



Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux

Département du Finistère

PPRN-L 2 : Bénodet, Fouesnant, la Forêt-Fouesnant et Concarneau

Phase 1 : Analyse préalable du site



17/05/2015

HYN21668L



Informations qualité du document

Informations générales

Auteur(s)	Audrey Forest – Guillaume Ghesquière – Justine Malgogne – Marie-Laure Bossis
Titre du projet	Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux –PPRN-L 2
Titre du document	Phase 1 : Analyse préalable du site
Date	17/05/2015
Référence	HYN21668L

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Historique modifications

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V1	18/12/2012	Audrey Forest – Guillaume Ghesquière – Justine Malgogne	Jildaz Gallen
	18/12/2012	Audrey Forest – Guillaume Ghesquière – Justine Malgogne	Dominique Catliotti
V2	01/07/2013	Marie-Laure Bossis	Pierre-Alain Rielland Jildaz Gallen
V3	05/11/2013	David Jousset	Marie-Laure Bossis
V4	02/04/2014	Justine Malgogne – Guillaume Ghesquière	Marie-Laure Bossis Jildaz Gallen
V5	14/05/2015	Marie-Laure BOSSIS	Pierre-Alain Rielland

Sommaire

Liste des figures	9
Cahier des cartes	15
Annexes	17
Acronymes et abréviations	18
Lexique	20
Préambule	25
Chapitre 1 - Introduction	26
1 Règlementation	26
2 Contexte et objectif global des PPRN-L.....	26
3 Phasage	27
4 Objectif du présent rapport	27
5 Définition des phénomènes générant la submersion	30
Chapitre 2 - Sources.....	32
1 Documents / sites internet consultés	32
1.1 Documents	32
1.2 Sites internet	33
2 Personnes ressources rencontrées	34
3 Organismes contactés	35
Chapitre 3 - Description générale des communes concernées.....	36
1 Bénodet.....	36
2 Fouesnant	37
3 La Forêt Fouesnant	37
4 Concarneau	38
Chapitre 4 - Analyse géomorphologique du site	39
1 Dynamique hydrosédimentaire	39
1.1 Origine, nature et répartition des sédiments	39
1.2 Mouvements sédimentaires	40
1.3 Dérive littorale	41
1.4 Mouvements dans le profil	42
2 Mise en place des principaux ouvrages sur le littoral	43
2.1 Bénodet.....	43
2.1.1 Construction du parking de Penfoul (1970-1980)	43
2.1.2 Construction du port de plaisance	43
2.1.3 Construction du quai L'Herminier : mai 1970.....	43
2.1.4 Construction du quai devant l'église avenue de l'Odet	44
2.1.5 Élargissement de l'avenue de l'Odet : 1913	45
2.1.6 Aménagement de la plage du Trez	46
2.1.7 Comblement du Loc'h	47
2.1.8 Travaux de protection contre la mer	48
2.1.9 Bilan du 19 ^{ème} au 21 ^{ème} siècle	48

2.2 Fouesnant	49
2.2.1 Le site de Moustierlin	49
2.2.2 La plage du Cap-Coz et site de Penfoulic	56
2.2.3 Les îles des Glénan.....	57
2.2.4 Bilan du 19 ^{ème} au 21 ^{ème} siècle	58
2.3 La Forêt-Fouesnant	60
2.3.1 Couverture du cours d'eau (années 60)	60
2.3.2 Mise en place d'une porte sur le bassin à marée	60
2.3.3 Port-La-Forêt.....	61
2.3.4 Les aménagements de la frange littorale.....	64
2.3.5 Bilan du 19 ^{ème} au 21 ^{ème} siècle	64
2.4 Concarneau	65
2.4.1 Les aménagements de la frange littorale.....	65
2.4.2 La plage des Sables Blancs	66
2.4.3 L'état actuel du port de Concarneau	66
2.4.4 Bilan du 19 ^{ème} au 21 ^{ème} siècle	69
3 Évolution du trait de côte de 1952 à 2014	70
3.1 Données utilisées	71
3.1.1 Période 1952-2011	71
3.1.2 Période 2011-2014.....	71
3.2 Littoral de Bénodet	73
3.2.1 Plage du Coq.....	74
3.2.2 Plage du Trez.....	74
3.2.3 Plage Saint-Gilles.....	74
3.3 Littoral de Fouesnant	75
3.3.1 Cap Coz	75
3.3.2 Littoral entre Cap Coz et Beg Meil.....	77
3.3.3 Moustierlin Est : Plages de Beg Meil au Grand Large	79
3.3.4 Moustierlin Ouest – Plage du Letty	83
3.4 Littoral de la Forêt-Fouesnant	88
3.5 Littoral de Concarneau	90

Chapitre 5 - Analyse historique..... **93**

1 Occupation humaine et urbanisation	93
1.1 Bénodet	93
1.1.1 Historique de l'occupation humaine de la commune	93
1.1.2 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire.....	94
1.1.3 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009	95
1.2 Fouesnant	95
1.2.1 Historique de l'occupation humaine de la commune	95
1.2.2 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire.....	96
1.2.3 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009	97
1.3 La Forêt-Fouesnant	97
1.3.1 Historique de l'occupation humaine de la commune	97
1.3.2 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire.....	98
1.3.3 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009	99
1.4 Concarneau	99
1.4.1 Situation actuelle	99
1.4.2 Historique	99
1.4.3 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire.....	100
1.4.4 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009	101
2 Les fiches tempêtes	101
2.1 Bénodet	102
2.1.1 Evènements historiques antérieurs à 2013	102
2.1.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014	105
2.1.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles	109
2.1.4 Frise chronologique.....	109

2.2 Fouesnant – Moustierlin et Beg Meil	111
2.2.1 Evènements historiques antérieurs à 2013	111
2.2.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014	119
2.2.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles	135
2.2.4 Frise chronologique	135
2.3 La Forêt Fouesnant : secteur de Pen Ar Ster	137
2.3.1 Evènements historiques antérieurs à 2013	137
2.3.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014	140
2.3.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles	145
2.3.4 Frise chronologique	145
2.4 Concarneau	147
2.4.1 Evènements historiques antérieurs à 2013	147
2.4.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014	157
2.4.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles	168
2.4.4 Frise chronologique	168

Chapitre 6 - Recueil des données océano-météorologiques..... 170

1 Vents	170
2 Niveaux d'eau	174
2.1 Niveau de référence	174
2.2 Marée astronomique	175
2.3 Surcotes et décotes	176
2.4 Etude sur le changement climatique et la hausse du niveau des mers.....	177
2.4.1 Recommandations de l'ONERC	178
2.4.2 La circulaire du 27 juillet 2011	178
2.4.3 Conclusion dans le cadre de notre étude	178
3 Houles au large	178
4 Courants	182
4.1 Courants généraux.....	182
4.2 Courants de marée	182
4.3 Courants dus au vent	183
4.4 Courants de houle	183
5 Tempête du 10 mars 2008	184
6 Tempêtes durant l'hiver 2013/2014	190
6.1 Constat	191
6.2 Tempêtes remarquables	196
6.2.1 Dirk	197
6.2.2 Anne	208
6.2.3 Christina	214
6.2.4 Nadja	220
6.2.5 Petra	227
6.2.6 Ulla	231
6.3 Analyse détaillée des niveaux d'eau et des surcotes	237
6.3.1 Evènements étudiés	237
6.3.2 Données marégraphiques exploitées	237
6.3.3 Analyse des observations marégraphiques événement par événement	238

Chapitre 7 - Analyse des systèmes de protection..... 240

1 Description du trait de côte	240
1.1 Bénodet	240
1.2 Fouesnant	240
1.3 La Forêt-Fouesnant.....	241
1.4 Concarneau.....	241
2 Recensement et description des ouvrages de protection	241

2.1 Ouvrage de protection contre le recul du trait de côte et la migration dunaire	241
2.2 Structures de protection contre la submersion marine	249
2.2.1 Les ouvrages artificiels ou digue	249
2.2.2 Les structures naturelles ou cordons naturels	250
3 Données manquantes	251

Chapitre 8 - Bilan sur le fonctionnement du site et les risques mis en évidence 253

1 Bénodet.....	253
1.1 L'érosion.....	253
1.2 La submersion.....	254
1.2.1 Embarcadère et port de Bénodet	254
1.2.2 Quai de l'Herminier – Terre-plein Eglise St-Thomas	254
1.2.3 Le Trez Bihan	254
1.2.4 Le Letty-Kerhos	254
1.3 Zones estuariennes.....	255
1.3.1 Ruisseau de Penfoul	255
1.3.2 Anse du petit moulin.....	255
1.4 Phénomène de ruissellement	255
1.5 Impact des vagues et projection de galets	256
1.6 Bilan	256
2 Fouesnant	257
2.1 L'érosion.....	257
2.1.1 Les processus d'érosion sur les bassins de risque de Moustierlin Ouest et Est	257
2.1.2 Zones principales concernées par le phénomène d'érosion.....	258
2.2 La submersion.....	258
2.2.1 Les bassins de risque de Moustierlin Est et Ouest.....	258
2.2.2 Le Cap Coz	258
2.2.3 L'Anse de Penfoulic.....	259
2.2.4 Beg Meil	259
2.2.5 Moustierlin Est et Moustierlin Ouest.....	259
2.2.6 Les Glénans	259
2.3 Bilan	260
3 La Forêt Fouesnant	261
3.1 L'érosion.....	261
3.2 La submersion.....	261
3.2.1 Le chemin côtier GR34.....	261
3.2.2 le long de la bordure Sud-Ouest du Golf de Cornouaille	261
3.2.3 La zone située en retrait de la plage de Kerleven	261
3.2.4 L'anse du St-Laurent	261
3.3 Une mauvaise évacuation des eaux pluviales au niveau du secteur de Pen-ar-Ster.....	261
3.4 Le Saint-Laurent sur la zone non estuarienne	262
3.5 Bilan	263
4 Concarneau	263
4.1 L'érosion.....	263
4.1.1 Plage de Cornouaille	263
4.1.2 Port de la Croix.....	263
4.2 La submersion.....	264
4.2.1 La plage des Sables Blancs	264
4.2.2 La Corniche	264
4.2.3 La Ville Close et son port de Plaisance	265
4.2.4 Le Cabellou	265
4.2.5 Plages de Bouchers et de Kermingham	265

4.2.6	Douric Ar Zin	265
4.3	L'Anse du Moulin à mer en zone estuarienne	265
4.4	Les inondations d'eau douce	265
4.4.1	L'anse du Lin	265
4.4.2	L'Anse du Saint-Laurent	266
4.5	Bilan	266

Liste des figures

Figure 1 : vue aérienne de Bénodet (http://bretagnepassion.eclublog.com/benodet-29-1-a468715)	36
Figure 2 : Plage de Moustierlin	37
Figure 3 : vue aérienne de la Forêt Fouesnant (source : http://www.lester-immobilier.fr/fr/region/index.cfm?page=foretfouesnant)	37
Figure 4 : vue aérienne de Concarneau (source : http://www.survoldefrance.fr/photos/highdef/5/5582.jpg)	38
Figure 5 : Principe des courants de déferlement	40
Figure 6 : Mécanisme de la dérive littorale	41
Figure 7 : Photo aérienne du parking de Penfoul (source : Géoportail)	43
Figure 8 : Situation avant la construction du quai l'Herminier (1) (source : commune)	44
Figure 9 : Situation avant la construction du quai l'Herminier (2) (source : commune)	44
Figure 10 : Situation avant la construction du quai l'Herminier (3) (source : commune)	44
Figure 11 : Situation actuelle (source : commune)	44
Figure 12 : Ancienne configuration au pied de l'Eglise (source : commune)	44
Figure 13 : Situation actuelle (source : Géoportail)	45
Figure 14 : Maison Alavoine et route étroite (source : commune)	45
Figure 15 : Vue de 1910 qui montre l'étroitesse du chemin (source : commune)	45
Figure 16 : Maison Alavoine et corniche avant élargissement (source : commune)	46
Figure 17 : La maison Alavoine a été détruite et la route est située à son niveau actuel (source : commune)	46
Figure 18 : Plage du Trez avant urbanisation (1) (source : commune)	46
Figure 19 : Plage du Trez avant urbanisation (2) (source : commune)	47
Figure 20 : Plage du Trez actuellement (2012) (source : commune)	47
Figure 21 : Loc'h en arrière de la dune de la Plage du Trez, actuellement comblé et urbanisé (source : commune)	47
Figure 22 : Photo aérienne plage du Trez (août 1955) (source : commune)	48
Figure 23 : Carte de l'état-major (XIX ^{ème}) (source : Géoportail)	49
Figure 24 : Photo aérienne actuelle (source : Géoportail)	49
Figure 25 : Évolutions historiques du cordon littoral de Moustierlin-Est (synthèse d'après différentes cartes anciennes et actuelles). Source : Yoni C., 1995	50
Figure 26 : Monument aux morts de la pointe de Moustierlin (Le Télégramme du 15 mars 2008)	52
Figure 27 : Enrochements du Grand Large réalisé en 1988 (archives de l' Unité d'Affaires Maritimes de Concarneau - DDTM)	56
Figure 28 : Carte de l'état-major (XIX ^{ème}) (source : Géoportail)	58
Figure 29 : Carte IGN actuelle (source : Géoportail)	58
Figure 30 : Carte de l'état-major (XIX ^{ème}) (source : Géoportail)	59
Figure 31 : Carte IGN actuelle (source : Géoportail)	59
Figure 32 : Couverture des ruisseaux du secteur de Pen Ar Ster	60
Figure 33 : Ancienne écluse (vue aval)	61
Figure 34 : Ancienne écluse (vue amont)	61
Figure 35 : Photographie aérienne de l'anse du Gouërou (à droite) avant la construction du port (années 60, Noel Guiriec, Ouest-France)	62

Figure 36 : Même secteur géographique, avec prise du vue au Nord (années 60, Noel Guiriec, Ouest-France).....	62
Figure 37 : 1971, premiers travaux de comblement de Port-la-Forêt (à droite)	63
Figure 38 : Extrait cadastral – Port-la-Forêt.....	63
Figure 39 : Carte de l'état-major (XIX ^{ème}) (source : Géoportail).....	64
Figure 40 : Carte IGN actuelle (source : Géoportail).....	64
Figure 41 : Le port, vers 1955 (source : commune).....	66
Figure 42 : Le port, après 1990 (source : commune).....	66
Figure 43 : Plage des sables blancs dans les années 1900.....	66
Figure 44 : Etat actuel du port de Concarneau – Rive gauche (source : CG 29).....	67
Figure 45 : Etat actuel du port de Concarneau – Rive droite (source : CG 29).....	68
Figure 46 : Carte de l'état-major (XIX ^{ème}) (source : Géoportail).....	69
Figure 47 : Photo aérienne actuelle (source : Géoportail)	69
Figure 48 : Exemples de traits de côte considérés dans l'étude.....	70
Figure 49 : Bénodet – Plages : Traits de côte passés	73
Figure 50 : Fouesnant – Cap Coz : Traits de côte passés.....	76
Figure 51 : Fouesnant – Entre Cap Coz et Beg Meil : Traits de côte passés	78
Figure 52 : Fouesnant – Beg Meil au Grand Large : Traits de côte passés et profils	80
Figure 53 : Fouesnant – Beg Meil au Grand Large : Tendances évolutives passées du trait de côte	82
Figure 54 : Fouesnant – Moustierlin Ouest, Letty : Traits de côte passés et profils.....	85
Figure 55 : Fouesnant – Moustierlin Ouest, Letty : Tendances évolutives passées du trait de côte	87
Figure 56 : La Forêt-Fouesnant – Kerleven : Traits de côte passés	89
Figure 57 : Concarneau – Plages: Traits de côte passés	91
Figure 58 : Coupure de journal en date de 1979 (Le Télégramme).....	103
Figure 59 : Dommages observés sur le port de plaisance (Télégramme des 17 et 18 octobre 1987)	104
Figure 60 : Route de la corniche submergée (Télégramme du 11 mars 2008).....	105
Figure 61 : Cabines de la plage du Trez bloquées par l'accumulation de sable (photo Ouest France)	106
Figure 62 : Traces de franchissements sur la promenade (photo Egis 26 février 2014).....	107
Figure 63 : Dommages le long de la route menant à la pointe St Gilles (photos Egis 26 février 2014)	107
Figure 64 : Dommages sur la pointe St Gilles (photos Egis 26 février 2014).....	108
Figure 65 : Bilan des évènements sur la commune de Bénodet.....	110
Figure 66 : Les traverses de fer qui retenaient la dune ont été emportées par la mer (photo issue du Télégramme du 24 novembre 1984)	114
Figure 67 : Pointe de Beg Meil au lendemain de la tempête (source : Ouest-France).....	115
Figure 68 : Erosion observée au niveau de la dune de Beg Meil (Le Télégramme, 18 octobre 1987)	115
Figure 69 : Extrait du Ouest France du 23 janvier 1995	116
Figure 70 : Dommages observés sur les aménagements littoraux au Renouveau à Beg Meil (Ouest France du 27 décembre 1999).....	117
Figure 71 : Erosion de la dune de la plage de Kermyl (Le Télégramme, 29 octobre 2004)	117
Figure 72 : Erosion de la dune (Le Télégramme du 15 mars 2008)	118
Figure 73 : Marais de Moustierlin submergé (Le Télégramme du 02 mars 2010)	119
Figure 74 : Zones de franchissement et sens des écoulements au niveau du Cap Coz (source orthophoto : Géoportail)	120

Figure 75 : Traces de franchissement en haut de la route du Port et de l'avenue de la Pointe du Cap Coz (photos Egis, 20 et 24 février 2014)	121
Figure 76 : Stockage du sable en haut de la plage du Cap Coz (photo Egis, 24 février 2014)	121
Figure 77 : Arbres déracinés au Cap Coz (photo Egis, 24 février 2014).....	122
Figure 78 : traces de franchissements à l'Ouest du Cap Coz et dégâts (photos Egis, 24 février 2014).....	122
Figure 79 : Engraissement de la plage à l'Ouest du Cap Coz (photo Egis, 24 février 2014)	122
Figure 80 : Traces de franchissement sur le parking du port de Beg Meil (photo Egis, 20 février 2014).....	123
Figure 81 : Rupture visible dans l'escalier d'accès de la plage des Dunes (photo Egis, 20 février 2014).....	123
Figure 82 : Dommages observés sur l'ouvrage présent plage des Dunes (photo Egis, 20 février 2014).....	124
Figure 83 : Erosion à l'extrême est de la plage des Dunes, au niveau de la pointe de Beg Meil (à gauche) et à l'est immédiat de l'escalier d'accès de la plage (à droite) (photos Egis, 20 et 24 février 2014).....	124
Figure 84 : Erosion de la dune visible au droit de l'enrochement de la plage de Cleut Rouz (photo Egis, 20 février 2014)	125
Figure 85 : Phénomènes de franchissement observés sur la dune de Cleut Rouz le 3 février 2014 (captures réalisées à partir d'une vidéo transmise par la mairie)	125
Figure 86 : Démaigrissement important du cordon dunaire et traces de franchissement observés sur la dune de Cleut Rouz (Photos Egis 24 février 2014)	126
Figure 87 : Anomalie constatée en début janvier sur la crête des enrochements de la plage de Cleut Rouz (photo Association pour la Sauvegarde du Pays Fouesnantais, www.aspfasso.fr)	127
Figure 88 : Dommages causés au niveau de l'accès de la plage du Grand Large (photo Le Télégramme, 07 janvier 2014)	127
Figure 89 : Traces de franchissements et d'écoulements sur le parking (photos Egis 24 février 2014).....	128
Figure 90 : Pierres projetées au niveau de la plage du Grand Large (Ouest-France du 3 février 2014).....	129
Figure 91 : Dommages observés sur le mur et la voirie de la corniche de la pointe de Moustierlin (photo Egis, 20 février 2014).....	129
Figure 92 : Entrée du jardin de l'hôtel de la Pointe de Moustierlin (photo Egis, 20 février 2014).....	130
Figure 93 : Vue sur le point bas situé en bordure de la route du Grand Large ; des accumulations de sable sont visibles à droite (photo Egis, 20 février 2014)	130
Figure 94 : Phénomène de franchissement observé le 1 ^{er} janvier 2014 sur les enrochements situés à l'est de la pointe de Moustierlin (capture sur vidéo www.youtube.com).....	131
Figure 95 : Dommages observés sur les enrochements de la corniche de la pointe de Moustierlin (photo Egis, 20 février 2014).....	131
Figure 96 : Erosion observée dans la dune de part et d'autre de l'enrochement situé au droit du monument aux fusillés (photos Egis, 20 et 24 février 2014).....	132
Figure 97 : Traces de franchissements et d'érosion au niveau de la protection longitudinale en enrochements (photos Egis, 24 février 2014)	132
Figure 98 : Dune à Saint-Nicolas (Ouest-France, 11 janvier 2014)	133
Figure 99 : Estimation des phénomènes érosifs sur l'île de Saint-Nicolas entre le 17 octobre 2013 et le 27 février 2014, Alain Hénaff, 2014, LETG – Brest Géomer – UMR 6554 CNRS	134
Figure 100 : Erosion visible sur la dune nord de Saint-Nicolas (photo commune, 27/02/14).....	134
Figure 101 : Erosion visible sur la dune sud-est de Saint-Nicolas (photo commune, 27/02/14)	135
Figure 102 : Bilan des événements sur la commune de Fouesnant	136

Figure 103 : Dommages observés au niveau du port de plaisance (source : http://www.civismemoria.fr/contribution/?contrib=1155&module=contrib).....	138
Figure 104 : Article extrait du Ouest-France du 1 ^{er} mars 2010	139
Figure 105 : Inondations du quartier de Penn Ar Ster.....	140
Figure 106 : Inondations observées le 4 janvier 2014 dans le quartier de Penn ar Ster (source : mairie).....	141
Figure 107 : Traces d'engraissement du haut de plage avec le banc situé au second plan : installé en début d'hiver 2013, il est à ce jour complètement ensablé (photo Egis)	142
Figure 108 : Traces de franchissement observées en haut de la plage de Kerleven (photo Egis)	142
Figure 109 : Traces de franchissement observées sur le parking situé à l'est de la plage de Kerleven (photos Egis 24 février 2014).....	143
Figure 110 : Traces de franchissement au niveau de la rue de la Mer (photo Egis).....	143
Figure 111 : Dommages observés en tête de l'épis en enrochement situé à l'ouest de la plage de Keleven (photo Egis).....	144
Figure 112 : Dommages observés sur les enrochements situés à l'est de la plage de Kerleven (photos Egis, 20 janvier et 24 février 2014).....	144
Figure 113 : Erosion visible le long du sentier côtier au niveau du Petit Manoir (photo Egis).....	145
Figure 114 : Bilan des évènements sur la commune de la Forêt-Fouesnant.....	146
Figure 115 : Croquis des avaries du môle de la Croix (issu des archives départementales).....	148
Figure 116 : Dégâts observés sur la plage des Sables Blancs en mars 1937 (Source : Service des archives de Concarneau).....	149
Figure 117 : Dommages observés sur le port de plaisance suite à la tempête de 1987 (Source : Service des archives de Concarneau)	150
Figure 118 : Voiliers échoués au niveau du parc du Porzou (Ouest-France du 08 septembre 1995).....	151
Figure 119 : Dommages dans le mur de soutènement au n°13 de la rue des Sables Blancs (Photo du Télégramme du 27 décembre 1999).....	152
Figure 120 : Paquets de mer au niveau du boulevard de Bougainville (Télégramme du 28 octobre 2004).....	153
Figure 121 : Paquets de mer au niveau de la plage des Sables Blancs (Le Télégramme, 11 mars 2008).....	153
Figure 122 : Destruction du muret de protection du Marinarium (Le Télégramme, 11 mars 2008).....	155
Figure 123 : Quai Nul sous les eaux (Le Télégramme, 11 mars 2008).....	156
Figure 124 : Dommages sur les habitations au niveau de la plage des Sables Blancs (Le Télégramme, 11 mars 2008).....	156
Figure 125 : Paquets de mer observés le long de la corniche (Ouest-France du 18 octobre 2012)	157
Figure 126 : Corniche vers 18h30 le 17 octobre 2012 (site internet Ouest-France)	157
Figure 127 : Franchissement au niveau des Sables Blancs (Ouest-France).....	158
Figure 128 : Enrochement provisoire mis en place au niveau de la plage des Sables Blancs (photo fournie par la Mairie)	159
Figure 129 : Abaissement important du niveau de l'estran (photos Egis 22 janvier 2014).....	160
Figure 130 : Franchissement observés au droit de la plage des Dames le 31 janvier 2014 à 16h30 (photo Le Télégramme, 1 ^{er} février 2014).....	160
Figure 131 : Réfection des grilles des caniveaux par la commune (photo Egis 24 février 2014).....	161
Figure 132 : Traces de submersion au niveau de la rue de la Libération (photo Ouest-France, 30 janvier 2014)	161
Figure 133 : Submersion observée rue de la Libération début janvier 2014 (photo de la commune)	162
Figure 134 : Dommages observés sur l'escalier de la plage des Dames (photo réalisée par la commune).....	162

Figure 135 : Déchaussement de blocs au niveau de la cale de la plage de Rodel (photo réalisée par la commune)	163
Figure 136 : Dommages constatés sur le quai de la Ville Close, au droit de la porte au Vin (photo réalisée par la commune)	163
Figure 137 : Dommages observés au niveau du mur de protection de la plage du Porzou (photo réalisée par la commune)	164
Figure 138 : Dommages observés sur le muret de protection à l'ouest de la plage de la Belle Etoile (photo réalisée par la commune)	165
Figure 139 : Murs endommagés au niveau de la plage du Large (photos réalisées par la commune)	165
Figure 140 : Erosion au niveau de la pointe du Fort du Cabellou (2 photos en haut), de la plage du Large (en bas à gauche) et de la pointe de Kermingham (en bas à droite), photos réalisées par la commune	166
Figure 141 : Traces de franchissements en arrière-plage des Bouchers et de Kermingham (photos Egis 26 février 2014)	167
Figure 142 : Effondrement le long du sentier au niveau de l'anse du Moulin de la Mer (photo réalisée par la commune)	167
Figure 143 : Bilan des événements sur la commune de Concarneau	169
Figure 144 : Localisation de Quimper	170
Figure 145 : Rose des vents à l'aéroport de Quimper – 11/2000 à 11/2012 – www.windfinder.com	171
Figure 146 : Roses des vents mensuelles à l'aéroport de Quimper – 11/2000 à 11/2012 – www.windfinder.com	172
Figure 147 : Exemple de caoudeyre	173
Figure 148 : Référentiel altimétrique	174
Figure 149 : Localisation des points ANEMOC disponibles	179
Figure 150 : Courants de houle (crédits : EGIS)	183
Figure 151 : Principaux dégâts causés par le passage de la tempête de Mars 2008 « Johanna » sur les côtes bretonnes – Carte (non exhaustive) – (Source : Déclarations de dégâts transmises aux DDE, quotidiens Ouest-France, Le Télégramme et Le Trégor)	184
Figure 152 : Trajectoire de la dépression « Johanna » et situation synoptique au 10 mars 2008 à 06h00 UTC – (source : Météo-France)	185
Figure 153 : Évolution synoptique le 10 mars 2008 entre 06 h 00 UTC et 12 h 00 UTC (source : Météo-France)	186
Figure 154 : Conditions de vent et de pression atmosphérique enregistrées dans les stations de Ouessant et de Penmarc'h entre le 9 mars et le 11 mars 2008 – (source : Météo-France)	187
Figure 155 : Évolution synoptique entre le 10 mars 2008 18 h 00 UTC et le 11 mars 2008 00 h 00 UTC (source : Météo-France)	188
Figure 156 : Conditions marégraphiques enregistrées aux marégraphes de Roscoff, du Conquet, de Concarneau, de Saint-Malo du Havre et des Sables-d'Olonne (source : SHOM)	189
Figure 157 : Données enregistrées lors du passage de la tempête de Mars 2008 par le marégraphe de Concarneau (en haut à gauche) et par le houlographe des Pierres Noires (en bas à droite)	190
Figure 158 : Artificialisation de la frange littorale de la plage du Trez (source : photo de gauche, commune – photo de droite, blog « unclindoeildebretagne »)	240
Figure 159 : Cordons naturels retenus dans le cadre du PPRL2	252
Figure 160 : Digue du petit moulin (Bénodet)	255
Figure 161 : terrain de tennis, domaine de Kermor (Bénodet)	256
Figure 162 : Secteur de Pen-Ar-Ster (source : Egis)	262
Figure 163 : Ancienne photo illustrant les phénomènes de paquets de mer, plage des Sables Blancs	264

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des cartes.....	28
Tableau 2 : Liste des annexes.....	28
Tableau 3 : Dégâts répertoriés à Concarneau pour la tempête du 10 mars 2008 (source : Dossier Catastrophes Naturelles de la Préfecture 29)	154
Tableau 4 : Statistiques des vents sur 12 ans	171
Tableau 5 : Niveaux caractéristiques de la marée astronomique d'après l'annuaire des marées du SHOM (2011).....	175
Tableau 6 : Niveaux d'eaux extrêmes – SHOM (2008 et 2012).....	177
Tableau 7 : Caractéristiques océano-météorologiques des tempêtes de l'hiver 2013/2014	193
Tableau 8 : Evènements de tempête étudiés par le SHOM.....	237
Tableau 9 : Observations marégraphiques pour Concarneau	238
Tableau 10 : Synthèse des caractéristiques principales des évènements étudiés	239
Tableau 11 : Ouvrages de protection contre le recul du trait de côte et la migration dunaire (intégrer ganivelle et brise vent) retenus dans le cadre du PPRL2.....	243

Cahier des cartes

Volume séparé

Localisation des communes concernées

Carte 1

Localisation des principaux lieux cités

Carte 2 : Bénodet

Carte 3 : Fouesnant

Carte 4 : La Forêt-Fouesnant

Carte 5 : Concarneau

Historique des ouvrages et structures de protection

Carte 6 : Bénodet

Carte 7 : Fouesnant

Carte 8 : La Forêt-Fouesnant

Carte 9 : Concarneau

Evolution du trait de côte

Carte 10 : Bénodet

Carte 11 : Fouesnant

Carte 12 : La Forêt-Fouesnant

Carte 13 : Concarneau

Evolution de l'urbanisation

Carte 14 : Bénodet

Carte 15 : Fouesnant

Carte 16 : La Forêt-Fouesnant

Carte 17 : Concarneau

Synthèse des événements historiques antérieurs à 2012

Carte 18 : Bénodet

Carte 19 : Fouesnant

Carte 20 : La Forêt-Fouesnant

Carte 21 : Concarneau

Synthèse des évènements de l'hiver 2013-2014

Carte 22 : Bénodet

Carte 23 : Fouesnant

Carte 24 : La Forêt-Fouesnant

Carte 25 : Concarneau

Cartes des phénomènes naturels

Carte 26 : Bénodet

Carte 27 : Fouesnant

Carte 28 : La Forêt-Fouesnant

Carte 29 : Concarneau

Cartes de synthèse

Carte 30 : Bénodet

Carte 31 : Fouesnant

Carte 32 : La Forêt-Fouesnant

Carte 33 : Concarneau

Annexes

Volume séparé

Annexe 1 : Cartes et documents historiques complémentaires

1 Bénodet

2 Concarneau

Annexe 2 : Synthèse de la dynamique hydrosédimentaire

Annexe 3 : Houles au large

Annexe 4 : Reportage photographique

Annexe 5 : Fiches tempêtes

Annexe 6 : Ouvrage de protection contre le recul du trait de côte et la migration dunaire

Annexe 7 : Profils des cordons dunaires

Annexe 8 : Comparaison visuelle des plages entre 2011 et janvier – février 2014

Acronymes et abréviations

ANEMOC	Atlas Numérique d'Etats de Mer Océanique et Côtier
BD ALTI	Base de Données Altimétrique de l'IGN
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CATNAT	Catastrophe Naturelle
CETE	Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement
CETMEF	Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales
CM	Cote marine
DDE	Direction Départementale de l'Equipement
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
E	Est
EDF R&D LNHE	EDF, département Recherche et Développement, Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement
IGN	Institut National de l'Information Géographique et Forestière
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
IUEM	Institut Universitaire Européen de la Mer
LIDAR	Acronyme de l'expression en langue anglaise « Light Detection and Ranging », le LIDAR est une technologie de télédétection ou de mesure optique basée sur l'analyse des propriétés d'une lumière laser renvoyée vers son émetteur.
MATE	Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement
MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
METL	Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement
MNT	Modèle Numérique de Terrain
N	Nord
NGF	Nivellement Général Français
ONERC	Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique
ONF	Office National des Forêts
PCS	Plan Communal de Sauvegarde
POS	Plan d'Occupation des Sols
PLU	Plan Local d'urbanisme

PM	Pleine Mer
PMBE	Pleine Mer de Basses Eaux
PMVE	Pleine Mer de Vives Eaux
PPRSM	Plan de Prévention des Risque de Submersion Marine
PPRL	Plan de Prévention des Risques Littoraux
S	Sud
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine
SIG	Système d'Information Géographique
TU	Temps Universel
W	Ouest
UBO	Université de Bretagne Occidentale
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique
ZPPAUP	Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager

Lexique

Accrétion engraissement accumulation)	(ou ou	Progression de la ligne de rivage par accumulation de sédiments.
Aléa		Conséquences physiques résultant d'un scénario d'événements (par exemple : recul du trait de côte, submersion). La transcription spatiale de l'aléa permet de le représenter et de le qualifier. L'aléa est caractérisé par son occurrence et son intensité. Il peut être qualifié par différents niveaux (fort, moyen, faible).
Arrière-côte		Espace terrestre du rivage situé au-dessus du niveau des plus hautes mers.
Avant-côte		Espace ou domaine côtier sous le niveau des plus basses mers, proche du rivage, concerné par des échanges avec la côte.
Bassin de risque		Entité géographique pertinente pour l'analyse de l'aléa soumise à un même phénomène naturel. Il s'agit par exemple d'un bassin versant hydrologique, d'un tronçon homogène d'un cours d'eau, d'un versant présentant un ensemble de critères caractérisant son instabilité (nature géologique, valeur de la pente, circulation d'eau, ec.), d'un massif boisé bien délimité ou encore d'une zone de forte déclivité propice aux avalanches (source guide PPRN, 1997).
Budget sédimentaire bilan sédimentaire)	(ou	Bilan des apports et des pertes en sédiments sur une zone.
Caoudeyre siffle-vent)	(ou	Excavation circulaire laissant apparaître le sable nu au milieu des surfaces végétalisées du cordon dunaire. Une caoudeyre peut être frontale, de plateau ou de deuxième ligne.
Cellule sédimentaire (ou unité sédimentaire)		Cellule du littoral indépendante du point de vue des transits sédimentaires.
Climat de houle climatologie houle)	(ou de	Caractéristiques des houles (hauteur, période, direction, etc.) en un point.
Cordon dunaire		Formation littorale constituée d'une accumulation de sable, parallèle à la côte.
Corrélogramme		Corrélation entre deux variables dans le temps.
Dérive littorale		Flux de sédiments sensiblement parallèle au rivage, en proche côtier, résultant de différentes causes : vagues, courants, vent.

