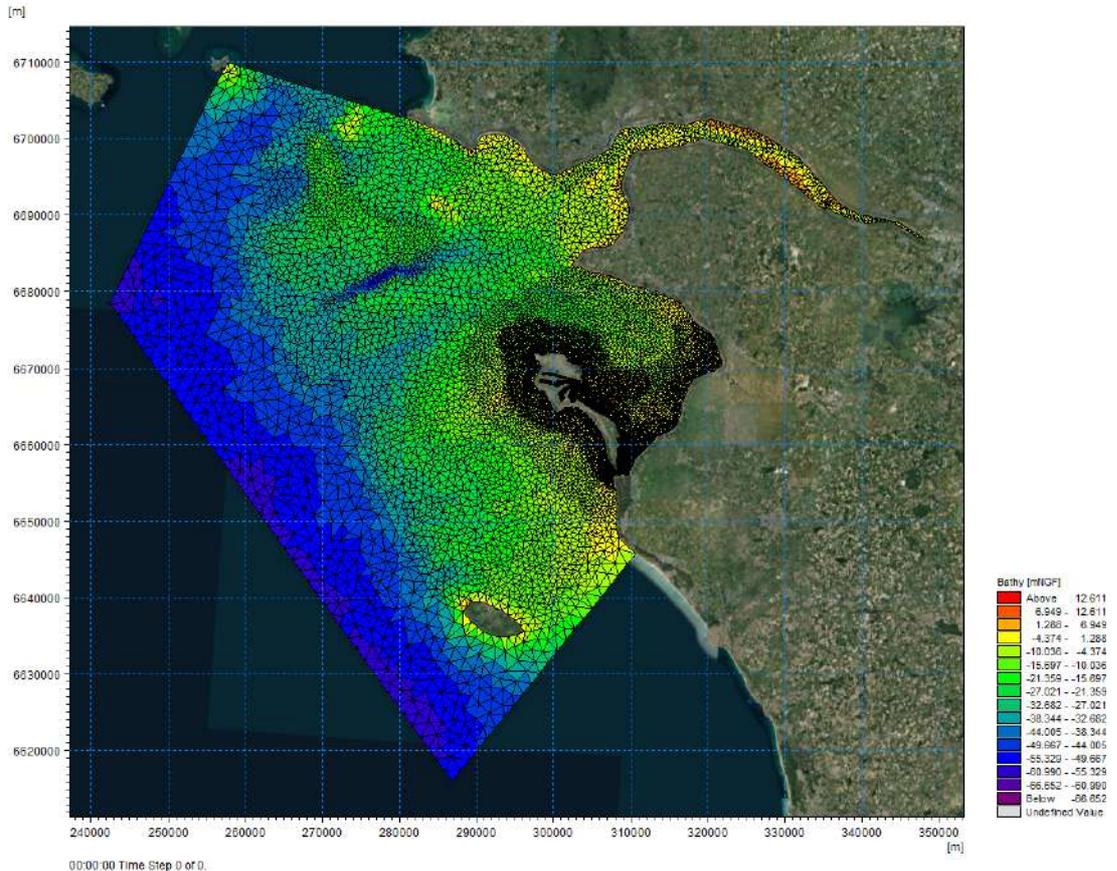


Figure 10.20 Maillage et bathymétrie (mMSL) du modèle local de Noirmoutier.

Propagation des vagues à l'aide du modèle local

Lors de la tempête Xynthia, les vagues proviennent du Sud/Sud-Ouest en début de nuit puis tournent au secteur Ouest à partir de 04h TU. La propagation des houles autour de Noirmoutier se fait par réfraction en s'atténuant : le pic de hauteur significative de houle est de 3.6m au Sud de l'île le 28 février à 4h TU et de 2.50m au Nord de l'Herbaudière à 04h15 TU.

A noter que les houles étaient plus fortes les jours précédents (24 et 26 février), avec des hauteurs au Sud de Noirmoutier de 5.4m et 4.7m mais limitées à 2.7 et 2.8m à l'entrée de la baie de Bourgneuf.

Provenant du Sud-Ouest, la propagation des houles autour de l'île avec déferlement sur les plateaux rocheux (les Bœufs, île du Pilier) limite les hauteurs de houles pénétrant en baie de Bourgneuf. Le modèle montre que les houles du large sont associées à une forte mer de vent et peu de houles du large. Elles tournent rapidement du Sud-ouest à l'Ouest (avec le vent) et se propagent plus facilement au Nord de l'île.

L'évolution des houles en plusieurs points autour de Noirmoutier est aussi présentée Figure 4-16 (position des points N1 à N5), elle met en évidence :



- La forte dépendance des houles aux niveaux d'eau (variation avec la marée des hauteurs) ;
- Le déphasage d'1 heure du pic de houles entre le Sud-Ouest et le Nord-Est de l'île (lié à la rotation des vagues) ;
- La forte atténuation des vagues le long du littoral Est endigué du Sud de l'île (hauteur maximale de 0.4m à N5).

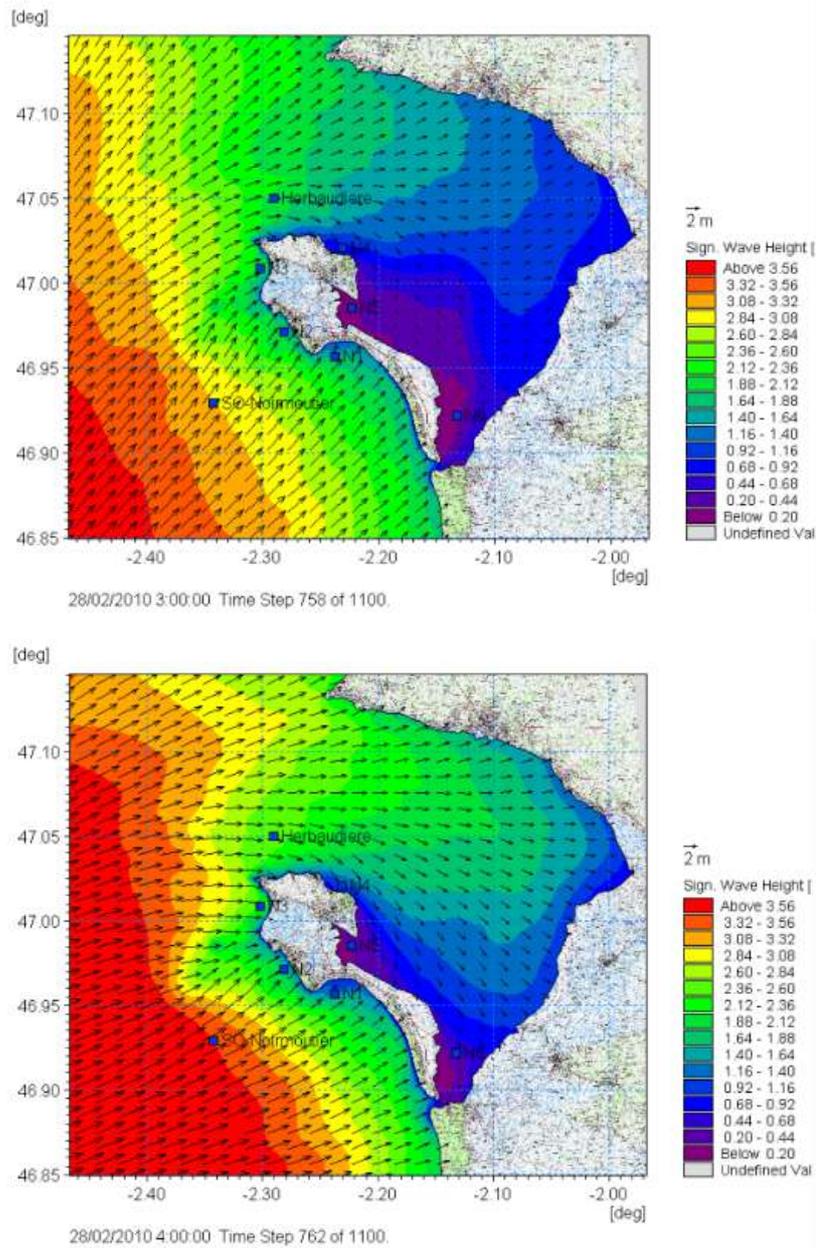


Figure 10.21 : propagation des houles autour de Noirmoutier lors de la tempête Xynthia à l'aide du modèle local – 28 février 2010 03h (haut) et 04h (bas) TU.



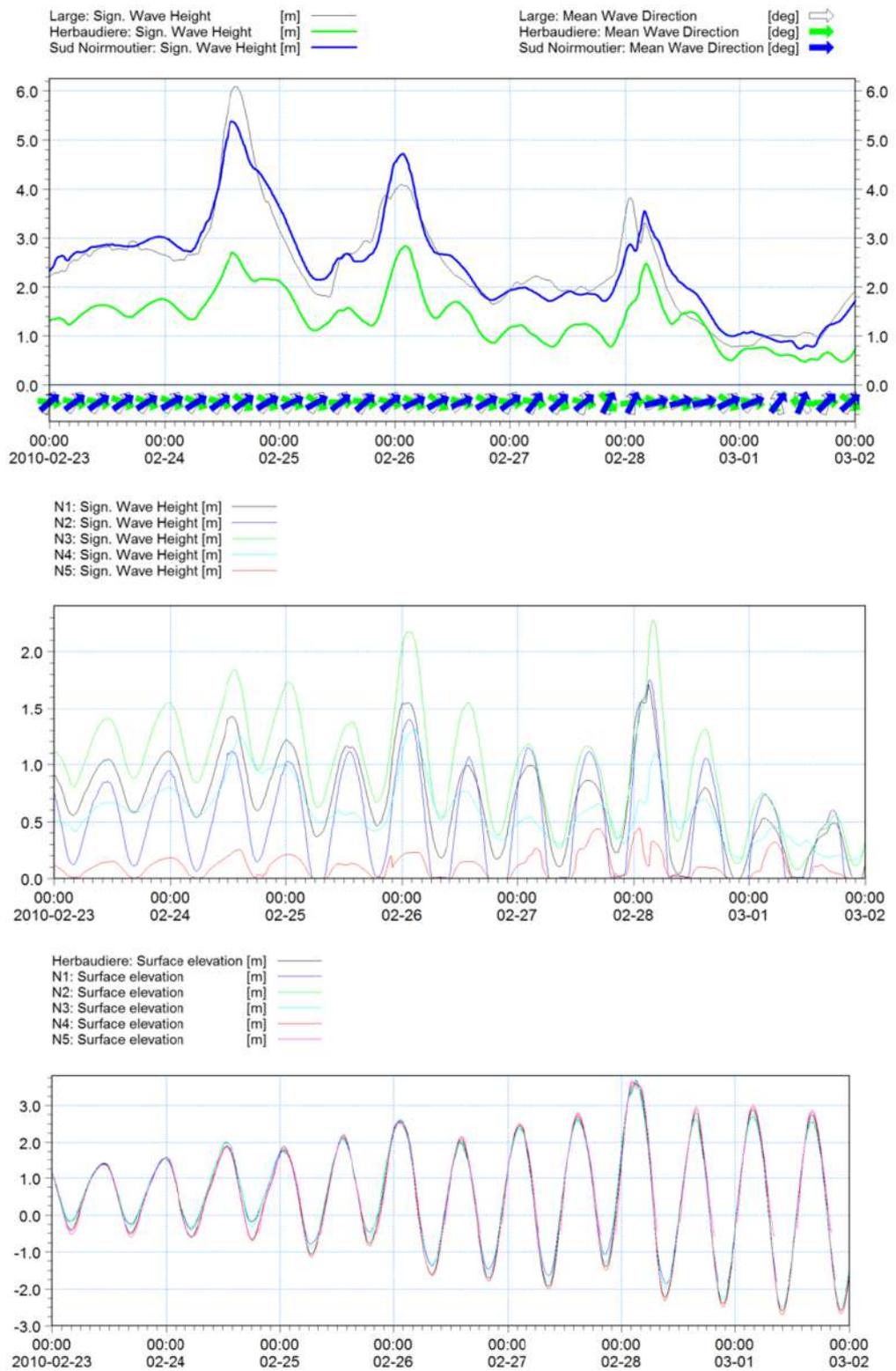


Figure 10.22 : Evolution des houles et niveaux d'eau autour de Noirmoutier, lors de la tempête Xynthia février 2010