Digues côtières	Ouvrages construits par l'homme, généralement longitudinaux, dont la vocation principale est de faire obstacle à l'écoulement et de limiter les entrées d'eau sur la zone protégée. Ils possèdent deux talus visibles (côté terre et côté mer) éventuellement confortés. Ces ouvrages ont pour fonction principale la protection contre la submersion et permettent de protéger des enjeux. Elles peuvent être situées sur le trait de côte ou en arrière-côte en tant que protection de seconde défense.
Drosser	En parlant du vent, des courants, pousser un navire vers un danger, une obstruction, et par extension vers la côte.
Dune (ou cordon dunaire)	Formation sableuse d'origine éolienne, généralement parallèle à la côte.
Enjeux	Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, etc. susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. Les enjeux s'apprécient aussi bien pour le présent que pour le futur. Les biens et activités peuvent être évalués monétairement, les personnes exposées dénombrées, sans préjuger toutefois de leur capacité à résister à la manifestation du phénomène pour l'aléa retenu.
Érosion (ou démaigrissement)	Perte de sédiments pouvant entraîner un recul du trait de côte ou un abaissement de l'estran ou de la plage.
Estran	Espace compris entre le niveau des plus hautes et des plus basses mers connues ou zone de balancement des marées.
Estuaire	Embouchure d'un fleuve sur la mer.
États de mer	Agitation locale de la mer due à la superposition de la mer, du vent et de la houle.
Évènement naturel	Phénomène naturel ou concomitance de phénomènes naturels potentiellement dommageables marquant une rupture ou une discontinuité avec une situation initiale ou antérieure. L'évènement est attaché à un lieu donné et survient à une date donnée, connue ou inconnue. Exemples d'évènement : glissement de terrain tel jour à tel endroit, rupture d'un cordon naturel, tempête, etc.
Falaise	Escarpe vertical ou sub-vertical.
Flèche littorale	Forme constituée par l'accumulation de matériaux meubles (sables ou galets) entre un point d'ancrage à une extrémité et une pointe libre à l'autre extrémité s'avancant en mer.
Flot	Période pendant laquelle la marée est montante.
Franchissement par paquets de mer	Dépassement intermittent de la crête des ouvrages ou structures naturelles par la houle après déferlement alors que le niveau de la mer ne l'atteint pas.
Hauteur significative	Hauteur caractéristique de l'état de mer, estimée par une analyse

	statistique des vagues (moyenne du tiers supérieur des hauteurs des vagues observées sur une durée finie), ou par une analyse spectrale (à partir du moment d'ordre zéro de la densité spectrale).
Houle	Oscillation régulière de la surface de la mer, observée en un point éloigné du champ de vent qui l'a engendrée, dont la période se situe autour de dix secondes.
Jet de rive	Masse d'eau projetée sur un rivage vers le haut de l'estran par l'action du déferlement des vagues (en anglais : swash).
Jet stream	Un courant-jet ou rapide de jet, aussi couramment désigné par sa dénomination anglophone de jet stream, est un flux d'air rapide et confiné que l'on trouve dans l'atmosphère à des altitudes comprises entre 6 et 15 km, juste au-dessous de la tropopause dans la troposphère.
Jusant	Période pendant laquelle la marée est descendante
Lagune	Étendue d'eau à salinité variable, séparée de la mer par un cordon littoral.
Loc'h	Désigne généralement un étang côtier mais correspond localement à des prés inondés et des espaces marécageux.
Marée astronomique	Variation du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle de la Lune et du Soleil. La marée astronomique est la composante prévisible du niveau marin.
Marnage	Différence de hauteur d'eau entre une pleine mer et une basse mer successive.
Mer du vent	Système de vagues observé en un point situé dans le champ de vent qui les a générées. La mer du vent présente un aspect chaotique.
Morphodynamique	Discipline consacrée à l'étude des formes littorales et à leur évolution sous l'action de facteurs hydrodynamiques et éoliens.
Niveau d'eau	Niveau intégrant les effets de la marée et de la surcote météorologique.
Niveau marin à la côte	Niveau marin à prendre en compte pour l'étude de l'aléa submersion marine. Il prend en compte l'ensemble des phénomènes influant sur le niveau et est déterminé à partir du niveau d'eau et des vagues. Il est appelé aussi niveau marin total.
Niveau marin de référence	Niveau marin à la côte associé à l'événement de référence.
Ouvrage de protection côtier	Structure côtière construite et dimensionnée ayant pour objectif d'atténuer les impacts de phénomènes naturels sur un secteur géographique particulier appelé zone protégée. Il répond à une vocation initiale de fixation du trait de côte, de lutte contre l'érosion, de soutènement des terres, de réduction des franchissements, de dissipation de l'énergie de la houle ou d'obstacle à l'écoulement.
Palud	Mot de vieux français désignant un marais.

Placître	Terrain vague, souvent herbeux, délimité par une clôture, fréquemment un mur, entourant les chapelles, églises ou fontaines bretonnes.
Plage de poche	(Pocket beach en anglais). Le terme désigne une couverture sableuse peu épaisse (généralement moins de 5 mètres) recouvrant un socle rocheux aplani (avant l'Holocène) et située dans le fond d'une baie rocheuse et ouverte. Ce type de plage est fréquent en Bretagne.
Platier	Étendue rocheuse à l'affleurement sur l'estran.
Polder	Zone basse conquise sur la mer par endiguement.
Profil de plage	Topographie de la plage représentée dans un plan vertical orienté de la terre vers la mer.
Rapide de jet	Voir « Jet stream »
Risque	Le risque résulte du croisement de l'aléa et d'un enjeu vulnérable. Pertes potentielles en personnes, biens, activités, éléments du patrimoine culturel ou environnemental (cf. Directive Inondation) consécutives à la survenue d'un aléa.
Ru	Petit ruisseau
Run-up	Altitude maximale atteinte par le jet de rive.
Rupture	Se dit d'un cordon dunaire ou d'un ouvrage de protection. La submersion par rupture a lieu lorsque l'ouvrage ou le cordon se rompt et laisse entrer l'eau de mer.
Scénario d'événements	Enchaînement d'événements naturels et technologiques, considéré à l'échelle du bassin de risque.
Seiche	Oscillation libre ayant le caractère d'une onde stationnaire de la surface d'un plan d'eau fermé ou semi-fermé (lac, bassin, baie), de période supérieure à la minute.
Set-up	cf. Surcote liée aux vagues.
Structure côtière de protection	Entité naturelle ou anthropisée ayant un impact sur le littoral en modifiant localement les phénomènes hydrauliques ou sédimentaires et jouant un rôle de protection face aux aléas littoraux.
Submersion	Inondation ou invasion par la mer. La submersion peut être causée par plusieurs phénomènes tels que la surverse, la rupture d'ouvrage, le franchissement par paquets de mer. Par convention, on emploiera de manière indifférenciée les termes inondation et submersion.
Sur-aléa	Aggravation de l'aléa ou changement de sa nature dont l'origine est un événement naturel ou technologique qui n'est pas compris dans le scénario d'événements initial (Exemple de sur-aléa : inondation produite par la rupture d'ouvrage).
Surcote	Différence positive entre le niveau marégraphique observé/mesuré et le niveau de marée prédite.

Surcote liée aux vagues	Surcote locale provoquée par la dissipation d'énergie liée au déferlement des vagues.
Surcote météorologique	Surcote provoquée par le passage d'une dépression et prenant en compte les effets du vent, de la pression (surcote barométrique inverse) et des effets dynamiques liés au déplacement de l'onde de surcote.
Surverse	Submersion par débordement au-dessus du terrain naturel ou d'un ouvrage de protection.
Système de protection/défense	Système globalement cohérent du point de vue hydraulique pour la protection effective des populations situées dans la zone protégée. Il peut être constitué de plusieurs structures ou éléments de protection, pouvant être de différents types : un système de digues (c'est-à-dire des digues de premier et de second rang), des structures naturelles (cordons dunaires ou cordons de galets), des remblais, dont l'objectif premier ne serait pas la protection contre la submersion. Il peut être complété par d'autres protections comme les dispositifs de drainage, de stockage et d'évacuation des eaux et les ouvrages « maritimes » contribuant à leur maintien (type brise-lames, épis, etc.) éventuellement associés.
Terrigène	Qui provient de l'érosion des terres émergées.
Trait de côte	Défini, en matière de cartographie marine et terrestre, comme la ligne portée sur la carte séparant la terre et la mer. L'évolution de la position du trait de côte permet de rendre compte de la dynamique côtière. Différentes définitions, ou plutôt différents indicateurs de sa position, coexistent et peuvent être adoptées pour tenir compte de la diversité des morphologies du littoral.
Tropopause	La tropopause est une couche atmosphérique située à la limite supérieure de la troposphère et la limite inférieure de la stratosphère.
Zone basse	Zone dont la topographie est située à une altitude inférieure à un niveau marin de référence.

Préambule

Le Plan de Prévention des Risques littoraux a comme objectif global de sécuriser la gestion de l'urbanisation sur les zones littorales. Les aléas qui engendrent un risque potentiel sont l'aléa submersion et l'aléa érosion. Le PPRI permet de définir l'emprise et les caractéristiques de ces aléas et par voie de conséquence, les adaptations à l'urbanisation nécessaires.

L'objet de cette première étape du PPRI est la synthèse de l'ensemble des données existantes. Cette phase, dont le contenu est largement exhaustif, permet d'assurer la crédibilité des phases suivantes. Il s'agit de la phase la plus importante d'un Plan de Prévention des Risques puisqu'elle vise à la bonne compréhension du contexte local et des phénomènes aillant lieu sur chacune de vos communes. Elle permettra ainsi d'asseoir les hypothèses de travail qui seront établies lors de la phase 2.

Les échanges avec vos communes ont été fructueux tout au long de cette première phase et ont, entre autre, permis l'élaboration de ce document.

Ce rapport a été organisé afin que chacune de vos communes puisse identifier aisément les éléments qui la concernent sans perdre la cohérence globale du dossier.

Les termes employés dans ce document font référence à un langage technique très spécifique. Un lexique est donc à disposition au début du document afin d'éviter des interprétations. Le terme « submersion » est un des pivots de ce document. Il décrit « *une inondation ou invasion par la mer. La submersion peut être causée par plusieurs phénomènes tels que la surverse, la rupture d'ouvrage, le franchissement par paquets de mer. Par convention, on emploiera de manière indifférenciée les termes inondation et submersion.* »

Cette première phase du PPRI a débuté en 2011. Elle a été clôturée par le COPIL du 24 octobre 2013. Cependant, à l'issu des tempêtes de l'hiver 2013-2014, il a semblé évident d'intégrer ces nouveaux événements aux documents du PPRI, preuve même de l'intérêt de la mise en œuvre de ce Plan de Prévention des Risques Littoraux sur le territoire.

Ces tempêtes récentes (Dirk, Petra...) nous ont en effet rappelés à tous, notre vulnérabilité face aux phénomènes maritimes. Quelques secteurs ont notamment fait l'objet d'une vigilance spécifique durant ces événements au Treustel à Combrit, au Léhan à Tréffiagat ou encore à St-Guénolé sur Penmar'ch, pour ne citer qu'eux. Aussi, le rapport de phase 1 a été mis à jour en intégrant une expertise et un retour d'expérience des tempêtes ayant eu lieu de fin décembre 2013 à fin février 2013.

Chapitre 1 - Introduction

1 Règlements

La loi n°95-101 du 02 février 1995 relative au renforcement de la protection de la nature a institué les Plans de Prévention des Risques aux termes de son article 16-1 modifiant les articles 40-1 à 40-7 de la loi n°87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, aujourd'hui codifiés aux articles L 562.1 à L 562.9 du Code de l'Environnement.

La Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL/DGPR) a défini, dans le cadre de la circulaire du 27 juillet 2011, une doctrine nationale relative à la prise en compte de l'aléa submersion marine dans l'élaboration des plans de prévention des risques littoraux (PPRL) et mis en place, début 2011, un comité technique destiné à assurer la révision du *Guide méthodologique Plans de Prévention des Risques Littoraux* (MATE/METL, 1997).

Les inondations consécutives à la tempête Xynthia de février 2010 ont mis en évidence une couverture insuffisante des territoires par des plans de prévention des risques naturels (PPRN) littoraux et la nécessité de considérablement accélérer le déploiement. Depuis cette date, le gouvernement a mis en œuvre plusieurs mesures de prévention des risques littoraux, complémentaires des actions de prévention des inondations déjà engagées, dont la circulaire du 2 août 2011 qui identifie 303 communes comme prioritaires sur l'ensemble du littoral métropolitain français pour mettre en place des mesures de prévention des risques littoraux en raison du risque pour les vies humaines constaté actuellement, ou qui pourrait s'y accroître significativement du fait d'une urbanisation non maîtrisée.

Sur le territoire Sud finistérien, 13 communes figurent en annexe de la circulaire du 2 août 2011 relative à la mise en œuvre de plans de prévention des risques naturels littoraux dans le Finistère. Ces 13 communes ont été divisées en trois zones dans le cadre de l'élaboration des PPRL :

- PPRL 1 : communes de Penmarc'h, Le Guilvinec, Treffiagat, Plobannalec-Lesconil, Loctudy, Pont L'Abbé, Ile-Tudy et Combrit ;
- PPRL 2 : communes de Bénodet, Fouesnant, La Forêt-Fouesnant et Concarneau ;
- PPRL 3 : commune de Camaret-sur-Mer.

Ce rapport constitue la première phase des plans de Prévention des Risques littoraux pour les communes de Bénodet, Fouesnant, La Forêt-Fouesnant et Concarneau.

2 Contexte et objectif global des PPRN-L

La vulnérabilité d'une grande partie du littoral français s'illustre à travers des phénomènes tels que le recul du trait de côte ou la submersion marine. Ces processus directement liés à l'action marine peuvent être aggravés par les activités humaines.

Le littoral constitue une zone de forte fréquentation, les populations et activités s'y développent largement ce qui se traduit par une urbanisation intensive en zones vulnérables aux aléas liés à la mer.

L'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) a pour objectifs de définir les principes relatifs à la prise en compte du risque de submersion marine et de gestion des espaces situés en arrière des ouvrages de protection. En finalité, ils permettront de :

- Délimiter les zones exposées directement ou indirectement aux risques,
- Définir des interdictions ou des prescriptions quant à leurs aménagements et aux activités qui y sont pratiquées,
- Définir les mesures de protection et de sauvegarde qui doivent y être prises, dans le but de protéger, et le cas échéant d'améliorer la sécurité relative à la protection de vies humaines.

3 Phasage

La réalisation de cette étude comprend les étapes suivantes :

- **Phase 1** : Analyse des sites permettant de connaître les phénomènes naturels, l'historique des événements majeurs et leurs conséquences ainsi que la description du trait de côte.
- **Phase 2** : Caractérisation des aléas pour chaque site.
- **Phase 3** : Définition des enjeux.
- **Phase 4** : Cartographie des zonages réglementaires.

4 Objectif du présent rapport

Le présent rapport constitue la phase 1 du PPRN-L2.

Cette première étape est une phase d'analyse **qualitative** du site au regard des risques littoraux.

Il s'agit de :

- Comprendre le fonctionnement général des sites,
- Recenser les phénomènes naturels en jeu (érosion, submersion,...),
- Comprendre l'évolution du site dans le temps,
- Connaître les événements historiques et leur impact.

Elle doit permettre de choisir la méthode de caractérisation des aléas (aiguillage vers la quantification des aléas) qui sera utilisée dans la 2^{ème} phase de l'étude.

Ce rapport intègre :

- La liste des données recensées, les contacts pris, les sites internet consultés, etc.,
- La synthèse des principaux résultats de la bibliographie, les analyses complémentaires menées,
- Ce rapport est accompagné d'un cahier de cartes de synthèse, qui comprend les cartes identifiées dans le Tableau 1 ci-dessous, ainsi que d'un volume d'annexes (voir Tableau 2).

Localisation de la zone d'étude	Localise les/la commune(s) concernée(s)
Localisation des principaux lieux cités	Permet de se repérer par rapport au texte
Historique des ouvrages et structures de protection	Localise les différentes structures existantes et donne la date de création des aménagements effectués sur le trait de côte.
Evolution du trait de côte	Illustre les évolutions générales du trait de côte et caractérise la dynamique hydrosédimentaire
Évolution de l'urbanisation	Reprend des cartes historiques de différentes époques ; Permet de visualiser l'évolution du site et notamment de l'urbanisation
Synthèse des événements historiques	Localise et caractérise les dommages répertoriés lors de l'analyse historique des tempêtes – 2 séries de cartes
Phénomènes naturels	Permet une identification des zones soumises aux aléas littoraux
Synthèse	Reprend le fonctionnement général des différents sites

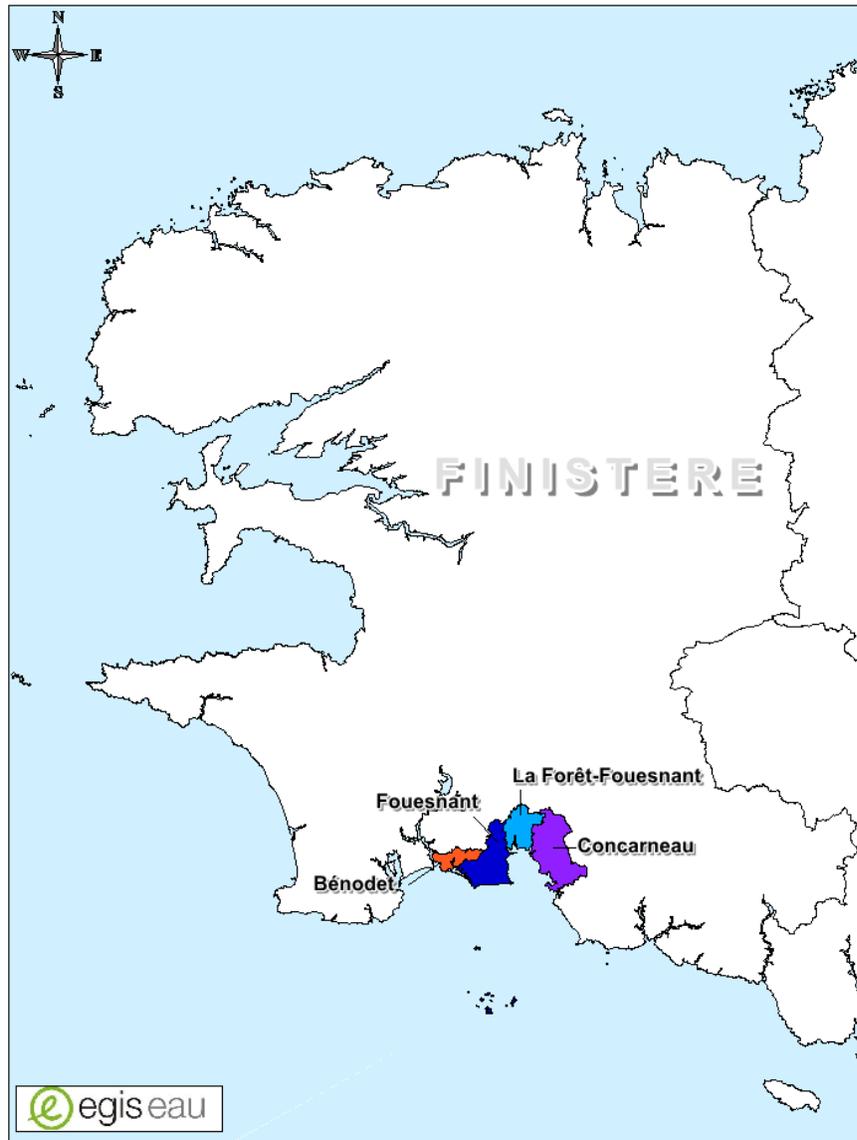
Tableau 1 : Liste des cartes

Annexe 1	Cartes et documents historiques complémentaires
Annexe 2	Synthèse de la dynamique hydrosédimentaire
Annexe 3	Houles au large
Annexe 4	Reportage photographique
Annexe 5	Fiches tempêtes
Annexe 6	Ouvrage de protection contre le recul du trait de côte et la migration dunaire
Annexe 7	Profils des cordons dunaires
Annexe 8	Comparaison visuelle des plages entre 2011 et janvier – février 2014

Tableau 2 : Liste des annexes

Les quatre communes concernées par le présent PPRN-L sont localisées sur la carte suivante. Il s'agit de Bénodet, Fouesnant, La Forêt-Fouesnant, Concarneau.

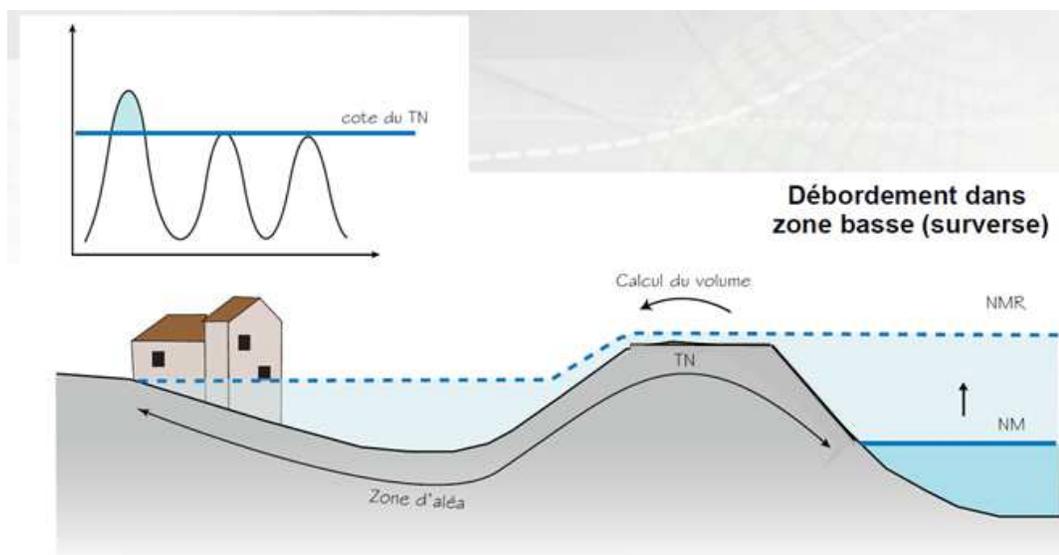
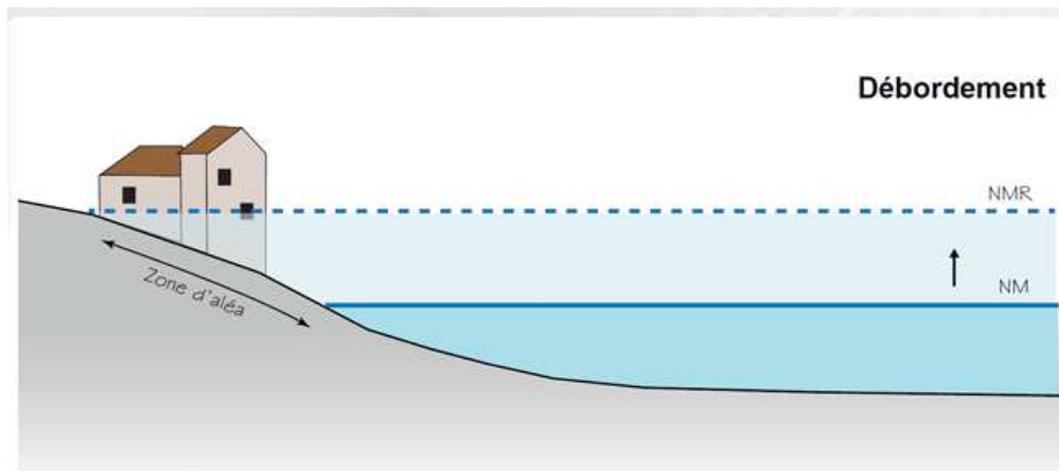
Carte 1 : Localisation des communes concernées

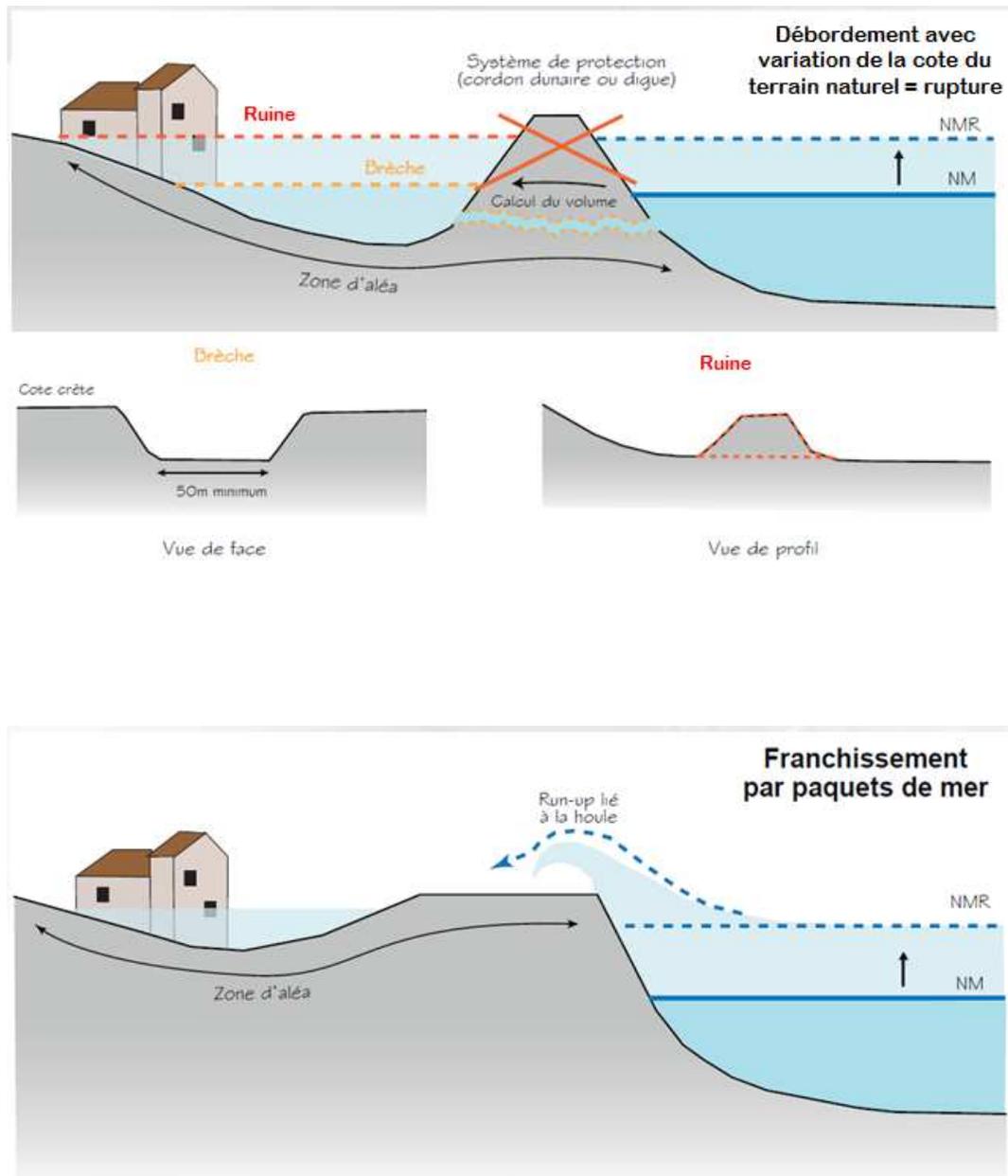


5 Définition des phénomènes générant la submersion

Il existe 4 grands types de phénomènes de submersion :

- Le débordement
- La surverse = débordement dans zone basse
- La rupture = débordement avec variation de la cote du terrain naturel
- Le franchissement par paquets de mer





Ces 4 phénomènes génèrent un volume d'eau qui va engendrer la submersion des terres.

Chapitre 2 - Sources

1 Documents / sites internet consultés

1.1 Documents

Référence	Liste des documents
A – Documents liés au projet	
A1	Etude géomorphologique du secteur littoral de Moustierlin-Ouest entre la pointe de Moustierlin et le cordon d'enrochements de Trégounour – Géomer LETG UMP 6554 CNRS, UBO pour la commune de Fouesnant – 2007
A2	Etude géomorphologique et propositions de défense contre l'érosion du secteur littoral de Moustierlin-Est, à l'Est des enrochements de Cleut-Rouz – Géomer LETG UMP 6554 CNRS, UBO pour la commune de Fouesnant – 2007
A3	Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles Submersion marine – Commune de Fouesnant – DDE 29 pour la Préfecture 29 – 2000-2002
A4	Contrat Nature, Valorisation du marais et de la dune de Moustierlin – 2002-2003
A5	Révision du POS de la commune de Fouesnant – 1992
A6	Etude de définition des phénomènes d'inondations sur le secteur de Pen Ar Ster et étude de faisabilité en vue de l'amélioration de l'écoulement des eaux pluviales des bassins versants concernés – commune de la Forêt-Fouesnant – Egis Eau – 2010
A7	Bénodet d'hier et d'aujourd'hui – Michel Mélenec – 2005
A8	Anciens plans cadastraux – Commune de Concarneau – Fournis par les services des archives de la commune – 1808, 1845, 1847, 1901, 1960
A9	Plan de localisation des dégâts – Tempête des 22 et 23 novembre 1984 – Commune de Concarneau
A10	Documents et photographies relatifs aux dégâts causés par la tempête de 1987 sur la commune de Concarneau – Services des archives de la commune
A11	Documents et photographies relatifs aux tempêtes du 20 ^{ème} siècle sur la commune de Concarneau – Services des archives de la commune
A12	Photographies illustrant les évolutions dans l'aménagement du port et du littoral de Concarneau – Service des archives de la commune
A13	Revue de presse de l'hiver 2013-2014 – Articles télégramme et ouest France – DDTM29
A14	Tableau des dégâts côtiers de l'hiver 2013-2014 – DDTM29

B – Autres documents de référence	
B1	ONERC (Observatoire National sur les effets du réchauffement Climatique) – Synthèse – Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles – Direction Générale de l'Energie et du Climat – Synthèse n°2 – Février 2010
B2	Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux – NOR : DEVP1119962C – République Française, Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.
B3	Laboratoire Central d'Hydraulique de France – Catalogue sédimentologique des côtes françaises – Côtes de la Manche et de l'Atlantique, de la Baie du Mont-Saint-Michel à la frontière espagnole – Secrétariat d'Etat à la Mer, Direction des Ports et de la Navigation Maritimes, Service Technique Central – 1987.
B4	Ouvrage « La gestion du trait de côte » - Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer – Editions Quae 2010.
B5	Bernard HALLEGOUET et Alain HENAFF, Maîtres de conférences à l'Université de Bretagne Occidentale – « Evolution récente et gestion des espaces littoraux de l'Ouest Cornouaille »
B6	Statistique des niveaux marins extrêmes des côtes de France - Cartes des niveaux marins théoriques de pleines et basses mers pour les côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) – version 2008 et 2012
B7	Caractérisation de 7 événements de tempête de l'automne-hiver 2013-2014 à partir des données disponibles au SHOM - SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine)
C – Données disponibles	
C1	SHOM – Ouvrage de marée, Références altimétriques maritimes, Ports de France métropolitaine et d'outre-mer – Edition 2011

1.2 Sites internet

ADRESSE DU SITE	THÈME
www.cocorisco.fr	Connaissance, compréhension et gestion des risques côtiers
www.sdap-finistere.culture.gouv.fr	Anciennes cartes postales
www.archives-finistere.fr	Cadastre napoléonien
www.geoportail.gouv.fr	Cartes historiques
http://anemoc.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte2/	Données de houles
www.windfinder.com	Données sur les vents

2 Personnes ressources rencontrées

COMMUNE	NOM	FONCTION ACTUELLE OU PASSÉE	DATE DE LA RENCONTRE
Bénodet	M. Pennanech	Mr le Maire	12/11/2012
	M. Hueber	Adjoint à l'urbanisme	12/11/2012
	M. Papin	Urbanisme	
	Mme Le Gall	DGS	12/11/2012
Fouesnant	M. Josse	DGS	24/10/2012
	M. Sez nec	DST	12/11/2012
	M. Le Page	Garde du littoral du secteur de Fouesnant	12/11/2012
La forêt Fouesnant	M. Le Reste	Ancien maire à la retraite	24/10/2012
	M. Péres	Maire de La Forêt Fouesnant	26/11/2012
Concarneau	M. Legoff	DGS	19/12/12
	M. Lorin	DST	
	M. Laguadec	Responsable du service urbanisme	19/12/12
	Mme Billochon	Responsable du service archive	19/12/12

3 Organismes contactés

Nom de l'organisme	Personnes contactées	Éléments apportés
DDTM	Didier Blaise (responsable Unité de Prévention des Risques) Jean-Pierre Terrasson (Domaine Etudes Générales et Expertises) Yann Bernard (recensement des ouvrages sans titre et conduite sous le pilotage du service du littoral) Alain Feler (géomaticien) Laurent Haugomat (géomaticien étude ouvrage UBO 2008) Cyril Chamboredon (Pôles d'Appui Territorial du Pays de Cornouaille) Daniel Chamiot-Prieur (Unité d'Affaires Maritimes du Concarneau) Daniel Chamiaux (ouvrages sans titre de Fouesnant à Concarneau) Bernard Paulezec (ouvrages sans titre de Fouesnant à Concarneau)	Archives des travaux sur le littoral Photographies aériennes de différentes époques Fiches des cordons dunaires Recensement des ouvrages hydrauliques Bases de données et fonds de plans
UBO	Alain Hénaff (réfèrent: érosion côtière et vulnérabilité du trait de côte en Bretagne)	Recensement des ouvrages Monographie des tempêtes
Conseil général	Laëtitia Largenton (Agence Technique Départementale de Pleyben, Antenne de Crozon/Pleyben) Sébastien Le Coustumer (politique territoriale de l'eau)	Archives sur les ouvrages portuaires Étude d'aménagement du littoral
Conservatoire du littoral	M. Hervouet (responsable des services locaux) Michel Le Page (garde du littoral à Fouesnant) Manuel Duarte (garde du littoral à Concarneau)	Études d'aménagement Fonctionnement des sites
DREAL	Daniel Donnart (Unité Risques Naturels) Florence Richard (risques naturels) Valérie Besand (Géobretagne) Stéphanie Marsiou (service risques)	Bilan sur les digues classées Études sur le fonctionnement des sites Données cartographiques
BRGM	Nicole Lenotre (géologue océanographe, responsable de l'unité Erosion des sols et littoral, Service Aménagement et risques naturels) Rodrigo Pedreros (géologue océanographe, Service Aménagement et risques naturels)	Géologie
IGN	Thierry BLOUIN	Orthophotos
Archives départementales		Point sur le travail réalisé par l'UBO
SHOM		Niveaux marins extrêmes de 2008 et de 2012
Service historique de la défense		Plans d'archive sur la configuration du littoral

Chapitre 3 - Description générale des communes concernées

Se référer aux cartes de localisation des principaux lieux cités

Le présent Plan de Prévention des Risques concerne **quatre communes du Finistère Sud**. Elles sont situées sur la rive gauche de la rivière de l'Odet, à l'Est de celle-ci.

Les communes concernées ont les caractéristiques suivantes (description d'Ouest en Est) :

1 Bénodet

Bénodet se situe en Pays fouesnantais. Comme l'indique sa toponymie, la commune est située à l'embouchure de l'Odet et face au port de Sainte-Marine (Combrit), situé, lui, en Pays Bigouden.

Population : 3 271 habitants (2009)

Superficie : 10.53 km²

Altitude : 0 - 58 m NGF

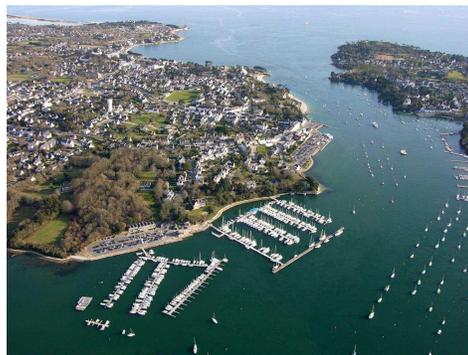


Figure 1 : vue aérienne de Bénodet
(<http://bretagnepassion.eklablog.com/benodet-29-1-a468715>)

Approbation du PPR-SM précédent:	Pas de PPR-SM sur la commune
Plan communal de sauvegarde :	Pas de PCS sur la commune
Document d'urbanisme en vigueur (2012)	POS (révision en 1998 et règlement mis à jour en 2009)

2 Fouesnant

La commune bénéficie d'un littoral parmi les plus étendus du Finistère. Elle s'étend dans un espace compris entre la pointe de Bénodet à l'Ouest et la chaussée de Beg Meil à l'Est et inclue également l'archipel des Glénan. Elle attire chaque année de nombreux touristes et vacanciers.

Population : 9 356 habitants (2009)

Superficie : 32.76 km²

Altitude : 0 - 71 m NGF



Figure 2 : Plage de Moustierlin

(source : <http://www.photos-bretagne.com/>)

Approbation du PPR-SM précédent:	18/07/2000, modifié le 29/03/2002
Plan communal de sauvegarde :	01/03/2012
Document d'urbanisme en vigueur (2012)	POS (révision en 2009)

3 La Forêt Fouesnant

La Forêt-Fouesnant est une station balnéaire située en bordure de la "Baie de la Forêt", entre le Cap-Coz et Concarneau, dans laquelle débouche la ria de La Forêt-Fouesnant. La commune est limitée à l'Ouest par le ruisseau et l'anse de Penfoulic et à l'Est par le ruisseau et l'anse de Saint-Laurent.

Population : 3 299 habitants (2009)

Superficie : 18.53 km²

Altitude : 0 - 98 m NGF



Figure 3 : vue aérienne de la Forêt Fouesnant

(source : <http://www.lester-immobilier.fr/fr/region/index.cfm?page=foretfouesnant>)

Approbation du PPR-SM précédent:	Pas de PPR-SM sur la commune
Plan communal de sauvegarde :	Pas de PCS sur la commune
Document d'urbanisme en vigueur (2012)	POS (révision en 2009)

4 Concarneau

La commune de Concarneau est traversée par le cours d'eau du Moros qui se jette dans son port. Le Minaouët (ruisseau) constitue la limite Sud. Le Saint-Jean coule depuis le Nord dans la baie Saint-Jean. Le Val est en limite Est et le Saint-Laurent constitue quant à lui la limite Ouest et une partie des limites au Nord.