Evolutions des niveaux d'eau

Les cartes des élévations de la surface libre autour de Noirmoutier le 28 février 2010 issues de la modélisation locale sont présentées ci-après. Les niveaux d'eau sont donnés en m MSL. Pour rappel, les conversions entre m MSL et m IGN69 sont fournies au Tableau 7.3.

Elles montrent :

- A 2h15 les niveaux sont maximums en baie de Bourgneuf, avec une surcote s'amplifiant au fond de la baie. Les niveaux atteignent 3.77m MSL en fond de baie et 3.6 à 3.7m MSL sur la côte Est endiguée. Sur la côte Ouest, ils sont aux environs 3.40m MSL.
- A 3h15 apparait le maximum des niveaux d'eau sur le littoral Sud de Noirmoutier (3.80m MSL à Barbâtre, 3.75m MSL à Fromentine). Les niveaux sur la côte Est endiguée de Noirmoutier sont entre 3.5m et 3.6m MSL. A l'Herbaudière ils atteignent aussi 3.6 m MSL.
- A 4h00, les niveaux ont baissé à 3.3m sur la côte Ouest de l'île mais se maintiennent en baie de Bourgneuf (3.6m au nord de Barbâtre et 3.75m au fond de la baie). Ces résultats sont cohérents avec les observations (observations de 3.6 mMSL à la pointe St-Gildas, 3.8 mMSL à Fromentine).

La tempête Xynthia autour de Noirmoutier est ainsi caractérisée par une tenue des niveaux d'eau élevées à +3.7-3.75 mMSL à l'intérieur de la Baie de Bourgneuf, pendant plus d'1 heure après la pleine mer théorique, du fait d'une surcote météorologique (estimée à 1.30m à 2h15 à P8, côte nord de Barbâtre) mais avec une faible contribution des vagues (5 cm).

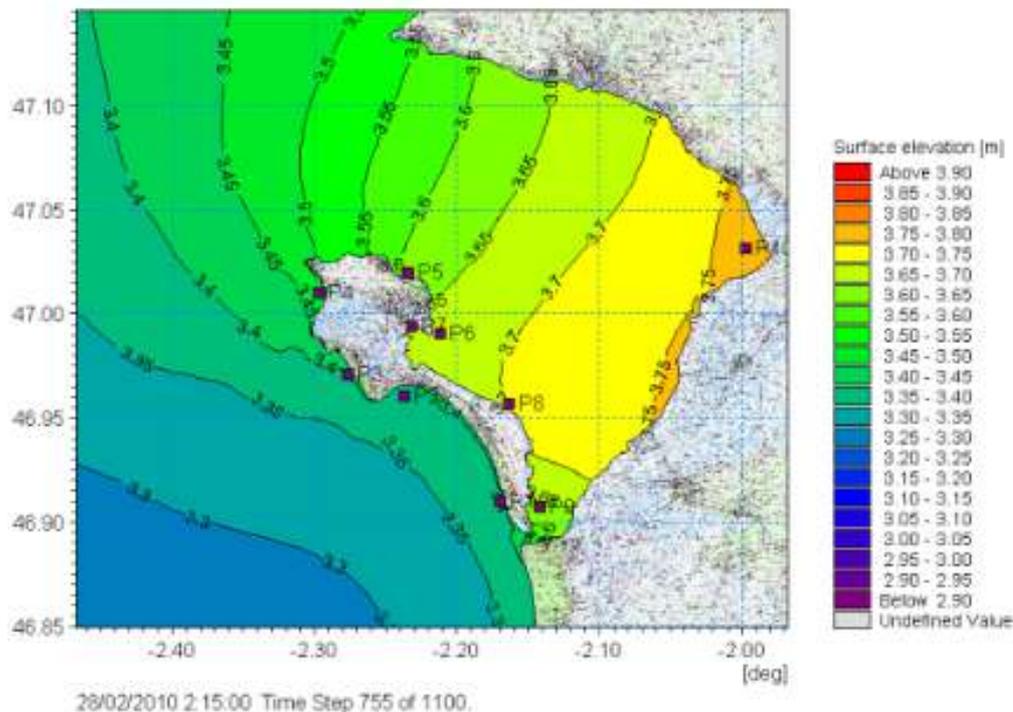


Figure 10.23 : Elévation de la surface libre (m MSL) le 28 février à 02h15 TU



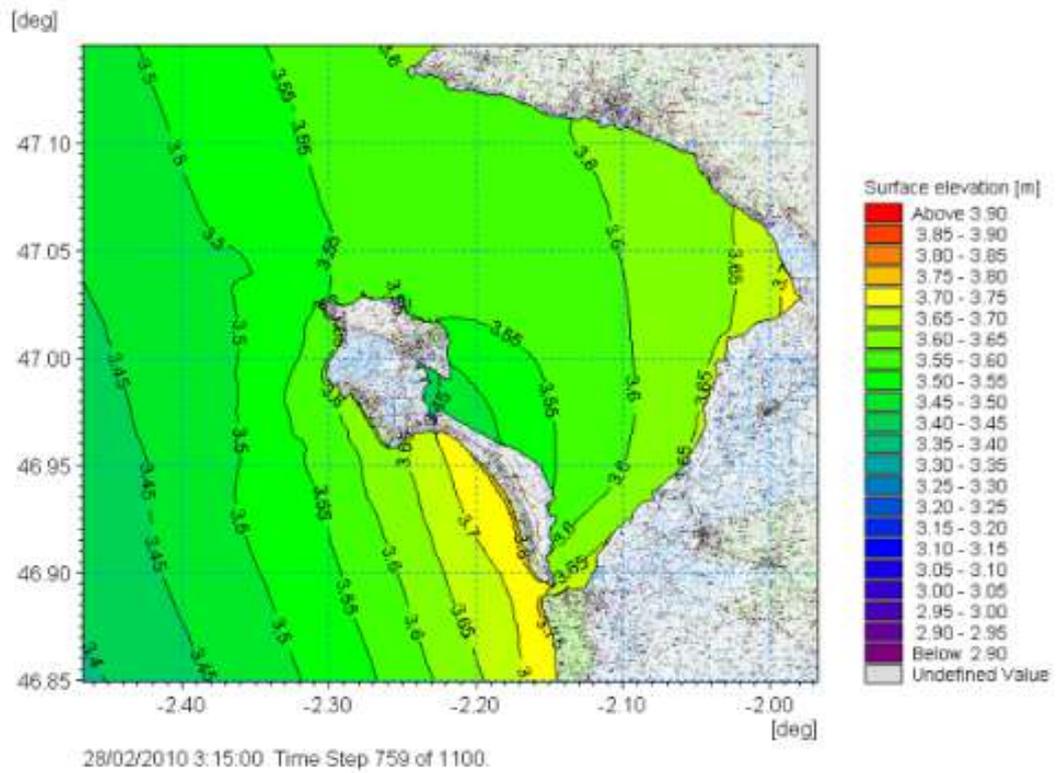


Figure 10.24 : Xynthia : Elévation de la surface libre (m MSL) le 28 février à 03h15 TU

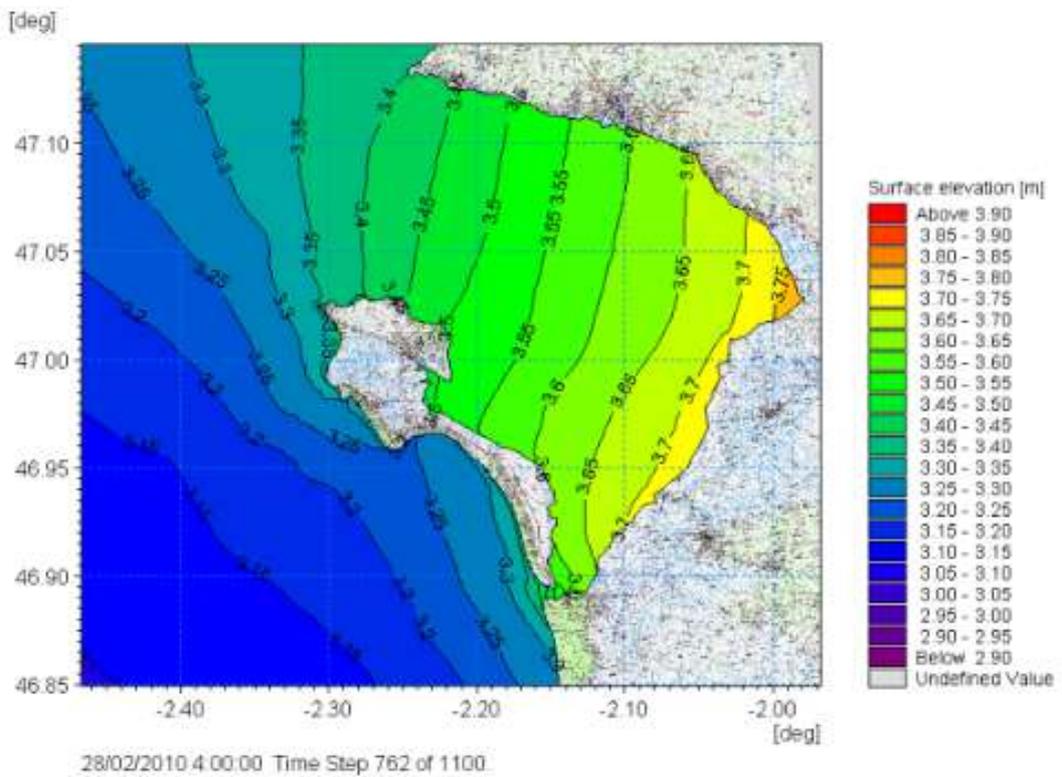


Figure 10.25 : Xynthia : Elévation de la surface libre (m MSL) le 28 février 2010 à 04h00 TU



Cette modélisation reproduit de manière satisfaisante les niveaux maximums estimés d'après les observations faites pendant la tempête à la pointe de la Fosse et au niveau de l'entrée du port de Noirmoutier-en-l'île. : Figure 10.18.

10.3.3.3 Présentation et analyse des conséquences

La tempête Xynthia a engendré des submersions :

- **Par débordement :**
 - Des digues du polder de Sébastopol au niveau du passage du Gois ;



Figure 10.26 : Photographie du polder de Sébastopol inondé pendant la tempête Xynthia.

- Des berges des trois étiers au droit du port de Noirmoutier-en-l'île du Boucaud et du Terrain neuf notamment. L'extrémité Est de la digue de Jacobsen a été dégradée, avec un mur effondré ;



Figure 10.27 : Photographie d'ensemble du secteur des étiers inondé pendant la tempête Xynthia.





Figure 10.28 : Photographies des submersions au droit du port de Noirmoutier-en-l'Île pendant la tempête Xynthia (F.Gendron).



Figure 10.29 : Photographies de la dégradation des ouvrages à l'extrémité Est de la digue de Jacobsen pendant la tempête Xynthia.

- De la protection dunaire au droit de Fort Larron ;
- De la protection dunaire de part et d'autre du mur des Sableaux (contournement de l'ouvrage).



- **Par franchissement :**

- Des protections du Vieil, rue Monseigneur Sobeaux et à Mardi Gras ;
- Du perré des Eloux
- Des perrés de la Guérinière dans la partie Ouest de l'anse
- Des digues des polders de la façade Est de l'île de manière générale.

Les figures suivantes établies par la CCIN montrent l'emprise des zones inondées et la cote de protection des digues au moment de la tempête.



Figure 10.30 : Zones inondées pendant Xynthia au droit des étiers et du secteur des Sableaux avec cotes des crêtes de digue de l'époque (CCIN).



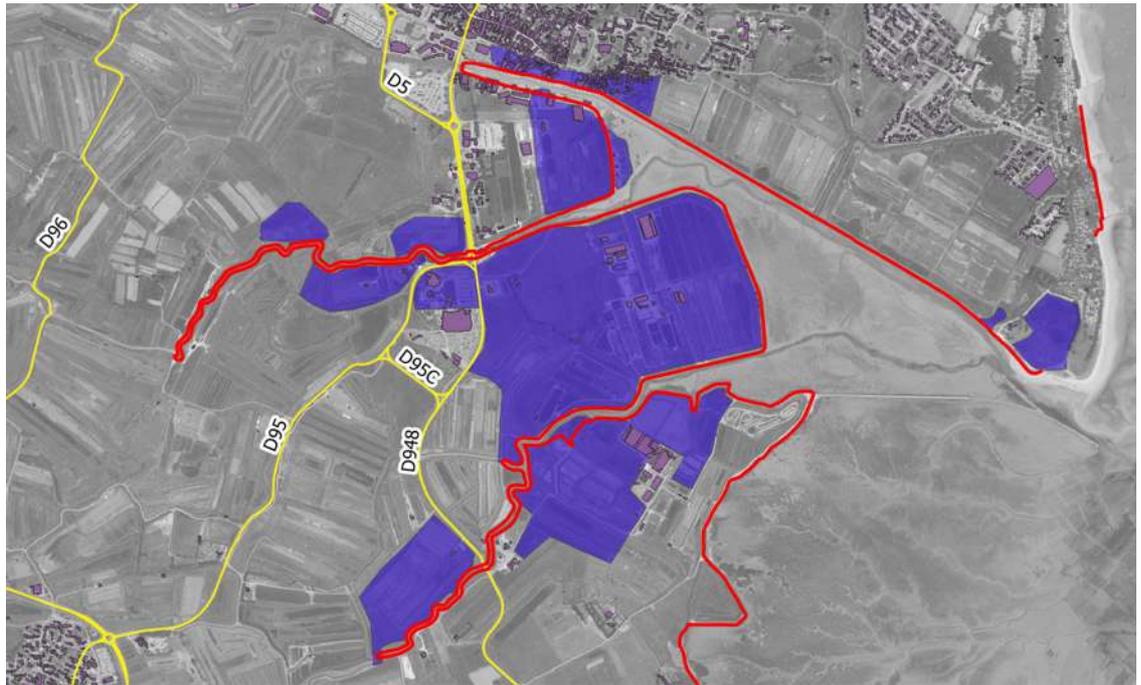


Figure 10.31 : Actualisation en 2012 de l'emprise des zones inondées au moment de Xynthia au droit de la zone des étiers (CCIN).



Figure 10.32 : Zones inondées pendant Xynthia au droit du polder de Sébastopol avec cotes des crêtes de digue de l'époque (CCIN).





Figure 10.33 : Submersions par franchissement au droit du Vieil pendant Xynthia (CCIN).

Au total, environ 130 hectares du territoire de l'île ont été inondés.

La tempête Xynthia a également eu un impact sur de nombreux ouvrages de protection et provoqué un recul des dunes sur l'ensemble de la côte Ouest de l'île.



11 Aléa feu de forêt

11.1 Contexte de détermination de l'aléa : rappels du PPRL de 2015

Le précédent PPRL approuvé le 30 octobre 2015 était un PPR multirisques qui intégrait également l'aléa feu de forêt représenté sous forme de deux cartes au 1/25 000^e. Cet aléa n'avait pas fait l'objet de prescriptions. Le risque de feu de forêt ne semblait en effet pas un risque très important sur le département de la Vendée.

Cet aléa était basé sur une étude spécifique pour l'île de Noirmoutier et la Baie de Bourgneuf réalisée en octobre 2009 par ISL en collaboration avec OREADE-BRECHE.

Dans l'étude de 2009, il a d'abord été défini la **sensibilité du boisement au feu de forêt** comme le croisement entre la nature du milieu concerné, c'est-à-dire les types de peuplements, et la prédisposition des zones au phénomène de feux de forêt au regard de :

- La combustibilité, ou de la puissance du feu, qui dépend principalement du volume et des espèces végétales de l'étage dominant ;
- L'inflammabilité, qui caractérise les départs de feu et qui dépend des espèces végétales présentes aux étages inférieurs (herbacées et broussailles).

12 types de peuplement ont été définis et 4 classes de sensibilité ont ainsi été déterminées en fonction du degré de richesse de la station écologique considéré. Ce degré de richesse dépend de la densité de la végétation et de sa diversité/croissance.

Station		1	2	3	4
Types de peuplement		Pauvre	Sèche	Mésotrophe	Riche
1	Dune à formations arbustives	Type 1.1	-	-	-
2	Régénération artificielle ou naturelle de pins <25 ans	Type 2.1	Type 2.2	Type 2.3	-
3	Futaie à dominante de pin maritime ou autre avec pas ou peu de chêne vert en mélange	Type 3.1	Type 3.2	-	-
4	Futaie de pin adulte avec présence abondante de chêne vert	Type 4.1	Type 4.2	Type 4.3	-
5	Peuplement clair de pin adulte en cours de régénération	-	Type 5.2	-	-
6	Plantation linéaire de cyprès	Type 6.1	-	-	-
7	Mélange taillis/futaie de chêne vert	-	-	Type 7.3	Type 7.4
8	Taillis de bois blanc et plantation de peupliers	-	-	-	Type 8.4
9	Taillis de robiniers	-	-	-	Type 9.4
10	Plantation d'érables	-	-	-	Type 10.4
11	Zone urbanisée sous couvert forestier dense	-	Type 11.2	-	-
12	Zone urbanisée avec un réseau arboré lâche	Type 12			



Figure 11.1 : Sensibilité des types de peuplements aux incendies selon leur inflammabilité et leur combustibilité utilisée dans le PPRL 2015.



Cette sensibilité du boisement au feu a été croisée à la probabilité de départ de feux, elle-même fonction de l'occupation/fréquentation humaine, afin de définir l'**aléa feu de forêt**.

Sensibilité aux feux de forêt ou niveau d'aléa		Sensibilité du boisement au feu (combinaison de l'inflammabilité de la végétation et de la combustibilité du peuplement)			
		Très faible	Faible	Moyenne	Forte
Probabilité d'éclosion du feu	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible
	Faible	Très faible	Faible	Faible	Moyen
	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Moyen
	Fort	Faible	Moyen	Moyen	Fort

Figure 11.2 : Evaluation de d'aléa (ou sensibilité) au feu de forêt.

Les conclusions de l'étude de 2009 étaient pour Noirmoutier que :

- La topographie des boisements et les caractéristiques climatiques propres au littoral sont des facteurs limitant les risques d'éclosion d'incendie de forêt, même si le vent peut parfois accroître fortement la sensibilité de ces massifs ;
- L'aléa feux de forêt est fortement saisonnier. Les conditions météorologiques les plus sensibles correspondent aux périodes des fortes activités en forêt (fréquentation estivale, travaux forestiers, etc.) ;
- Le plus fort aléa concerne les peuplements constitués par une forte densité de chêne vert et où cette essence est très dynamique (boisement de la Fosse et du Lide), et les peuplements résineux de 15 à 20 ans ;
- Les massifs forestiers de Noirmoutier, majoritairement en bandes assez étroites le long du littoral (à l'exception dans une certaine mesure du bois de la Chaize) et très fortement fréquentés, permettent moins facilement à un feu de s'étendre. Le point faible de ces massifs reste leur disposition en frange des zones urbaines et de jardins pas toujours entretenus d'où des départs de feux peuvent être à craindre.

L'état souhaite intégrer à nouveau les cartes d'aléa dans le nouveau PPR, sans prescription a priori.



11.2 Données disponibles pour la révision du PPRL

Deux jeux de données sont disponibles pour la révision du PPRL concernant l'aléa feu de forêt. Elles sont présentées dans les paragraphes suivants.

11.2.1 Atlas national

Un atlas national de **sensibilité au danger de feux de forêt et de végétation d'une superficie d'au moins 20 hectares** a été réalisé en 2023 par le Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires.

Cet atlas est construit à l'aide d'une modélisation et d'une intelligence artificielle établissant les liens statistiques entre occurrence de feux (de plus de 20ha) passés et différents paramètres actuels influant sur le danger de feux de forêt :

- Contenu en eau et état de la végétation, occupation des sols/type de végétation (données satellite, donnée CORINE Land Cover 2018 pour le type) ;
- Données météorologiques : indice forêt météorologique ;
- Pente (topographie) ;
- Distance aux zones urbaines, aux lignes électriques, aux routes et voies ferrées.