Concarneau est la troisième commune du département par sa population.

Population : 20 796 habitants (2008)

Superficie : 41.08 km²

Altitude : 0 - 106 m NGF



Figure 4 : vue aérienne de Concarneau
(source : <http://www.survoldefrance.fr/photos/highdef/5/5582.jpg>)

Approbation du PPR-SM précédent:	Pas de PPR-SM sur la commune
Plan communal de sauvegarde :	Pas de PCS sur la commune
Document d'urbanisme en vigueur (2012)	PLU (approuvé en 2007)

Chapitre 4 - Analyse géomorphologique du site

1 Dynamique hydrosédimentaire

1.1 Origine, nature et répartition des sédiments

La diversité morphologique et géologique du littoral conduit à une grande variété de sédiments :

- Les fonds rocheux : l'action des houles et des courants n'a que très peu d'effets.
- Les blocs de grosses tailles (éboulis de falaises), galets ou graviers : ce type de matériaux n'est mis en mouvement qu'en bordure du littoral (zone de déferlement) où dans les cours d'eau et leur débouché en mer en période de débits soutenus.
- Les sables plus ou moins grossiers que l'on peut trouver jusqu'à des fonds de -40 m en Atlantique.
- Les vases dans lesquelles sont englobés les limons, boues, argiles que l'on trouve essentiellement :
 - Dans les baies ou zones abritées des houles et des courants,
 - Dans les fonds marins au large des zones sableuses,
 - Dans les estuaires.

Dans les zones constituées de sédiments meubles (sables, etc...), la répartition granulométrique est principalement liée aux variations de l'action de la houle dans le profil transversal à la plage. Les vagues exercent des actions qui varient le long du profil et les sédiments se trient pour s'adapter à ces conditions.

La houle induit une dérive littorale sur l'estran et crée dans les fonds inférieurs à une quinzaine de mètres, un mouvement saisonnier dans le profil transversal de la plage.

D'une manière générale les triages granulométriques dans le profil se font de telle sorte que :

- Les matériaux les plus grossiers se trouvent au niveau de la ligne de déferlement,
- De la ligne de déferlement vers la terre, la granulométrie diminue dans un premier temps puis augmente jusqu'au haut de plage,
- Au large du déferlement le sédiment s'affine avec l'augmentation de profondeur. Au-delà de -15 m, l'énergie de la houle est généralement trop faible pour induire un transport du sable et la faible turbulence permet la décantation des vases en suspension.

Le triage parallèlement au rivage est lié au déplacement des sédiments le long de ce dernier engendré par l'action des houles d'incidences obliques par rapport au littoral. Lors de ces transports, il s'effectue une sélection des matériaux en fonction de leur taille, de leur forme et de leur densité. Ainsi :

- Les sédiments sont plus grossiers au centre des baies, là où l'énergie est la plus forte, qu'aux extrémités généralement plus calmes,
- Dans une zone littorale en érosion, du fait d'une sous-alimentation en sédiments, les matériaux restants sur place sont plus grossiers car moins mobiles, que ceux que l'on trouve sur les plages avoisinantes.

D'une manière générale les zones en érosion ont des sédiments plus grossiers que les zones en sédimentation.

1.2 Mouvements sédimentaires

Dans la zone côtière, la houle constitue le facteur essentiel des mouvements sédimentaires. Lors du déferlement, l'énergie des vagues est dissipée et transformée principalement en turbulence qui remet en mouvements les sédiments qui sont transportés par les courants qu'elle engendre et/ou ceux dus aux marées et aux vents.

La houle est l'agent fondamental des transports sédimentaires car :

- Elle remet en suspension les sédiments (plus particulièrement dans la zone de déferlement),
- Elle crée un courant littoral longitudinal dans la zone de déferlement lorsqu'elle déferle avec une incidence oblique par rapport au trait de côte (cf. Figure 5 ci-après),
- Elle favorise le transport des sédiments grossiers sur l'estran (« en dent de scie » dans la zone de « jet de rive »),
- Elle crée des courants d'expansion liés aux variations longitudinales de la hauteur de vague. Le sens du courant est contraire à celui du gradient de hauteur de vague (les masses d'eaux se déplacent des zones plus agitées vers les zones moins agitées). Ces variations sont liées aux transformations des ondes au cours de leur propagation au voisinage de la côte (notamment les phénomènes de diffraction-réfraction).

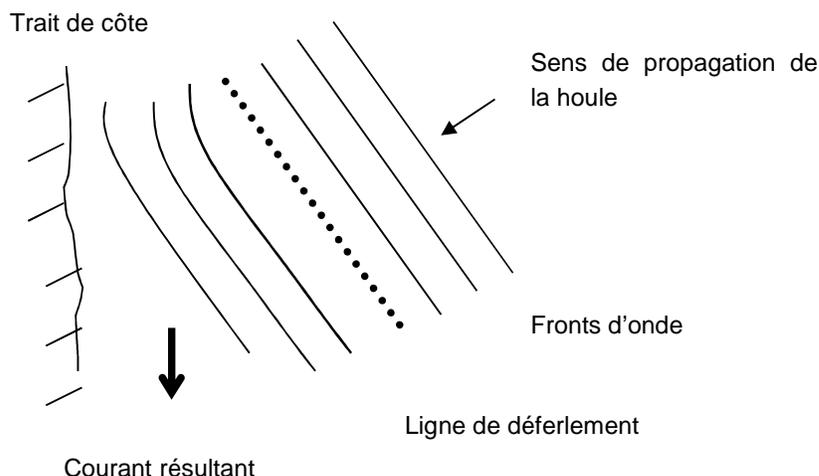


Figure 5 : Principe des courants de déferlement

Les vents sont générateur de mers de vents et clapots, de courants et de fluctuations du niveau de la mer (surcotes, décotes) et sont donc directement la cause du transport de sable sur la plage (transport éolien).

D'autres facteurs influent sur l'érosion littorale :

- La réduction des apports terrigènes,
- L'élévation du niveau de la mer.

L'évolution des côtes dures est plus complexe car les influences continentales s'ajoutent souvent aux actions de la mer. Ainsi, on distingue :

- Les reculs du pied rocheux sapé par les vagues,
- Les reculs par glissement ou éboulements successifs de zones instables en raison de leur nature (marneuse ou argileuse) ou de leur structure (pendage vers la mer).

Les mouvements sous l'action de l'agitation sont de deux types :

- Soit parallèlement à la plage lorsque l'agitation est oblique (phénomène de dérive littorale),
- Soit perpendiculairement à la plage pour les agitations frontales (mouvements dans le profil).

1.3 Dérive littorale

Lorsqu'une vague parvient obliquement au rivage, elle donne naissance à un courant parallèle au rivage appelé dérive littorale.

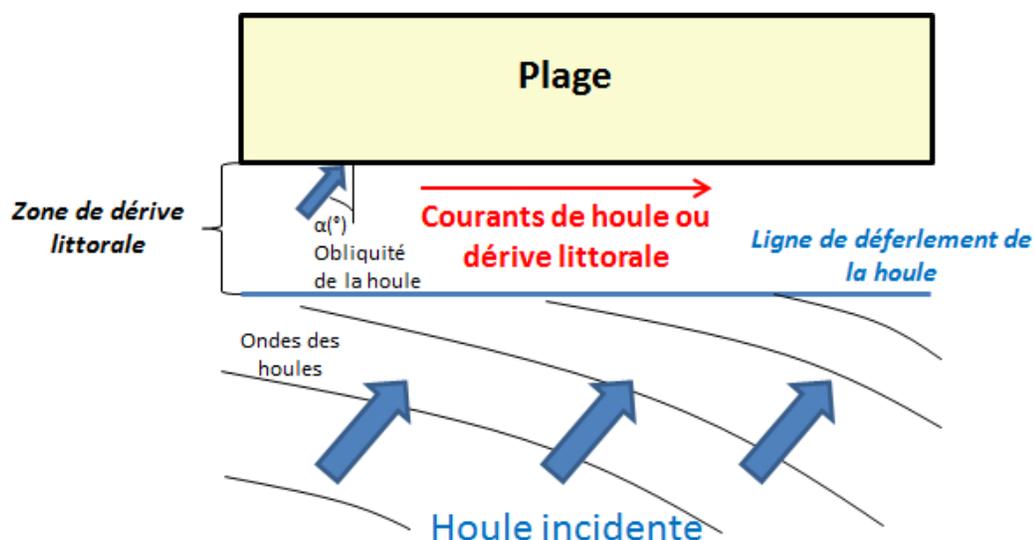


Figure 6 : Mécanisme de la dérive littorale

Ce courant (ou dérive littorale) transporte les matériaux sableux qui sont remis en suspension. Ce débit solide constitue le transit littoral dont la plus grande partie s'effectue pendant le déferlement.

D'après le Catalogue sédimentologique des côtes françaises (cf. [B3]), le déchiquetage important des côtes de notre secteur d'étude rend, de manière générale, inadapté la notion de transit littoral telle qu'on la conçoit sur les littoraux à tracé relativement régulier comme par exemple, le littoral des Landes.

Au niveau de chacune des nombreuses petites cellules hydrosédimentaires, des mouvements littoraux liés aux caractéristiques instantanées des houles se produisent. Il peut être considéré qu'il y a en moyenne sur ces cellules hydrosédimentaires un état d'équilibre ou, au maximum, des transits littoraux faibles (de l'ordre de quelques milliers de m^3/an).

Ainsi, lors des synthèses de chacune des cellules hydrosédimentaires, il sera précisé s'il existe ou non un transit littoral significatif avec une orientation dominante.

1.4 Mouvements dans le profil

Selon les conditions d'agitation, un état d'équilibre tend à s'établir dans le profil d'une plage.

Grâce à cet état d'équilibre, l'action des vagues sur les sédiments du profil transversal et sur leurs mises en mouvement est minimisée. Ainsi, chaque profil de plage s'adapte en fonction de l'agitation.

En ce qui concerne les estrans et les fonds sableux, ce phénomène de mise en mouvement des sédiments jusqu'à un état d'équilibre est particulièrement visible.

En période de beau temps, la plage présente un profil convexe avec un engraissement de la partie supérieure de l'estran et une érosion de la partie inférieure et des petits fonds. En périodes de tempête, le profil se creuse en haut de plage et s'engraisse en bas de plage. Les phénomènes sont donc inversés selon les conditions météorologiques.

Les vagues agissent sur les fonds jusqu'à une profondeur limite qui dépend des caractéristiques de l'agitation.

La profondeur limite d'action de la houle ou profondeur de fermeture est la profondeur à partir de laquelle l'action de la houle ne met plus en mouvement les sédiments dans le profil.

A partir de mesures et d'observations sur différents sites, HALLERMEIER a proposé, pour estimer la profondeur limite d'action des vagues, la formulation suivante :

$$d_l = 1,75 H_{s(12h)} - 57,9 H_{s(12h)}^2 / gT_s^2$$

où :

- d_l : profondeur limite d'action de la houle,
- $H_s(12h)$: hauteur significative dépassée 12 heures par an,
- T_s : période significative associée.

Le deuxième terme étant négligeable, en pratique on considère $d_l = 1,75 H_{s(12h)}$.

Le transit littoral et les mouvements dans le profil s'effectuent entre la côte et la profondeur limite d'action des houles.

Sur le secteur concerné, les autres phases de l'étude nous permettront avec une analyse des houles à la côte plus précise de pouvoir définir la profondeur limite d'action des houles sur le littoral d'étude.

2 Mise en place des principaux ouvrages sur le littoral

Se référer aux cartes « Historique des ouvrages et structures de protection »

Pour chaque commune, il est établi un bilan des documents bibliographiques recensés sur l'évolution du trait de côte et les différents aménagements anthropiques.

Pour chaque commune, une comparaison entre la carte de l'État-Major (établie entre 1857 et 1864) et la carte IGN au 25/1000 actuelle est également fournie dans le corps de ce rapport.

Note : Des variations du niveau de détail existent selon les communes. Cela est dû à l'hétérogénéité de la qualité des documents fournis.

2.1 Bénodet

Source : commune

2.1.1 Construction du parking de Penfoul (1970-1980)

Ce parking est un terre-plein gagné sur la mer. Il est créé en 1970-1980.



Figure 7 : Photo aérienne du parking de Penfoul (source : Géoportail)

2.1.2 Construction du port de plaisance

Construit en 1982 ; le port de plaisance a été endommagé lors de la tempête de 1987. Il fut reconstruit en 1995.

2.1.3 Construction du quai L'Herminier : mai 1970

Pendant très longtemps (photo suivante datant des années 1950), la mer venait lécher les murs des propriétés qui existent toujours ; seul le chemin de contre-halage les séparait de la mer. Les maisons sont actuellement séparées de la mer par le quai L'Herminier.

Ce quai nécessita d'importants travaux de comblement. Il fut inauguré le 8 mai 1970.



Figure 8 : Situation avant la construction du quai l'Herminier (1) (source : commune)

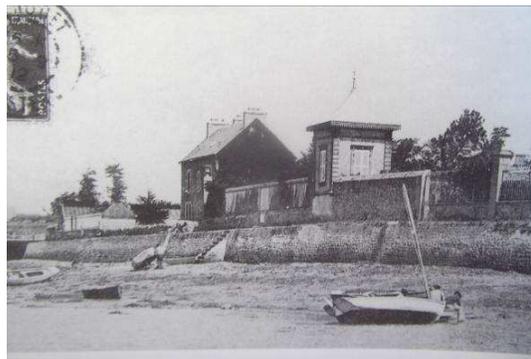


Figure 9 : Situation avant la construction du quai l'Herminier (2) (source : commune)

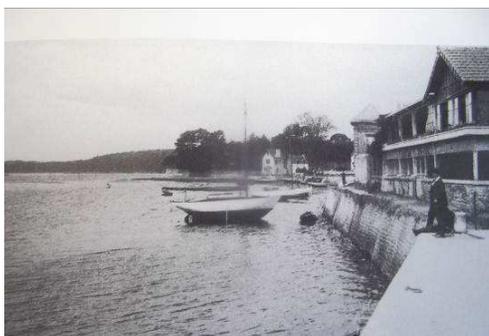


Figure 10 : Situation avant la construction du quai l'Herminier (3) (source : commune)



Figure 11 : Situation actuelle (source : commune)

Une première extension fut créée en 1983 et une deuxième extension en 1995.

2.1.4 Construction du quai devant l'église avenue de l'Odet

Au sud du quai l'Herminier, le terre-plein devant l'église a été construit en 1905. Sur la photographie ci-dessous datant de 1904, il était absent.

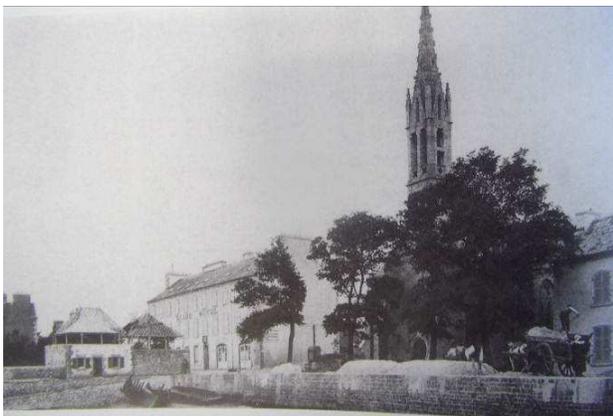


Figure 12 : Ancienne configuration au pied de l'Eglise (source : commune)

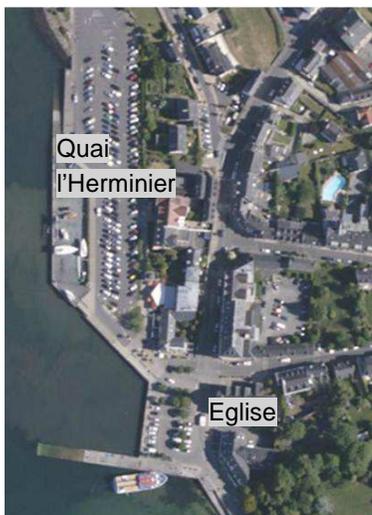


Figure 13 : Situation actuelle (source : Géoportail)

2.1.5 Élargissement de l'avenue de l'Odet : 1913

Au sud de l'Eglise, avant la construction de l'avenue de L'Odet, on empruntait une route étroite, inondée aux grandes marées. « L'eau pénétrait même dans la maison ALAVOINE (détruite en 1913 lors de l'élargissement de la corniche) », à droite de la photo présentée Figure 14.

L'élargissement a laissé place à une route plus large et surélevée, séparée de la mer par un mur.



Figure 14 : Maison Alavoine et route étroite (source : commune)



Figure 15 : Vue de 1910 qui montre l'étroitesse du chemin (source : commune)



Figure 16 : Maison Alavoine et corniche avant élargissement (source : commune)



Figure 17 : La maison Alavoine a été détruite et la route est située à son niveau actuel (source : commune)

2.1.6 Aménagement de la plage du Trez

Sur la photo suivante, on voit que la route au premier plan n'est qu'un chemin piétonnier. Plus loin, le front de mer n'abrite que quelques villas. Quant aux conifères, ce n'est bien plus tard qu'ils seront plantés pour stabiliser la dune.

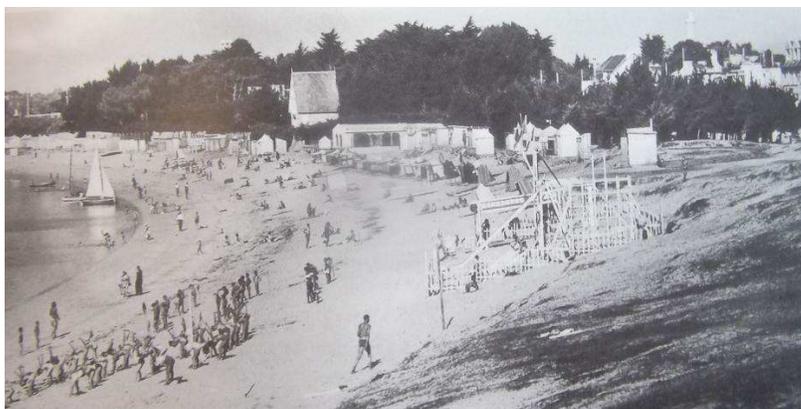


Figure 18 : Plage du Trez avant urbanisation (1) (source : commune)



Figure 19 : Plage du Trez avant urbanisation (2) (source : commune)



Figure 20 : Plage du Trez actuellement (2012) (source : commune)

2.1.7 Comblement du Loc'h

Le Loc'h était un marécage situé derrière la dune de la plage du Trez. Il comprenait une grande étendue d'eau, alimentée par les sources descendant de Kersalé.

On le voit facilement sur le plan de 1840.

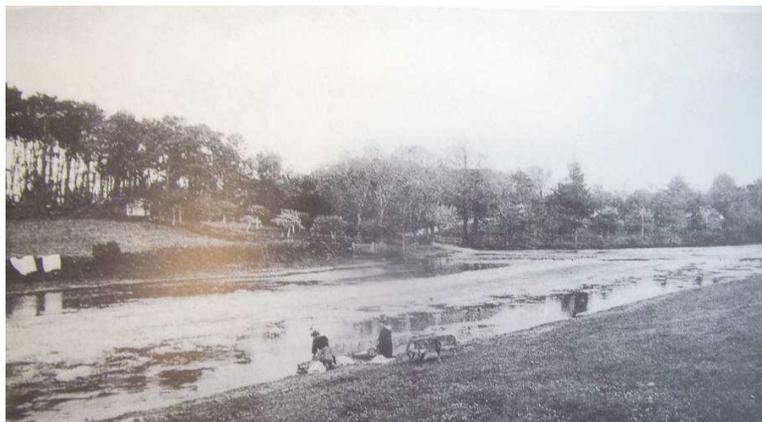


Figure 21 : Loc'h en arrière de la dune de la Plage du Trez, actuellement comblé et urbanisé (source : commune)

Du Loc'h, il ne reste rien depuis qu'un système de canalisation et de vannes qui a été mis en place pour permettre à l'eau de s'écouler vers la mer.

C'est sur son emplacement que sont aujourd'hui édifiés Keryomel, le Puits d'Amour, Kastel Moor, les cours de tennis, la résidence du Trez, etc.

Sur la photo aérienne suivante datant de 1955, on voit le vaste terrain sur lequel seront édifiés l'ensemble casino-thalasso (ouvert en 68) et les résidences du Trez.



Figure 22 : Photo aérienne plage du Trez (août 1955) (source : commune)

2.1.8 Travaux de protection contre la mer

1989 : Construction d'un ouvrage en enrochements de 130 ml au niveau de la pointe St-Gilles.

2.1.9 Bilan du 19^{ème} au 21^{ème} siècle

Les cartes suivantes synthétisent les aménagements réalisés du XIX au XXI^e siècle. 7 secteurs sont concernés :

- 1 – Parking de Penfoul
- 2 – Port de plaisance
- 3 – Quai l'Herminier
- 4 – Terre-plein devant l'église
- 5 – Avenue de l'Odet
- 6 – Plage du Trez
- 7 – Marais du Loc'h

Les numéros correspondent aux numéros du paragraphe dans lesquels sont détaillés les aménagements

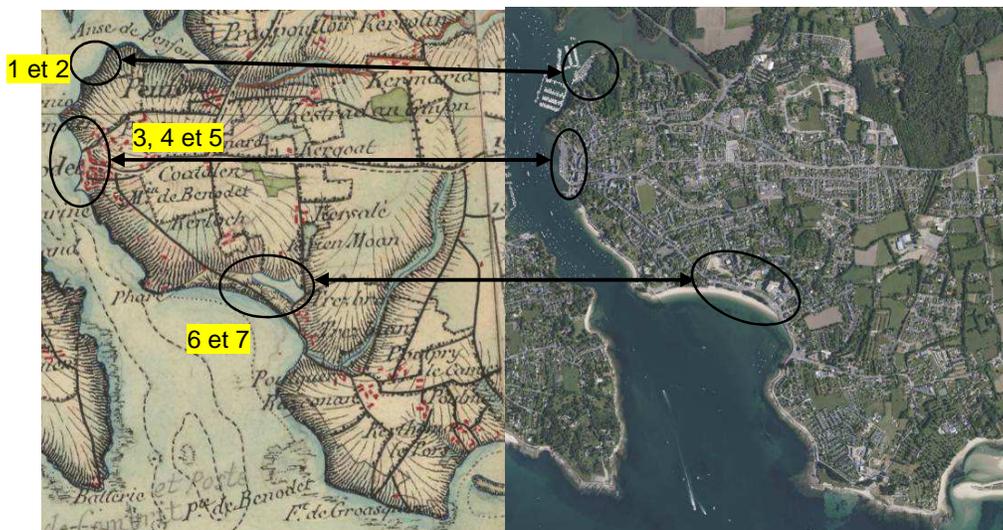


Figure 23 : Carte de l'état-major (XIX^{ème}) (source : Géoportail)

Figure 24 : Photo aérienne actuelle (source : Géoportail)

2.2 Fouesnant

2.2.1 Le site de Moustierlin

Le site Moustierlin Est

Source : Étude géomorphologique et propositions de défense contre l'érosion du secteur littoral de Moustierlin-Est, à l'est des enrochements de Cleut-Rouz

Le polder de Moustierlin

En 1929, le polder le Moustierlin est pratiquement soustrait à l'influence des eaux marines. Les échanges hydrauliques se font par un exutoire à vannes, mis en place en 1926. L'ancien grau de Toul Stêr a été colmaté. Cet endiguage a permis de soustraire à la mer près de 480 hectares, situés sous le niveau des plus hautes eaux.

Ainsi, aujourd'hui le cordon abrite 126 hectares de polder et un étang d'eau saumâtre de plus de 6 hectares.

Un nombre important de travaux antérieurs (Guilcher. A, 1948 ; Le Maître Y., 1990 ; Guyonnet B., 1992) sont fondés sur la comparaison de cartes anciennes. Les résultats de ces travaux sont repris dans cette étude et permettent de rendre compte de la dynamique de ce secteur de rivage.

Le cordon de Moustierlin Est

Ce cordon s'est établi en avant de basses terres autrefois régulièrement submergées par les marées. Sa configuration actuelle résulte d'évolutions naturelles et d'interventions anthropiques relativement récentes. Il correspond, à l'origine, à une flèche littorale mobile dont la partie proximale s'appuyait successivement, au cours des trois derniers siècles, d'abord aux roches de la pointe de Moustierlin (de la fin du XVII^{ème} siècle au milieu du XIX^{ème} siècle) avec une propagation en direction de l'Est. Elle s'est ensuite accrochée au promontoire rocheux de Beg-Meil, à partir du début du XX^{ème} siècle, en se développant en direction de l'Ouest.

La transformation de cette flèche littorale en cordon continu n'est pas naturelle. La poldérisation des marais a été réalisée par la fermeture artificielle du goulet de marée à l'Ouest de l'extrémité distale de la flèche qui avait alors presque atteint la pointe de Moustierlin.

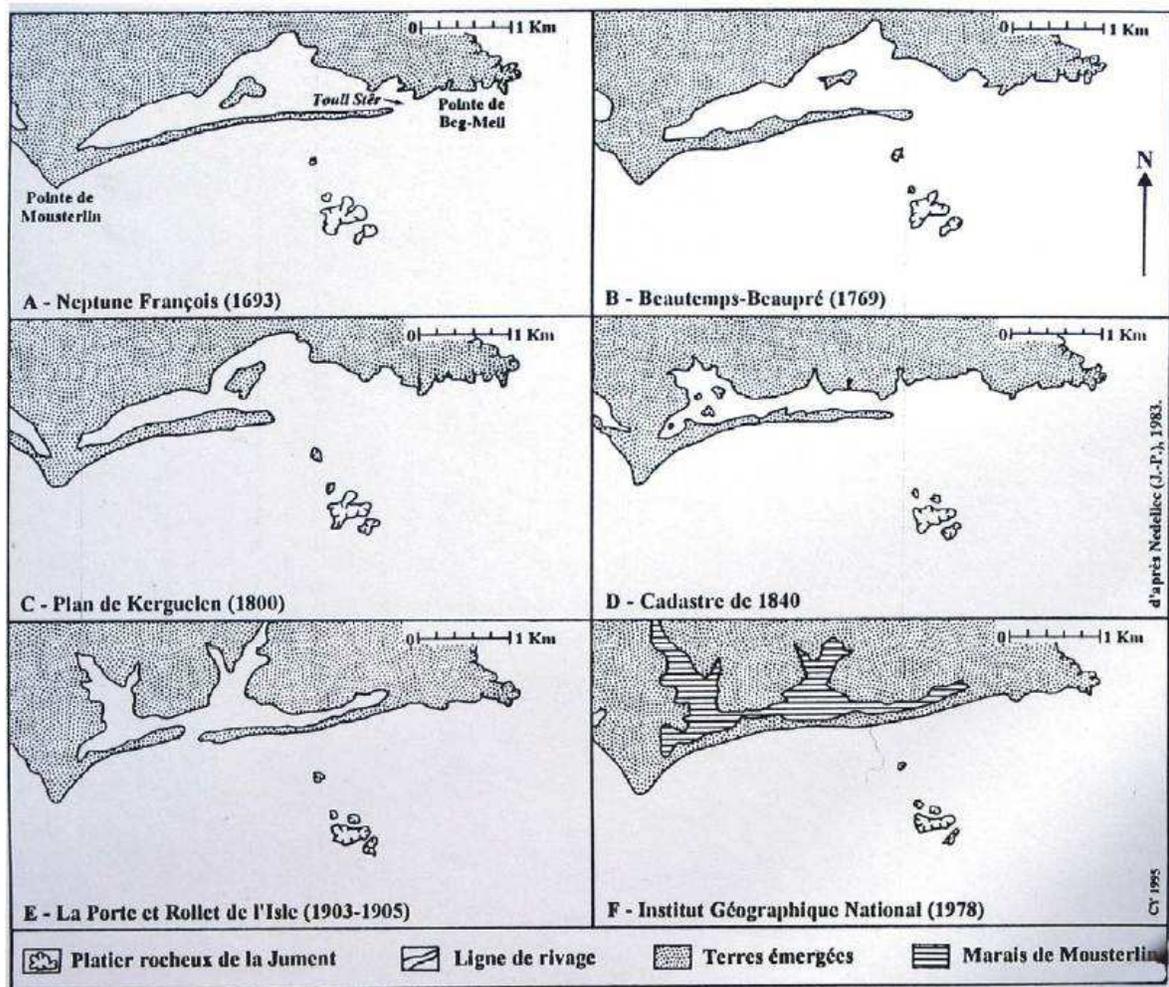


Figure 25 : Évolutions historiques du cordon littoral de Moustierlin-Est (synthèse d'après différentes carte anciennes et actuelles). Source : Yoni C., 1995

Le site Moustierlin Ouest

Source : Etude géomorphologique du secteur littoral de Moustierlin-ouest entre la pointe de Moustierlin et le cordon d'encrochements de Trégounour

Ce site correspond :

- Au marais de la Mer Blanche, où le flot pénètre chaque jour,
- Au cordon littoral à l'Ouest de la pointe de Moustierlin.

Évolution de la ligne de rivage entre la fin du XVIII^{ème} et la fin du XX^{ème} siècle

L'étude des évolutions du trait de côte sur le long terme s'appuie sur la comparaison de cartes anciennes et de cartes actuelles. Les documents cartographiques les plus anciens à partir desquels des comparaisons sont possibles avec les cartes actuelles correspondent à la carte des Ingénieurs Géographes réalisée à la fin du XVIII^{ème} siècle et les plans du cadastre napoléonien de la première moitié du XIX^{ème} siècle.

Le secteur de Moustierlin-Ouest a été cartographié par les ingénieurs Géographes vers 1781 et la comparaison des positions du rivage a permis d'estimer le recul à 80 mètres en 200 ans, soit une vitesse moyenne de 0.4 m/an. Les mesures comparatives effectuées entre les plans cadastraux de la commune de Fouesnant de 1840 et 1957 estiment ce recul de 30 à 50m, soit également une vitesse moyenne de recul de 0.25 à 0.4 m (Guyader, 1983 ; LCHF, 1987).

Cette vitesse de 0.4m/an sur les 200 dernières années est également la vitesse de recul qui a été estimée pour le secteur oriental de ce cordon, entre Trégounour et la pointe de Moustierlin. Si l'on applique cette vitesse moyenne de recul au secteur d'étude pour la période 1982-2007, la ligne de rivage de 2007 se situerait encore plus en arrière qu'elle ne l'est actuellement. Cette vitesse moyenne intègre cependant différentes périodes d'érosion brutale lors de tempêtes (1947, hiver 1962-63, 1987, 1984-85, 1989,90, par exemple).

Évolution récente

Hiver 2006-2007, la poursuite du processus de retrait du trait de côte a été associée à un démaigrissement accusé de l'estran, particulièrement entre la fin de janvier et le début de mars 2007. Des sols anciens et des épandages de tempêtes, sur lesquels se sont édifiés la plage et le cordon littoral de Moustierlin Ouest, ont été exhumés en bas d'estran.

Ce recul du rivage et le démaigrissement de la plage menaçaient de déstabilisation le monument aux morts établi sur le sommet de la dune à proximité de la pointe de Moustierlin et au droit de l'Hôtel de la Pointe. Ces phénomènes s'étant produits vers le milieu de l'hiver et avant une période de forts coefficients de marée, l'érosion du cordon dunaire a également été perçue comme une menace potentielle pour les constructions implantées en arrière dans la zone basse submersible des marais de Moustierlin. En prévision de nouveaux dégâts à venir, la mairie de **Fouesnant a procédé à l'encrochement provisoire du linéaire de rivage érodé au pied de la dune de part et d'autre du monument aux Morts le 8 mars 2007.**



Figure 26 : Monument aux morts de la pointe de Moustierlin (Le Télégramme du 15 mars 2008)

Aménagement et dégradation anthropiques des deux sites

Source : PPRSM

Ce cordon est largement artificialisé. À la suite d'épisodes de recul du rivage, différents ouvrages ont figé le trait de côte dans sa partie occidentale.

Le tableau suivant reprend les actions anthropiques à l'origine de modifications de la dynamique littorale.

Avant 1925	<p>Charrettes de Goémonier</p> <p>Le littoral de Moustierlin était au service de l'agriculture avant d'être au service du tourisme. Depuis des siècles, des tonnes de goémons viennent se déposer à la pointe de Moustierlin. La pointe fut convoitée pendant des dizaines d'années par des agriculteurs qui venaient ramasser le goémon pour fumer les terres. Le rivage était alors inlassablement parcouru par les charrettes des goémoniers. Il s'est peu à peu fragilisé au fil des récoltes.</p> <p>Dès le 19^{ème} siècle, la dégradation du couvert végétal sensibilisait les pouvoirs publics et les élus locaux : plusieurs arrêtés préfectoraux ont été pris afin de limiter l'utilisation des charrettes sur la plage, puis pour interdire l'extraction du chiendent des sables (espèce endémique qui protège la stabilité des pieds de dune) et le stockage de goémon sur la plage. 1925 : arrêté de réglementation de récolte du Goémon.</p>
Dans les années 40	<p>Extraction de sable</p> <p>Les extractions de sables s'opéraient à la pointe de la flèche occidentale. Aujourd'hui ces extractions ont cessé.</p>
Depuis 1950	<p>Aménagement touristique</p> <p>L'attrait touristique du site a pour conséquences l'aménagement d'aires de stationnement, ainsi que la multiplication des sentiers piétonniers, responsables de la dégradation de la végétation dunaire et de l'ouverture de sifflets de déflation dans le cordon.</p>

1967	<p>Construction de la cale de Moustierlin</p> <p>Il a résulté de cette intervention une inversion complète du sens d'évolution de la partie orientale du cordon Ouest de Moustierlin. Avant 1967, la tendance est au retrait du rivage. La mise en place de l'ouvrage en épi, bloquant le transit sédimentaire vers l'Est, a pour résultats :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Au Nord de la cale : un engraissement de l'estran et une avancée de la ligne de rivage, ■ Au Sud de la cale : un démaigrissement important avec une fragilisation des murs de protection de la route côtière de la pointe qui seront par la suite consolidés par des enrochements. <p>Le processus d'engraissement dû au blocage du transit sédimentaire au Nord de la cale est parallèlement renforcé par l'abri relatif que la cale procure à la partie méridionale de ce secteur de côte, vis-à-vis, notamment, des houles et des vagues de Sud-Est à Sud-Sud-Ouest. Il s'ensuit une plus faible agitation dans ce secteur comparativement au secteur voisin plus au Nord, proche de l'enrochement, et plus fréquemment attaqué par les vagues.</p>
-------------	--

Pour pallier au phénomène érosif, différents aménagements de protection ont été mis en place.