Le modèle fournit des données pour un découpage du territoire en mailles de 50 m.

5 niveaux de sensibilité aux feux de forêt et de végétation ont ainsi été définis, de très faible à très élevée. Les zones « blanches » (sans niveau de défini) sont les zones jugées non sensibles car artificialisées ou humides/en eau notamment.

L'atlas est représentatif d'une saison de feux du 1^{er} mai au 31 octobre à l'échéance actuelle, intégrant les effets du changement climatique déjà perceptibles. Il ne projette pas en revanche les évolutions de la sensibilité qui seront causées par le changement climatique à des horizons plus lointains.

Remarque : l'approche n'intègre l'action humaine que par le biais de la prise en compte des feux passés, et non explicitement par le biais des comportements notamment ou des politiques publiques de prévention.

Remarque importante : cette cartographie nationale de sensibilité aux feux de forêt fait l'objet d'un Porté à Connaissance qui a été notifié aux communes de l'île fin 2023. La cartographie comporte des erreurs qui ont été signalées aux communes concernées. Elles concernent notamment le Nord-Est de Noirmoutier-en-l'Île et le Sud de Barbâtre et seront corrigées ultérieurement.





Figure 11.3 : Carte nationale de sensibilité aux feux de forêt, juin 2023 (MTE, Kayrros) – Noirmoutier-en-l'Île.

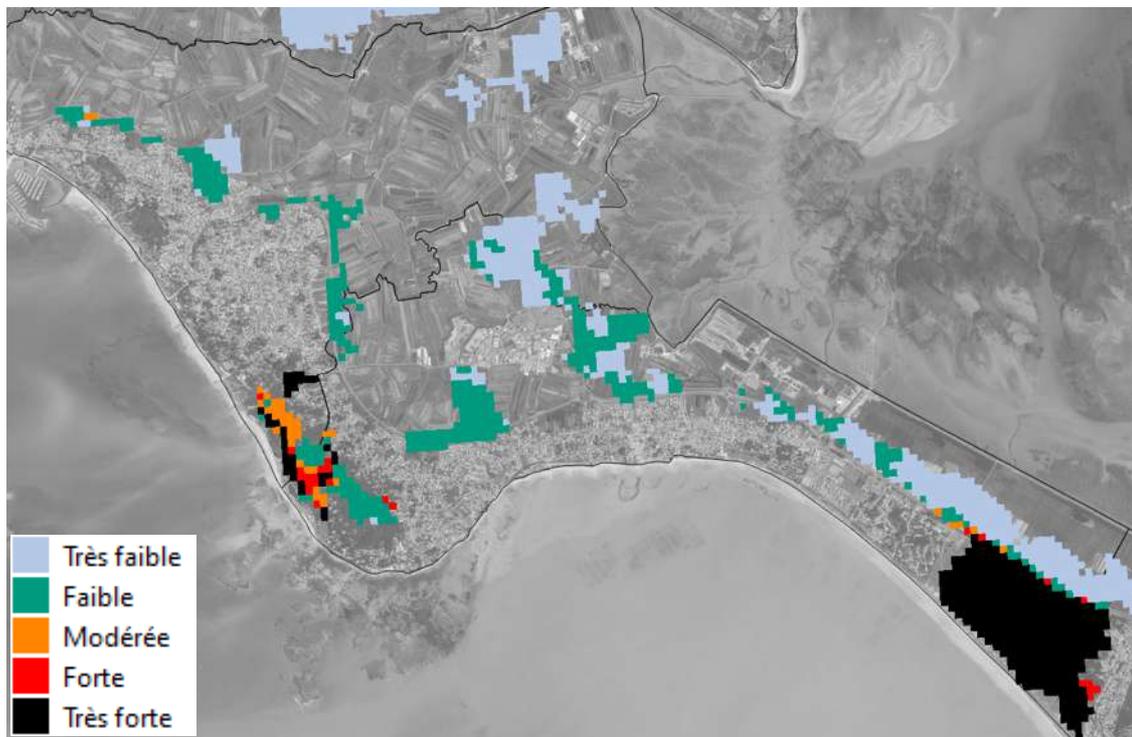


Figure 11.4 : Carte nationale de sensibilité aux feux de forêt, juin 2023 (MTE, Kayrros) – L'Épine et La Guérinière.



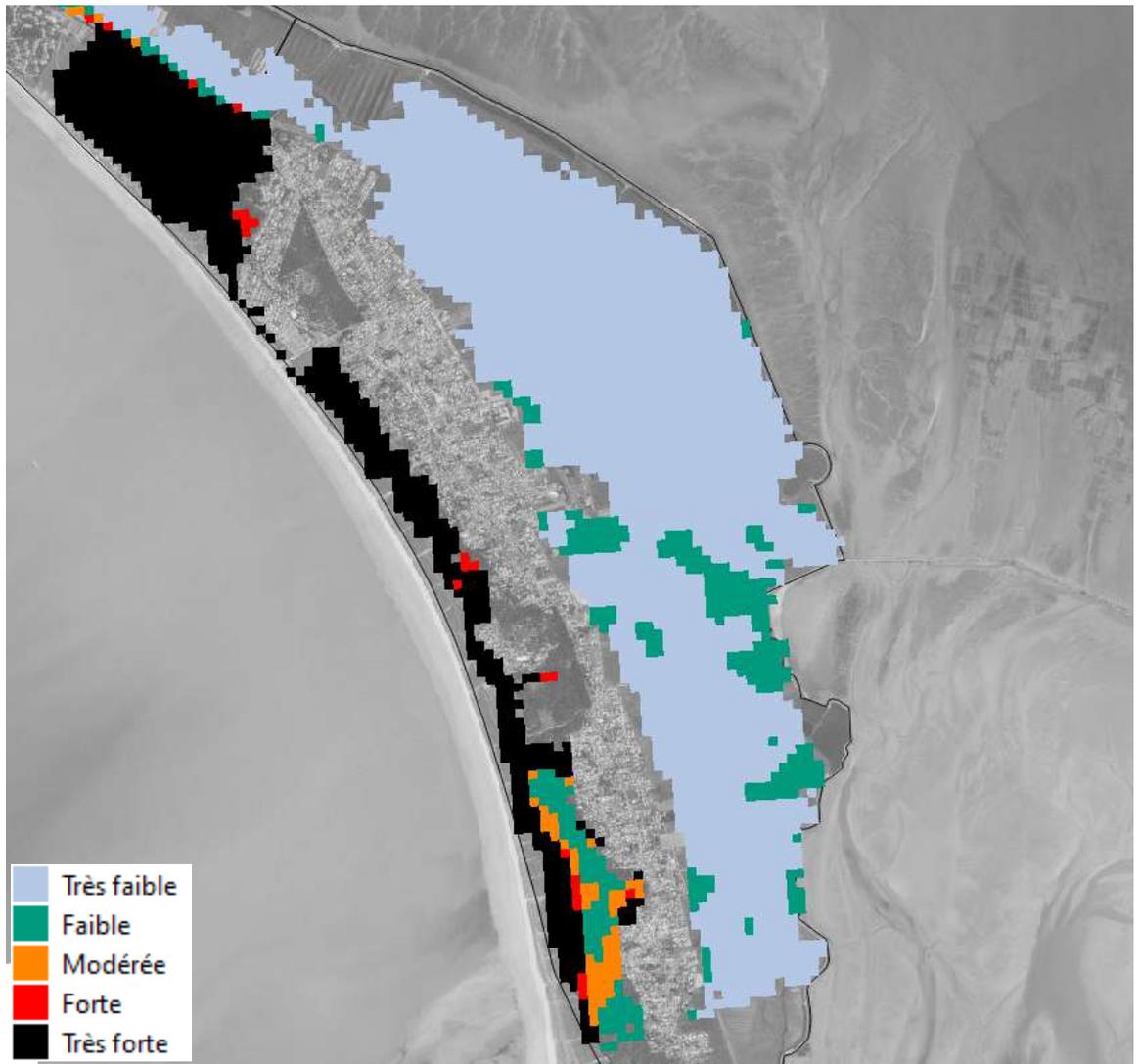


Figure 11.5 : Carte nationale de sensibilité aux feux de forêt, juin 2023 (MTE, Kayrros) – Barbâtre.



11.2.2 Atlas Pays-de-la-Loire

Un atlas concernant les feux de forêt a également été réalisé à l'échelle régionale des Pays-de-la-Loire par la DREAL.

L'**aléa feux de forêt** est défini comme le croisement de :

- La sensibilité au feu : donnée sur les massifs forestiers issues de la BD Forêt@version 2.0 de l'IGN datant de 2021, et classification de la sensibilité en trois niveaux selon celle proposée par l'ONF dans la « Cartographie de la sensibilité des massifs forestiers aux **incendies estivaux** pour des conditions de sécheresse de référence (1989-2018) »
- La probabilité de départ de feu, définie avec un tampon de 200 m autour des entités qui définissent le niveau de probabilité :
 - Probabilité faible : chemins de randonnée, pistes cyclables, forêts publiques, forêts privées sous plan de gestion ;
 - Probabilité moyenne : axes locaux, lignes électriques, postes de transformation, cultures en champs ;
 - Probabilité forte : grands axes routiers, voies ferrées, bâtiments, terrains de sport.
- La pression climatique, basé sur l'indice forêt météorologique (également utilisé également dans l'atlas national). Cet indice doit être supérieur à 20, et la pression est ensuite classée :
 - Faible si IFM>20 pour moins de 39 jours par an ;
 - Moyenne si IFM>20 pour 39 à 52 jours par an ;
 - Forte si IFM>20 pour plus de 52 jours par an.

La donnée est disponible pour un territoire découpé en mailles de 50 m, comme l'atlas national.

Trois niveaux d'aléa ont été défini : faible, moyen, fort.



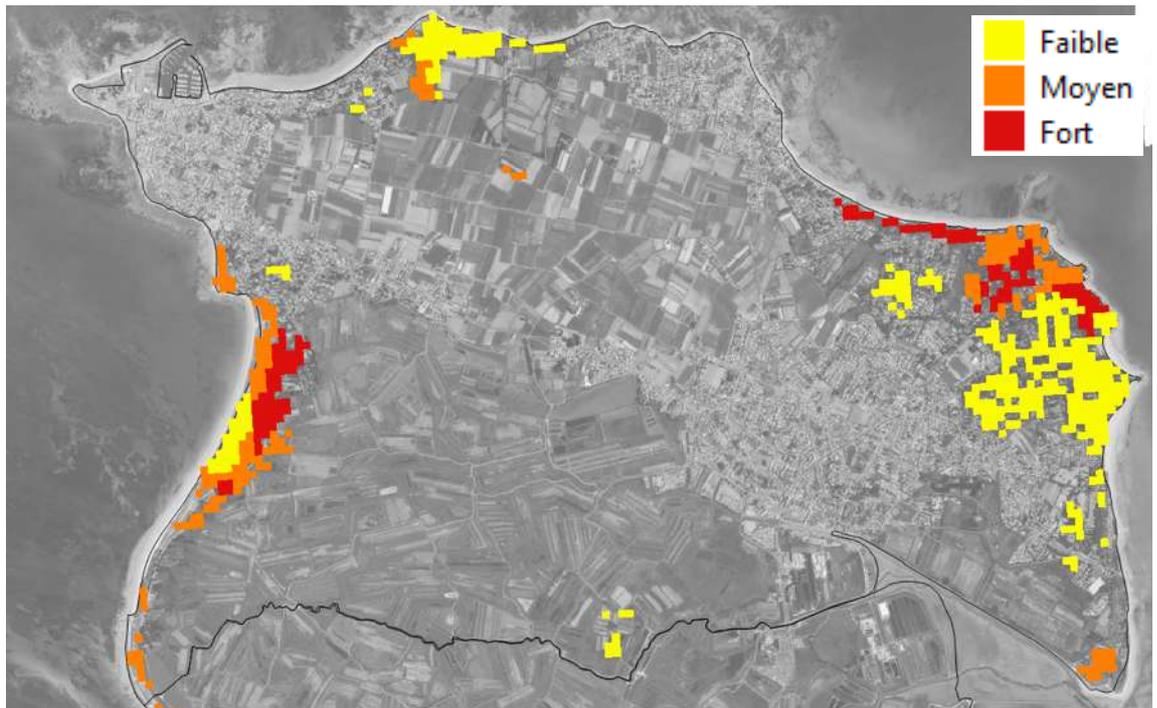


Figure 11.6 : Carte régional de l'aléa feux de forêt, juin 2022 (DREAL Pays-de-la-Loire) – Noirmoutier-en-l'Île.

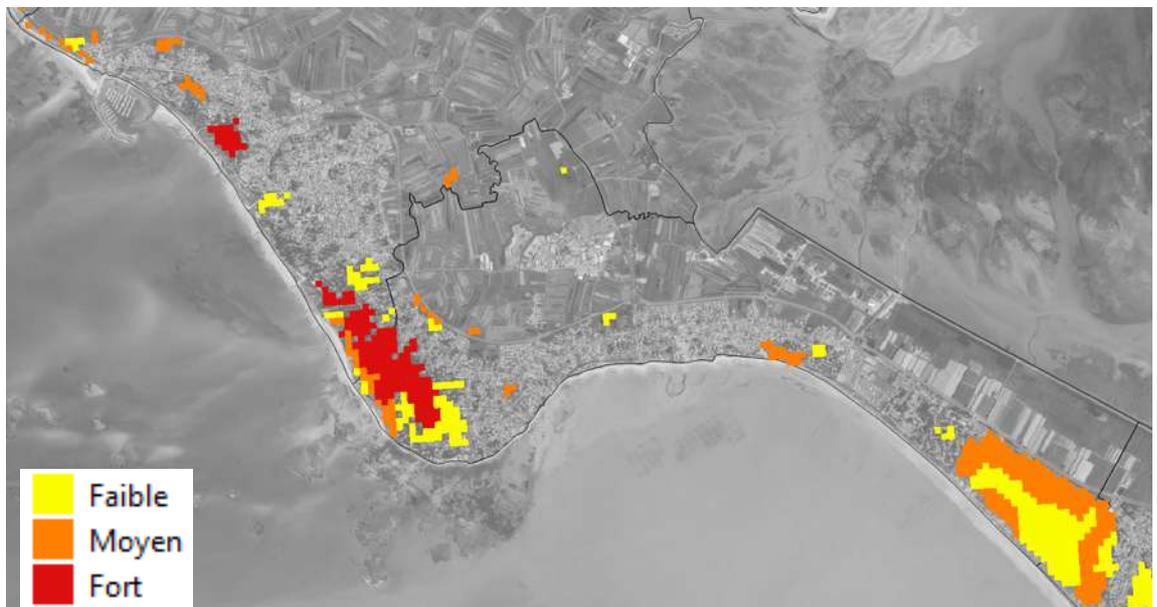


Figure 11.7 : Carte régional de l'aléa feux de forêt, juin 2022 (DREAL Pays-de-la-Loire) – L'Épine et La Guérinière.



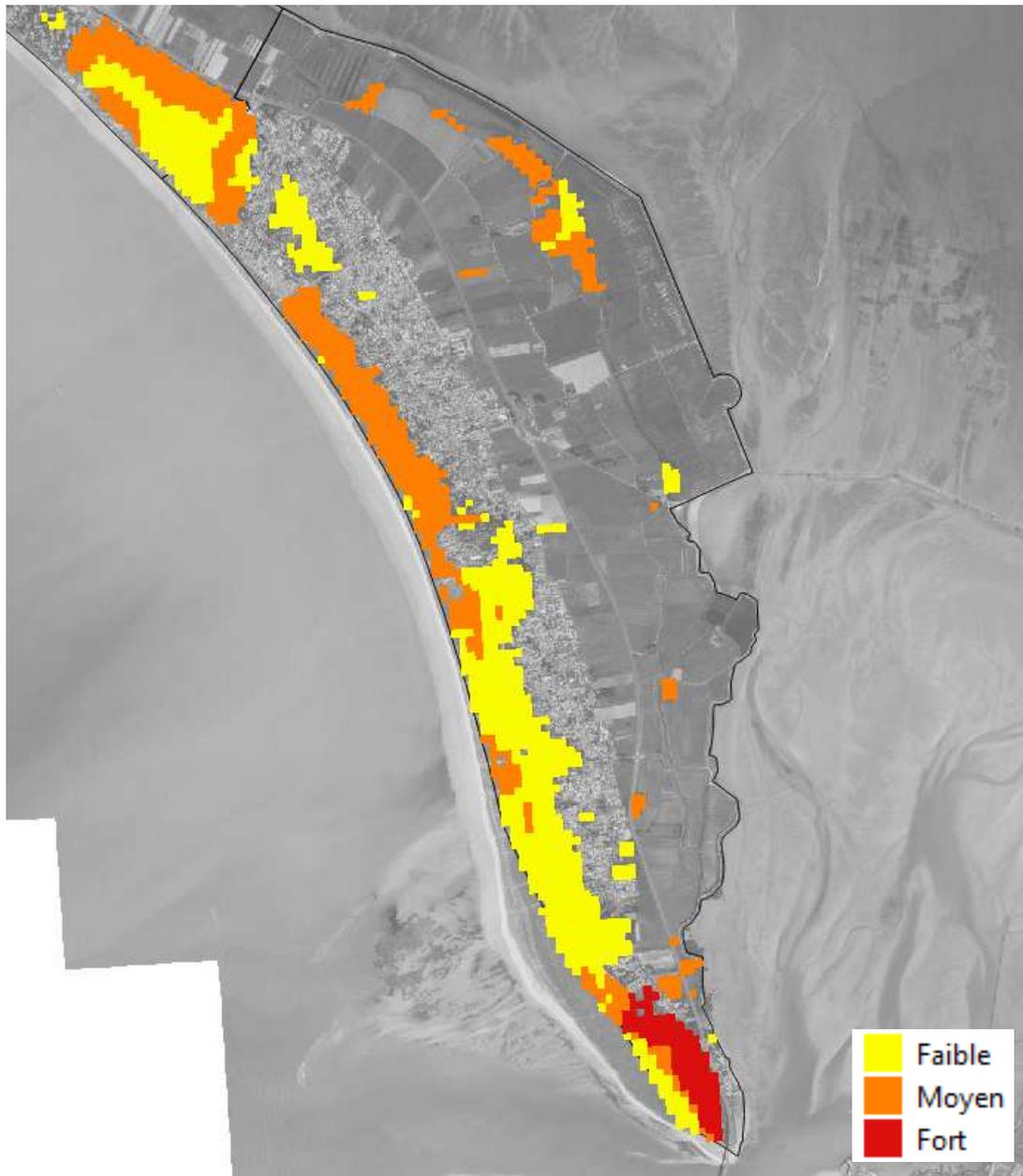


Figure 11.8 : Carte régionale de l'aléa feux de forêt, juin 2022 (DREAL Pays-de-la-Loire) – Barbâtre.



12 Analyse de la gouvernance

L'objectif de ce chapitre est de présenter l'ensemble des documents de planifications ayant un lien avec la thématique inondation. Cette note est composée de 3 grands chapitres :

- Une présentation des acteurs ;
- Une présentation des différents documents ;
- Une synthèse en mettant en évidence les liens entre les documents.

12.1 Acteurs intervenants ou liés à la gestion du risque inondation au sens large

12.1.1 Acteurs de gestion du risque

Lors du diagnostic de la stratégie locale de réduction du risque inondation (SLGRI) il a été défini 7 catégories d'acteurs sur la thématique des risques littoraux. Ces acteurs sont :

- A1 : habitants (permanents, saisonniers et vacanciers) ;
- A2 : collectivités territoriales : Région, département, commune et Communauté de commune de l'île de Noirmoutier (CCIN) ;
- A3 : services de l'État ;
- A4 : gestionnaires des réseaux (eau, énergies, transport et informations) ;
- A5 : services de sécurité et de santé ;
- A6 : acteurs économiques ;
- A7 : associations.

12.1.2 Compétence CCIN et GEMAPI

Comme l'ensemble des EPCI, la CCIN a récupéré la compétence Gestion de l'Eau, des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations au 1 janvier 2018. Les missions définies au 1°, 2°, 5°, 8° du I de l'article L. 211-7 du code de l'environnement sont obligatoires et exclusives :

- 1° L'aménagement d'un bassin ou d'une fraction de bassin hydrographique ;
- 2° L'entretien et l'aménagement d'un cours d'eau, canal, lac ou plan d'eau, y compris les accès à ce cours d'eau, à ce canal, à ce lac ou à ce plan d'eau ;
- 5° La défense contre les inondations et contre la mer ;



- 8° La protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines..

Les autres missions sont optionnelles.

Ces missions sont gérées en directe par la CCIN (sans délégation), par un service dédié de 5 personnes. La CCIN doit collecter la taxe GEMAPI pour financer une partie de la gestion et entretien des digue. Cette taxe a été votée en 2022 mais n'a pour le moment jamais été levée. La prise de compétence exclusive implique que la CCIN est nécessairement le Maître d'Ouvrage des ouvrages identifié pour la protection contre les inondations et les submersions marines. La prise de compétence implique donc :

- Un choix des ouvrages relevant de la protection contre la submersion marine. La CCIN doit retenir les ouvrages qu'elle compte gérer. Les ouvrages non retenus devront obtenir d'autres autorisations administratives ou être « neutralisés » ;
- L'obtention de la gestion des ouvrages par convention, servitude ou acquisition foncière.