	Description / bilan
1926	<p>Plantations</p> <p>Gourbetage, plantation de pins à crochets (échec), pose de palplanches, plantation de pins insignis et cyprès de Lambert. Les cyprès de Lambert n'ont pas résisté mais le gourbet (oyat) a prospéré et derrière les palplanches, la dune qui s'élevait peu à peu s'est engraisée</p>
1926	Création de la digue de Kerangaérel
1930	Création de la digue de Cleut Rouz
1934-35	<p>Plantations</p> <p>Îlotage du secteur oriental où l'on sème du pin maritime, du pin noir d'Autriche, de l'ajonc et du genêt. Apport de terre végétale, construction de brise lame à l'aide de pieux</p>
1936	<p>Construction d'un aqueduc</p> <p>Construction d'un aqueduc souterrain. Il marque la fermeture définitive du cordon Est</p>
1946	Construction d'un épi en bordure du mur de soutènement du chemin départemental n°134. Il est détruit pendant l'hiver 1947.
1951-1962	Construction d'épis qui n'ont pas tenu
1951	Mise en place de 3 rangées de fascines (une en pied de dune, une en crête de dune et une sur le revers)
À partir de 1960	Clayonnage et fascinage au pied de la dune et à la crête de la dune

	Description / bilan
1960	<p>Limitation de l'accès</p> <p>Barrage contre l'accès à la dune aux automobiles</p>
1970	<p>Pieux</p> <p>Essai de stabilisation de la dune à la racine du cordon. Après les tempêtes d'hiver, reconstitution de la dune disparue et consolidation du secteur oriental sur 402 m par la mise en place d'un rideau de pieux en châtaignier.</p>
1970	<p>Réalisation d'un écran de fagots fixés sur des pieux de châtaignier sur 196 mètres de remblai afin de colmater les brèches côté Est.</p>
1972	<p>Disposition d'une barrière de pieux de Chataignier enfoncés sur la moitié de leur mètre. Des plaques de contre plaqué marine ont été disposées en arrière. L'espace plaques de contre plaqué a été comblé par un remblai argilo-caillouteux.</p>
1972-73	<p>Protection du secteur Ouest par la pose de pieux et contreplaqués</p>
1975	<p>Rideau métallique</p> <p>Mise en place d'un barrage constitué d'un rideau de traverses de chemin de fer subverticales et jointives</p>
1977	<p>Apport</p> <p>Apport de terre afin de consolider la dune dans sa partie Centre-Est et Est.</p>
1977-82	<p>Repiquage de conifères entre Cleut Rouz et la pointe de Moustierlin puis entre Renouveau et Kerambigorn</p>
1978	<p>Mur-enrochement au niveau de la pointe de Moustierlin</p> <p>Construction d'une route par la municipalité de Fouesnant à la pointe de Moustierlin afin de consolider le mur de soutènement fait par Mr Benac en 1924. Sur toutes sa longueur, la route est bordée d'un mur au pied duquel ont été mis des enrochements.</p> <p>Réparation des dégâts causés par les tempêtes de novembre 1977</p> <p>Récupération des traverses éparses sur la côte, ouverture d'une fouille à la pelle mécanique en pied de dune, reconstitution du rideau de traverses et remblaiement de la fouille à l'avant et à l'arrière du rideau. Ces travaux concernent le rideau de protection situé entre Kerambigorn et Kerlosquen, ainsi que ceux situés au droit du Cleudennou et Trégonnou.</p>

1979-80	<p>Enrochement entre Trégounour et le monument aux morts</p> <p>Mise en place d'enrochements sur 1,2 km. La mise en place de l'enrochement de Trégounour ne semble pas avoir eu d'effet sur le rivage situé en aval dérive, la présence de cet ouvrage longitudinal n'entraînant pas de rupture dans le transit des sédiments de la zone intertidale depuis la plage de Kerler vers le Sud-Est. Néanmoins, on peut s'interroger sur les conséquences à long terme de sa présence. L'érosion qui s'est manifestée à son extrémité est caractéristique de l'érosion différentielle générée par des ouvrages de ce type sur le littoral. Elle pourrait résulter de la trop faible quantité de sédiments disponibles par rapport à la compétence de la dérive littorale au pied de l'ouvrage, notamment en période de démaigrissement de l'estran. L'attaque du front dunaire par les vagues n'étant plus possible du fait de la présence de l'enrochement, la dérive littorale conserverait une plus grande énergie et ce déficit en sable serait alors comblé en aval-dérive de l'enrochement où le courant de dérive puise de manière plus importante dans les stocks dunaires non protégés qui se situent immédiatement au Sud-Est de l'ouvrage.</p>
1981	Création d'un enrochement de 150 mètres au niveau du Grand Large par la commune
1984-85-86	<p>Travaux de réparation des dégâts de la tempête des 22 et 23 novembre 1984</p> <p>Travaux entrepris de la plage du Grand Large jusqu'au milieu de la dune de Moustierlin Ouest :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Consolidation de la dune de Moustierlin Ouest, ■ Mise en place d'enrochements au niveau de la zone la plus touchée de Moustierlin Ouest lors de la tempête, au Sud-Ouest de l'enrochement existant du Grand Large et au droit du Renouveau, ainsi que sur les plages de Kermyl et des Dunes, ■ Réparations ponctuelles sur les ouvrages de protection de la pointe (rejointoiement, reconstruction de parapet, protection des fondations)
1987-88	<p>Enrochement à Cleut Rouz et sur la pointe de Moustierlin (Le Grand Large)</p> <p>Il a été construit à la suite de l'ouragan d'octobre 1987. La mise en place de cet enrochement correspond à la réaction des gestionnaires du littoral qui ont répondu à cette crise érosive par une artificialisation accrue du rivage.</p> <p>Poursuite de l'enrochement sur 1 kilomètre (après l'échec de protection du secteur par des traverses de chemin de fer)</p>
Depuis 1990	<p>Limitation de l'accès</p> <p>Canalisation des cheminements piétons, recul des aires de stationnementDes parkings ont été aménagés à l'arrière des dunes de Kerambigorn et de Maner Coat Clévareg afin de proscrire un stationnement anarchique et de permettre une re végétalisation de l'espace dunaire.</p>
1995	Travaux de confortement des ouvrages de protection

	Au niveau de la pointe de Moustierlin, divers travaux de rénovation (confortement d'un escalier, colmatage et rejointoiement de murs, renforcement des enrochements)
--	--



Figure 27 : Enrochements du Grand Large réalisé en 1988 (archives de l' Unité d'Affaires Maritimes de Concarneau - DDTM)

2.2.2 La plage du Cap-Coz et site de Penfoulic

Source : PPRSM

- La plage du Cap-Coz est située au fond de la Baie de la Forêt, c'est un étroit cordon de sable qui se termine à l'Est par un petit îlot rocheux. Son profil a très sensiblement varié depuis 1840 sous l'effet de modifications successives de la dynamique des houles. Le Cap-Coz qui ferme la Baie de la Forêt est très protégé des vents dominants par la Pointe de Beg-Meil. Il reste en revanche très exposé aux vents de Sud et Sud-Est,
- Le site de Penfoulic est la zone basse de l'estuaire de la rivière de Penfoulic. Autrefois sous l'influence directe de la marée, l'anse de Penfoulic a été partiellement soustraite aux flux marins par la construction de digues.

Le Cap-Coz (Vieux Cap)

1840	Le cadastre de 1840 dessine le Cap-Coz en trait continu
1840	Reconstruction de la digue sur le cours d'eau de Penfoulic qui existait déjà en 1754. À l'origine, elle servait d'appui à un moulin dont le souvenir semble effacé de la mémoire des hommes. Pourtant, la ferme au Nord se nomme "Coat Veil Voor", c'est-à-dire le Bois du Moulin-Mer et l'on peut encore voir les soubassements de cette construction à l'entrée de la digue. La digue était munie de vannes qui permettaient de garder l'eau durant les basses mers.

Entre 1850 et 1880	Une carte de l'Atlas du Ministère de l'Intérieur levée entre 1850 et 1880 montre que le Cap-Coz s'est rompu et qu'il n'est plus relié au continent.
1871	<p>Un an après le début de sa construction, la grande digue qui barre les ruisseaux de Penfoullic était achevée. Avant cette date, le cadastre de 1840 montre bien qu'à marée haute, la mer s'avavançait jusqu'au Manoir de Penfoullic et à Penalen.</p> <p>La vieille digue (1840) et la grande digue (1871) seraient les principales responsables de la consolidation du Cap-Coz. En soustrayant un important volume d'eau à la chasse de marée descendante, elles ont diminué l'érosion. Le sable s'est alors déposé pour engraisser la barre encore immergée qui était en train de se construire par l'action de la houle. Ce phénomène s'est auto-amplifié pour aboutir à la reconstitution du Cap-Coz. L'abri ainsi formé au Nord de la barre sableuse a favorisé le dépôt de la vase pour constituer un milieu particulièrement riche sur le plan écologique.</p>

2.2.3 Les îles des Glénan

Peu de documents permettent de retracer l'historique des aménagements sur les Glénan. Le tableau ci-dessous propose la synthèse des informations collectées.

1974	Ile de Saint-Nicolas : aménagement de protections sur la dune Nord-Ouest de l'île sous la forme d'un rideau de traverses de chemin de fer
1984	Ile de Saint-Nicolas : réalisation d'un enrochement de 250 mètres de long au Nord-Ouest de l'île

2.2.4 Bilan du 19^{ème} au 21^{ème} siècle

Les cartes suivantes synthétisent les aménagements anthropiques réalisés du XIX au XXI^e siècle et l'évolution côtière qui en découle.

1 - Site de Moustierlin



Figure 28 : Carte de l'état-major (XIX^{ème}) (source : Géoportail)

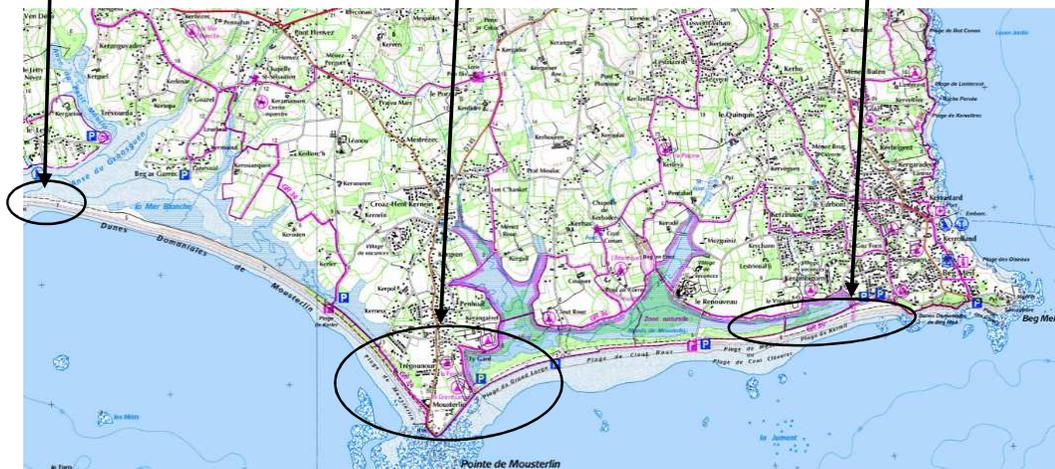


Figure 29 : Carte IGN actuelle (source : Géoportail)

2 - Plage du Cap Coz et site de Penfoulc

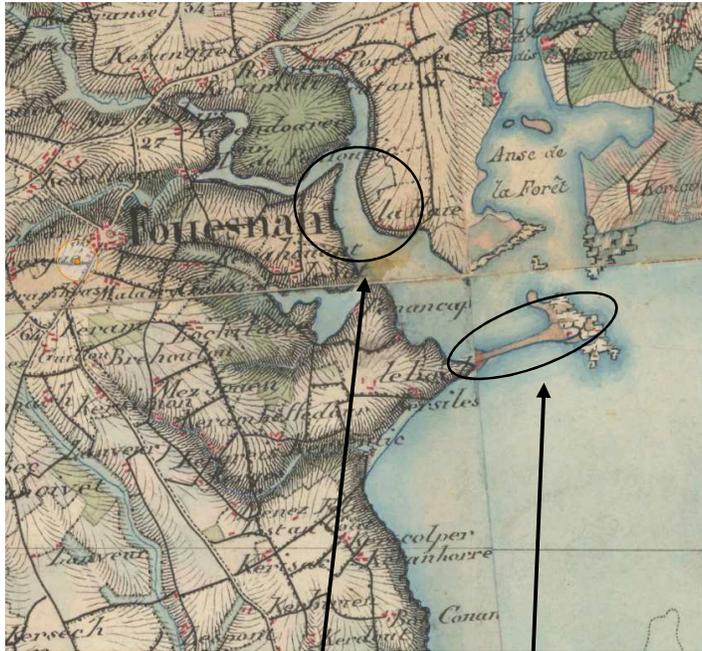


Figure 30 : Carte de l'état-major (XIX^{ème}) (source : Géoportail)

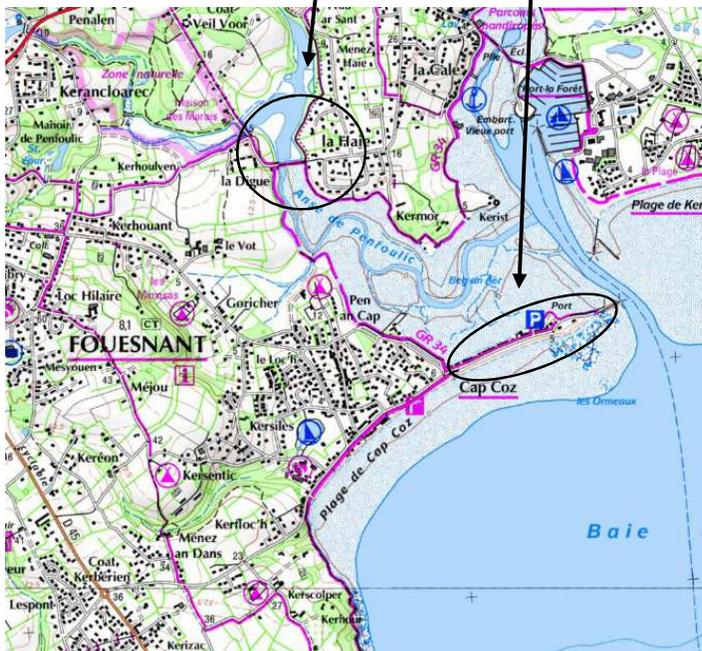


Figure 31 : Carte IGN actuelle (source : Géoportail)

2.3 La Forêt-Fouesnant

2.3.1 Couverture du cours d'eau (années 60)

Source : commune

Historiquement, le secteur de Pen Ar Ster était un espace en eau, il a été remblayé dans les années 60, mais demeure plus bas que les niveaux maritimes extrêmes.

Les 2 ruisseaux (ruisseau du Ster et Ruisseau de Kerosa) arrivant au niveau du lavoir de Pen-ar-Ster ont été couverts. Aujourd'hui busés, on observe que la configuration du site a changé au niveau de la confluence de ces cours d'eau (cf. comparaison de cartes Figure 39 et Figure 40 (1) dans le bilan entre le 19^{ème} et le 20^{ème} siècle). Des habitations se situent maintenant au droit des anciens cours d'eau.



Figure 32 : Couverture des ruisseaux du secteur de Pen Ar Ster

2.3.2 Mise en place d'une porte sur le bassin à marée

La commune est soumise à l'influence des marées. Cette influence était limitée par la présence d'une porte permettant, lorsqu'elle était fermée, d'y maintenir un niveau assez bas pour éviter les problèmes d'inondations. Les inondations se produisaient régulièrement lors des grandes marées dans le quartier délimité par les rues de Ménez Plen et de Pen Ar Ster, quartier situé à une altitude plus basse que le niveau des plus hautes eaux.

Cette porte fut mise en place dans les années 1970, mais lors d'une grande marée dans les années **1990**, la porte de l'écluse fut emportée. Depuis ce jour, l'écluse ne fonctionne plus et les niveaux de pleines mers atteints coté océan sont identiques à ceux rencontrés dans l'anse provoquant des débordements dans le secteur de Pen Ar Ster compte tenu que l'altitude de ce secteur est plus basse que le niveau des plus hautes eaux.

Les caractéristiques actuelles de l'écluse sont :

- Largeur : 7 m
- Hauteur : 5 m
- Longueur : 17 m
- Altitude TN : 3.62 m NGF
- Altitude seuil : -1.48 m NGF
- Altitude radier aval seuil : -2.66 m NGF



Figure 33 : Ancienne écluse (vue aval)



Figure 34 : Ancienne écluse (vue amont)

Note par rapport aux inondations : jusque dans le milieu des années 90, l'écluse était fermée lors des événements de vives eaux ou de tempêtes, afin de maintenir un niveau de plan d'eau assez bas et de permettre ainsi la bonne évacuation des eaux de ruissellement et d'éviter ainsi les inondations. Ce fonctionnement a été abandonné après les dégradations sur l'écluse.

2.3.3 Port-La-Forêt

Il s'agit du port de plaisance de La Forêt-Fouesnant.

La construction du port commence dans les années 1970 dans l'ancienne anse du Gouërou.



Figure 35 : Photographie aérienne de l'anse du Gouërou (à droite) avant la construction du port (années 60, Noel Guiriec, Ouest-France)



Figure 36 : Même secteur géographique, avec prise du vue au Nord (années 60, Noel Guiriec, Ouest-France)

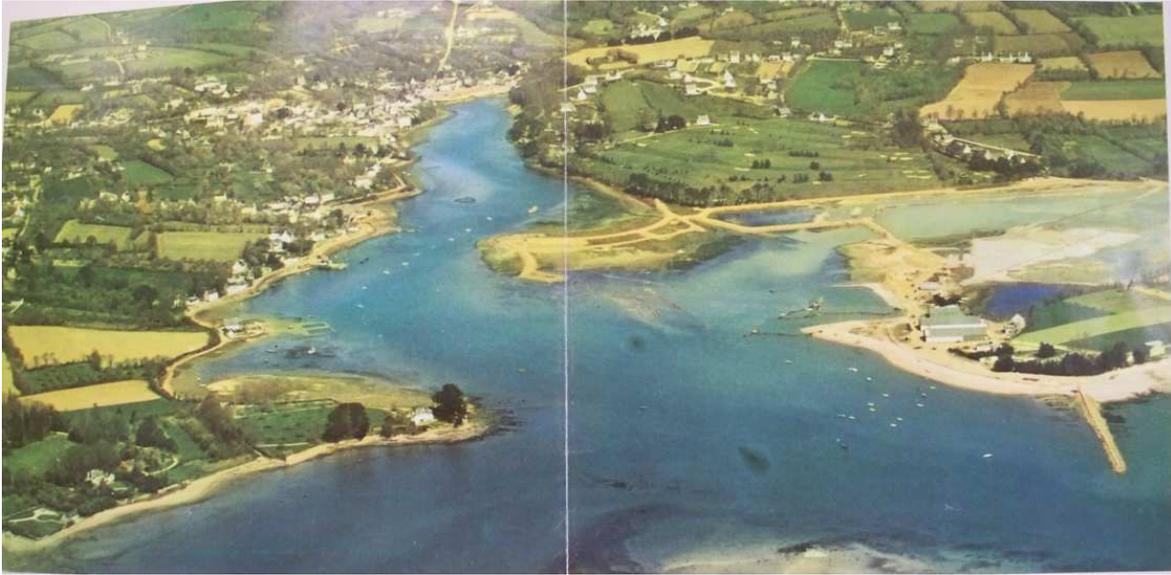


Figure 37 : 1971, premiers travaux de comblement de Port-la-Forêt (à droite)

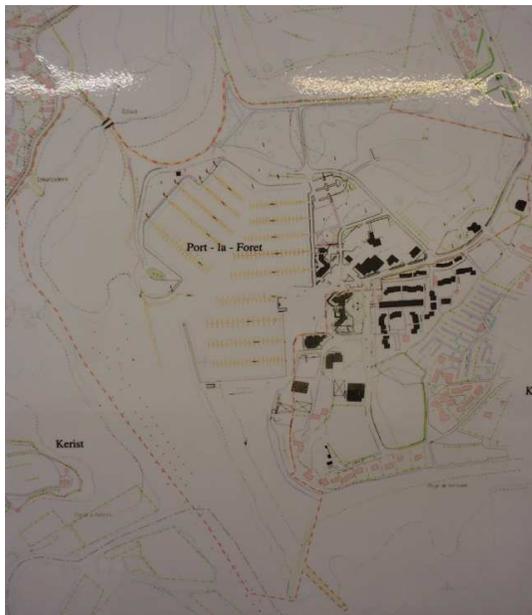


Figure 38 : Extrait cadastral – Port-la-Forêt

2.3.4 Les aménagements de la frange littorale

Source : UBO, Unité d'Affaires Maritimes de Concarneau (DDTM)

Suite à la tempête du 13 décembre 1978, une érosion est constatée dans la partie Est (plage de Kerleven). Trois épis sont donc construits sur la plage, ainsi qu'un mur longitudinal. 50 000 m³ de sable sont également importés pour recharger la plage.

Le reprofilage du cordon d'enrochement à l'Est de la plage de Kerleven est entrepris en 1986. La falaise qui s'étend jusqu'à la pointe de Saint-Laurent est protégée par la mise en place de nouveaux enrochements.

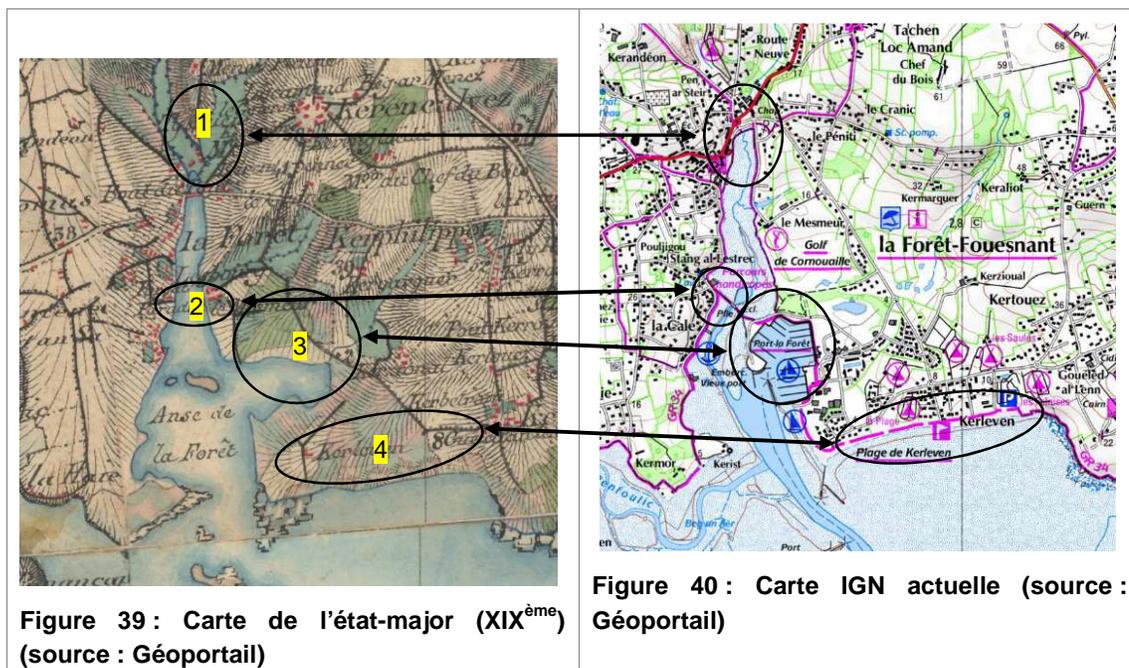
Des plans non datés attestent du prolongement de l'épi Est sur un linéaire de 20 mètres et de la réfection de la protection du sentier côtier.

2.3.5 Bilan du 19^{ème} au 21^{ème} siècle

Les cartes suivantes synthétisent les aménagements réalisés du XIX au XXI^e siècle. 4 secteurs sont concernés :

- 1 – Secteur de Pen Ar Ster
- 2 – Bassin à marée
- 3 – Port-la-Forêt
- 4 - Kerleven

Les numéros correspondent aux numéros du paragraphe dans lesquels sont détaillés les aménagements



2.4 Concarneau

Source : commune, CG29

2.4.1 Les aménagements de la frange littorale

La commune s'est d'abord développée autour de la Ville Close avec des aménagements progressifs de la frange littorale et de la zone portuaire. Le tableau suivant reprend les principaux faits historiques recensés.

	Date	Aménagements
Avant le XVIII ^{ème}		Fondation de la Ville Close
XIX ^{ème}	1804-1818	Ancien quai de l'Aiguillon
	1817-1820	Môle Pénéroff
		Quai et bassins d'échouage
	1882-1899	Môle de la Croix
	1897-1901	Cale de la Criée
XX ^{ème}	1925-1929	Aménagements sur le môle Pénéroff
	1934-1936	Chenal Lanriec
	1934-1939	Quai Carnot
	1936	Aménagement de l'anse du Roudouic
	1936 et suiv.	Quai Est
		Cale et terre-plein de Lanriec
	1937	Comblement du bassin Pénéroff
		Bâtiments du port
	1989	Construction du mur de défense de la plage des Bouchers (Le Cabellou)
	1991	Construction de deux cordons d'enrochement sur la corniche du Cabellou
	1993	Réparation des rampes d'accès de la plage des Sables Blancs
	1997	Restauration et renforcement des aménagements sur la plage des Sables Blancs
	1997	Restauration et renforcement des aménagements sur la plage de Cornouaille
	1997	Restauration et renforcement des aménagements sur la plage des Dames
1997	Restauration et renforcement des aménagements sur la cale du passage Lanriec	



Figure 41 : Le port, vers 1955 (source : commune)



Figure 42 : Le port, après 1990 (source : commune)

2.4.2 La plage des Sables Blancs

Le cordon dunaire de la plage des Sables Blancs fut remblayé au fil du temps et fini par être détruit dans les années 1900. Cette destruction a permis l'aménagement et l'urbanisation de cette zone de façon progressive au cours du XX^{ème} siècle.

Cette zone est un ancien marais dans lequel s'écoulaient 3 rus. Ces trois cours d'eau ont été canalisés sous la zone remblayée.



Figure 43 : Plage des sables blancs dans les années 1900

2.4.3 L'état actuel du port de Concarneau

Les aménagements actuels du port de Concarneau sont répertoriés en Figure 44 et Figure 45 pages suivantes.

Port de Concarneau

Localisation des ouvrages portuaires

- 913 Quai du Moros rive gauche
- 914 Perré du slipway
- 915 Cale du Roudouic
- 916 Quai des Seychelles
- 917 Cale du passage
- 918 Quai du passage
- 919 Perré Duquesne
- 920 Quai Suisse
- 921 Cale du bac
- 922 Quai de la porte au vin
- 923 Musoir de la porte au vin
- 924 Pont de la Ville close

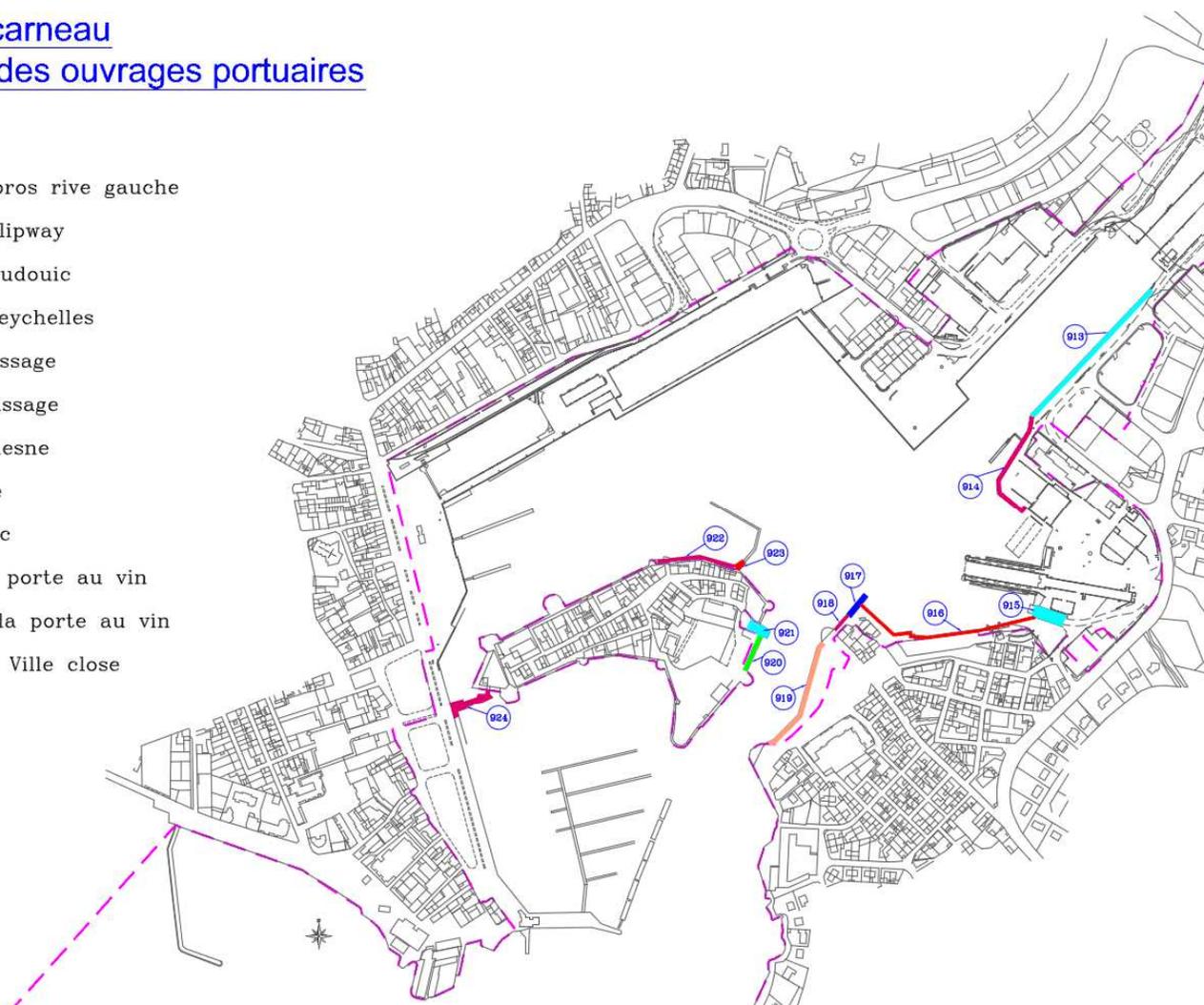


Figure 44 : Etat actuel du port de Concarneau – Rive gauche (source : CG 29)

Port de Concarneau Localisation des ouvrages portuaires

- 901 Môle de la Croix
- 902 Môle Pénéroff
- 903 Quai Pénéroff
- 904 Cale Pénéroff
- 905 Quai d'Aiguillon
- 906 Cale du beffroi
- 907 Cale aux voleurs
- 908 Quai Carnot
- 909 Quai de la criée
- 910 Quai Est
- 911 Quai pétrolier
- 912 Quai du Moros rive droite

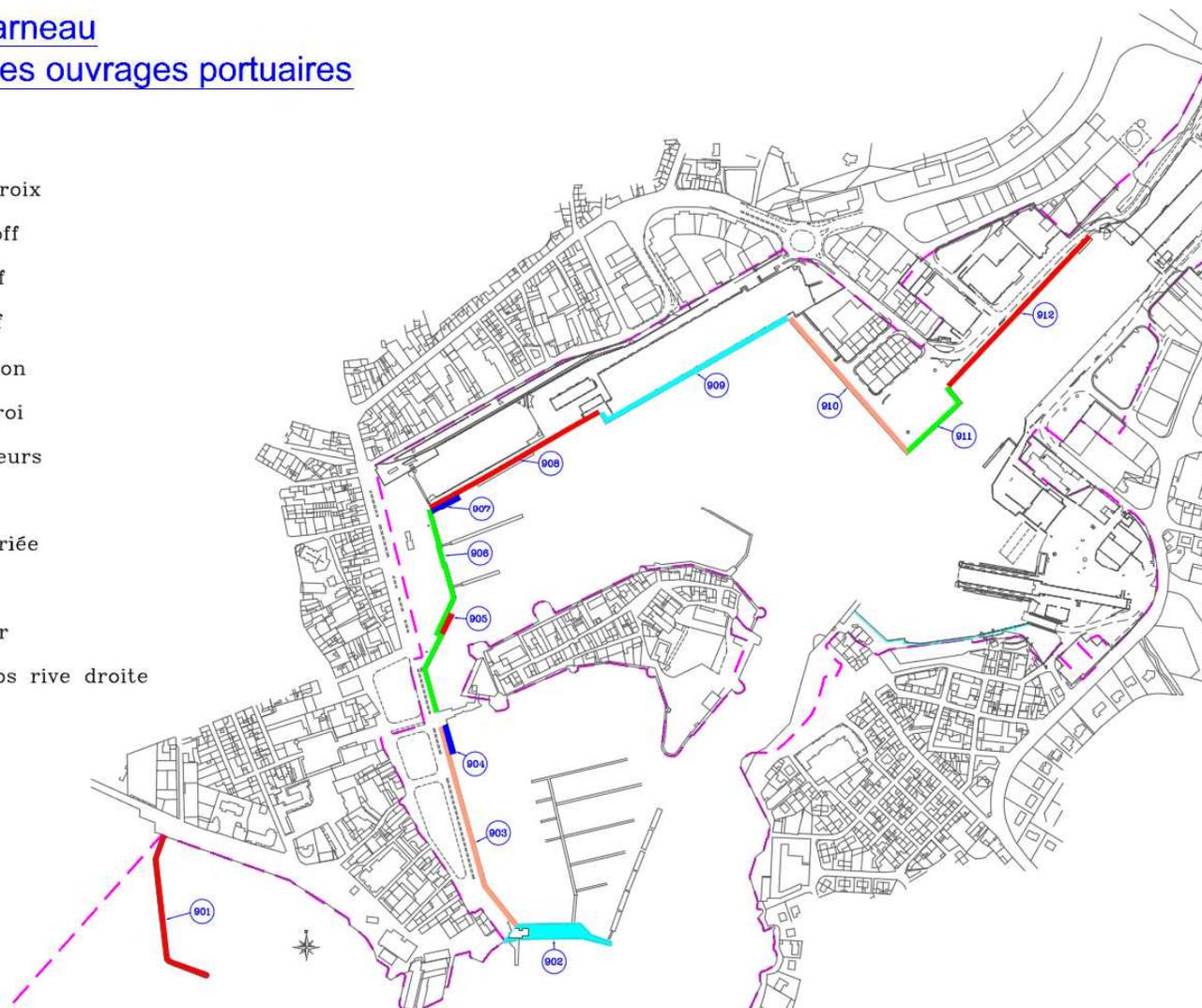


Figure 45 : Etat actuel du port de Concarneau – Rive droite (source : CG 29)

Les cartes suivantes synthétisent les aménagements réalisés du XIX au XXI^e siècle. 2 secteurs sont concernés :

1 – Ville Close et zone portuaire

2 – Plage des Sables Blancs

Les numéros correspondent aux numéros du paragraphe dans lesquels sont détaillés les aménagements

2.4.4 Bilan du 19^{ème} au 21^{ème} siècle

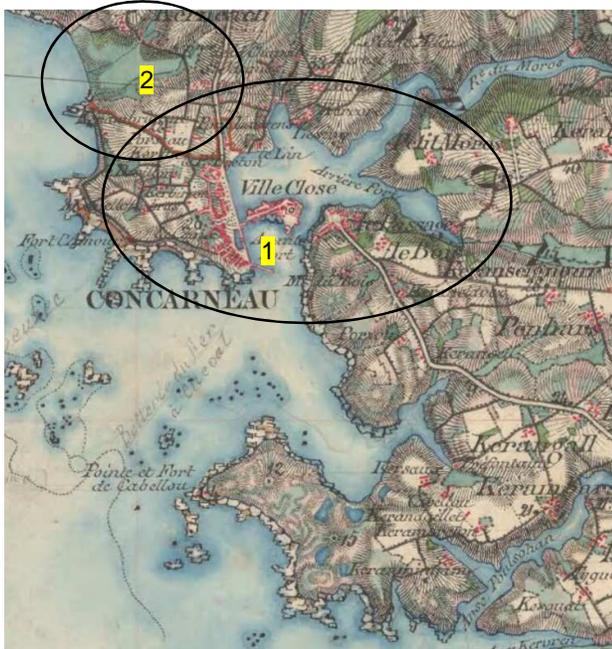


Figure 46 : Carte de l'état-major (XIX^{ème}) (source : Géoportail)



Figure 47 : Photo aérienne actuelle (source : Géoportail)

3 Évolution du trait de côte de 1952 à 2014

Se référer aux cartes « Evolution du trait de côte ».

Dans le cadre de l'analyse de l'évolution du trait de côte, la dynamique côtière est représentée par un recul ou une avancée de la ligne du rivage (trait de côte) au cours d'un intervalle de temps [B4]. Cette évolution côtière est représentée en mètres.

La notion de trait de côte est une notion planimétrique qui désigne simplement « l'endroit où s'arrêtent les plus hautes eaux exceptionnelles ».

Dans le cadre de notre étude, nous considérons le trait de côte comme étant :

- La corniche pour une falaise,
- La limite matérialisée par la végétation pour les dunes,
- La limite matérialisée par des ouvrages fixes longitudinaux (le pied de l'ouvrage) (de types perré de protections, murets, digues en enrochements, etc...) lorsque le littoral est artificialisé et que le trait de côte est « maîtrisé » en empêchant tout recul supplémentaire du littoral.



Commune de la Forêt-Fouesnant – Secteur de Kerleven



Commune du Fouesnant – Secteur du Mouterlin Ouest



Commune de Bénodet – Plage du Trez

Source: Orthophoto IGN 2011

Figure 48 : Exemples de traits de côte considérés dans l'étude

3.1 Données utilisées

3.1.1 Période 1952-2011

Les éléments nous permettant d'analyser l'évolution passée du trait de côte sur la période 1952 à 2011 sont les traits de côte de 1978, 2000, 2005, 2009 et 2011 issus des orthophotos aériennes fournies par la DDTM 29 et la DREAL. L'orthophoto aérienne de 1952 n'existe pas recalée (géoréférencée) et n'a donc pas été utilisée dans le cadre de ce PPRL.