En complément de la prise de compétence GEMAPI, il se posera prochainement, la question de la prise de compétence gestion du trait de côte par la CCIN.

La gestion du trait de côte est historiquement partagée entre plusieurs acteurs : les particuliers, les communes, l'état... Les évolutions réglementaires récentes : promulgation de la loi climat-résilience, induisent la possibilité pour les autorités compétente au titre de la GEMAPI (la CCIN pour l'île de Noirmoutier) de prendre la compétence de gestion du trait de côte au titre de la GEMAPI.

Cette prise de compétence, implique notamment la possibilité de réaliser des travaux et notamment les actions sur le trait de côte. Ces dernières pourront être cofinancées dans le cadre du futur PAPI, avec un arbitrage selon les moyens disponibles au niveau national et l'inscription des collectivités sur le décret érosion (le PAPI actuel comprend déjà des actions « trait de côte »). La prise de compétence peut s'accompagner d'un diagnostic territorial et d'un Stratégie Locale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SLGITC). On notera la possibilité d'un document unique SLGITC et SLGRI (décrite ci-après).

12.2 Document de planification et de gestion

Les différents documents de planification sont présentés par grande thématique :

- L'urbanisme et développement économique, via les SCOT, PLU et PLUI ;
- La gestion des milieux aquatiques : SDAGE, SAGE ;
- La gestion du risque inondation : PGRI, SLGRI, PAPI, TRI ;
- La sécurité civile : DICRIM, PCS et PICS.

Pour chaque document, il est présenté l'objectif du document, le territoire concerné et le maître d'ouvrage, les acteurs directement concernés (en effet, tous les acteurs sont concernés par ces plans), la date d'approbation, et parfois le contenu en lien avec le risque inondation.



12.3 Urbanisme et développement économique

12.3.1 Schéma de cohérence territorial (SCOT)

Objectif : Le SCOT est un document d'urbanisme et d'aménagement, prévu par la Loi Solidarité et Renouveau Urbains (SRU), pour déterminer l'avenir du territoire et de ses habitants, en prévoyant les objectifs de logement, d'emplois et d'espaces d'activité, de déplacements et de transports. Il doit également assurer la protection des paysages, de l'environnement, et de l'agriculture. Le SCOT définit à long terme un "projet de territoire" pour les communautés et les communes qui le traduiront, notamment dans leur plan local d'urbanisme. Un SCOT est donc un cadre de référence à grande échelle.

Territoire : Le SCOT local est nommé SCOT du Nord-Ouest Vendée, il couvre 20 communes appartenant à 4 EPCI : Challans Gois communauté, l'île de Noirmoutier, et Océan Marais de Monts.

Maitre d'ouvrage : Challans Gois communauté, la communauté de commune de l'île de Noirmoutier (CCIN), et Océan Marais de Monts.

Date d'approbation : 18 décembre 2019 (pour l'île de Noirmoutier)

Acteur / public directement concerné : collectivités territoriales (A2)

Contenu : L'objectif du SCOT est « Maintenir, stimuler et orienter l'attractivité du territoire, pour un développement renouvelé, fondé sur ses ressources et son identité, afin d'affirmer son potentiel au sein de la Région ». Le SCOT porte Trois finalités

- Un renouvellement de l'ambiance productive ;
- Une organisation interne qui vise à renforcer le potentiel du territoire ;
- Une valorisation accrue des ressources paysagères et environnementales.

Vis-à-vis de l'île de Noirmoutier, il faut noter les points suivants :

- Confortement de l'existant et accompagnement au développement des infrastructures touristiques ;
- Réflexion sur la desserte routier (bus, solution de rabattement) ;
- Rappel d'une « politique d'adaptation des territoires aux risques » en recherchant des moyens de défense contre la mer par rehaussement et renforcement des ouvrages.



12.3.2 Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi)

Objectif : Le PLUi est un outil introduit le 24 mars 2014. Il accompagne, le passage de la compétence d'urbanisme aux communautés de commune. Le PLUi est un document de planification qui organise à l'échelle d'un EPCI un projet global qui définit les grandes orientations d'urbanisme, d'aménagement du territoire et fixe les règles d'occupation des sols.

Territoire : Ile de Noirmoutier (4 communes)

Maitre d'ouvrage : CCIN

Date d'approbation : En cours de rédaction

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), acteurs économiques (A6) ,

Contenu : Le PLUi devra être compatible avec le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) du Nord-Ouest Vendéen, le Programme Local de l'Habitat (PLH). Il devra également prendre en compte le Plan Climat Air Eau Energie Territorial (PCEET), le PPRL et le PGRI. Une fois approuvé le PLUi se substitue au PLU de chaque commune de la CCIN.

12.3.3 Plan local d'urbanisme (PLU)

Objectif : Le PLU est un document de planification qui organise à l'échelle d'une commune un projet global qui définit les grandes orientations d'urbanisme, d'aménagement du territoire et fixe les règles d'occupation des sols, pour les 15 années à venir

Territoire : sur chacune des 4 communes de l'Ile

Maitre d'ouvrage : Mairie de Noirmoutier-en-l'Ile, mairie de la Guérinière, mairie de l'Epine et Mairie de Barbâtre

Date d'approbation :

Tableau 12.1 : Dates d'approbation des PLU et dernières versions.

Commune	Date d'approbation	Dernière révision
Noirmoutier-en-l'Ile	29/03/2013	26/03/2019 (5 ^{ème} modification)
Guérinière	28/11/2017	
Epine	28/06/2021	
Barbâtre	21/02/2019	09/02/2023 (2 ^{ème} modification)

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), gestionnaires des réseaux (A4), acteurs économiques (A6)



Contenu : Les PLU de la Guérinière, de l'Épine et de Barbâtre intègrent le règlement du PPRL de 2015 conformément aux dispositions réglementaires. Néanmoins, le règlement du PPRL est annexé aux dispositions du PLU. Il n'a pas été réalisé une révision complète des dispositions du PLU (zonage et règlement) afin d'intégrer le risque inondation du PPRL. Cela peut amener à des dispositions contradictoires, voir incompatibles entre les deux règlements.

La première version du PLU de Noirmoutier-en-l'Île est antérieure au PPRL. Le zonage intègre néanmoins une zone inondable. Il n'a pas été retrouvé l'origine des 4 révisions.

12.3.4 Plan Climat Air Eau et Energie Territor (PCLAET)

Objectif : le PCLAET est un outil de planification, à la fois stratégique et opérationnel, qui permet aux collectivités d'aborder l'ensemble de la problématique air-énergie-climat sur leur territoire.

Territoire : Ile de Noirmoutier

Maitre d'ouvrage : CCIN

Date d'approbation : Décembre 2019. Une révision du document est en cours.

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), acteurs économiques (A6)

Contenu. Le PCLAET est appelé Clim'actions sur l'île de Noirmoutier.

Il est défini un plan d'action en 8 thématiques ci-dessous pour lequel sont définis des actions :

- Axe A : Une île qui privilégie la mobilité douce
- Axe B : Une île qui encourage l'adaptation des bâtiments
- Axe C : Une île qui tient compte du changement climatique dans son aménagement
 - Action 5 : S'inscrire dans un aménagement bas carbone
 - Action 6 : Préparer le territoire aux effets du changement climatique
 - Action 7 : Préparer la faune et la flore aux effets du changement climatique
- Axe D : Une île qui développe une alimentation saine et locale
- Axe E : Une île qui adapte son économie locale
- Axe F : Une île où l'eau est une ressource précieuse
- Axe G : Une île productrice d'énergies renouvelables
- Axe H : Une île mobilisée

L'axe C concerne le risque inondation, via notamment l'action 6.



12.3.5 Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET)

Objectif : Le SRADDET fixe les objectifs de moyen et long termes en lien avec plusieurs thématiques : équilibre et égalité des territoires, implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional, désenclavement des territoires ruraux, habitat, gestion économe de l'espace, intermodalité et développement des transports, maîtrise et valorisation de l'énergie, lutte contre le changement climatique, pollution de l'air, protection et restauration de la biodiversité, prévention et gestion des déchets.

Territoire : Région Pays de la Loire

Maitre d'ouvrage : Région pays de la Loire / préfecture de Région

Date d'approbation : 7 février 2022

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), acteurs économiques (A6)

Contenu : le SRADDET contient un document objectif et un ensemble de règle (30 règles). Les règles ont un caractère prescriptif par rapport aux documents de rang inférieur. Cela signifie que les documents de rang inférieurs doivent être compatibles avec le SRADDET.

Sur les 30 règles, 3 concernent directement le risque inondation

- Règle n°7 Intégration des risques dans la gestion et l'aménagement du littoral. Cette mesure s'accompagne de mesure de financement d'action de gestion du littoral ;
- Règle n°14. Atténuation et adaptation au changement climatique ;
- Règle n°23. Gestion des inondations et limitation de l'imperméabilisation qui passe notamment par une évaluation de la vulnérabilité des territoires aux inondations.

12.4 La gestion des milieux aquatiques

12.4.1 Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)

Objectif : Le SDAGE est un document de planification dans le domaine de l'eau. Il définit :

- Les grandes orientations pour garantir une gestion visant à assurer la préservation des milieux aquatiques et la satisfaction des différents usagers de l'eau,
- Les objectifs de qualité et de quantité à atteindre pour chaque cours d'eau, chaque plan d'eau, chaque nappe souterraine, chaque estuaire et chaque secteur du littoral,



- Les dispositions nécessaires pour prévenir toute détérioration et assurer l'amélioration de l'état des eaux et des milieux aquatiques.

Le SDAGE est complété par un programme de mesures qui précise, territoire par territoire, les actions techniques, financières, réglementaires, à conduire pour atteindre les objectifs fixés. Sur le terrain, c'est la combinaison des dispositions et des mesures qui doit permettre d'atteindre les objectifs.

Territoire : Le bassin versant Loire-Bretagne

Maitre d'ouvrage : l'Agence de l'eau Loire-Bretagne

Date d'approbation : 18 mars 2022. Le SDAGE est renouvelé tous les 5 ans. L'actuel est donc valable jusqu'à 2027.

Acteur / public directement concerné : collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), acteurs économiques (A6)

Contenu : Le contenu est trop large pour être présenté. Il ne comprend aucune mesure spécifique à l'île de Noirmoutier.

12.4.2 Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)

Objectif : Le SAGE est un document de planification élaboré de manière collective, pour un périmètre hydrographique cohérent. Il fixe des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau. Il concerne les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Territoire : Marais Breton et baie de Bourgneuf soit 36 communes (22 en Vendée et 14 en Loire Atlantiques) ; l'île de Noirmoutier est incluse dans le périmètre.

Maitre d'ouvrage : SAGE de la Baie de Bourgneuf

Date d'approbation : 16 mai 2014

Acteur / public concerné : collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), acteurs économiques (A6), associations (A7).