La non-utilisation de l'orthophoto aérienne de 1952 n'a pas d'impact sur les résultats de l'évolution passée du trait de côte :

- Le littoral en 1952 était bien différent du littoral actuel. Ainsi l'évolution du trait de côte entre 1952 et 1978 n'est pas représentative de l'évolution passée récente du trait de côte (depuis 1978 et/ou depuis les années 2000).
- Le recul du trait de côte à 100 ans sera issu de la projection des tendances passées de l'évolution du trait de côte auquel sera ajouté le recul susceptible d'intervenir lors d'un évènement ponctuel majeur. Or, à cause de l'importante modification du littoral depuis 1952 (anthropisation du littoral, constructions en haut de plage, etc...), l'évolution passée du trait de côte entre 1952 et 1978 n'est pas représentative de l'évolution actuelle et encore moins de l'évolution future à 100 ans. Ainsi, l'évolution passée entre 1952 et 1978 ne peut pas être utilisée pour l'estimation du recul de plage à 100 ans.

L'étude d'évolution du trait de côte à l'aide des orthophotos aériennes a été réalisée sur la période 1978-2011.

Afin de déterminer l'évolution passée du trait de côte ainsi que les grandes tendances érosives du littoral d'étude, le trait de côte a été digitalisé sur chacune des orthophotos aériennes disponibles : 1978, 2000, 2005, 2009 et 2011.

Pour mémoire, il est important de rappeler que le processus de numérisation, de redressement et de géoréférencement des photographies aériennes puis de digitalisation du trait de côte génère une marge d'erreur de +/- 10 m entre deux clichés successifs dont il faut tenir compte dans l'analyse.

Ce type d'analyse permet de dégager les grandes tendances avec une marge d'erreur estimée à environ 10 m en fonction des incertitudes liées à la qualité variable des orthophotos aériennes et des orthorectifications suivant les dates ainsi qu'à l'interprétation parfois subjective du trait de côte.

Remarque : on précise que l'orthophoto aérienne 1978 n'est pas correctement géoréférencée partout. La partie Ouest du littoral d'étude est mieux calée que la partie Est. Cependant, cette orthophoto a tout de même été utilisée pour comparer l'évolution du trait de côte de manière visuelle afin d'avoir une idée de l'évolution sur les trente dernières années. Ainsi la marge d'erreur estimée pour l'analyse avec l'orthophoto 1978 est de l'ordre de +/- 20 m.

Notre analyse a été complétée par l'analyse qui avait été réalisée par M. Bernard HALLEGOUET et M. Alain HENAFF de l'Université de Bretagne Occidentale dans leur ouvrage intitulé « Evolution récente et gestion des espaces littoraux de l'Ouest Cornouaille » [B5].

3.1.2 Période 2011-2014

Pour la période 2011-2014, nous avons effectué des analyses à partir des trois visites de site réalisées dans le cadre de ce PPRL par les ingénieurs d'EGIS en charge de cette étude. Ces visites ont été effectuées aux périodes suivantes : 10/2012, 01/2014 et 02/2014. Celles-ci ont permis de mieux appréhender la morphologie de chaque site, la dynamique hydrosédimentaire locale, les zones en érosion et/ou sensibles aux risques de submersion, etc...

Le recul du trait de côte entre 2011 et 02/2014 a été estimé par comparaison entre les relevés de terrain effectués en octobre 2012 et début 2014.

La première visite sur site a été réalisée au démarrage de l'étude du 22 au 24/10/2012 par M. GHESQUIERE Guillaume, ingénieur d'EGIS spécialisé en hydrodynamique sédimentaire. (Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude).

En cours d'étude, une succession de tempêtes a balayé la côte Atlantique et notamment finistérienne entre le 18 décembre 2013 et le 5 mars 2014 (tempêtes Dirk, Petra, Ulla...).

Pour des raisons de commodité, les deux successions de tempête (décembre-Janvier et début février) seront résumées respectivement sous l'appellation « tempête Dirk » et « tempête Petra » dans le cadre de ce PPRL.

Se reporter au Chapitre 6 -5) qui présente l'analyse des conditions océano-météorologiques sur cette période de succession de tempêtes entre le 18 décembre 2013 et le 5 mars 2014.

Les fortes houles ont occasionné des dégâts importants sur la côte sud du Finistère. Il s'agit notamment de forts mouvements d'érosion du trait de côte, des phénomènes de franchissements par paquets de mer et quelques surverses.

Deux visites de site complémentaires ont été réalisées après chacune des deux périodes de tempêtes successives :

- du 20 au 22/01/2014 par M. PIALLAT Jacques, expert maritime EGIS et par M. GALLEN Jildaz chef de projet adjoint EGIS. Cette visite fait suite à la tempête « Dirk ».
- du 24 au 26/02/2014 par M. GHESQUIERE Guillaume, ingénieur EGIS spécialisé en hydrodynamique sédimentaire. Cette visite fait suite à la tempête « Petra ».

Ces deux visites de site ont permis :

- de réaliser une expertise technique sur les principaux sites impactés par les tempêtes « Dirk » et « Petra » sur le secteur du PPRL.
- de prendre des mesures de recul de trait de côte et de recueillir toutes informations permettant de mieux appréhender les tempêtes qui se sont produites, leurs déroulements et leurs conséquences en termes de dégâts côtiers.

L'analyse de l'évolution du trait de côte entre 2011 et 2014 a donc été effectuée à partir :

- de la comparaison visuelle (entre les deux dernières visites de 2014 et la visite initiale d'octobre 2012 : cf. annexe 8),
- de mesures sur site (identification du recul de trait de côte par rapport à des points fixes et coordonnées GPS).

Le trait de côte de 02/2014 a ainsi pu être reporté et géoréférencé sur Map Info afin de l'intégrer dans l'analyse de l'évolution passée entre 1978 et 2014.

3.2 Littoral de Bénodet

La figure ci-après présente le littoral d'étude associé aux traits de côte passés.



Figure 49 : Bénodet – Plages : Traits de côte passés

3.2.1 Plage du Coq

Caractéristiques générales :

Cette étroite plage de sable est située dans l'embouchure de l'Odet entre le phare et le port de Bénodet. L'arrière-plage est constituée par un grand mur sur lequel passe la route qui surplombe la plage.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Cette plage est stable sur la période 1978-2014.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.2.2 Plage du Trez

Caractéristiques générales :

La plage du Trez est la plage principale de Bénodet. C'est une plage sableuse alvéolaire qui se situe en fond de baie. La plage a trouvé son équilibre en prenant appui sur la partie Ouest. En effet, sur la partie Est, il n'y a pas de plage. Les houles incidentes du large arrivent perpendiculairement à la plage.

Le haut de plage est constitué par un perré vertical sur la partie Est de la plage, par des murets sur deux étages surplombés par une promenade de bord de mer sur la partie centrale et Ouest de la plage.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Sur ces dernières années, la plage est restée stable et n'est pas soumise à un processus érosif significatif.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.2.3 Plage Saint-Gilles

Caractéristiques générales :

La plage Saint-Gilles est une petite et étroite plage de poche située au Sud sur la côte rocheuse de la commune de Bénodet. En haut de plage a été construit un mur vertical permettant d'éviter l'attaque des houles sur la partie terrestre végétalisée à l'arrière. La plage se situe en contre-bas des installations d'arrière-plage donc le risque de submersion est faible.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Cette plage ainsi que la côte rocheuse ont été globalement stables sur la période 1978-2014. Localement, des petites traces d'érosion sont visibles en haut de plage et le long de la route littorale reliant la plage du Trez à la plage Saint Gilles avec un arrachement de la végétation.

Le littoral compris entre l'anse du Groasguen et la plage Saint-Gilles est stable grâce à l'artificialisation du trait de côte avec des hauts murs verticaux en enrochements et en briques qui permettent d'empêcher le recul du haut de la plage.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.3 Littoral de Fouesnant

3.3.1 Cap Coz

La figure ci-après présente le littoral d'étude associé aux traits de côte passés.



Figure 50 : Fouesnant – Cap Coz : Traits de côte passés

Caractéristiques générales :

La plage du Cap-Coz est située au fond de la Baie de la Forêt, c'est un étroit cordon de sable qui se termine à l'Est par un petit îlot rocheux. Son profil a très sensiblement varié depuis 1840 sous l'effet de modifications successives de la dynamique des houles. Le Cap-Coz qui ferme la Baie de la Forêt est très protégé des vents dominants par la Pointe de Beg-Meil. Il reste en revanche très exposé aux vents de Sud et Sud-Ouest. Ainsi, il n'est pas rare encore aujourd'hui que les eaux passent par-dessus le cordon à l'occasion de fortes tempêtes.

Etant en fond de baie abritée, le transit littoral est très faible et orienté préférentiellement d'Ouest en Est.

Cette plage est bien abritée des houles d'Ouest et est soumise uniquement aux tempêtes de secteurs Sud à Sud-Ouest.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Cette plage de sable est stable ces dernières années grâce aux constructions en haut de plage associées aux murets qui empêchent le haut de plage de reculer.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.3.2 Littoral entre Cap Coz et Beg Meil

La figure ci-après présente le littoral d'étude associé aux traits de côte passés.

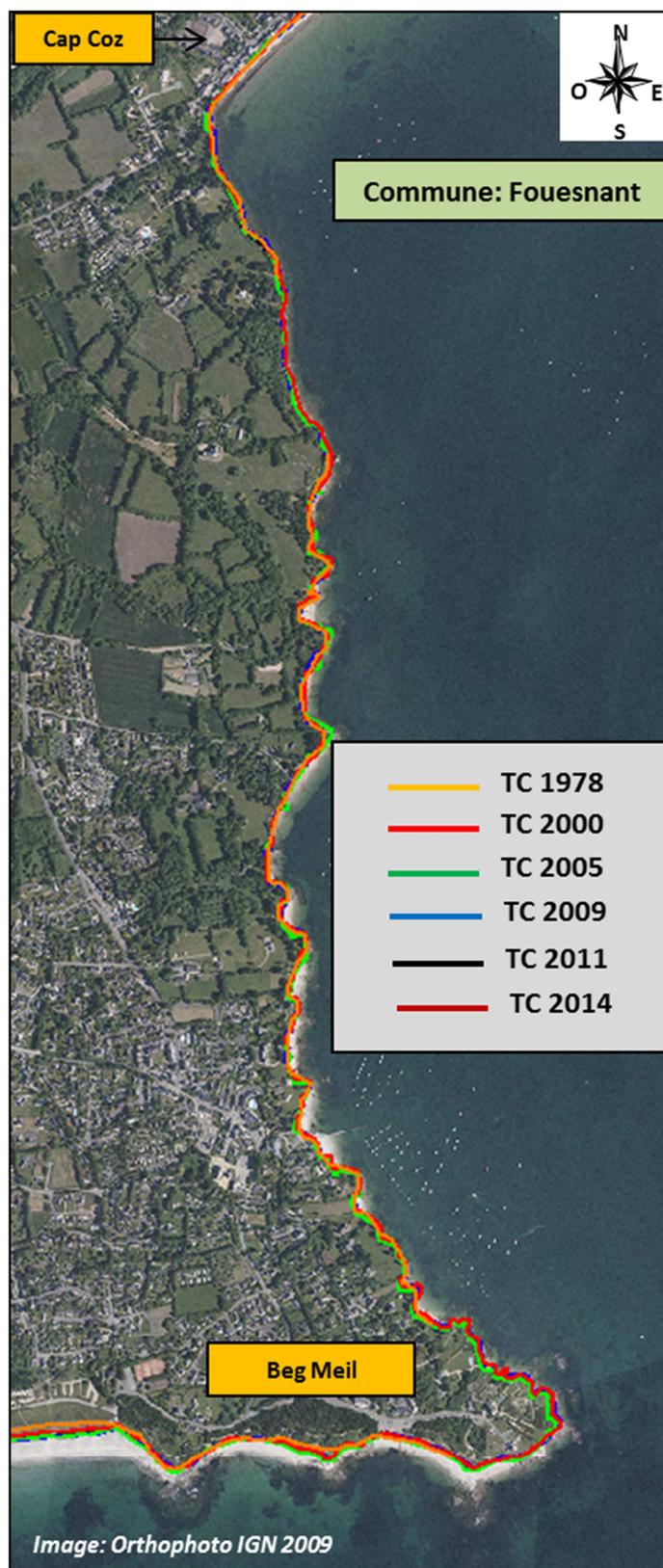


Figure 51 : Fouesnant – Entre Cap Coz et Beg Meil : Traits de côte passés

Caractéristiques générales :

Cette portion du littoral de la commune de Fouesnant est un littoral essentiellement rocheux composé de quelques plages de poche sableuses entre deux pointes rocheuses.

Le transit littoral générée par la houle d'incidence Sud est orienté du Sud vers le Nord mais reste faible devant le littoral.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Ce littoral n'a pas évolué sur ces dernières années et n'est donc pas soumis à érosion.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.3.3 Moustierlin Est : Plages de Beg Meil au Grand Large

Caractéristiques générales :

Cette plage est une longue plage de sable dont le haut de la plage est constitué par un cordon dunaire végétalisée (à l'Est) ainsi que par une longue protection longitudinale en enrochements (à l'Ouest) ayant pour but d'arrêter le processus érosif passé de la partie Ouest de la plage. Ce cordon dunaire a été réhabilité à l'aide notamment de ganivelles et d'accès piétonniers à la plage et aujourd'hui la dune paraît être en bonne santé.

Le transit littoral dominant est orienté d'Ouest en Est.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Afin de comparer la position des traits de côte de 1978 à 2014, 56 profils perpendiculaires au trait de côte ont été tracés et numérotés d'Est en Ouest. La figure ci-après présente le positionnement des 56 profils d'étude sur l'ensemble du littoral ainsi que les différents traits de côte disponibles.

Pour les 56 profils, la position du trait de côte de chaque année a été repérée puis rapportée à une même origine qui correspond à un profil fictif (trait épais en violet). Cette origine permet d'avoir une base commune pour l'analyse de l'évolution passée du trait de côte.

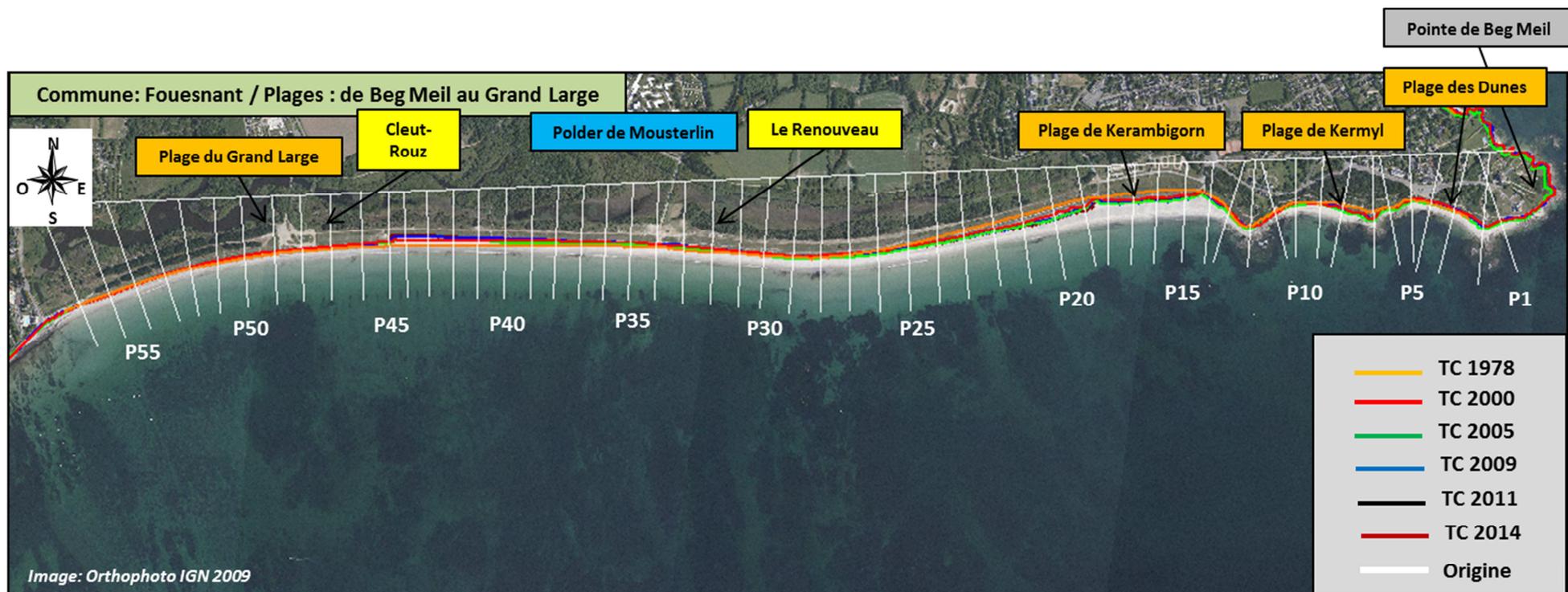
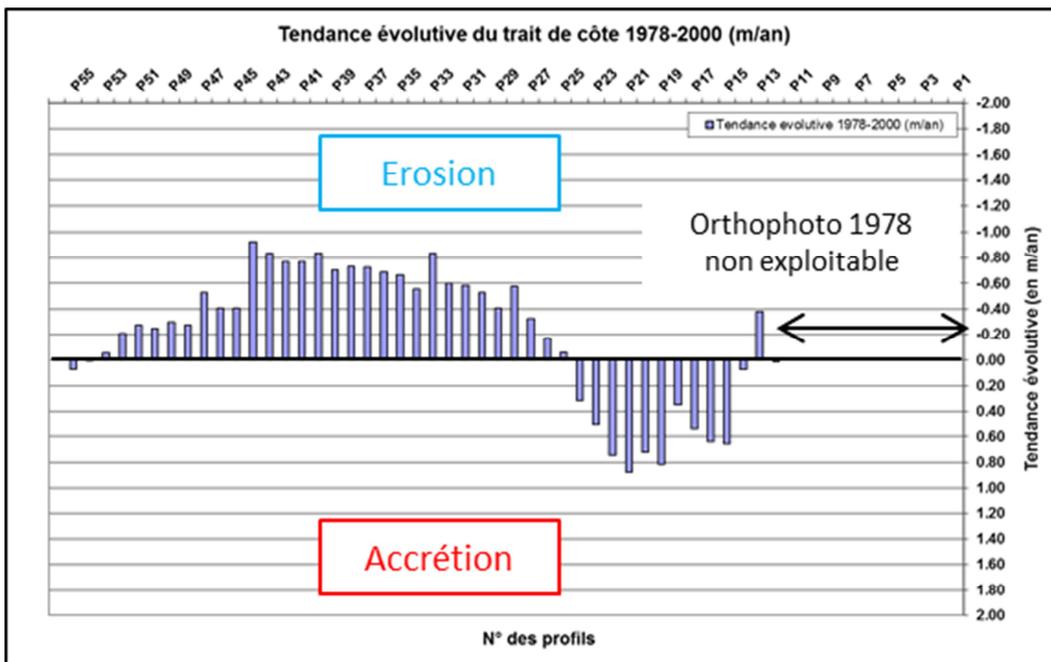
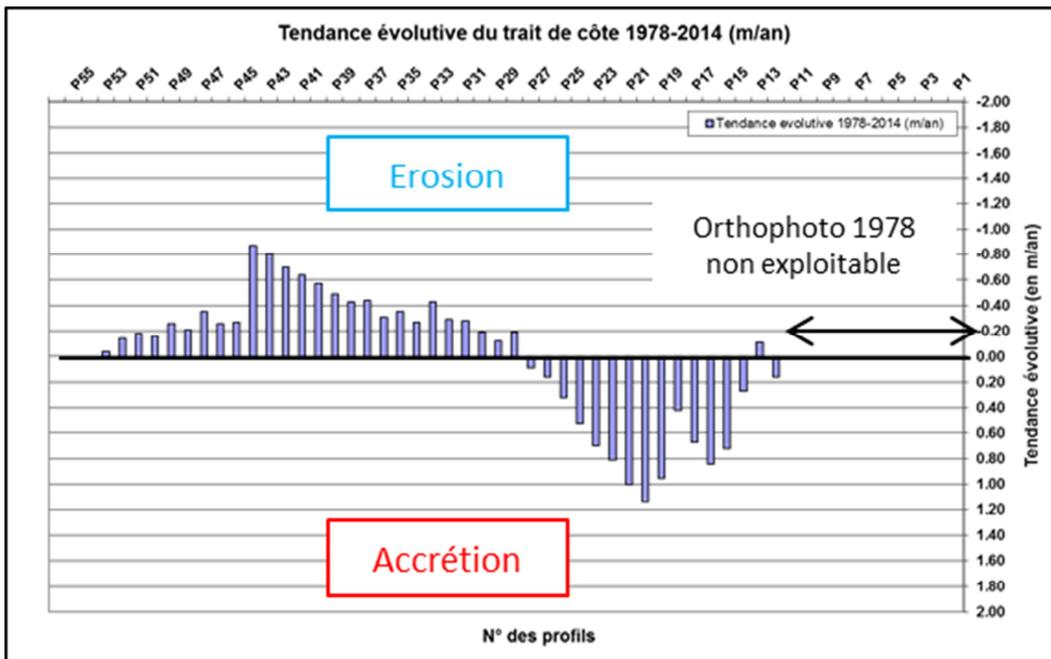


Figure 52 : Fouesnant – Beg Meil au Grand Large : Traits de côte passés et profils

Les graphiques suivants présentent les résultats des évolutions du trait de côte en m/an pour les périodes 1978-2014, 1978-2000 et 2000-2014 :



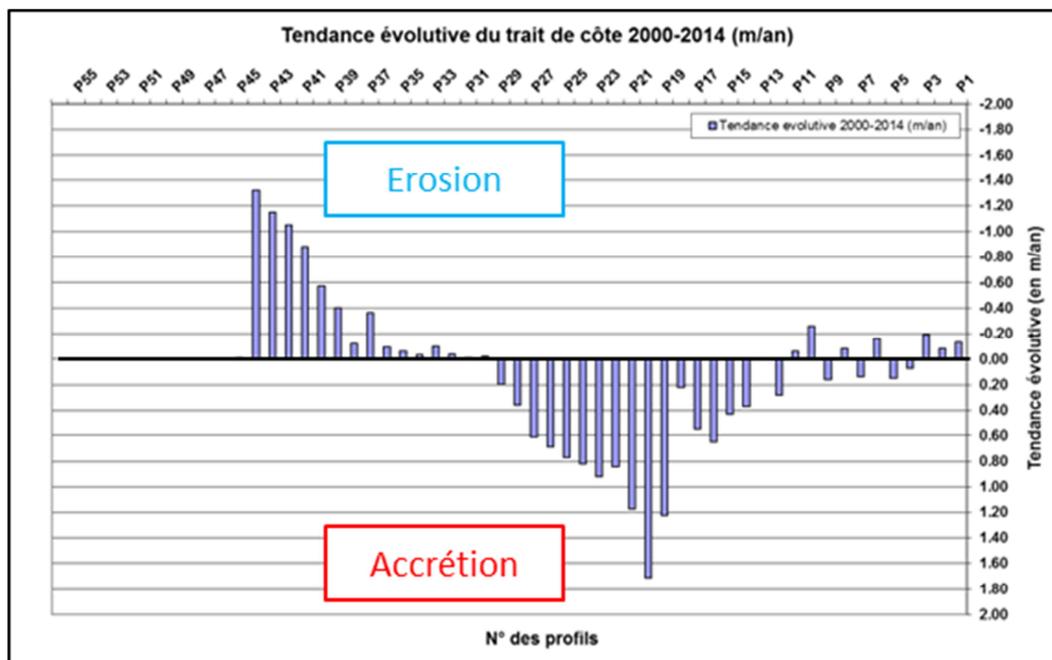


Figure 53 : Fouesnant – Beg Meil au Grand Large : Tendances évolutives passées du trait de côte

Période 1978-2000: Avant la mise en place de la protection longitudinale en enrochements, le trait de côte était en recul de l'ordre de -0,5 m/an (max: -0,9 m/an) sur les secteurs centre et Ouest (P25 à P56). Plus à l'Est, la plage s'est engraisée au rythme moyen de +0,6 m/an.

Période 2000-2014: Sur le secteur Est de la plage (P12 à P29), les travaux d'aménagement pour réhabiliter le cordon dunaire (ganivelles, délimitation des accès à la plage, etc...) ont été efficaces car le cordon dunaire s'est développé et la végétation du haut de plage s'est étendue permettant ainsi au trait de côte d'avancer de l'ordre de +0,4 à +1,0 m/an voire localement plus.

Plus à l'Ouest jusqu'à la protection longitudinale en enrochements au niveau de la plage de Cleut-Rouz, la plage est en revanche en érosion importante. Cette érosion est croissante d'Est en Ouest. Le taux d'érosion contre la protection atteint un taux de l'ordre de -0,8 à -1,2 m/an. Il y a un important risque de brèche dans ce secteur car le haut de la plage est faiblement arasé et le cordon dunaire est étroit.

Les deux plages de poche à l'Est sont globalement stables même si on observe localement des traces d'érosion dans le haut de plage végétalisé s'étant produit notamment lors des tempêtes de l'hiver 2013/014.

Le principal risque hydrosédimentaire est l'érosion ponctuelle engendrée par les fortes tempêtes engendrant des brèches et des dommages dans le cordon dunaire. Les tempêtes récentes ayant engendrées des dommages hydrosédimentaires sont les suivantes :

- 1970 : plusieurs tempêtes successives ont entraîné des brèches dans les dunes,
- 1978 : la dune a été attaquée par les tempêtes de secteur Sud-Est et Ouest sur un linéaire de 3 km.
- 22 au 26 novembre 1984 : recul de la dune de 3 à 8 m selon les secteurs.

- 15 au 18 décembre 1989 : recul notable de la dune à l'Est de la pointe du Moustierlin (non chiffré),
- 19 janvier 1995 : érosion des dunes non chiffrée. Sur la plage des Dunes à l'extrémité Est, des brèches se sont formées dont une de 5 à 6 m de large.
- Octobre 1999 : la dune de Cleut-Rouz a reculé de 4 m suite à l'action conjuguée des vagues et du vent lors des grandes marées de la fin du mois.
- 25 au 31 décembre 1999 : les dunes de Moustierlin Est ont été mises à mal par la tempête, les ganivelles et escaliers d'accès à la plage ont été endommagés dans les secteurs du Cleut-Rouz et du Renouveau.
- 27 octobre 2004 : recul du cordon dunaire de la plage de Kermyl.
- 10 et 11 mars 2008 : Les dunes ont souffert mais le littoral de Fouesnant a été relativement épargné au regard des communes avoisinantes. Erosion sur le secteur de Cleut-Rouz.
- Succession de tempêtes de l'hiver 2013/2014 : recul généralisé du cordon dunaire à l'Est de la protection longitudinale en enrochements.

Synthèse : La mise en place de la protection longitudinale en enrochements a permis d'arrêter le processus érosif de la partie Ouest de la dune. Aujourd'hui, le littoral est stable à l'Ouest et est en légère accrétion à l'Est avec une extension progressive du cordon dunaire vers la mer.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.3.4 Moustierlin Ouest – Plage du Letty

Caractéristiques générales :

Cette plage du Letty est une longue plage de sable qui s'est façonnée grâce au transit littoral Est-Ouest qui a progressivement créé une flèche sableuse à l'extrémité Ouest.

Le haut de la plage est constitué par des dunes végétalisées parfois entrecoupées de brèches témoignant une activité érosive en conditions de tempêtes. Ce cordon dunaire a été réhabilité à l'aide notamment de ganivelles et d'accès piétonniers à la plage et aujourd'hui la dune paraît être en bonne santé, notamment sur sa partie Est. Plus à l'Est vers la pointe du Moustierlin a été installée une protection longitudinale en enrochements permettant de limiter le recul du trait de côte. Aujourd'hui cette protection est encore en bon état.

Le transit littoral dominant est orienté d'Est en Ouest avec toutefois une orientation d'Ouest en Est à l'extrémité Est de la plage due à la réfraction des houles incidentes sur la Pointe du Moustierlin. Ainsi, les sédiments ont tendance à se stocker le long de la digue à l'Est entraînant une sédimentation de la plage.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Afin de comparer la position des traits de côte de 1978 à 2011, 92 profils perpendiculaires au trait de côte ont été tracés et numérotés d'Est en Ouest. La figure ci-après présente le positionnement des 92 profils d'étude sur l'ensemble du littoral ainsi que les différents traits de côte disponibles.

Pour les 92 profils, la position du trait de côte de chaque année a été repérée puis rapportée à une même origine qui correspond à un profil fictif (trait épais en violet). Cette origine permet d'avoir une base commune pour l'analyse de l'évolution passée du trait de côte.

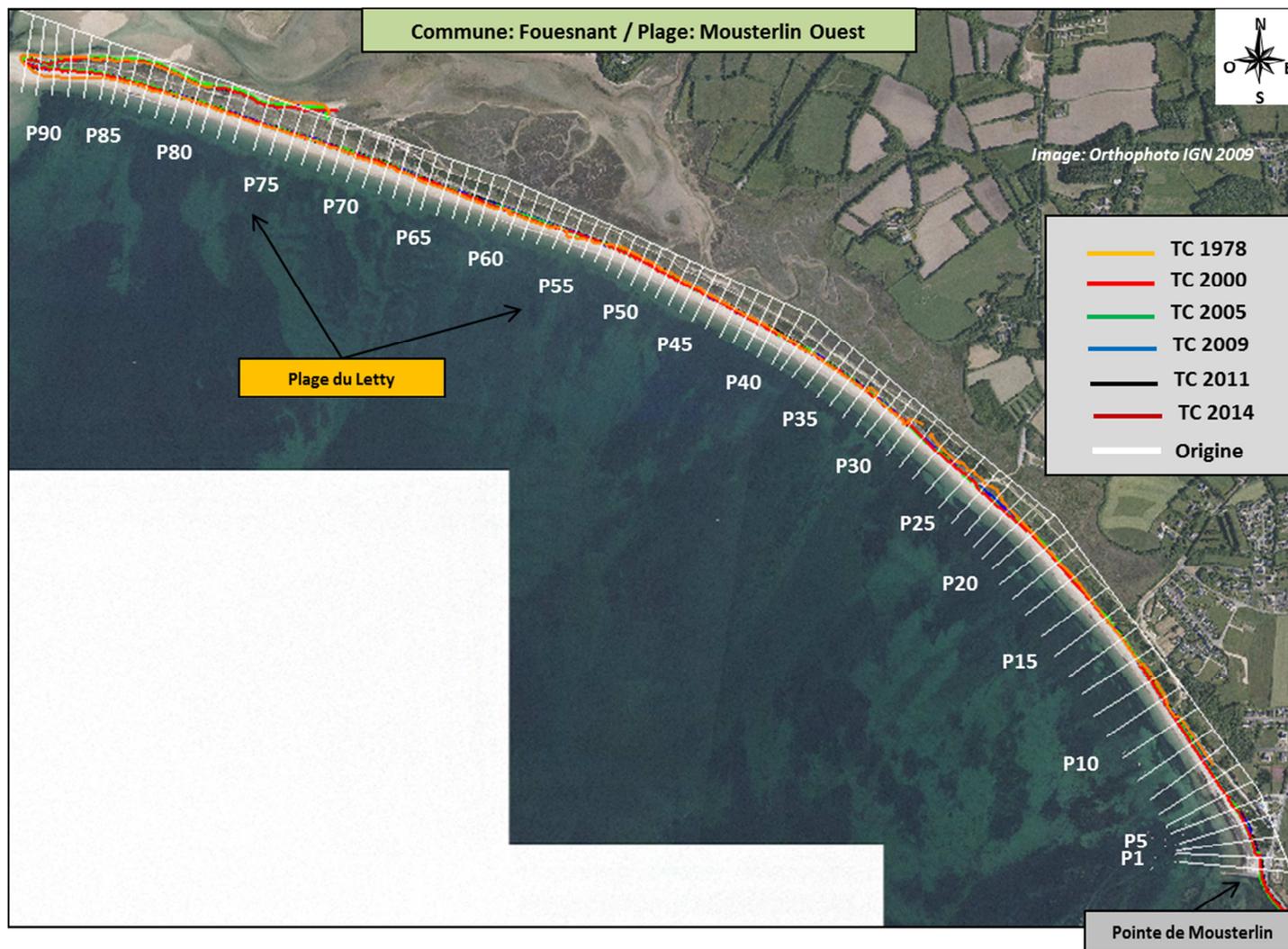
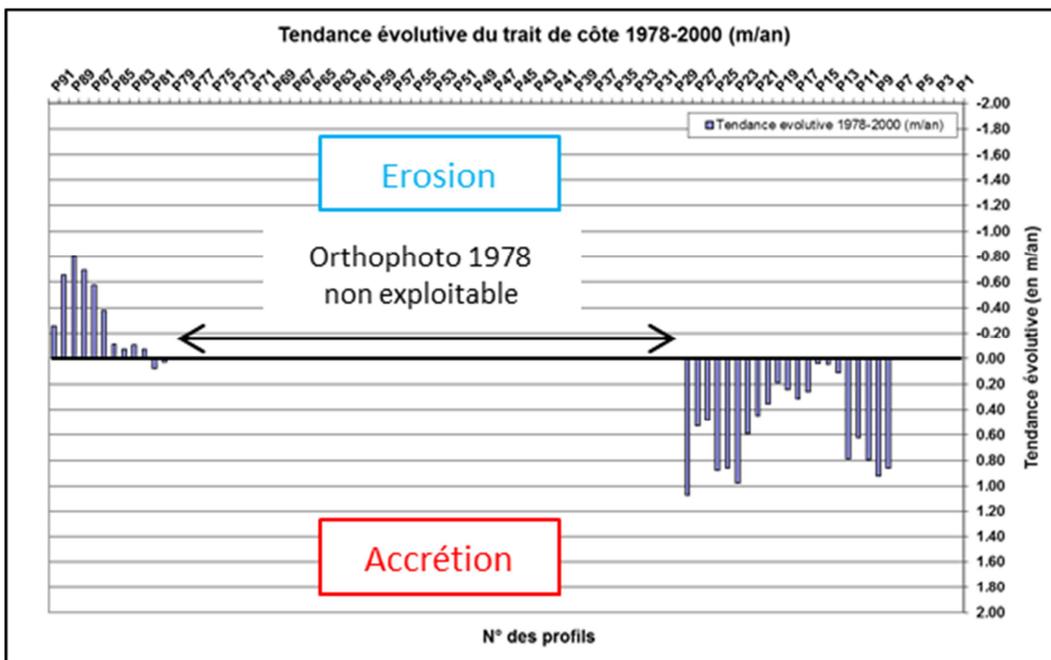
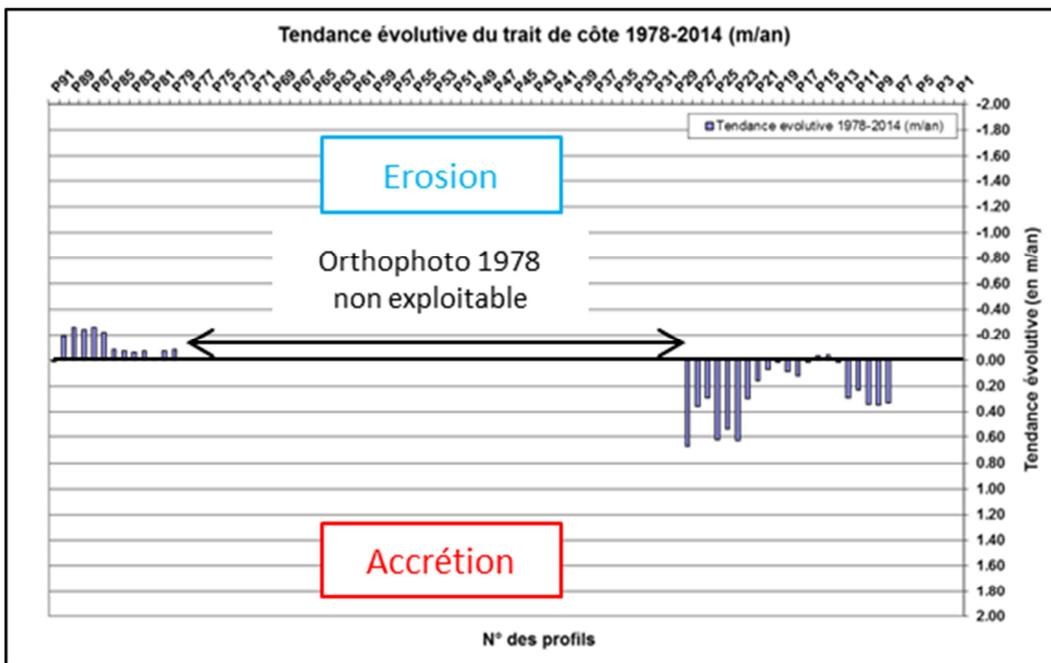


Figure 54 : Fouesnant – Mousterlin Ouest, Letty : Traits de côte passés et profils

Le mauvais géoréférencement de l'orthophoto de 1978 n'a pas permis d'effectuer l'analyse de l'évolution passée du trait de côte sur la partie 1978-2000 sur l'ensemble du littoral de cette plage. Seules les extrémités Est et Ouest ont pu être analysées. Les graphiques suivants présentent les résultats des évolutions du trait de côte en m/an pour les périodes 1978-2014, 1978-2000 et 2000-2014 :



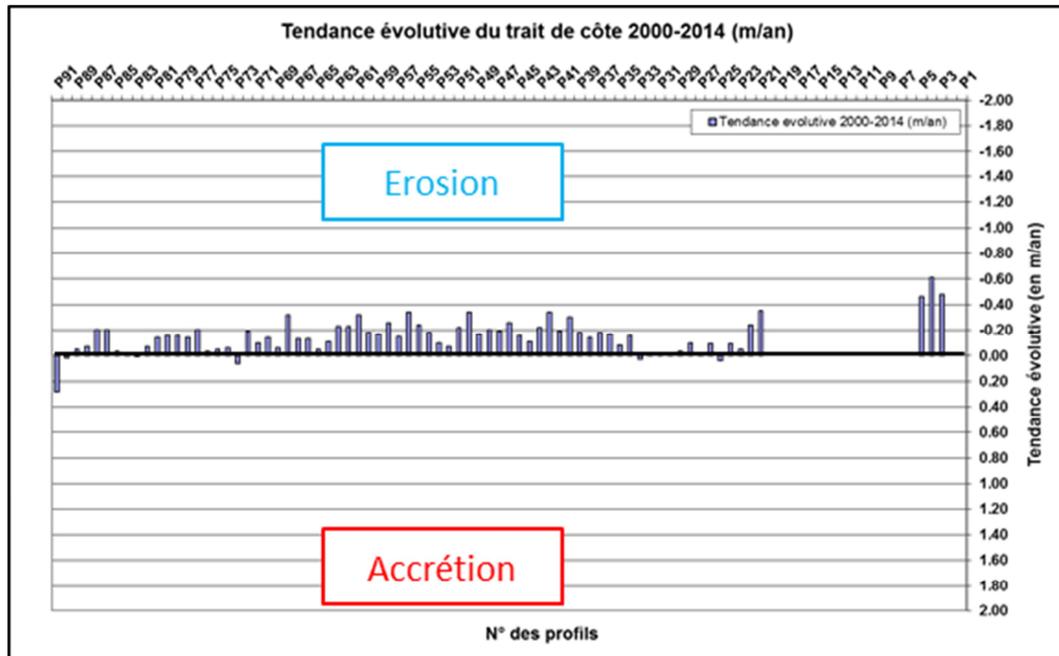


Figure 55 : Fouesnant – Moustierlin Ouest, Letty : Tendances évolutives passées du trait de côte

Période 1978-2000: Le mauvais géoréférencement de l'orthophoto de 1978 n'a pas permis d'effectuer l'analyse de l'évolution passée du trait de côte sur la partie 1978-2000 sur l'ensemble du littoral de cette plage. Seules les extrémités Est et Ouest ont pu être analysées. Toutefois, en considérant certains repères visuels sur la partie centrale mal géoréférencée, on constate que la dune a probablement eu tendance sur cette période à se reconstruire et à se revégétaliser en permettant ainsi une avancée du haut de plage. L'extrémité de la flèche à l'Ouest a reculé sur cette période avec un taux de l'ordre de -0,2 m/an. A l'inverse la partie Est de la plage a avancé avec un taux moyen de l'ordre de +0,4 à +0,6 m/an. Cette accrétion a deux raisons :

- D'une part la mise en place des enrochements à l'extrémité Est avec une ligne de trait de côte considérée pour l'étude en pieds d'enrochements d'où une avancée du trait de côte,
- D'autre part, une réhabilitation progressive du cordon dunaire sur cette période ayant permis une revégétalisation et donc une extension de la dune vers la mer.

Période 2000-2014: la plage présente une faible érosion de l'ordre de -0,1 à -0,2 m/an. Le secteur à l'Est compris entre les deux protections longitudinales en enrochements (P3 à P5) est en érosion plus prononcée avec un taux de l'ordre de -0,4 à -0,6 m/an. De plus, à l'Ouest immédiat de la protection longitudinale en enrochements (P21 et P22), la plage recule de l'ordre de -0,2 à -0,4 m/an).

Globalement, il n'y a pas de secteur en fort recul grâce aux cordons dunaires en bon état (ganivelles, entretien, etc...).

L'évolution passée lors de ces deux cents dernières années a été marqué par un recul régulier de l'ordre de -0,4 m/an. On constate que depuis ces trente dernières années le taux de recul à

tendance à diminuer grâce aux aménagements réalisés (protection longitudinale, ganivelles, protection du cordon dunaire, etc...).

Le principal risque hydrosédimentaire est l'érosion ponctuelle engendrée par les fortes tempêtes engendrant des brèches et des dommages dans le cordon dunaire. Les tempêtes récentes ayant engendrées des dommages hydrosédimentaires ont été recensées dans le Ch. 5.2 :

- 1970 : plusieurs tempêtes successives ont entraîné des brèches dans les dunes,
- 1977 : plus de 400 traverses ont été arrachées laissant ainsi la mer grignoter la dune à l'Ouest de la pointe du Moustierlin sur une centaine de mètres.
- 1978 : la dune a été attaquée par les tempêtes de secteur Sud-Ouest et Ouest sur un linéaire de 4 km.
- 22 au 26 novembre 1984 : recul de la dune de 3 à 8 m selon les secteurs.
- 19 janvier 1995 : érosion des dunes non chiffrée.
- Octobre 1999 : la dune de Cleut-Rouz a reculé de 4 m suite à l'action conjuguée des vagues et du vent lors des grandes marées de la fin du mois.
- 25 au 31 décembre 1999 : les dunes de Moustierlin Ouest ont été mises à mal par la tempête,
- 10 et 11 mars 2008 : Les dunes ont souffert mais le littoral de Fouesnant a été relativement épargné au regard des communes avoisinantes.
- Tempêtes de l'hiver 2013/2014.

Synthèse : Aujourd'hui ce littoral est globalement stable avec toutefois une légère tendance à l'érosion se produisant uniquement lors des fortes tempêtes hivernales. Le cordon dunaire est moins protégé sur sa partie Ouest et est plus soumis à une faible érosion en tempête avec la création de brèches localisées.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.4 Littoral de la Forêt-Fouesnant

La figure ci-après présente le littoral d'étude associé aux traits de côte passés.

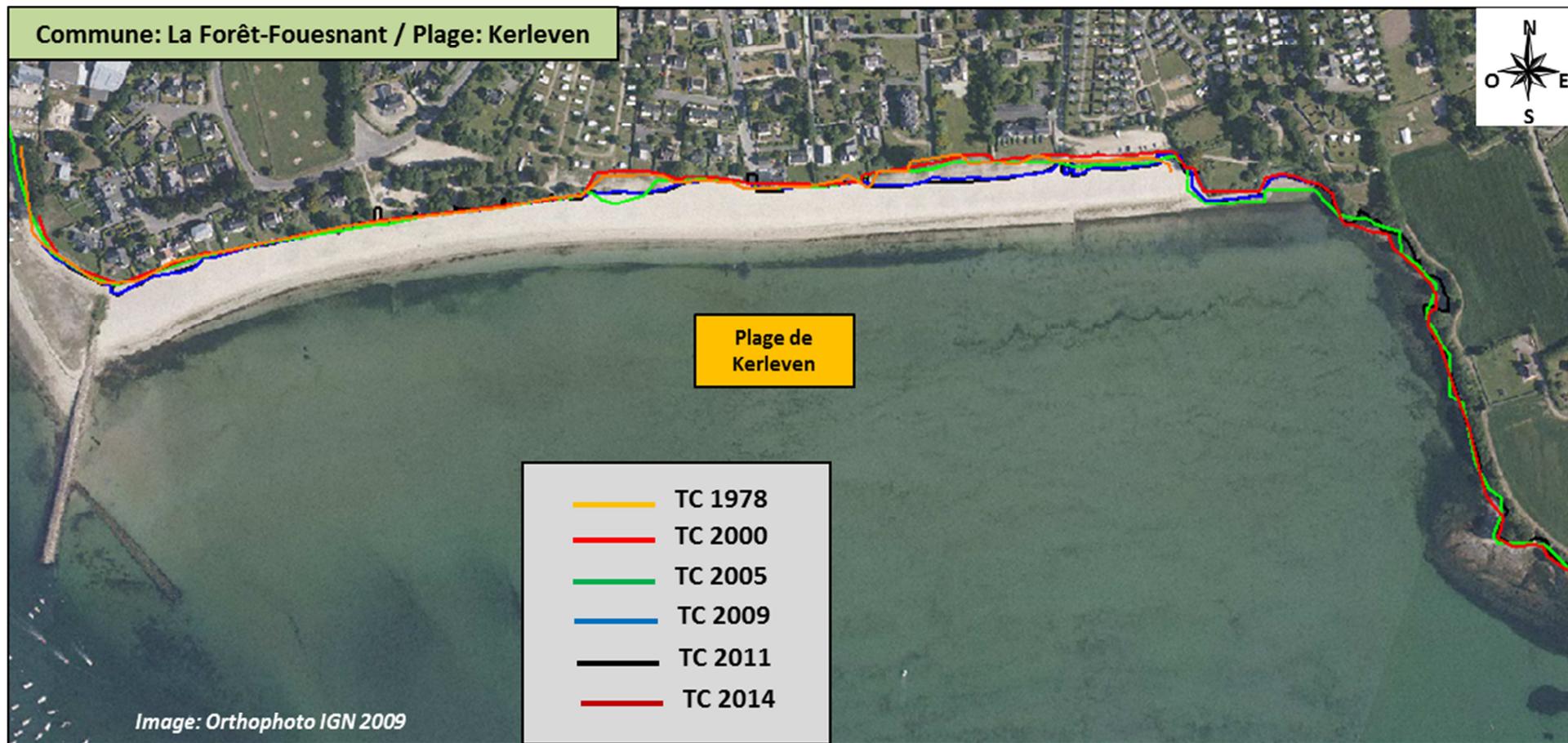


Figure 56 : La Forêt-Fouesnant – Kerleven : Traits de côte passés

Caractéristiques générales :

La plage de Kerleven est située au fond de la Baie de la Forêt, encadrée par une digue en enrochements à l'Ouest et une côte rocheuse à l'Est. Elle est très protégée des vents dominants par la Pointe de Beg-Meil mais reste en revanche très exposée aux vents de Sud et Sud-Ouest.

Cette plage est bien abritée des houles d'Ouest et est soumise uniquement aux tempêtes de secteurs Sud à Sud-Ouest.

Etant en fond de baie abritée, le transit littoral est faible et orienté préférentiellement d'Est en Ouest. Ainsi, les sables ont tendance à se déplacer vers l'Ouest contre la digue en enrochements et ont ensuite tendance à ensabler le chenal de navigation de l'entrée du port de Port-La-Forêt. Pour contrecarrer ce problème de sédimentation, un contre-épi en enrochements a été mis en place contre la digue à l'Ouest. Cet épi a tendance à stocker les sédiments engendrant des fonds moins profonds à l'Ouest qu'à l'Est.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 2 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Cette plage de sable est stable ces dernières années et son haut de plage n'a pas bougé grâce aux constructions en haut de plage associées aux murets.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

3.5 Littoral de Concarneau

La figure ci-après présente le littoral d'étude associé aux traits de côte passés.

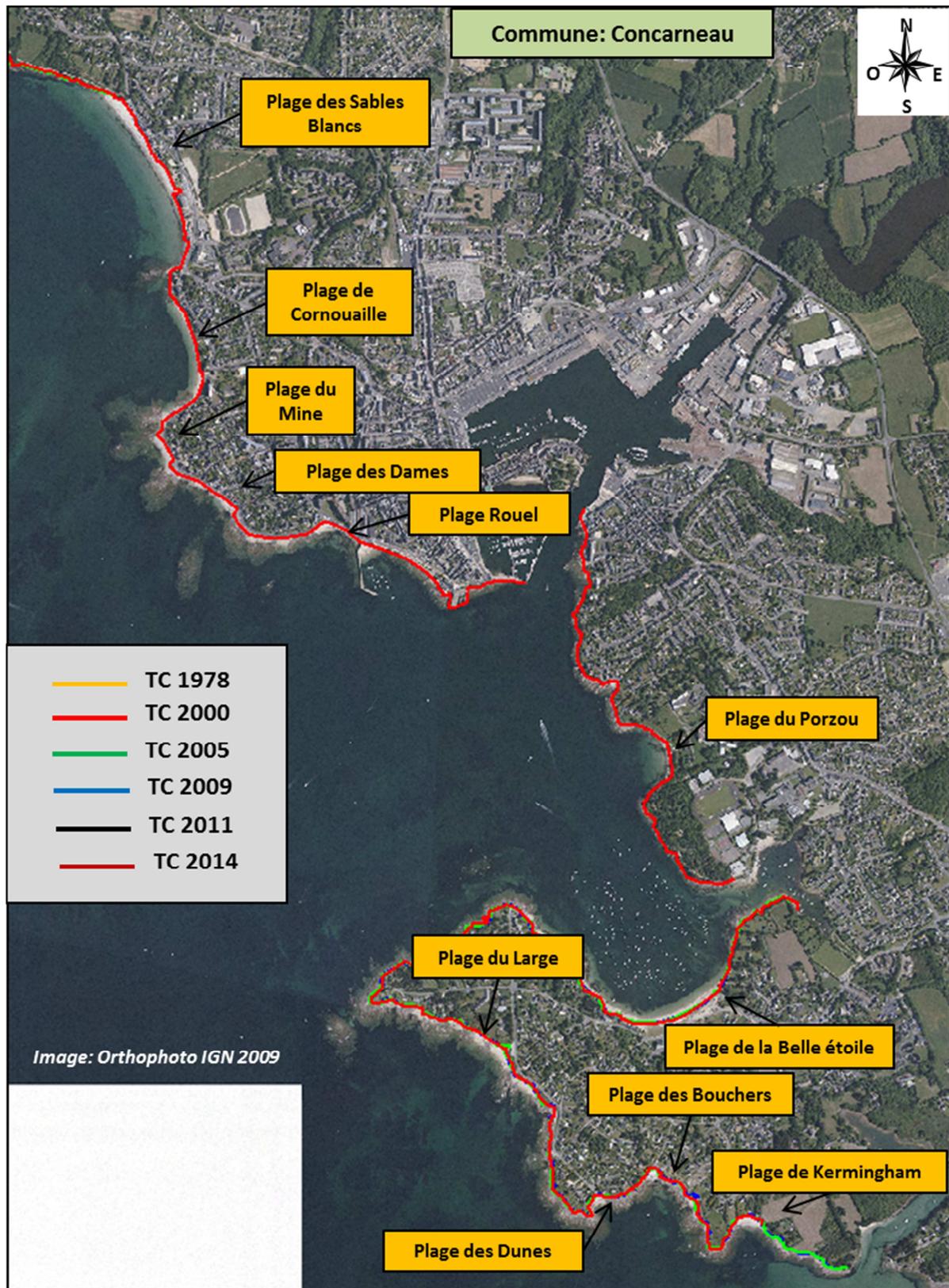


Figure 57 : Concarneau – Plages: Traits de côte passés

Caractéristiques générales :

La commune de Concarneau dispose de nombreuses plages de poche ou « pocket beaches ».

Les plages sont réparties entre le secteur du Cabellou et le secteur du centre de la commune. Les plages du Cabellou bien qu'artificialisées par endroit (protections longitudinales de haut de plage en enrochements ou muret en béton) sont plus « naturelles » que les plages du Nord de la commune qui ont toutes leurs hauts de plage délimités par des importants murs de protection anti-submersion.

Le transit littoral devant les plages est globalement faible et orienté du Sud vers le Nord ou quasi-nul avec un état d'équilibre.

Se reporter au reportage photographique présenté en Annexe 4 pour visualiser le site d'étude.

Evolution du trait de côte :

Les plages sont globalement stables dans le temps et leur haut de plage ne peut pas reculer car elles ont soit un trait de côte artificialisé par des murets de protection anti-submersion, soit une situation bien abritée en fond de baie (Plage de la Belle étoile).

Les plages de Concarneau dans leur ensemble ne sont donc pas touchées par un problème de recul du trait de côte. Cependant, la plage de Cornouaille est sujette à l'érosion ponctuellement lors des tempêtes avec un abaissement ponctuel du niveau de la plage après les tempêtes. Ensuite, en longue période de temps calme, la plage retrouve sa morphologie d'avant tempête.

Une synthèse de la dynamique hydrosédimentaire du site est présentée en Annexe 2.

Chapitre 5 - Analyse historique

1 Occupation humaine et urbanisation

Se référer aux cartes de localisation des principaux lieux cités et de l'évolution de l'urbanisation.

1.1 Bénodet

Source : *Bénodet d'hier et d'aujourd'hui*
Commune de Bénodet

1.1.1 Historique de l'occupation humaine de la commune

Dès l'époque NEOLITHIQUE (6 000 à 2 000 environ av. J.C)

Le site de Bénodet connaît une présence humaine attestée par le menhir du Poulquer et la découverte d'urnes cinéraires dans le quartier du Meneyer. Plus tard, c'est tout le territoire compris entre le Letty, la pointe Saint-Gilles et le Poulquer qui devient un important centre d'occupation gallo-romaine.

L'époque de l'immigration bretonne (V^{ème}-VI^{ème} siècles)

De cette époque semblent dater :

- La création d'un port en face de Sainte-Marine,
- La construction d'une chapelle dédiée à Saint-Gilles (ou Gildas), disparue au cours du XIX^{ème} siècle.
- La construction du sanctuaire principal de la paroisse du Perguet.

Au XIII^{ème} siècle, une chapelle gothique dédiée à Saint-Thomas est fondée sur le port. Un modeste hameau de pêcheur se constitue peu à peu autour du port et de cette chapelle.

La révolution et les guerres de l'Empire

Elle amène la construction d'ouvrages maritimes de reconnaissance ou de défense : fort de Groas Gwen (1803), fort du Coq.

XIX^{ème} siècle

L'importance du bourg et du port de Bénodet ne cesse de croître au cours du XIX^{ème} siècle. Le hameau de pêcheur s'affirme de plus en plus comme le pôle principal de la commune avec la construction de la mairie et celle de l'école mixte, la présence du bureau des Douanes, l'agrandissement de l'ancienne chapelle Saint-Thomas.

Au cours du Second Empire, l'agrément du site commence à attirer une population aisée, avide de villégiature. Quelques maisons élégantes, tournées vers la mer, s'édifient sur le port ou sur les hauteurs. Les maisons de bourg prennent un caractère plus urbain par le rehaussement d'un étage.

XX^{ème} siècle

De 1880 à 1939, le bourg de Bénodet va se transformer et s'étendre de manière marquée avec l'engouement pour la pratique des bains de mer et le développement d'un tourisme élégant.

L'urbanisation englobe peu à peu les petits hameaux de pêcheurs, les fermes éparses le long de la côte (Kerloc'h, Trez-Braz) ou encore le long des voies d'accès. Elle présente 3 formes :

- Celle d'un développement linéaire, de type semi urbain traditionnel, dans le bourg et ses prolongements,
- Celle des grandes propriétés de plaisance dominant l'estuaire et la mer,
- Celle plus tardive (à partir de 1925) de lotissement tel que Kercreven.

La conquête des terres se fait d'abord sur les sites proches du rivage, plus attractifs du point de vue balnéaire, mais moins intéressants d'un point de vue agricole.

Les anciens chemins se transforment en rues, les chemins des douaniers en promenades. Le chemin de la corniche de l'estuaire est ouvert aux automobiles en 1924.

Dans les années 1970, immeubles et résidences balnéaires s'édifient en front de mer tout le long de la plage du Trez.

Les immeubles de Penfoul constituent un ensemble caractéristique des opérations immobilières « pieds dans l'eau » des années 1970. Les lotissements se multiplient, le long du rivage, l'urbanisation se poursuit sous la forme de villas ou de campings.

1.1.2 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire

Sources : POS, Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine du Finistère

Les protections réglementaires en vigueur sur la commune sont les suivantes :

- ZPPAUP, arrêté de création du 08 mars 1990,
- Site inscrit de l'Anse de Penfoul, arrêté du 15 novembre 1945,
- Site inscrit du site côtier de l'Odet, arrêtés du 18 juillet 1961 et du 15 mars 1962,
- Site Inscrit du Placître de Perguet avec ses arbres et sa clôture, arrêté du 09 mai 1931,
- Site classé du site côtier de l'Odet, arrêtés du 09 mars 1923,
- Au niveau du littoral Sud-Est, trois sites Natura 2000 bordent la commune : Marais de Moustierlin pour la directive habitat, Archipel des Glénan pour la directive habitat et la directive oiseaux, Roches de Penmarc'h pour la directive habitat et la directive oiseaux.

Le plan d'occupation des sols de la commune a été approuvé le 2 octobre 1998 et le règlement a été mis à jour en 2009.

Lors de sa rédaction, la politique d'aménagement mise en place par le POS s'articulait autour d'options majeures présentées ci-dessous :

- De nouvelles zones sont ouvertes à l'urbanisation, avec un développement prioritaire sur les zones déjà équipées notamment en assainissement collectifs. Une volonté particulière s'oriente vers l'ouverture à l'urbanisation de la zone autour de Kersale et de la réalisation progressive de la jonction entre l'avenue de la Mer et la route de Poulpry.
- Maintien d'un volant de terrains à bâtir sur le secteur dit "rural", c'est à dire à l'Est de la commune.
- Modification de réserves sur l'aménagement de futures zones d'activités.

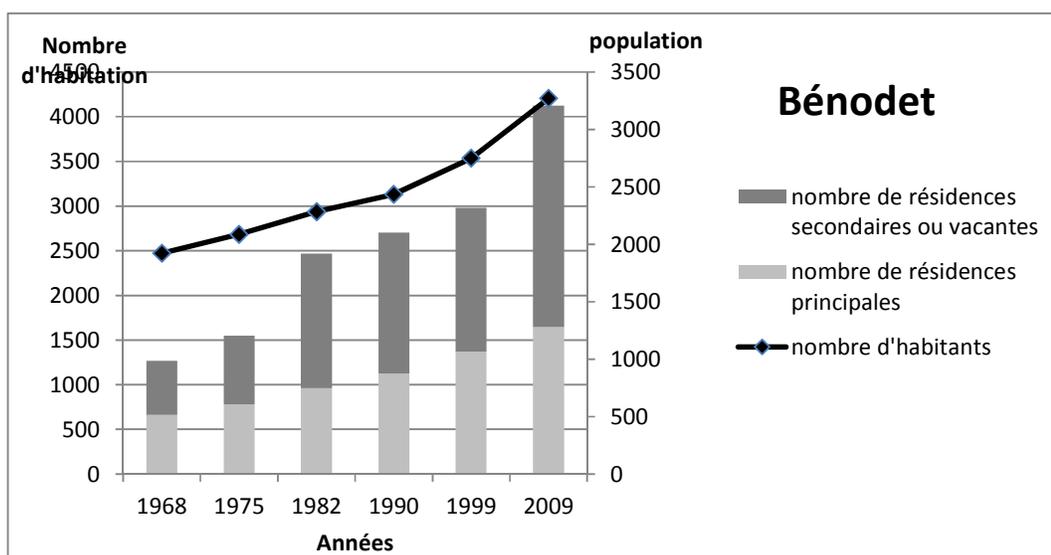
- Prévion à moyen terme du déplacement des parties opérationnelles de la station d'épuration.
- Prise en compte des lois et réglementations telles que la loi "littoral", la loi Paysage et la loi "Barnier" avec un renforcement du dispositif de protection des espaces naturels.

Le POS de la commune a classé en NDs les espaces remarquables recensés au titre de la loi littoral sur le territoire (marais et dunes).

La commune de Bénodet ne dispose pas de PPR opposable à ce jour.

1.1.3 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009

Source : INSEE



Bilan : La population est croissante sur les dernières décennies. Le nombre de résidences principales croît de façon régulière, le nombre de résidences secondaires augmente de façon importante sur les 20 dernières années. L'intensification de l'urbanisation est principalement liée à l'implantation de résidences secondaires.

1.2 Fouesnant

1.2.1 Historique de l'occupation humaine de la commune

Sources : site internet infobretagne.com

La présence de menhirs sur le territoire communal est la marque d'une occupation humaine du site à la fin de l'âge du bronze ou au début de l'âge du fer.

Au X^{ème} siècle, un « pagus fuesnant » cité dans le Cartulaire de l'abbaye de Landévennec donne naissance à la paroisse.

XI-XII^{ème} siècles, construction de l'église de Fouesnant.

En 1873, Fouesnant cède une partie de son territoire qui devient la commune de la Forêt-Fouesnant.

Sur les îles de Glénan, les premières marques de l'occupation humaine remontent à la préhistoire, comme en attestent les sites mégalithiques présents sur l'archipel. Au cours de l'histoire, ces îles ont joué un rôle de repaire pour les marins, mais aucune population résidente ne s'est réellement développée. Les îles comptent aujourd'hui une trentaine d'habitations.

Situation actuelle

Quatre ensembles urbanisés

Fouesnant est une ancienne commune rurale qui a conservé un aspect de bocage avec quatre ensembles urbanisés dont 3 sur le littoral :

- **Le bourg de Fouesnant** : juché à 60 m d'altitude et à trois kilomètres de la côte, le bourg de Fouesnant domine la baie de La Forêt.
- **L'étroite pointe de sable du Cap Coz**, dépassant à peine le niveau de la mer, est presque entièrement occupée par des constructions. Plusieurs lotissements agrandissent le Cap Coz vers l'intérieur des terres.
- **Beg Meil** qui était une station balnéaire réputée dès la fin du XIX^e siècle où furent construits de nombreux hôtels et villas particulières. L'urbanisation s'est ensuite poursuivie sous la forme de lotissements pavillonnaires.
- **La Pointe de Moustierlin** a été l'objet d'une urbanisation plus modérée et plus récente que Beg Meil. Elle s'est développée de façon linéaire le long de la route départementale.

1.2.2 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire

Source : PPR, POS, Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine du Finistère

Les protections réglementaires en vigueur sur la commune sont les suivantes :

- Site classé du bosquet d'arbres entourant la chapelle Ste-Anne, arrêté du 09 septembre 1909,
- Site Classé de l'archipel des Glénan, de l'île aux Moutons et des îlots du Domaine Public Maritime, arrêté du 18 octobre 1973,
- Un site Natura 2000 concerne directement le territoire communal : Marais de Moustierlin (directive habitats),
- Deux sites Natura 2000 se trouvent à proximité : Archipel des Glénan (directives habitats et oiseaux), Roches de Penmarc'h (directives habitats et oiseaux)

Une politique de maîtrise du foncier de la zone littorale et des marais a été mise en œuvre relativement tôt pour les secteurs de Beg Meil et de la Mer Blanche et un peu plus tardivement pour le secteur des marais de Moustierlin.

- L'office National des Forêt (ONF) est propriétaire et gestionnaire des dunes domaniales de la Mer Blanche et des dunes perchées de Beg Meil depuis près d'un siècle. L'ONF poursuit ses travaux de protection contre l'érosion éolienne et marine par des plantations plus rustiques et plus résistantes que par le passé, et par l'emploi de brise vent (îlotage par enclos de ganivelles).
- La commune de Fouesnant est propriétaire et gestionnaire du cordon dunaire de Moustierlin Est.
- Le conservatoire du Littoral a acquis près de 112 hectares du Polder de Moustierlin dont il assure la gestion et l'entretien (rétablissement du drainage, exploitation des pâtures, entretien des sentiers et des clôtures). Un garde assermenté en assure la gestion à temps complet.

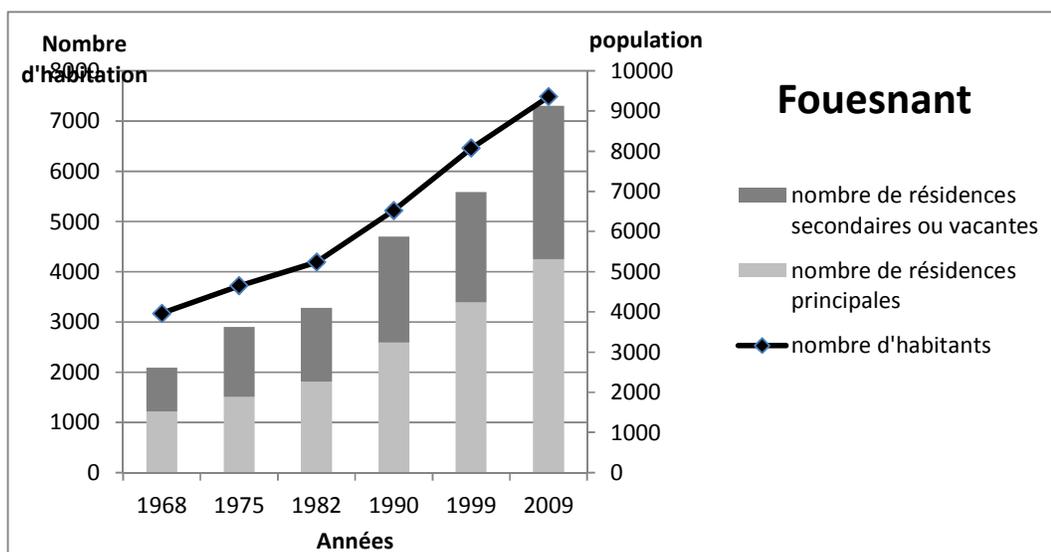
Les rejets des eaux épurées de la station d'épuration sont actuellement localisés dans le marais de Moustertin. Un projet prévoit de modifier ce point de rejet directement en mer par la création d'un émissaire.

POS (10 juin 1994) : la commune de Fouesnant a classé en NDs les espaces remarquables recensés au titre de la loi littoral sur le territoire (marais et dunes).

PPR-SM approuvé le 18 juillet 2000 et modifié le 29 mars 2002.

1.2.3 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009

Source : INSEE



Bilan : une augmentation de la population associée à une augmentation forte de l'urbanisation (résidences principales et secondaires) ; le parc immobilier reste dominé par les résidences principales.

1.3 La Forêt-Fouesnant

1.3.1 Historique de l'occupation humaine de la commune

Source : Mairie de la Forêt Fouesnant

L'époque néolithique

Les vestiges tels le Caïrn ou le terre tumulaire de Kerleven, l'allée couverte de Kerampicard témoignent d'une occupation ancienne du territoire.

Deux voies romaines le traversaient, l'une allant de Quimper à Quimperlé par Beuzec-Conq, l'autre du Bois de Pleuven au fond de l'anse de La Forêt.

1069 : Une abbaye est construite à Loc-Amand.

1851 : La Forêt est érigée en paroisse.

1863 : L'arrivée du chemin de fer à Quimper en 1863, entraîne l'arrivée des premiers touristes qui contribuent à l'essor des commerces forestois.

14 juillet 1873 : Date officielle de création de la Forêt-Fouesnant par une cession de terres de la commune de Fouesnant.

Début du XX^{ème} siècle : Au début du siècle les activités de pêche et d'agriculture se développent.

Périodes après-guerres : Ces périodes sont marquées par un dynamisme important des activités touristiques et commerciales.

Aujourd'hui, la Forêt Fouesnant tire profit de son port de plaisance "Port La Forêt" et des activités touristiques.

1.3.2 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire

Source : CARMEN, POS, Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine du Finistère

Les protections réglementaires en vigueur sur la commune sont les suivantes :

- Site classé de l'Anse de st-Laurent, Kéraliot Coat ar Ménez (site pluricommunal), arrêté du 22 septembre 1924,
- Site classé du moulin du Chef du Bois, arrêté du 5 mai 1924,
- Site Natura 2000 : Dunes et côtes du Trévignon (Directives habitats et oiseaux).

Le POS de la commune a été révisé en 2005 et l'approbation de la révision simplifiée est effective depuis le 30 septembre 2009.

Par la vocation qu'il affecte aux terrains, le POS dresse les fondations de l'évolution de l'urbanisation. Lors de sa rédaction, il prévoyait notamment :

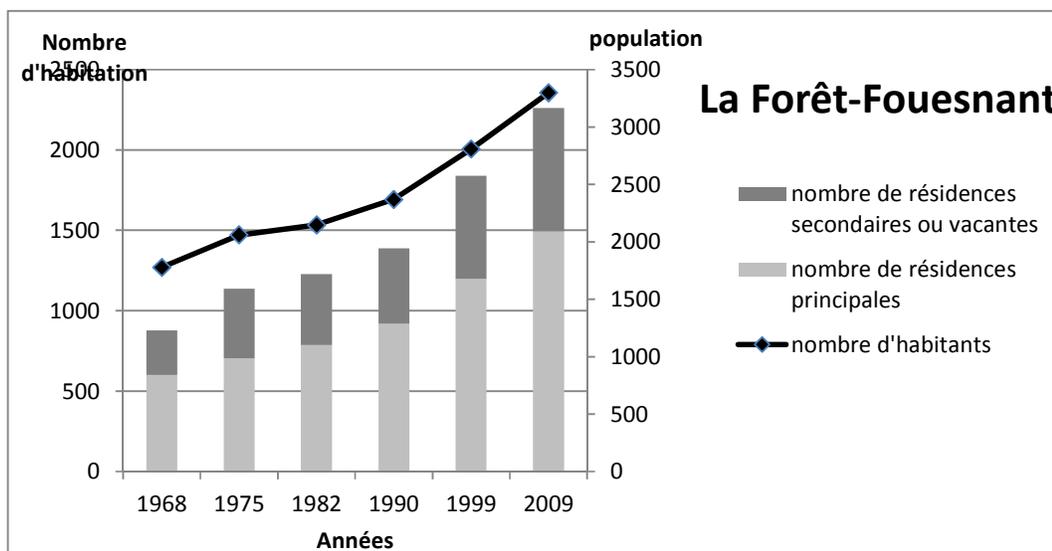
- La poursuite de l'aménagement de Port-La-Forêt,
- La volonté manifeste d'ouvrir de nombreuses zones à l'urbanisation pour accueillir une population nouvelle,
- La poursuite de l'accueil d'activités artisanales ou industrielles, (création de la zone NAI à la Grande Halte),
- La protection des sites les plus sensibles de la commune : littoraux ou ruraux,
- Le maintien d'un cadre rural offrant des chances aux activités agricoles.

Le POS classe en NDs les espaces remarquables recensés au titre de la loi littoral sur le territoire.

La commune de la Forêt-Fouesnant ne dispose pas de PPR opposable à ce jour.

1.3.3 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009

Source : INSEE



Bilan : une augmentation de la population associée à une augmentation forte de l'urbanisation (résidences principales et secondaires) ; le parc immobilier reste dominé par les résidences principales.

1.4 Concarneau

Source : *Histoire de Concarneau- JM Débuysier* ; www.vpah-culture-fr, site du Ministère de la Culture et de la Communication et de la Direction Générale du Patrimoine.

1.4.1 Situation actuelle

3^{ème} ville du Finistère avec ses 20 099 habitants, Concarneau est une importante station balnéaire située au fond d'une baie très abritée. La ville s'est développée autour de sa célèbre Ville-Close, cité fortifiée du XV^e et XVI^e siècle et remaniée au XIX^e siècle.

L'urbanisation de la commune se divise en deux zones principales, avec une occupation préférentielle sur la bordure littorale et un habitat plus diffus en arrière de celle-ci. Le maximum de densité se retrouve au niveau de la Ville Close.

1.4.2 Historique

Historique de l'occupation humaine de la commune

Les fondements : C'est aux alentours du IV^{ème} siècle que la ville de Concarneau prend ses origines, alors que des religieux édifièrent un prieuré sur l'îlot alors inhabité qui est aujourd'hui devenu la Ville Close.

Au X^{ème} siècle : Une église est construite pour répondre à l'augmentation de la population qui est constituée par une communauté de bourgeois, de négociants et de pêcheurs.

Du XIII^{ème} au XVI^{ème} siècle : Concarneau devient une ville fortifiée par la construction d'une ceinture murale en pierres. Place forte des côtes bretonnes, la ville devient l'enjeu de nombreux combats et rivalités.

XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles : La défense de la ville s'accroît et de nombreux bateaux et canons y sont construits. Vers 1680, Vauban visite Concarneau et y entreprend une amélioration du système de défense. Jusqu'à la fin de la révolution française, Concarneau compte en plus de la garnison une population importante de pêcheurs.

XIX^{ème} siècle : Concarneau est à la fois un pôle de pêche et un pôle de commerce important, mais ce développement est stoppé au début du siècle par les guerres de l'Empire napoléonien et le blocus des côtes.