Contenu : le SAGE comprend un Plan d'Action et des gestion Durable. (PAGD) et un règlement. Le PAGD comprend des objectifs vis-à-vis des inondations et de la submersion marine :

- Améliorer la connaissance et la culture du risque ;
- Prévenir le risque inondation avec une disposition (n°18) visant à préserver et aménager les zones d'expansion des crues ;
- Promouvoir une gestion intégrée du risque inondation.



12.5 La gestion du risque inondation

12.5.1 Territoire risque inondation (TRI)

Objectif : l'objectif du TRI est d'établir une cartographie du risque inondation sur les territoires à fort enjeux. Une stratégie (SLGRI) de gestion du risque est ensuite proposée sur tous les territoires concernés.

Territoire : Noirmoutier et Saint-jean-de-Mont (12 communes)

Maitre d'ouvrage : DREAL

Date d'approbation : Novembre 2014

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), gestionnaires des réseaux (A4), services de sécurité et de santé (A5), acteurs économiques (A6), associations (A7)

Contenu :

Les cartes d'aléa sur les 12 communes concernées sont établies pour quatre événements. Chaque secteur est traité différemment. Pour l'île de Noirmoutier il a été retenu

- L'événement fréquent de période de retour de 10 ans, n'est pas cartographié car aucun débordement n'est constaté pour cette période de retour ;
- Un événement moyen équivalent à Xynthia, soit 4.2 m IGN69. La période de retour est estimée entre 100 ans et 300 ans. Il est considéré des brèches définies sur la base des études de dangers
- L'événement moyen avec changement climatique, n'est pas considéré en l'absence de donnée au moment de la rédaction du TRI
- Un événement exceptionnel de période de retour de 1000 ans au minimum. Il a été retenu un niveau de 5.2 m IGN69. La cartographie est basée sur des brèches de 100 m dans les ouvrages

12.5.2 Plan de Gestion du Risque Inondation (PGRI)

Objectif : le PGRI défini, à l'échelon du bassin hydrographique, les objectifs de gestion des risques d'inondation pour réduire les conséquences négatives des inondations, eux-mêmes déclinés de la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation. Les dispositions du PGRI s'appliquent à de nombreux documents comme les PLU, les SCOT, les SDAGE, les SAGE, les PPRL

Territoire : Ensemble du bassin Loire-Bretagne.

Maitre d'ouvrage : DREAL

Date d'approbation : Mars 2022. Il est valable pour la période 2022-2027

Acteur / public directement concerné : Collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3)



Contenu :

48 dispositions regroupée en 6 objectifs ont été définies dans le PGRI. Au vu de l'échelle du territoire, ces dispositions sont des principes à adapter localement dans le cadre des SLGRI.

Les objectifs et dispositions les plus importantes pour la révision du PPRL sont :

- Objectif n°1 : Préserver les capacités d'écoulement des crues ainsi que les zones d'expansion des crues et les capacités de ralentissement des submersions marines.
 - Disposition 1-1 : Préservation des zones inondables non urbanisées
 - Disposition 1-2 : Préservation dans les zones inondables des capacités d'expansion des crues et de ralentissement des submersions marines
- Objectif n°2 : Planifier l'organisation et l'aménagement du territoire en tenant compte du risque
 - Disposition 2-5 : Cohérence des PPR entre eux
 - Disposition 2-6 : Aléa de référence des PPR. Des prescriptions en matière de caractérisation de l'aléa sont indiquées.
- Objectif n°3 : Réduire les dommages aux personnes et aux biens implantés en zone inondable
- Objectif n°4 : Intégrer les ouvrages de protection contre les inondations dans une approche globale
 - Disposition 4-3 : Prise en compte des limites des systèmes de protection contre les inondations
- Objectif n°5 : Améliorer la connaissance et la conscience du risque d'inondation
- Objectif n°6 : Se préparer à la crise et favoriser le retour à la normale

Le document ci-dessous issu du diagnostic de la SLGRI indique comment sont repris les objectifs du PGRI dans les différents documents

DISPOSITIFS	OBJECTIFS DU PGRI						NOMBRE D'OBJECTIFS DU PGRI
	O1	O2	O3	O4	O5	O6	
SAGE de la baie de Bourgneuf	●	●			●		3
PAPI de l'île de Noirmoutier	●	●	●	●	●	●	6
PPRL de l'île de Noirmoutier	●	●	●	●	●	●	6
SCoT de l'île de Noirmoutier	●	●	●		●		4
PLU	●	●	●		●		4
EDD		●		●	●		3
DICRIM		●	●		●	●	3
PCS		●	●			●	2
NOMBRE DE DISPOSITIFS	5	8	6	3	7	4	

Figure 6-3: Prise en compte du PGRI dans les différents documents d'organisation



12.5.3 Stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI)

Objectif : Les SLGRI déclinent au niveau local les objectifs du plan de gestion des risques d'inondation (PGRI).

Territoire : Ile de Noirmoutier

Maitre d'ouvrage : CCIN / préfecture de Vendée

Date d'approbation : 10 septembre 2018

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), gestionnaires des réseaux (A4), services de sécurité et de santé (A5), acteurs économiques (A6) , associations (A7)

Contenu : La SLGRI, a été réalisée en trois étapes principale. Une première étape de diagnostic début 2017. Ce diagnostic comprenait une phase importante de concertation. Une seconde étape de stratégie a été réalisée en milieu d'année 2017. Fin 2017, les actions issues de la stratégie ont été présentées sous forme de fiche.

La stratégie est déclinée selon quatre objectifs :

- Objectif A : une île qui se protège contre les risques littoraux sur le long terme.
- Objectif B : une île qui s'organise pour la sécurité des personnes et des biens en cas de crise.
- Objectif C : une île innovante qui assure l'avenir en s'adaptant au risque.
- Objectif D : des acteurs qui assurent la mise en œuvre solide et réaliste de la stratégie

Pour chacun des objectifs, il est défini plusieurs actions indiquées ci-après. En tout 23 actions ont été retenues.



		2018 - 2020	2021 - 2023	2024 et +
OBJECTIF STRATEGIQUE A				
UNE ILE QUI SE PROTEGE CONTRE LES RISQUES LITTORAUX SUR LE LONG TERME				
A1	Finaliser la rehausse et le renforcement des ouvrages en poursuivant la stratégie actuelle et identifier réglementairement les systèmes d'endiguement			
A2	Maintenir le niveau de sécurité des ouvrages par un entretien continu			
A3	Définir une stratégie de sécurisation des systèmes d'endiguement à long terme en complément de la stratégie actuelle			
A4	Consolider l'observatoire du littoral et poursuivre les travaux de protection des cordons dunaires			
A5	Conforter la stratégie de gestion durable du trait de côte par une vision globale du territoire			
OBJECTIF STRATEGIQUE B				
UNE ILE QUI S'ORGANISE POUR LA SECURITE DES PERSONNES ET DES BIENS EN CAS DE CRISE				
B1	Structurer et renforcer la connaissance des événements historiques locaux et favoriser les RETEX			
B2	Localiser les prévisions météo-marines au plus près du territoire			
B3	Perfectionner la surveillance des côtes et assurer l'intervention d'urgence			
B4	Renforcer la préparation à la crise par la formation des acteurs et mettre à disposition les moyens adaptés			
B5	Améliorer en continu la connaissance des enjeux sur le territoire en préparation à une crise			
B6	Uniformiser les DICRIM et les partager avec le grand public			
OBJECTIF STRATEGIQUE C				
UNE ILE INNOVANTE QUI ASSURE L'AVENIR EN S'ADAPTANT AU RISQUE				
C1	Développer la culture du risque par une stratégie de sensibilisation adaptée aux différents publics.			
C2	Réaliser des diagnostics de vulnérabilité des composantes du territoire et favoriser la mise en œuvre des préconisations.			
C3	Accompagner les porteurs de documents d'urbanisme dans l'élaboration et leur mise en compatibilité avec les objectifs du PGRI.			
C4	Promouvoir les projets d'architecture résilients par l'expérimentation et l'innovation dans un contexte de submersion marine.			
C5	Accompagner l'aménagement de l'espace par une planification de la répartition des infrastructures au sein du territoire.			
C6	Se donner les moyens nécessaires à la continuité de l'activité du territoire et diminuer le temps de retour à une situation acceptable.			
C7	Mener une réflexion sur les moyens de résilience des populations traumatisées.			

OBJECTIF STRATEGIQUE D				
DES ACTEURS QUI ASSURENT LA MISE EN ŒUVRE SOLIDE ET REALISTE DE LA STRATEGIE				
D1	Organiser et mobiliser les acteurs de la gestion du risque de manière concertée : partager les tâches et les responsabilités.			
D2	Se doter d'un observatoire interdisciplinaire de la gestion des risques littoraux			
D3	Être acteur dans le domaine de la recherche et du développement			
D4	Développer les partenariats avec l'ensemble du TRI			
D5	Elaborer un nouveau PAPI pour l'île de Noirmoutier			

Figure 12.1 Actions de la SLGRI.



12.5.4 1.5.4 Plan d'action et de prévention des Inondation (PAPI)

Objectif : Les PAPI ont pour objet de promouvoir une gestion globale des risques d'inondation en vue de réduire leurs conséquences sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement. Ce type de programme d'actions fait l'objet, après labellisation par l'État, de financements des opérations à travers le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs.

Territoire : Ile de Noirmoutier

Maitre d'ouvrage : CCIN

Date d'approbation : juillet 2012 pour 10 ans. Un nouveau PAPI sera proposé à partir de 2028 après des études préalables sur la période 2024-2027.

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), gestionnaires des réseaux (A4), services de sécurité et de santé (A5), acteurs économiques (A6), associations (A7)

Contenu :

Le PAPI 2013-2023 proposait, 47 actions réparties en 6 axes de travail (culture du risque, prévision, alerte et gestion de crise, urbanisme, réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens, ouvrages de protection). La figure ci-après issue de la CCIN est un bilan du PAPI en cours.





Figure 12.2 Bilan du PAPI (CCIN).



12.5.5 Plan de prévention des risques Littoraux (PPRL)

Objectif : Le PPRL vise à encadrer le développement urbain dans les zones les plus exposées aux risques de submersion marine. Il régit le droit à construire sur la base d'un zonage du territoire pour le rendre compatible avec l'intensité du risque de submersion marine encouru.

Territoire : Ile de Noirmoutier

Maitre d'ouvrage : DDTM / préfecture de Vendée

Date d'approbation : Le plan de prévention du risque inondable de l'île de Noirmoutier a été prescrit le 6 janvier 2011 et approuvé en le 27 octobre 2015 à la suite d'une enquête publique réalisée durant l'été 2015.