Avec la révolution industrielle, la ville se transforme. Des maisons bourgeoises sont édifiées le long des quais hors de la Ville Close. Cette dernière devient un quartier populaire abritant matelots et sardinières. La Station Biologique de Concarneau est fondée par Victor Coste en 1859. Il s'agit de la plus ancienne station marine du monde.

À partir de 1851, les premières conserveries apparaissent. Elles sont spécialisées dans la sardine et le thon. Elles font la fortune de quelques négociants et permettent une élévation du niveau de vie de la population. En 1900, la ville compte 30 usines employant 2 000 ouvrières sur une population de 7 000 habitants. En 1905, la disparition des grands bancs de sardines plonge Concarneau dans la misère.

Le XIX^{ème} siècle voit la création d'une infrastructure portuaire importante et un aménagement de l'avant-port avec bassins, quais et digue.

XX^{ème} siècle : Après la Première Guerre mondiale, les petits bateaux de pêche cèdent la place aux pinasses montées. Le moteur supplante peu à peu la voile. La pêche au chalut se pratique alors toute l'année. En 1925, l'arrière-port est aménagé.

Le 19 septembre 1945, la commune de Beuzec-Conq, qui compte 4 155 habitants, est rattachée à celle de Concarneau. En 1959, la commune de Lanriec, qui compte 3 079 habitants, y est également rattachée.

1.4.3 Planification de l'urbanisation et protection réglementaire

Source : CARMEN, PLU, Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine du Finistère

Les protections réglementaires en vigueur sur la commune sont les suivantes :

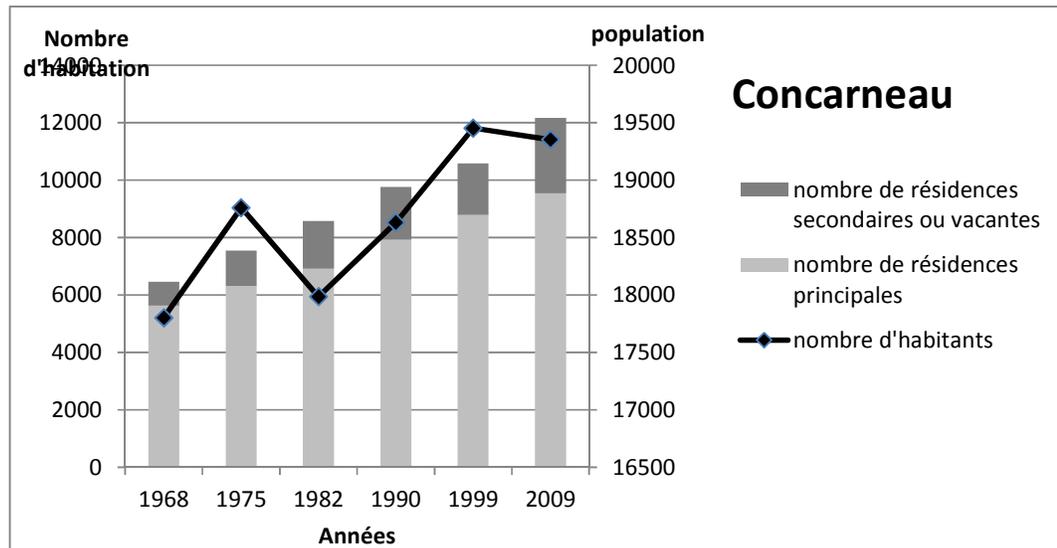
- ZPPAUP, arrêté de création du 26 février 1992,
- Site classé de l'Anse de St-Laurent (site pluri-communal), arrêté du 22 septembre 1924,
- Site inscrit de la Pointe du Cabellou, arrêté du 15 novembre 1963,
- Site inscrit des parties boisées du domaine de Kériolet, arrêté du 13 octobre 1955,
- Site inscrit du massif boisé du Sud-Est de la Ville Close, arrêté du 27 août 1937,
- Le territoire communal est concerné par un espace Natura 2000 sur le site « Dunes et côte de Trévignon ». Ce site est classé au titre des directives oiseaux et habitats. Ce site Natura 2000 doit être géré de façon à garantir la survie à long terme des espèces et des habitats en faveur desquels il a été désigné.

Le document d'urbanisme de la commune correspond à un Plan Local d'Urbanisme. Celui-ci a été approuvé le 12 octobre 2007 et a fait l'objet d'une modification en 2009 sur le secteur de Kerrichard et d'une révision simplifiée pour le secteur de Kerandon. Il classe en Nm les espaces appartenant au domaine public maritime et en Ns les espaces et milieux à préserver en fonction de leur intérêt écologique.

La commune de Concarneau ne dispose pas de PPR opposable à ce jour.

1.4.4 Evolution de la population et des logements entre 1968 et 2009

Source : INSEE



Bilan : des fluctuations dans la dynamique de population, qui est en baisse sur la dernière décennie ; le parc résidentiel reste en croissance, que ce soit pour les résidences principales ou secondaires. L'habitat est en majorité constitué de résidences principales.

2 Les fiches tempêtes

Se référer aux cartes « Synthèse des événements historiques » est établie pour chaque commune - 2 séries de cartes (événements antérieurs à 2012 et événements hiver 2013 – 2014)

Ce chapitre regroupe l'ensemble des « fiches tempête » pour chacune des communes. Ces fiches se composent d'un historique détaillé qui retrace tous les événements identifiés lors de l'analyse bibliographique. La précision des cartes de synthèse des événements historiques est fonction de la qualité des documents historiques disponibles (tous les événements ne sont pas localisables).

Dans le cadre de la recherche d'informations sur les catastrophes naturelles, la Préfecture du Finistère nous a ouvert ses archives. Lorsque cela est possible, des détails sont donc apportés sur les caractéristiques des événements qui ont menés à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ainsi que sur les dommages observés. Beaucoup de dossiers ont cependant été détruits lors des inondations des sous-sols de la Préfecture en 2000.

Sur la carte de synthèse des événements historiques, des zonages accompagnés de dates indiquent l'emprise des zones inondées lorsque leur définition est précise. Dans le cas contraire, seule une étiquette portant la date de l'évènement est figurée.

En annexe 5, des fiches tempêtes globales sont disponibles. A l'inverse des fiches présentées ci-dessous, les fiches globales présentent de manière générale chacun des événements répertoriés sur l'ensemble du territoire d'étude.

2.1 Bénodet

Sources : Commune de Bénodet, Base de données GASPARD, R Chatain, A. Hénaff (UBO), Préfecture dossier catastrophes naturelles, Le Télégramme, Ouest-France, SHOM

2.1.1 Evènements historiques antérieurs à 2013

4 décembre 1865

Conditions météorologiques : vent de secteur Sud-Sud-Ouest.

Conditions marégraphiques : grandes marées, tempête associée à une surcote de plus de 1,5 m.

Le mur d'enceinte du fort a été disloqué sur 30 m et les fondations du phare ont été endommagées.

02 février 1904

Conditions météorologiques et marégraphiques non connues.

Suite à la tempête, des cabines de bain sont emportées.

Hiver 1945 - 1946

Conditions météorologiques et marégraphiques non connues.

La marée a conduit à des submersions au niveau de l'Eglise Saint-Thomas et du terre-plein.

1978 (non daté)

Au niveau de la pointe St-Gilles, la roche a été érodée sous l'action conjuguée des facteurs continentaux et de l'infiltration des eaux continentales.

Février 1979

Conditions météorologiques et marégraphiques non connues.

Les vagues ont entamé la côte rocheuse sur une cinquantaine de mètres et emporté de larges plaques de bitume devant la résidence de Saint-Gildas.



Figure 58 : Coupure de journal en date de 1979 (Le Télégramme)

22 novembre 1984

Conditions météorologiques : vents de secteurs Sud-Ouest à Sud-Sud-Ouest avec une vitesse moyenne de 108km/h et des rafales à 144 km/h.

Conditions marégraphiques : marée de coefficient 109 le 23 novembre.

Arrêté de catastrophe naturelle pour chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

Aucune précision n'a été retrouvée dans les dossiers CATNAT.

Tempête du 15 octobre 1987

Conditions météorologiques non connues : pression minimale à 948 hPa, rafales à 180 km/h avec vents les plus forts mesurés à 220 km/h (pointe du Raz).

Conditions marégraphiques : faibles coefficients de marée (22).

Arrêté de catastrophe naturelle pour tempête.

Le port de plaisance a été endommagé lors de cette tempête. De nombreux bateaux sont touchés et des pontons se sont disloqués ont été coulés. Une reconstruction a été menée en 1995.



Figure 59 : Dommages observés sur le port de plaisance (Télégramme des 17 et 18 octobre 1987)

Tempête du 15 au 18 décembre 1989

Conditions marégraphiques : coefficients de marée de 72 avec une surcote correspondant à un coefficient de 115.

Des dégâts ont été constatés dans les ports du littoral finistérien, à Bénodet, les enrochements sous la route de la corniche ont été déplacés, la cale à l'Est a été endommagée. Les cabines de bain présentes sur la plage ont subi une destruction de l'ordre de 50%.

22 janvier 1995

Conditions marégraphiques : coefficient de 78.

Autres dommages liés aux tempêtes (notamment chute d'arbres), pas de dégâts particuliers sur le littoral.

2003

Au niveau de la pointe de St-Gilles, des facteurs météo-marins conjugués ont entraîné l'érosion de la promenade supérieure, la destruction de busages et le départ de sable.

9, 10 et 11 mars 2008

Conditions météorologiques : vent de secteur Ouest, rafales de 115 km/h, pression minimum enregistrée à 978,6 hPa.

Conditions marégraphiques : coefficient de 104 associé à une forte houle (Hs = 7 m, mesurée aux Pierres Noires, Bouée au large de Ouessant), surcotes marines (sans set-up) enregistrées à Concarneau de hauteur maximale de 78 cm au moment de la 1ère pleine mer de la journée du 10 mars 2008.

Les principaux dégâts observés correspondent à :

- Des remontées d'eaux pluviales : cinéma, thalasso, résidences au niveau du Trez Bihan, de la voirie sur la corniche de la plage et du camping au Letty,



Figure 60 : Route de la corniche submergée (Télégramme du 11 mars 2008)

- Des dommages causés par la mer sur des ouvrages côtiers : perré en béton de la corniche de la plage endommagé et promenade sablée du Groasguen ; au niveau du camping du Letty, le mur de protection s'est effondré sur 5 m et les fondations se sont déchaussées sur 20 m,
- Des dégradations sur les infrastructures portuaires ont eu lieu sur le port de plaisance.

Un arrêté de catastrophe naturelle a été acté pour les phénomènes d'inondations et de chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

28 février 2010

Conditions météorologiques : vent de secteur Nord-Ouest, rafales jusqu'à 100 km/h ; hauteur de précipitations journalière de 30 mm pour le 27 février 2010 ; pression minimum à 974,6 hPa.

Conditions marégraphiques : surcote au large estimée à 40/50 cm, coefficient de 102.

Comme en 2008, un arrêté de catastrophe naturelle a été pris pour inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

2.1.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014

Soumise aux nombreuses tempêtes de l'hiver 2013 – 2014, la commune de Bénodet a principalement été touchée par la succession des tempêtes Anne et Christina (du 3 au 7 janvier 2014).

Pour les conditions océano-météorologiques, se référer au chapitre 6, paragraphe 6 : « Tempêtes durant l'hiver 2013/2014 ».

Les informations relatives aux dommages observés sur la commune ont été recueillies auprès aux travers de recherches documentaires et de campagnes de terrains :

- Exploitation de la revue de presse des journaux Le Télégramme et Ouest-France réalisée par la DDTM,
- Exploitation de la synthèse des dégâts côtiers du 7 janvier 2014 réalisée par la DDTM,

- Recherches internet pour acquisition de photographies et vidéos des évènements (You Tube, BFM, I télé, Le Télégramme et Ouest-France, Journaux télévisés nationaux, caphorniers-quimper.com, blog de Philip Plisson),
- Deux campagnes de terrains ont été réalisées sur la thématique érosion, les 20, 21 et 22 janvier 2014 ainsi que les 24, 25 et 26 février 2014
- Une campagne sur les thématiques franchissements et submersions a été réalisée le 21 février 2014,
- Les riverains ont été consultés lors des campagnes de terrain, **en raison de la succession des évènements, les personnes rencontrées ne sont pas toujours en mesure de dater précisément les dégâts.**

Un entretien téléphonique avec les services de la mairie nous a permis de dresser l'état des lieux établi ci-dessous.

La liste, communiquée par la mairie, est la suivante :

■ Au niveau du Trez-Bihan :

- Projection de sable sur la promenade du Trez ; celui-ci a été évacué à l'aide de bulldozer ;
- Les bordures de granit le long de cette même promenade ont été descellées sur 60 mètres linéaires et emportées par la mer sur 20 mètres linéaires ;
- 19 portes des cabines (sur 250) de bain situées sur la plage du Trez ont été enfoncées par la houle ; 6 d'entre elles, situées près du poste de CRS exclusivement, devront être remplacées ;
- L'émissaire en mer (ouvrage de 1972), exutoire des eaux pluviales situé en face du Casino a été détruit ;



Figure 61 : Cabines de la plage du Trez bloquées par l'accumulation de sable (photo Ouest France)



Figure 62 : Traces de franchissements sur la promenade (photo Egis 26 février 2014)

■ Pointe de Saint-Gilles :

- Certains enrochements ont été déstabilisés et quelques blocs se sont effondrés ;
- Des chemins piétonniers ont partiellement été détruits ;
- Détérioration d'un mur de soutènement en pierres ;
- Quelques traces d'érosion dans la végétation ;

Il n'y a pas eu de submersion lors de ces épisodes.



Figure 63 : Dommages le long de la route menant à la pointe St Gilles (photos Egis 26 février 2014)



Figure 64 : Dommages sur la pointe St Gilles (photos Egis 26 février 2014)

2.1.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles

Sur la commune, 9 arrêtés de catastrophes naturelles sont répertoriés, pour les évènements suivants :

- Du 22 au 24 novembre 1984 : Inondations, coulées de boue et glissements de terrain (n°1 sur la frise présenté ci-dessous),
- Du 22 au 24 novembre 1984 : Chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°2),
- Du 15 au 16 octobre 1987 : Tempête (n°3)
- Du 12 au 17 février 1990 : Inondations et coulées de boue (n°4),
- Du 17 au 31 janvier 1995 : Inondations et coulées de boue (n°5),
- Du 25 au 29 décembre 1999 : Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain (n°6),
- Du 09 au 10 mars 2008 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°7),
- Le 28 février 2010 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°8)
- Du 3 au 6 janvier 2014 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°9).

2.1.4 Frise chronologique

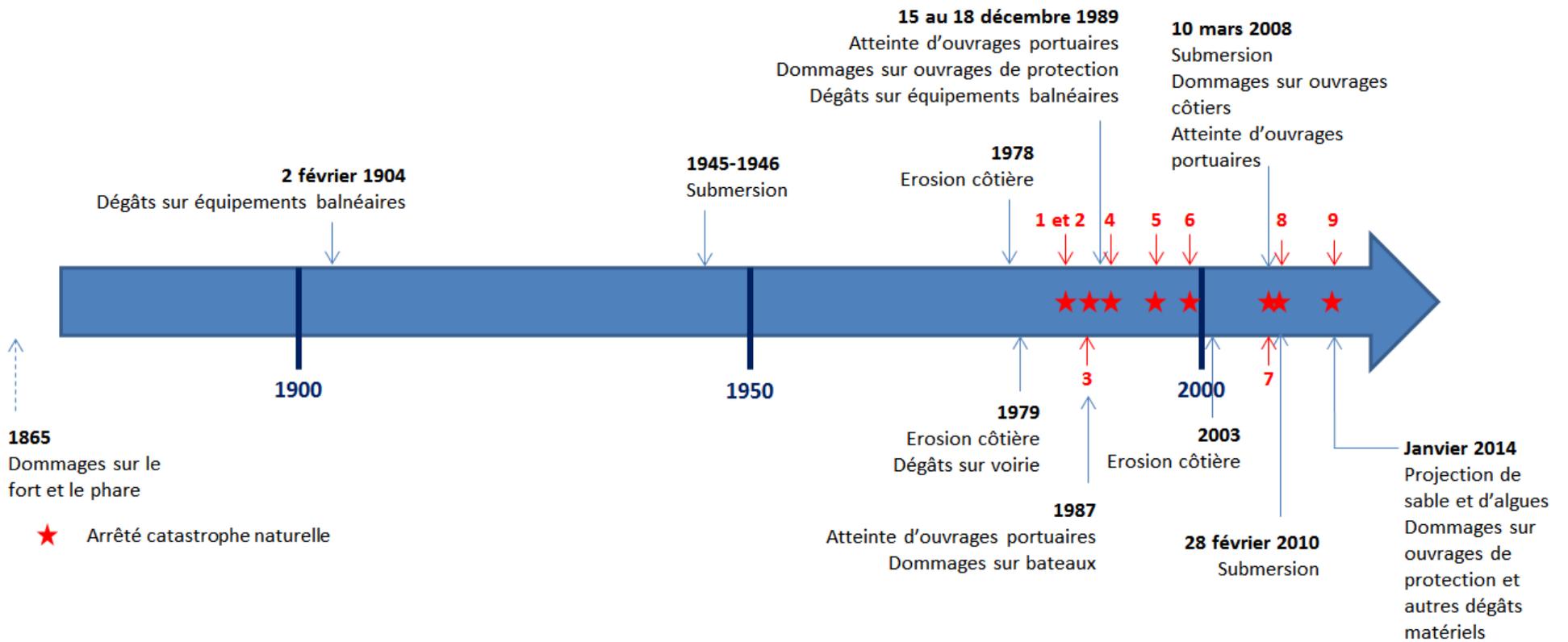


Figure 65 : Bilan des évènements sur la commune de Bénodet

2.2 Fouesnant – Moustierlin et Beg Meil

Sources : Base de données GASPARD, R Chatain, Délégation de la Mer et du Littoral de la DDTM29, Commune de Fouesnant, A. Hénaff (UBO), Ouest-France, Préfecture dossier catastrophes naturelles, PPR-SM de Fouesnant et Ile Tudy (29 mars 2002), Le Télégramme, SHOM

2.2.1 Evènements historiques antérieurs à 2013

1800

Brèche dans le cordon Ouest de Moustierlin.

1846

Tempêtes successives de l'hiver qui causent différents dégâts sur le cordon de Moustierlin Est :

- Erosion éolienne (qui fait suite à une surexploitation des chiendents),
- Brèches dans le cordon,
- Submersion des zones basses en arrière du cordon.

Tempête du 4 décembre 1865

Conditions météorologiques : vent de secteur Sud-Sud-Ouest.

Conditions marégraphiques : coefficient de 104, tempête associée à une surcote de plus de 1,5 m.

La dune de Moustierlin Ouest a rompu en 3 endroits distincts.

Une brèche de 250m de large avec entrée d'eau de mer jusqu'à 700 à 800m à l'intérieur des terres.

Lors de cette tempête, le village a été submergé et les digues ont été détruites. La chaussée de la cale a également été détruite sur 60 mètres de long.

4 octobre 1866

Grande marée ayant provoquée de larges ouvertures dans les dunes de Moustierlin Est.

1867

Erosion et abaissement de la crête de dune (Moustierlin Est) suite à des actions anthropiques.

De facteur inconnu : cordon de Moustierlin Ouest coupé dans le voisinage de la pointe.

1868

Submersion des zones basses en arrière du cordon Est.

Erosion et recul du trait de côte du 1^{er} janvier 1877

Conditions marégraphiques : coefficient de 98.

Les dunes de Moustierlin ont été endommagées de façon importante lors de cet évènement.

2 et 3 février 1904

Conditions marégraphiques : coefficient de 108 à 114.

La topographie de la pointe de Moustierlin est complètement modifiée. Le grand mur de soutènement qui protégeait la partie extrême de la pointe a été renversé sur sa plus grande longueur. Des blocs énormes ont été enlevés et projetés dans l'intérieur des terres.

Le mur beaucoup plus mince qui fait suite n'a pas été touché, mais par contre la dune a été érodée et, en pénétrant par deux brèches, la mer a transformé les champs en véritable marais.

1914

Les vents induisent un recul de la dune de 100 m sur 800 m de long au niveau de la pointe.

13 et 14 mars 1937

Conditions marégraphiques : coefficient de 111.

Référence historique : recul de la dune de 4 mètres sur un secteur de 200 mètres à la pointe Sud-Est de la plage lors d'une tempête. Aucune autre précision géographique n'est apportée, il n'est donc pas possible de localiser cet événement sur la carte de synthèse des événements historiques.

La dune du Groasguen (cordon Ouest) est progressivement rongée par la mer.

Tempête du 16 février 1941

Conditions marégraphiques : coefficient de 98.

La dune de Groasguen, sur le rivage de l'anse, est fortement érodée. L'entrée de l'anse est élargie, le sable de la pointe est étalé sur 250 mètres et une brèche de 140 mètres apparaît à 80 mètres de l'extrémité.

Erosion et submersion du 25 février 1941

Conditions marégraphiques : coefficient de 89.

Les sites impactés sont le cordon Ouest de Moustierlin et l'anse de Groasguen. Les submersions inondent un hectare de terres cultivées.

1947

Destruction de l'épi au niveau du cordon de Moustierlin Est.

Destruction d'un épi à l'emplacement actuel de la cale de Moustierlin au niveau du cordon de Moustierlin Ouest.

Du 22 au 25 octobre 1949

Conditions marégraphiques : coefficient de 112 à 87.

Une nouvelle brèche a été creusée dans la dune sur la pointe du Moustierlin. Des submersions affectent les terres agricoles et le monument aux martyrs de Moustierlin.

Hivers 1962 et 1963

Erosion côtière. Pas de référence géographique précise.

Tempête de 1968

Une brèche de plus de 250 mètres de large a été provoquée et il y a eu des entrées d'eau de mer jusqu'à 700 à 800 mètres à l'intérieur des terres.

Février 1969

L'article du Télégramme du 18 février 1969 est accusateur : « *La tempête et une mauvaise évacuation des eaux provoquent des dégâts à Moustierlin* ». Le lieu-dit (pas de localisation précise) a été soumis à des phénomènes de submersion (« *par endroit la hauteur de l'eau de mer atteignait 50 centimètres* »).

1970

Tempêtes successives qui entraînent des brèches dans les dunes de Moustierlin Est et Ouest.

1971

Destruction de la route fixant le trait de côte à la pointe de Moustierlin lors d'une tempête qui a duré 2 jours.

1977

Plus de 400 traverses ont été arrachées laissant ainsi la mer endommager la dune à l'Ouest de la pointe sur une centaine de mètres.

1978

Au cours de l'année, plusieurs phénomènes ont été observés mais ne sont pas datés :

- Au niveau de la pointe de Moustierlin, le mur de soutènement s'est déchaussé, probablement suite à des facteurs marins tels que les houles et les vagues.
- Sur le cordon de Moustierlin Est, la dune a été endommagée par les tempêtes de secteur Sud-Est et Ouest sur un linéaire de 3 km.
- Sur le cordon Ouest, la dune a été endommagée par les tempêtes de secteur Sud-Ouest et Ouest sur un linéaire de 4 km.

13 décembre 1978

Conditions météorologiques : vents de secteur Sud-Ouest puis Ouest-Sud-Ouest soufflant jusqu'à 120 km/h le 13 décembre et de secteur Nord-Ouest le 14 décembre.

Conditions marégraphiques : coefficient de marée de 81.

Des centaines de traverses de protection ont été arrachées libérant des paquets de mer qui sont venus balayer les dunes et la route. Le recul de la dune est de plusieurs mètres.

Sur l'île de Saint-Nicolas (Glénan), la dune Sud a été érodée. Les rideaux de protection, constitués de traverses de chemin de fer, en place sur le secteur Nord-Est ont été enlevés par la mer. Un amaigrissement a touché la dune Nord avec un abaissement de 1 à 1,5 mètre.

Tempête du 22 au 26 novembre 1984

Conditions météorologiques : vents de secteurs Sud-Ouest à Sud-Sud-Ouest avec une vitesse moyenne de 108km/h et des rafales à 144 km/h.

Conditions marégraphiques : marée de coefficient 109 le 23 novembre.

La mer a emporté les dunes sur 2,5 km de longueur et sur une profondeur de 3 à 8 mètres.

Les travées de chemin de fer qui constituaient une protection contre l'érosion ont été emportées.

Le recul de la dune est alors de 3 à 8 m selon les secteurs, sur un linéaire de 2 500 m.

Des dégâts sur des ouvrages de protection sont constatés au niveau de la pointe de Moustierlin.



Figure 66 : Les traverses de fer qui retenaient la dune ont été emportées par la mer (photo issue du Télégramme du 24 novembre 1984)

1985

Au cours de l'année, deux phénomènes de tempêtes sont identifiable :

- Le premier, datant du mois de juin a vu plus de 2 mètres de dunes disparaître à plusieurs endroits. Cette information n'est pas localisée.
- Sur le cordon Est de Moustierlin, plusieurs rangées de pieux de châtaigniers (protection du rivage) ont été détruites. Cette information n'est pas datée.

15 octobre 1987

Conditions météorologiques non connues : pression minimale à 948 hPa, rafales à 180 km/h avec vents les plus forts mesurés à 220 km/h (pointe du Raz).

Conditions marégraphiques : faibles coefficients de marée (22).

Arrêté de catastrophe naturelle suite à une tempête importante.

Les dommages correspondent principalement à ceux occasionnés par le vent (arbres, toitures, ...). Le secteur de Beg Meil a cependant été particulièrement touché par l'érosion.



Figure 67 : Pointe de Beg Meil au lendemain de la tempête (source : Ouest-France)



Figure 68 : Erosion observée au niveau de la dune de Beg Meil (Le Télégramme, 18 octobre 1987)

Tempête du 15 au 18 décembre 1989

Conditions marégraphiques : coefficients de marée de 72 avec une surcote correspondant à un coefficient de 115.

Des dommages ont été causés aux aménagements côtiers, voici une liste de ceux repérés dans la bibliographie :

- Jetée du port côté Cap : les blocs de la jetée ont vacillés, un ponton a été rompu,
- Beg Meil : Ganivelles arrachées, des pins ont été déracinés,
- Dune de Beg Meil : destruction d'éléments dans le mur de protection de la pointe, recul de 3 m dans les dunes, affaissement, brèches, inondation des marais en arrière de la dune par submersion,
- Dune de Moustierlin : recul notable de la dune à l'Est de l'enrochement (non chiffré).

Des réparations ont été nécessaires sur les descentes de plages. Information non localisée.

Cet événement a fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle pour inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

3 février 1990

Conditions marégraphiques : marée de coefficient 57.

Au niveau de Kerler (Mousterlin Ouest), le chemin côtier présent sur la dune a disparu.

19 janvier 1995

Lors de cet événement, des rafales de vents à 144 km/h ont été enregistrées à la pointe du Raz et à Camaret.

Conditions marégraphiques : marée de coefficient 88.

Les dégâts suivants ont été observés :

- Kermyl : traverses de chemin de fer arrachées par endroit par les vagues, sape de la dune,
- Le Renouveau : Creux de 2 à 3 m de large percés dans la dune,
- Plage des Dunes : brèches dans la dune, dont une de 5 à 6 m de large,
- Les dunes de Mousterlin Est et Ouest ont subi une érosion (non chiffrée).

Les précipitations ont mené à une inondation du marais de Mousterlin.



Figure 69 : Extrait du Ouest France du 23 janvier 1995

Evolution des dunes en 1999

En janvier 1999, un coup de vent a permis l'engraissement de la dune de Kérambigorn (les ganivelles ont joué leur rôle).

En octobre 1999 la dune de Cleut Rouz a reculé de 4 mètres suite à l'action conjuguée des vagues et du vent lors des grandes marées de la fin du mois.

Du 25 au 31 décembre 1999

Conditions marégraphiques : marée de coefficient 102 le 25 décembre à 45 le 31 décembre.

Les dunes de Mousterlin Est et Ouest ont été mises à mal par la tempête, les ganivelles et escaliers d'accès à la plage ont été endommagés dans les secteurs du Cleut-Rouz et du renouveau.



Figure 70 : Dommages observés sur les aménagements littoraux au Renouveau à Beg Meil (Ouest France du 27 décembre 1999)

Tempête du 27 octobre 2004

Conditions météorologiques : vents enregistrés à 126 km/h à Ouessant.

Conditions marégraphiques : marée de coefficient 93.

Recul du cordon dunaire au niveau de la plage de Kermyl, paquets de mer au niveau de la pointe du Moustierlin qui ont nécessité une interdiction de circulation.



Figure 71 : Erosion de la dune de la plage de Kermyl (Le Télégramme, 29 octobre 2004)

10 et 11 mars 2008

Conditions météorologiques : vent de secteur Ouest, rafales de 115 km/h, pression minimum enregistrée à 978,6 hPa.

Conditions marégraphiques : coefficient de 104 associé à une forte houle (Hs = 7 m, mesurée aux Pierres Noires, Bouée au large de Ouessant), surcotes marines (sans set-up) enregistrées à Concarneau de hauteur maximale de 78 cm au moment de la 1^{ère} pleine mer de la journée du 10 mars 2008.

Les dunes ont une nouvelle fois souffert mais le littoral fouesnantais est relativement épargné au regard des communes avoisinantes. La mer est passée au-dessus de l'enrochement à l'Ouest de la pointe. On note également de l'érosion sur le secteur de Cleut Rouz.



Figure 72 : Erosion de la dune (Le Télégramme du 15 mars 2008)

Tempête du 28 février 2010

Conditions météorologiques : vent de secteur Nord-Ouest, rafales jusqu'à 100 km/h ; hauteur de précipitations journalière de 30 mm pour le 27 février 2010 ; pression minimum à 974,6 hPa.

Conditions marégraphiques : surcote au large estimée à 40/50 cm, coefficient de 102.

Arrêté de catastrophe naturelle pour inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

Submersions importantes au niveau du marais de Moustierlin.



Figure 73 : Marais de Moustierlin submergé (Le Télégramme du 02 mars 2010)

2.2.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014

Soumise aux nombreuses tempêtes de l'hiver 2013 – 2014, la commune de Fouesnant a connu des phénomènes similaires sur l'ensemble des évènements, à savoir des franchissements par paquets de mer sur une grande partie du secteur Moustierlin est, une érosion des cordons dunaires et des dommages sur ouvrages de protection.

Les tempêtes les plus dommageables correspondent aux successions Anne et Christina du 3 au 7 janvier, ainsi que Petra du 4 au 5 février 2014. Pour les conditions océano-météorologiques, se référer au chapitre 6, paragraphe 6 : « Tempêtes durant l'hiver 2013/2014 ».

Les informations relatives aux dommages observés sur la commune ont été recueillies aux travers de recherches documentaires, de rendez-vous et de campagnes de terrains :

- Exploitation de la revue de presse des journaux Le Télégramme et Ouest-France réalisée par la DDTM,
- Exploitation de la synthèse des dégâts côtiers du 7 janvier 2014 réalisée par la DDTM,
- Exploitation des études menées par Alain Hénaff de l'Université de Brest,
- Recherches internet pour acquisition de photographies et vidéos des évènements (YouTube, BFM, I télé, Le Télégramme et Ouest-France, Journaux télévisés nationaux, association pour la sauvegarde du pays fouesnantais),
- Deux campagnes de terrains ont été réalisées sur la thématique érosion, les 20, 21 et 22 janvier 2014 ainsi que les 24, 25 et 26 février 2014
- Une campagne sur les thématiques franchissements et submersions a été réalisée le 20 février 2014,
- Les riverains ont été consultés lors des campagnes de terrain,
- Un rendez-vous avec la commune a été réalisé le 20 février 2014, rencontre avec Jean Luc Sez nec (Directeur des Services Techniques), Laure Caramaro (Adjointe Environnement) et Adeline Guerville (Responsable du Service Urbanisme),

Les détails des dégâts, recueillis auprès des services de la mairie et des riverains sont synthétisés dans les paragraphes ci-dessous.

En raison de la succession des événements, les personnes rencontrées ne sont pas toujours en mesure de dater précisément les dégâts.

Le Cap Coz

Lors de la tempête Christina, des franchissements sont à l'origine de submersions observées sur le parking situé à la pointe du Cap Coz et au droit de l'entrée de la plage de Cap Coz avec des écoulements sur le début de la route du Port. Les écoulements se produisent lors de la pleine mer du 4 janvier 2014 au matin. Ils sont faibles et s'évacuent naturellement ; il n'y a pas de rétention ni d'accumulation d'eau de mer. Les franchissements sont à l'origine du charriage de sable et de goémon sur la voirie.



Figure 74 : Zones de franchissement et sens des écoulements au niveau du Cap Coz (source orthophoto : Géoportail)





Figure 75 : Traces de franchissement en haut de la route du Port et de l'avenue de la Pointe du Cap Coz (photos Egis, 20 et 24 février 2014)

D'importantes quantités de sable se sont retrouvées sur la route et dans les jardins des maisons en arrière. Ce sable a été stocké en haut de plage (cf. photo).



Figure 76 : Stockage du sable en haut de la plage du Cap Coz (photo Egis, 24 février 2014)

Lors de la tempête Petra, les phénomènes de franchissement et de submersion ont été plus importants que ceux observés début janvier. D'après les témoignages des riverains, les vents étaient en effet plus défavorables pour le secteur de Cap Coz.

Les vents ont soufflé fortement et quelques arbres ont été déracinés à la pointe du Cap Coz.



Figure 77 : Arbres déracinés au Cap Coz (photo Egis, 24 février 2014)

A l'Ouest du Cap Coz, des franchissements se sont produits dans la descente du Loch au niveau du croisement avec l'avenue de la pointe du Cap Coz. Des dommages au niveau des barrières des propriétés privées donnant sur le front de mer ont été recensés.



Figure 78 : traces de franchissements à l'Ouest du Cap Coz et dégâts (photos Egis, 24 février 2014)

La succession des tempêtes ont apporté du sable sur le haut de la plage qui s'est engraisé.



Figure 79 : Engraissement de la plage à l'Ouest du Cap Coz (photo Egis, 24 février 2014)

La pointe de Beg Meil

Au nord de la pointe de Beg Meil, au droit du lieu-dit Kervastard, des franchissements ont été observés sur le parking, notamment lors de la succession des tempêtes Anne et Christina.



Figure 80 : Traces de franchissement sur le parking du port de Beg Meil (photo Egis, 20 février 2014)

A l'ouest de la pointe de Beg Meil, l'escalier d'accès à la plage des Dunes s'est affaissé et rompu suite à des phénomènes d'affouillement en pied d'ouvrage. Ces phénomènes ce sont produits lors des tempêtes de début janvier (Anne et Christina, du 3 au 7 janvier 2014).



Figure 81 : Rupture visible dans l'escalier d'accès de la plage des Dunes (photo Egis, 20 février 2014)

L'ouvrage situé à l'ouest de l'escalier, constitué d'un muret de pierre et d'une dalle béton (permet de recevoir une piscine de plein air), a également été détruit.



Figure 82 : Dommages observés sur l'ouvrage présent plage des Dunes (photo Egis, 20 février 2014)

Au niveau de la plage des Dunes, une érosion est visible de part et d'autre de l'escalier d'accès, ainsi que sur l'extrémité de la plage, vers la pointe de Beg Meil. Ce recul du trait de côte s'est amorcé dès début janvier et s'est poursuivi au fil des tempêtes successives. Cette érosion est localisée en plusieurs secteurs des plages de poche de Beg Meil.



Figure 83 : Erosion à l'extrême est de la plage des Dunes, au niveau de la pointe de Beg Meil (à gauche) et à l'est immédiat de l'escalier d'accès de la plage (à droite) (photos Egis, 20 et 24 février 2014)

Mousterlin Est

La dune de Cleut Rouz a subi des phénomènes érosifs. Selon le bilan établi par la mairie sur les tempêtes de début janvier, la dune aurait reculé sur 6 mètres à l'extrémité des enrochements, sur une longueur de 150 mètres.



Figure 84 : Erosion de la dune visible au droit de l'enrochement de la plage de Cleut Rouz (photo Egis, 20 février 2014)

Compte-tenu du recul important du trait de côte, le sentier côtier qui était présent en tête de dune a été détruit à l'est de l'enrochement de la plage de Cleut Rouz.

Début février, des franchissements importants ont également été observés au niveau de la dune de Cleut Rouz, avec une accentuation du retrait de la dune au gré des franchissements par paquets de mer successifs.



Figure 85 : Phénomènes de franchissement observés sur la dune de Cleut Rouz le 3 février 2014 (captures réalisées à partir d'une vidéo transmise par la mairie)

Après les tempêtes de février, le constat montre un cordon dunaire quasi inexistant contre la protection enrochements avec une arase très faible et une largeur de l'ordre du mètre uniquement. Les franchissements ont été très importants comme en témoignent les photos ci-après prises le 24 février 2014 par Egis.