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), gestionnaires des réseaux (A4), services de sécurité et de santé (A5), acteurs économiques (A6), associations (A7)

Contenu :

Ce PPRL intègre un seul aléa considéré comme actuel. Il n'est pas considéré d'élévation du niveau marin liés au réchauffement climatique. Ceci s'explique par le fait notamment qu'il a été prescrit avant la circulaire 27 juillet 2011.

La notice du PPRL indique les hypothèses de calcul suivantes :

- prise en compte du niveau marin historique le plus élevé, soit le niveau de 4,20 m IGN69 observé lors de Xynthia ;
- prise en compte des études de dangers sous maîtrise d'ouvrage de la CCIN dans la définition des hypothèses de défaillance du système de protection ;
- Prise en compte des travaux PAPI réceptionnés ou réalisés d'ici l'arrêt d'approbation du PPRL ;
- Application de la non-concomitance des submersions au titre du scénario de référence ;
- Application de la concomitance sur la façade Est de l'île comme hypothèse de cumul de volumes entre casiers hydrauliques sur la façade Est de l'île ;
- Prise en compte du trait de côte à l'horizon 2100.

L'aléa du PPRL actuel est réparti entre 4 aléas en fonction de la hauteur d'eau. Les bandes de précaution liées aux ruptures d'ouvrage et les zones exposées aux chocs mécaniques sont caractérisées en aléa fort.



		Intensité de l'aléa	
		Aléa	Couleur
Hauteur d'eau sur le terrain naturel	Nulle	Néant	Blanc
	[0 ; 0,5 m]	Faible	Jaune
	[0,5 m ; 1 m]	Moyen	Orange
	> 1 m	Fort	Rouge

Figure 12.3 Classes d'aléa du PPRL actuel.

Ensuite l'aléa est croisé avec les enjeux pour obtenir les zones ci-dessous.

Nature du secteur	Aléa actuel de référence lié au scénario non concomitant	Aléa actuel lié au scénario concomitant		
		Faible	Moyen	Fort
Non urbanisé (agricole ou naturel)	Nul	Bleu B1	Rouge Rn/Rn _z	Rouge Rn/Rn _z
	Faible	Rouge Rn/Rn _z	Rouge Rn/Rn _z	Rouge Rn/Rn _z
	Moyen	 	Rouge Rn/Rn _z	Rouge Rn/Rn _z
	Fort	 	 	Rouge Rn/Rn _z
Urbanisé ou d'urbanisation future Hors centre ancien dense	Nul	Bleu B1	Bleu B1	Bleu B1
	Faible	Bleu B0	Bleu B0	Bleu B0
	Moyen	 	Bleu B0	Bleu B0
	Fort	 	 	Rouge Ru/Ru _z
Centre ancien dense	Nul	Bleu B1	Bleu B1	Bleu B1
	Faible	Bleu B0	Bleu B0	Bleu B0
	Moyen	 	Bleu B0	Bleu B0
	Fort	 	 	Bleu B0

Figure 12.4 Croisement aléa/enjeux du PPRL actuel.



12.5.6 Système d'endiguement et étude de dangers (EDD)

Objectif : Le système d'endiguement est défini pour assurer la sécurité des personnes et des biens (vis-à-vis du risque inondation) situés dans la zone protégée par ce système d'endiguement. L'étude de dangers est l'étude technique qui vise à évaluer les performances d'un système d'endiguement étayées par des connaissances objectives concernant son environnement et les ouvrages qui le compose. Le système d'endiguement est défini par l'autorité ayant la compétence GEMAPI (la CCIN pour l'île de Noirmoutier), dans le cadre réglementaire existant.

Territoire : deux systèmes d'endiguement sur l'île de Noirmoutier

Maitre d'ouvrage : CCIN

Date d'approbation : le 29 juin 2022

Acteur / public directement concerné : collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), services de sécurité et de santé (A5)

Contenu : le contenu est détaillé dans le chapitre 8

12.6 La sécurité civile

12.6.1 Document d'information communale sur les risques majeurs (DICRIM)

Objectif : Le DICRIM indique les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde répondant aux risques majeurs susceptibles d'affecter la commune.

Territoire : sur chacune des 4 communes de l'île

Maitre d'ouvrage : Chaque commune

Date d'approbation : les 4 DICRIM ont été révisés en 2022.

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), associations (A7)

Contenu : Sur les 4 communes, le risque de submersion marine est considéré comme un risque majeur. En conséquence, les DICRIM comprennent notamment des éléments d'information sur les mesures à prendre par la population en cas de submersion marine. Le DICRIM intègre 7 risques au total.

12.6.2 Plan communal de Sauvegarde (PCS)

Objectif : l'objectif des PCS est de se préparer préalablement en se formant, en se dotant de modes d'organisation, d'outils techniques pour pouvoir faire face à tous les cas et éviter ainsi de basculer dans une crise.

Territoire : sur chacune des 4 communes de l'île



Maitre d'ouvrage : Mairie de Noirmoutier-en-l'Île, Mairie de la Guérinière, mairie de l'Épine et Mairie de Barbâtre

Date d'approbation :

Tableau 12.2 : Dates d'approbation des PCS.

Commune	Date d'élaboration
Noirmoutier-en-l'Île	Octobre 2012
Guérinière	Février 2013
Épine	Novembre 2012
Barbâtre	Aout 2013

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), gestionnaires des réseaux (A4), services de sécurité et de santé (A5), associations (A7)

Contenu : Le contenu du document est spécifique à chaque commune et indique les procédures de gestion de crise.

12.6.3 1.6.3 Plan intercommunal de sauvegarde (PICS)

Objectif : les PCIS permettent de mutualiser les moyens des plusieurs communes dans les gestions des situations de crise. Ils ne se substituent pas au PCS.

Territoire : Ile de Noirmoutier

Maitre d'ouvrage : CCIN

Acteur / public directement concerné : habitants (A1), collectivités territoriales (A2), services de l'État (A3), gestionnaires des réseaux (A4), services de sécurité et de santé (A5), acteurs économiques (A6), associations (A7)

Date d'approbation : En cours d'élaboration.

12.7 Interaction entre les documents

L'analyse des différents documents de planification montre une grande variété des outils à la disposition des collectivités. Ces documents ont en général trois échelles géographiques :

- L'échelle régionale avec les SCOT et TRI basés sur la zone de la baie de Bourgneuf. Certains documents sont à l'échelle de plusieurs régions : SDAGE, PGRI ;
- Une échelle intercommunale comme pour les PLUI, SLGRI et PICS ;
- Une échelle communale : PLU, PCS et DICRIM.



Les documents des échelles inférieures doivent à chaque fois être compatibles avec les documents à l'échelle supérieure. Tous ces outils ont un lien avec les risques inondations. L'image ci-après illustre ces liens.

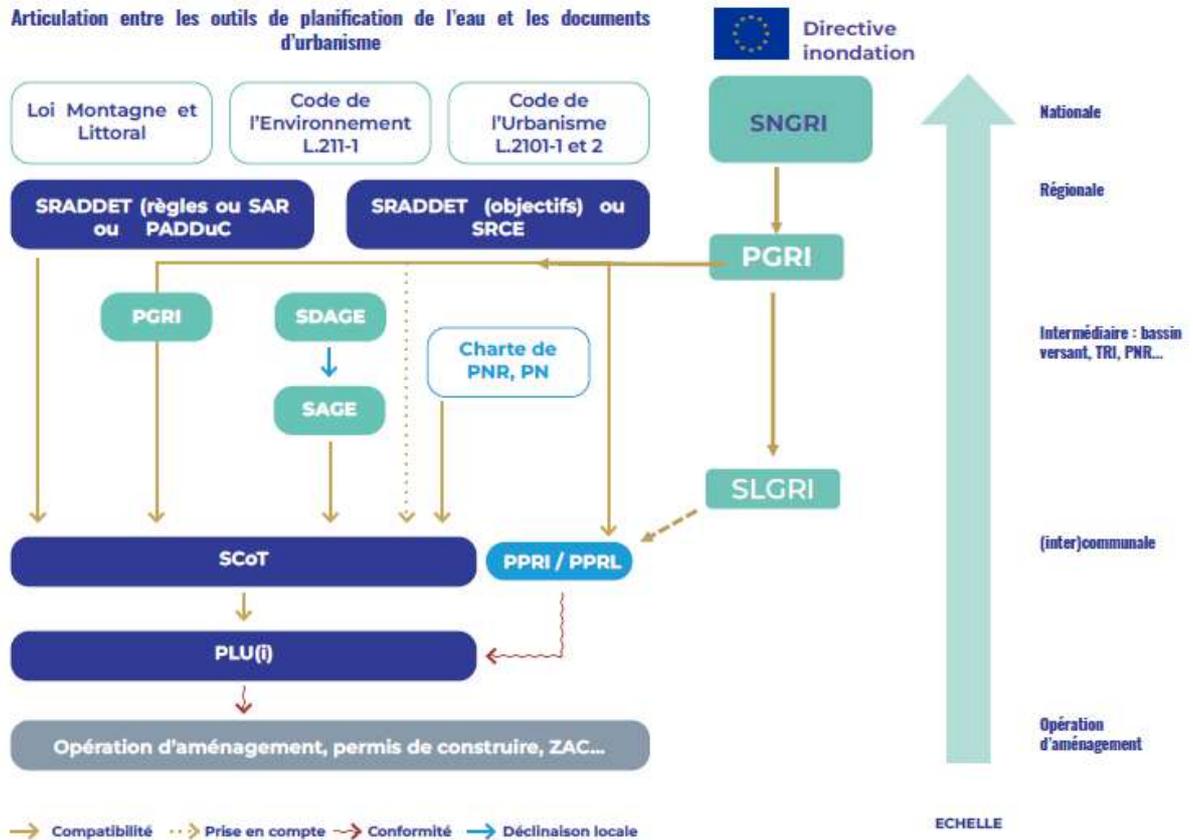


Figure 12.5 Interaction entre les différents documents

12.8 Conclusions

L'analyse des documents montre une certaine cohérence entre les différents documents. Ainsi les PLU les plus récents intègrent le plan des zones inondables du dernier PPRL. Le PAPI intègre en partie les préconisations de la SLGRI.

On note aussi une vraie culture du risque au niveau des collectivités locales puisque la grande majorité des documents liés à la gestion du risque inondation sont présents sur l'île :

- 4 PCS existants et un PICS en projet ;
- Un PAPI entre 2013 et 2023 avec un projet de nouveau PAPI en 2028 ;
- Une SLGRI

Ces documents sont parfois accompagnés d'une concertation locale, permettant le partage de la connaissance du risque.



On remarquera enfin des objectifs communs à l'ensemble des documents :

- Renforcer les ouvrages de protection contre la submersion marine pour augmenter la protection des populations et intégrer l'évolution du risque ;
- Poursuivre le développement de l'île en prenant en compte les risques de submersion ;
- Augmenter la communication des populations pour réduire les risques et faciliter la gestion de crise.