Figure 86 : Démaigrissement important du cordon dunaire et traces de franchissement observés sur la dune de Cleut Rouz (Photos Egis 24 février 2014)

Les enrochements de Cleut Rouz ont subi des phénomènes érosifs en crête d'ouvrage et sont affectés par des tassements sur l'ensemble de leur linéaire.



Figure 87 : Anomalie constatée en début janvier sur la crête des enrochements de la plage de Cleut Rouz (photo Association pour la Sauvegarde du Pays Fouesnantais, www.aspfasso.fr)

La pointe de Moustierlin

Au niveau de l'entrée du parking de la plage du Grand-Large, le corps de chaussée a été endommagé lors de la succession des tempêtes Anne et Christina (du 3 au 7 janvier 2014).



Figure 88 : Dommages causés au niveau de l'accès de la plage du Grand Large (photo Le Télégramme, 07 janvier 2014)



Figure 89 : Traces de franchissements et d'écoulements sur le parking (photos Egis 24 février 2014)

Début février, le même secteur a été affecté par des projections de pierres.



Figure 90 : Pierres projetées au niveau de la plage du Grand Large (Ouest-France du 3 février 2014)

Le mur maçonné présent en haut de la corniche et le corps de chaussée le long de ce mur ont été endommagés lors des tempêtes de début janvier (Anne et Christina, du 3 au 7 janvier 2014).



Figure 91 : Dommages observés sur le mur et la voirie de la corniche de la pointe de Moustierlin (photo Egis, 20 février 2014)

Des franchissements sur la partie ouest de la pointe de Moustierlin sont à l'origine d'écoulements sur la route de la Pointe de Moustierlin. Le jardin de l'hôtel de la Pointe de Moustierlin, point bas du site, a été inondé à plusieurs reprises sous 10 cm d'eau, le 4 janvier 2014 et le 5 février 2014.



Figure 92 : Entrée du jardin de l'hôtel de la Pointe de Moustierlin (photo Egis, 20 février 2014)

Au niveau du parking de Moustierlin, des traces d'écoulement sont également perceptibles entre le parking et le marais situé juste en arrière. Des traces de stockage sont visibles au niveau du point bas, qui correspond au sentier qui longe la route. En raison de l'absence de riverain, il est impossible de dater ce phénomène et d'en caractériser l'étendue précise.



Figure 93 : Vue sur le point bas situé en bordure de la route du Grand Large ; des accumulations de sable sont visibles à droite (photo Egis, 20 février 2014)



Figure 94 : Phénomène de franchissement observé le 1^{er} janvier 2014 sur les enrochements situés à l'est de la pointe de Moustierlin (capture sur vidéo www.youtube.com)

Les enrochements de la corniche de la pointe de Moustierlin se sont tassés et légèrement effondrés sur un linéaire de 120 mètres.



Figure 95 : Dommages observés sur les enrochements de la corniche de la pointe de Moustierlin (photo Egis, 20 février 2014)

Mousterlin ouest

La dune, située de part et d'autre de l'enrochement de protection du monument aux fusillés s'est érodée avec un retrait sur un linéaire cumulé d'environ 150 mètres selon les bilans établis par la mairie.



Figure 96 : Erosion observée dans la dune de part et d'autre de l'enrochement situé au droit du monument aux fusillés (photos Egis, 20 et 24 février 2014)

Des traces de franchissements ont été observées en arrière de la protection longitudinale en enrochements.



Figure 97 : Traces de franchissements et d'érosion au niveau de la protection longitudinale en enrochements (photos Egis, 24 février 2014)

A l'extrémité ouest des dunes domaniales de Moustierlin, deux brèches sont apparues dans le cordon.

Les Iles Glénan

Le 07 janvier, les intempéries ont touché les Glénan. La dune sur l'île de Saint-Nicolas a subi une érosion importante, principalement sur le secteur sud-est et sur la côte nord. Des cailloux ont été projetés sur le chemin menant aux habitations.



Figure 98 : Dune à Saint-Nicolas (Ouest-France, 11 janvier 2014)

Une synthèse sur l'érosion dunaire de l'île de Saint-Nicolas a été réalisée par Alain Hénaff. La figure présentée ci-dessous illustre le recul de la position du sommet des dunes.

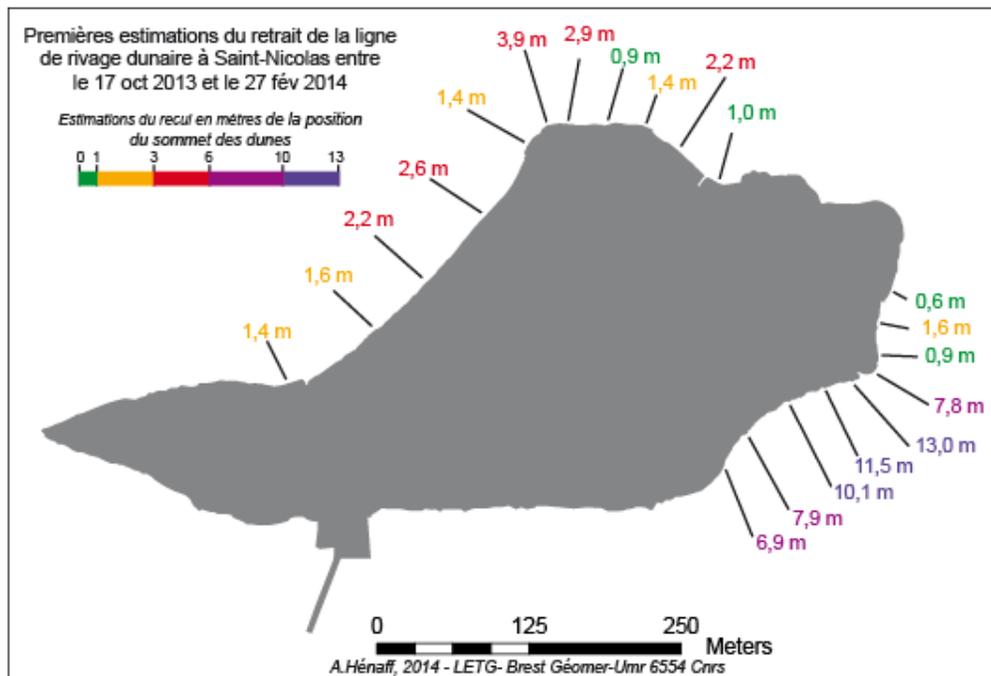


Figure 99 : Estimation des phénomènes érosifs sur l'île de Saint-Nicolas entre le 17 octobre 2013 et le 27 février 2014, Alain Hénaff, 2014, LETG – Brest Géomer – UMR 6554 CNRS



Figure 100 : Erosion visible sur la dune nord de Saint-Nicolas (photo commune, 27/02/14)



Figure 101 : Erosion visible sur la dune sud-est de Saint-Nicolas (photo commune, 27/02/14)

Selon la visite de constat réalisée par la commune de Fouesnant le 27 février 2014, les dégâts les plus significatifs sont un recul important du trait de côte au sud-est de l'île sur environ 150 ml avec l'effondrement d'un escalier d'accès à la plage d'une part, et d'autre par une érosion marquée au nord-ouest de l'île sur environ 300 ml. En revanche, la commune n'a pas dressé de bilan sur les phénomènes de franchissement et de submersion sur les îles de Glénan.

2.2.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles

Sur la commune, 6 arrêtés de catastrophes naturelles sont répertoriés, pour les événements suivants :

- Du 15 au 16 octobre 1987 : Tempête (n°1 sur la frise présentée ci-dessous),
- Du 16 au 18 décembre 1989 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°2),
- Du 17 au 31 janvier 1995 : Inondations et coulées de boue (n°3),
- Du 25 au 29 décembre 1999 : Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain (n°4),
- Du 12 au 13 décembre 2000 : Inondations et coulées de boue (n°5),
- Le 28 février 2010 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°6).

2.2.4 Frise chronologique

2.3 La Forêt Fouesnant : secteur de Pen Ar Ster

Sources : Base de données GASPARG, commune, Délégation de la Mer et du Littoral de la DDTM29, Commune de la Forêt-Fouesnant, A. Hénaff (UBO), Ouest-France, Préfecture dossier catastrophes naturelles, Le Télégramme, SHOM

2.3.1 Evènements historiques antérieurs à 2013

4 décembre 1865

Conditions météorologiques : vent de secteur Sud-Sud-Ouest.

Conditions marégraphiques : coefficient de 104, tempête associée à une surcote de plus de 1,5 m.

Extrait du journal de Morlaix du samedi 11 décembre 1865 : « On cite au nombre des communes qui ont eu le plus à souffrir, Loctudy, Combrit, Pont l'Abbé, la Forêt-Fouesnant et Concarneau. Des quais, des digues, des récoltes ont été avariés ou bouleversés ; de vastes terrains enlevés à la mer et mis en culture, ont été envahis par les vagues furieuses et ensablées, et des bestiaux noyés dans leurs étables ».

Les données historiques ne sont pas plus précises, il n'est donc pas possible de localiser les dommages subis lors de cette tempête.

Dégâts sur des infrastructures publiques, les 7 et 8 aout 1948

Conditions marégraphiques : coefficient de 105.

Selon le Télégramme du 9 aout 1948, « Favorisées par la grande marée et un vent soufflant à une vitesse inouïe les vagues ont fait d'importants dégâts (routes brisées et naufrages) ».

Il n'est pas possible de localiser précisément ces évènements.

13 décembre 1978

Conditions météorologiques : vents de secteur Sud-Ouest puis Ouest-Sud-Ouest soufflant jusqu'à 120 km/h le 13 décembre et de secteur Nord-Ouest le 14 décembre.

Conditions marégraphiques : coefficient de marée de 81.

Beg an Aer : la houle et les vagues ont causé des submersions périodiques et des dégradations sur la voie communale,

Saint-Laurent : la houle et les vagues ont érodés le rivage artificiel, causant la destruction partielle du ponceau et des remblais,

Goulet ar Len : érosion de la côte à l'Est de la plage de Kerleven,

Ouragan de 1987

Conditions météorologiques non connues : pression minimale à 948 hPa, rafales à 180 km/h avec vents les plus forts mesurés à 220 km/h (pointe du Raz).

Conditions marégraphiques : faibles coefficients de marée (22), surcote à Brest de l'ordre de 1,6 m.

Arrêté de catastrophe naturelle pour tempête.

Gros dégâts sur toute la commune. Travaux au niveau du port de plaisance, notamment sur les pontons et les bateaux.



Figure 103 : Dommages observés au niveau du port de plaisance (source : <http://www.civismemoria.fr/contribution/?contrib=1155&module=contrib>)

1995 et 2000

Inondation de l'anse du Saint-Laurent en limite avec Concarneau.

Les 11 et 15 décembre 2000, les inondations ont touché le Moulin du Prieuré chez M. Gapany. Une requête a été déposée au Tribunal administratif par M. Gapany. Cette inondation est d'ordre fluvial et ne sera pas prise en compte dans ce PPRL.

2003

Plusieurs évolutions sur la côte, pas de dates précises :

- Plage de Kerleven : ensablement du haut de plage, érosion des roches meubles,
- Anse de la Forêt : envasement,
- Falaises du Petit Manoir : érosion légère.

10 et 11 mars 2008

Conditions météorologiques : vent de secteur Ouest, rafales de 115 km/h, pression minimum enregistrée à 978,6 hPa.

Conditions marégraphiques : coefficient de 104 associé à une forte houle (Hs = 7 m, mesurée aux Pierres Noires, Bouée au large de Ouessant), surcotes marines (sans set-up) enregistrées à Concarneau de hauteur maximale de 78 cm au moment de la 1ère pleine mer de la journée du 10 mars 2008.

Reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle par la commission interministérielle du 18 avril 2008, pour inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

- L'eau de mer est rentrée dans la salle polyvalente située de long du vieux Port et a partiellement décollé le lino du sol,
- La forte montée des eaux a soulevé le platelage situé sur la plage de Kerleven. La commune a dû démonter et remonter le Platelage,
- Des inondations ont eu lieu au rez-de-chaussée des habitations sur le secteur de Pen Ar Ster et de la Corniche de la Cale. Des inondations d'eau douce ont également été observées en amont de la RD44, au niveau d'une cave rue Neuve et d'une boulangerie rue de Charles de Gaulle.

Une analyse de la tempête de mars 2008 a permis de déterminer l'influence maritime sur les inondations qui ont eu lieu lors de cette tempête.

La tempête du 10 mars 2008 a provoqué de nombreux dégâts sur les côtes bretonnes. La Forêt-Fouesnant n'a pas échappé à cette tempête puisque le secteur concerné a été inondé.

28 février 2010

Conditions météorologiques : vent de secteur Nord-Ouest, rafales jusqu'à 100 km/h ; hauteur de précipitations journalière de 30 mm pour le 27 février 2010 ; pression minimum à 974,6 hPa.

Conditions marégraphiques : surcote estimée au large estimée à 40/50 centimètres, coefficient de 102.

Inondation du quartier de Pen Ar Ster, suite à la conjonction entre précipitations importantes et fortes marées.

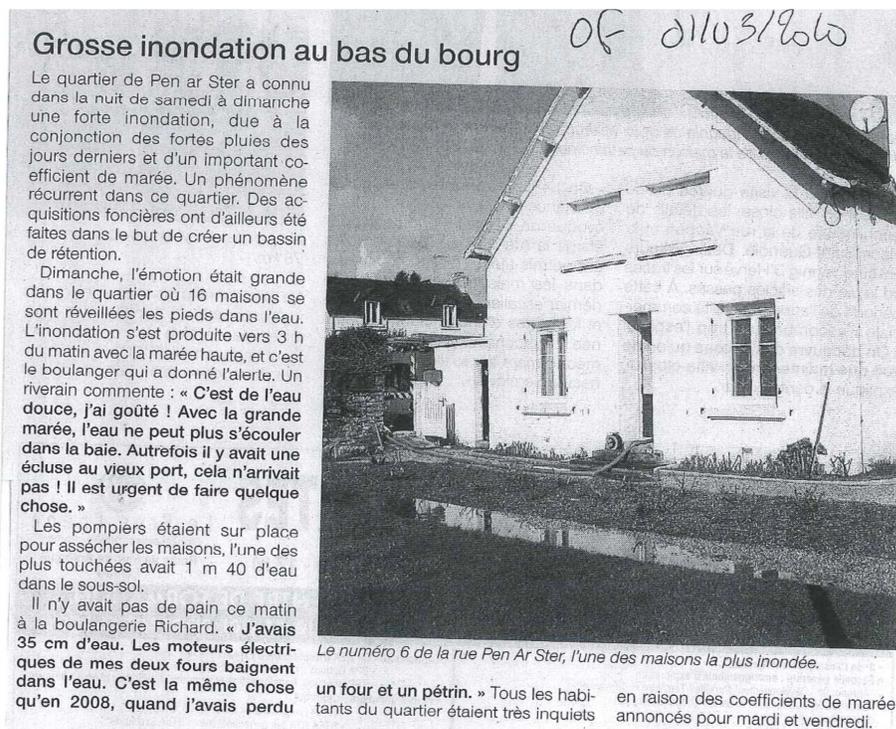


Figure 104 : Article extrait du Ouest-France du 1^{er} mars 2010

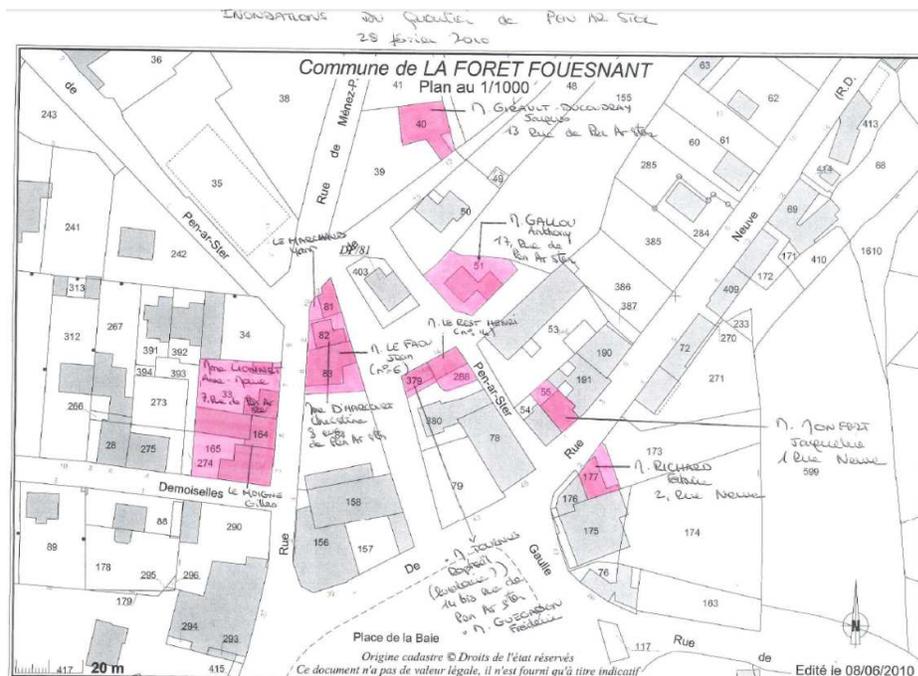


Figure 105 : Inondations du quartier de Penn Ar Ster

15 et 16 décembre 2011

Tempête Joachim : une véranda cassée à Coat Beuz.

2.3.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014

Soumise aux nombreuses tempêtes de l'hiver 2013 – 2014, la commune de La Forêt-Fouesnant a connu des phénomènes similaires sur l'ensemble des événements, à savoir des franchissements par paquets de mer sur une grande partie de la plage de Kerleven et des dommages sur ouvrages de protection.

Les tempêtes les plus dommageables correspondent aux successions Anne et Christina du 3 au 7 janvier, ainsi que Petra du 4 au 5 février 2014. Pour les conditions océano-météorologiques, se référer au chapitre 6, paragraphe 6 : « Tempêtes durant l'hiver 2013/2014 ».

Les informations relatives aux dommages observés sur la commune ont été recueillies aux travers de recherches documentaires, de rendez-vous et de campagnes de terrains :

- Exploitation de la revue de presse des journaux Le Télégramme et Ouest-France réalisée par la DDTM,
- Exploitation de la synthèse des dégâts côtiers du 7 janvier 2014 réalisée par la DDTM,
- Recherches internet pour acquisition de photographies et vidéos des événements (YouTube, BFM, I télé, Le Télégramme et Ouest-France, Journaux télévisés nationaux),
- Deux campagnes de terrains ont été réalisées sur la thématique érosion, les 20, 21 et 22 janvier 2014 ainsi que les 24, 25 et 26 février 2014

- Une campagne sur les thématiques franchissements et submersions a été réalisée le 12 mars 2014,
- Les riverains ont été consultés lors des campagnes de terrain,
- Un rendez-vous avec la commune a été réalisé le 12 mars 2014, rencontre avec M. Berry (Directeur des Services Techniques).

Les détails des dégâts, recueillis auprès des services de la mairie et des riverains sont synthétisés dans les paragraphes ci-dessous.

En raison de la succession des événements, les personnes rencontrées ne sont pas toujours en mesure de dater précisément les dégâts.

Quartier de Penn ar Ster

Le quartier de Penn ar Ster a été inondé à plusieurs reprises durant l'hiver 2013-2014. Ce phénomène, lié à la corrélation entre fortes précipitations et coefficients de grande marée, n'est pas relié aux tempêtes.

A noter toutefois qu'il a été observé lors de la tempête Anne (le 4 janvier 2014).

La figure présentée ci-dessous, fournie par la mairie, présente la zone d'inondation observée le 4 janvier 2014 dans le quartier de Penn ar Ster.

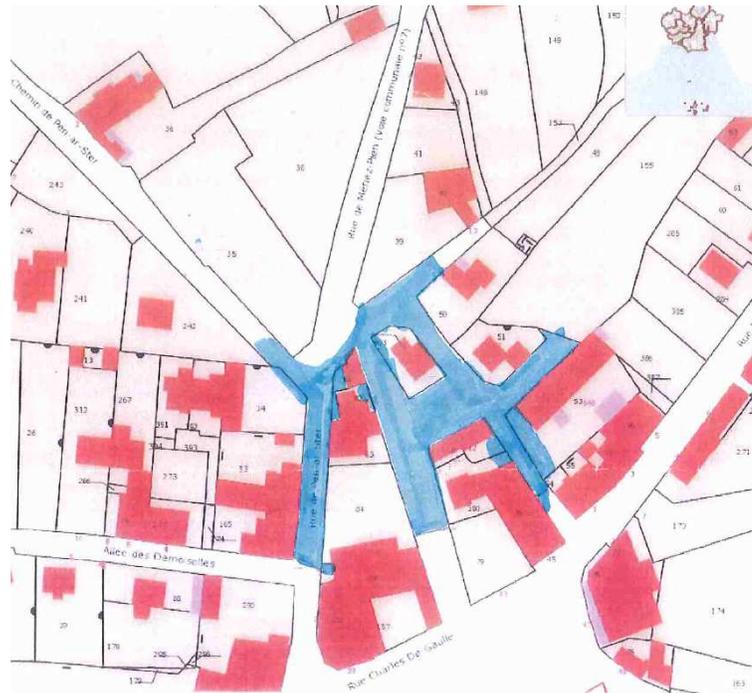


Figure 106 : Inondations observées le 4 janvier 2014 dans le quartier de Penn ar Ster (source : mairie)

Plage de Kerleven

Un engraissement important du haut de plage s'est produit sur la plage de Kerleven au fil des tempêtes successives.



Figure 107 : Traces d'engraissement du haut de plage avec le banc situé au second plan : installé en début d'hiver 2013, il est à ce jour complètement ensablé (photo Egis)

Des traces de franchissement ont été relevées sur tout le linéaire de la plage de Kerleven, avec de la projection de sable au niveau des jardins riverains. Les franchissements se sont principalement produits lors des épisodes Anne/Christina et Petra.



Figure 108 : Traces de franchissement observées en haut de la plage de Kerleven (photo Egis)



Figure 109 : Traces de franchissement observées sur le parking situé à l'est de la plage de Kerleven (photos Egis 24 février 2014)

Au droit de la rue de la Mer, les franchissements ont provoqué une légère submersion avec l'accumulation d'eau en arrière de l'entrée de la plage sur quelques centimètres, jusqu'au niveau de l'intersection avec l'impasse de la Mer. Ce phénomène s'est produit à la fois lors de la succession des tempêtes Anne et Christina (le 4 janvier au matin) et lors de la tempête Petra, avec une intensité plus importante lors du premier évènement.

Selon le témoignage d'un riverain, le restaurant les Boucaniers a été légèrement inondé par une petite entrée d'eau sans gros dégâts matériels, au niveau de la porte vitrée donnant sur la rue de la Mer. Il n'a cependant pas été en mesure de dater l'évènement.

Le restaurant étant fermé et en l'absence d'autres témoignages, il n'est pas possible d'apporter plus de détails sur le phénomène.



Figure 110 : Traces de franchissement au niveau de la rue de la Mer (photo Egis)

Aux deux extrémités de Kerleven, des dommages ont été constatés dans les ouvrages de protection, au niveau des enrochements situés de part et d'autre de la plage.

Côté ouest, l'épi en enrochements a été endommagé sur sa partie nord, en haut d'estran, avec un ravinement de la terre végétale présente en crête d'ouvrage.



Figure 111 : Dommages observés en tête de l'épi en enrochement situé à l'ouest de la plage de Keleven (photo Egis)

Sur le secteur est, les enrochements présents en bordure de chemin côtier se sont affaissés et des blocs se sont déchaussés. De plus les franchissements ont été importants car le grillage de la propriété privée est endommagé et de nombreuses algues y ont été projetées.



Figure 112 : Dommages observés sur les enrochements situés à l'est de la plage de Kerleven (photos Egis, 20 janvier et 24 février 2014)

Lieu-dit du Petit Manoir

La falaise meuble située au niveau du Petit Manoir a été fortement érodée le long du sentier côtier.



Figure 113 : Erosion visible le long du sentier côtier au niveau du Petit Manoir (photo Egis)

2.3.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles

Sur la commune, 8 arrêtés de catastrophes naturelles sont répertoriés, pour les événements suivants :

- Du 15 au 16 octobre 1987 : Tempête (n°1 sur la frise ci-dessous),
- Du 2 au 15 février 1988 : Inondations et coulées de boue (n°2),
- Du 17 au 31 janvier 1995 : Inondations et coulées de boue (n°3),
- Du 17 janvier au 05 février 1995 : Inondations et coulées de boue (n°4),
- Du 25 au 29 décembre 1999 : Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain (n°5),
- Du 12 au 14 décembre 2000 : Inondations et coulées de boue (n°6),
- Le 10 mars 2008 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°7),
- Le 28 février 2010 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°8).

2.3.4 Frise chronologique

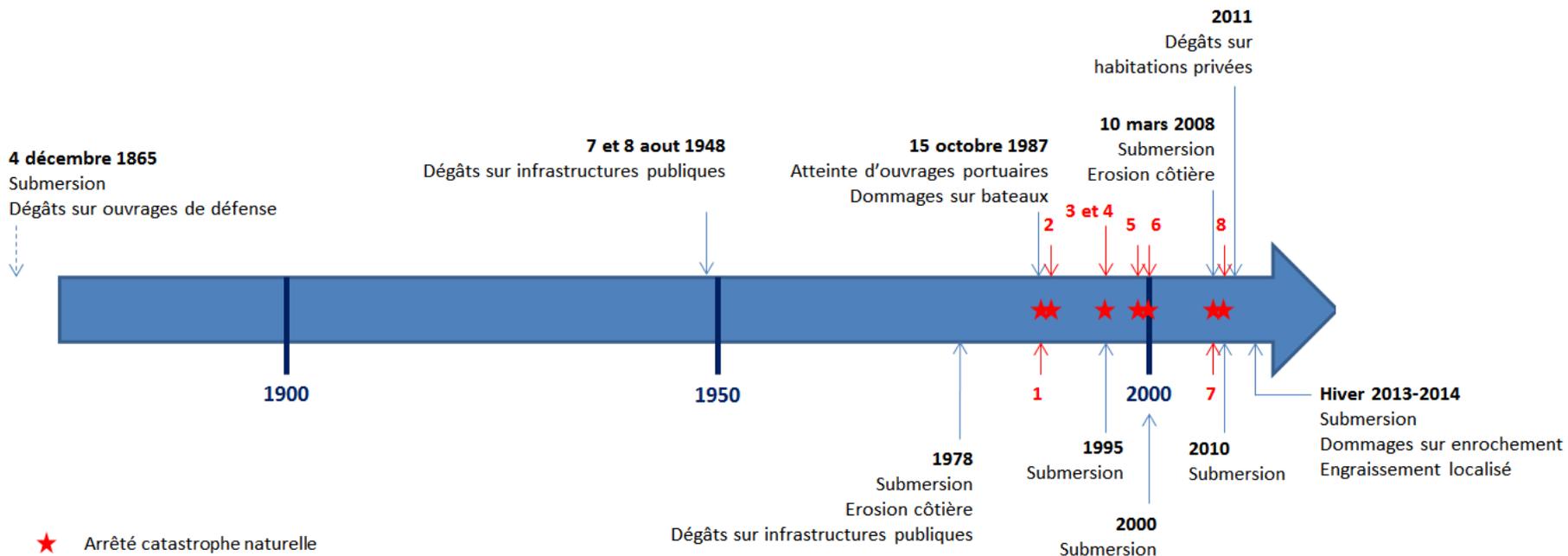


Figure 114 : Bilan des évènements sur la commune de la Forêt-Fouesnant

2.4 Concarneau

Sources : Base de données GASPAR, commune, Commune de Concarneau, Délégation de la Mer et du Littoral de la DDTM29, A. Hénaff (UBO), Préfecture dossier catastrophes naturelles, Le Télégramme, Ouest-France, SHOM

2.4.1 Evènements historiques antérieurs à 2013

22 et 23 novembre 1824

Conditions marégraphiques : coefficients de 92 le 22 novembre et de 87 le 23 novembre.

Le môle nouvellement construit au port de Concarneau a subi des dégradations importantes durant la tempête.

Octobre 1859

Les dunes ont été dégradées sur une longueur importante. Aucune référence géographique n'apparaît dans la bibliographie, il n'est donc pas possible de localiser précisément les dommages.

4 décembre 1865

Conditions météorologiques : vent de secteur Sud-Sud-Ouest.

Conditions marégraphiques : coefficient de 104, tempête associée à une surcote de plus de 1,5 m.

Extrait du journal de Morlaix du samedi 11 décembre 1865 : « *On cite au nombre des communes qui ont eu le plus à souffrir, Loctudy, Combrit, Pont l'Abbé, la Forêt-Fouesnant et Concarneau. Des quais, des digues, des récoltes ont été avariés ou bouleversés ; de vastes terrains enlevés à la mer et mis en culture, ont été envahis par les vagues furieuses et ensablées, et des bestiaux noyés dans leurs étables* ».

La grande place, les quais et la Ville Clause ont été submergés sous 1 m d'eau

10 et 11 janvier 1866

Conditions marégraphiques : coefficients de 36 le 10 janvier et de 37 le 11 janvier.

Les habitations ainsi que les édifices et équipements publics ont subi des dégradations liées au vent (toitures abimées avec débris d'ardoise, de tuiles et de vitres couvraient la route, réverbères arrachés ou endommagés...).

3 et 4 décembre 1896

Conditions météorologiques : vent de secteur Sud-Ouest avec un maximum d'intensité lors du flux, puis Nord-Ouest.

Conditions marégraphiques : coefficients de 88 le 3 décembre et de 94 le 4 décembre.

Avaries du môle de la Croix du port de Concarneau causées par la tempête. Reconstruction sur 50 mètres de longueur.

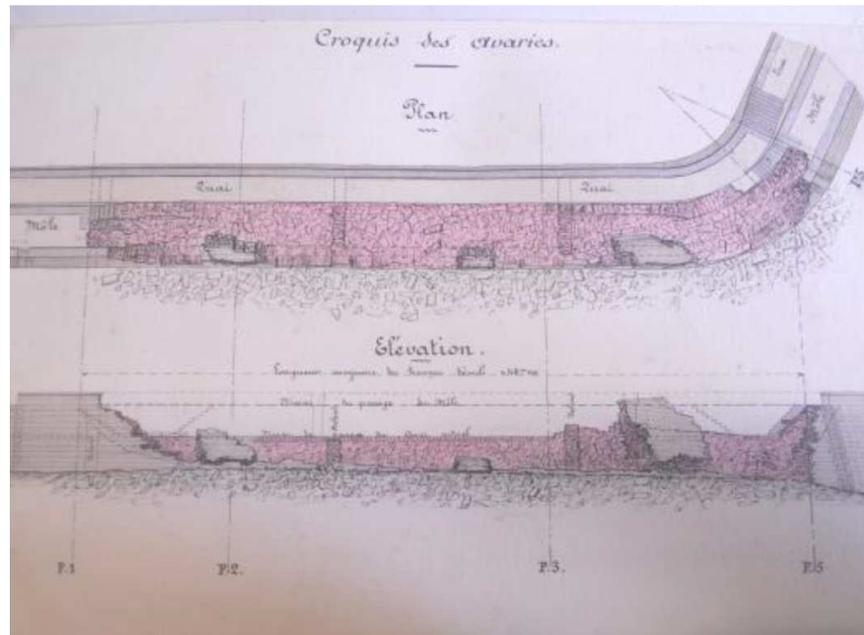


Figure 115 : Croquis des avaries du môle de la Croix (issu des archives départementales)

Des submersions ont dévasté des habitations et ont inondé des terres agricoles, mais il n'est pas possible de localiser précisément ces phénomènes.

Submersion des 2 et 3 février 1904

Conditions marégraphiques : coefficients de 111 le 2 février et de 114 le 3 février.

Le quai d'Aiguillon a été inondé en partie par la marée et les deux bouts du môle de la Croix ont été entièrement recouverts. Quelques maisons ont été inondées.

Tempête du 23 mars 1928

Conditions marégraphiques : coefficient de 113.

Un raz de marée a inondé le centre de la Ville-Close. Le niveau de la mer a atteint 50 centimètres au milieu de la rue Vauban. Quelques cabines ont été détruites sur la plage et les murs bordant la grève ont été endommagés.

Tempête des 20 et 21 mars 1937

Conditions marégraphiques : coefficients de 46 le 20 mars et de 44 le 21 mars.

D'importants ravages ont eu lieu sur la plage des Sables-Blancs. Les assauts des vagues ont brisé les murs de protection des villas et entreprises construites en bord de mer.



Figure 116 : Dégâts observés sur la plage des Sables Blancs en mars 1937 (Source : Service des archives de Concarneau)

27 et 28 décembre 1951

Conditions marégraphiques : coefficients de 82 le 27 décembre et de 91 le 28 décembre.

Le môle de Pénéroff a subi plusieurs dommages :

- Côté large, enlèvement et déplacement du mur latéral de la partie basse sur une surface de 10m²,
- Succion d'une partie des matériaux de remplissage,
- Enlèvement de 200 m² de dallage,
- Affaissement de 600 m² de dallage.

1978

La houle et les vagues ont provoqué une érosion marine du vestige de dune présent au Sud du Cabellou (sur 30 m). Information non datée.

Tempête des 22 et 23 novembre 1984

Conditions météorologiques : vents de secteurs Sud-Ouest à Sud-Sud-Ouest avec une vitesse moyenne de 108km/h et des rafales à 144 km/h.

Conditions marégraphiques : marée de coefficient 109 le 23 novembre.

Zones de côte endommagées par la mer :

- De la plage des Sables Blancs au môle de Pénéroff,
 - Dégradation de la partie Sud du mur de soutènement de la rue des Sables Blancs au droit de la plage,
 - Atteinte du mur de soutènement du boulevard K. Wylie,
 - Dommages sur la rampe d'accès à la plage des Dames,
 - Dégâts sur la cale et le parement du mur de soutènement au droit de la plage du C.A.C.,
 - Dommages sur le môle de la Croix,
 - Dégradation du mur de soutènement du boulevard Bougainville.

- Au niveau du secteur du Rouz,
 - Sections du sentier côtier dégradées,
 - Dommages sur exutoires (de l'E.A.M., de Ste-Anne et de Pors-Gwia),
 - Rampe de la plage du Porzou abimée.
- Secteur du Cabellou,
 - Escaliers d'accès à la plage à remettre en état,
 - Extrémité de chaussée à réparer.

6 et 7 avril 1985

Conditions météorologiques : vents de secteurs Sud à Sud-Ouest avec des rafales de 97 km/h.

Conditions marégraphiques : coefficient de 117.

Submersion de la Ville-Close.

Tempête du 18 octobre 1987

Conditions météorologiques non connues : pression minimale à 948 hPa, rafales à 180 km/h avec vents les plus forts mesurés à 220 km/h (pointe du Raz).

Conditions marégraphiques : faibles coefficients de marée (22), surcote à Brest de l'ordre de 1,6 m.

Arrêté de catastrophe naturelle pour tempête.

Destruction des installations du port de plaisance avec notamment dégâts sur les pontons et les bateaux.

Dommages sur le parapet et l'estacade de la plage des Dames et au niveau du môle de la Croix.

C'est l'un des événements les plus importants observés à la fin du XX^{ème} siècle. Les dégâts sont essentiellement liés aux rafales de vents.



**Figure 117 : Dommages observés sur le port de plaisance suite à la tempête de 1987
(Source : Service des archives de Concarneau)**

Tempête du 15 au 18 décembre 1989

Conditions marégraphiques : coefficients de marée de 72 avec une surcote correspondant à un coefficient de 115.

Les dégâts occasionnés dans le port de Concarneau ont nécessité des interventions, dont un aménagement des cales et des accès, ainsi que la réfection des liaisons de pontons et passerelles du port de plaisance.

12 et 13 décembre 1993

Conditions météorologiques : tempête caractérisée par des vents violents et tournants, dont les rafales ont atteint jusqu'à 160 km/h.

Conditions marégraphiques : marées de coefficient 90 le 12 décembre et 95 le 13 décembre.

Cette tempête a occasionné d'importants dégâts au port de plaisance de Concarneau. Deux pontons ont été détruits après que les passerelles qui les reliaient à terre aient cédées. Pratiquement toutes les aussières des pontons lourds se sont rompues.

Le môle de la Croix a également subi des dommages.

22 janvier 1995

Les dommages lors de cet événement sont liés aux vents violents avec notamment des chutes d'arbres et aux précipitations majeures qui ont causé des inondations. Aucun dégât particulier n'a été observé sur le littoral.

07 septembre 1995

Conditions météorologiques : vent de secteur Sud-Ouest avec des rafales de plus de 140 km/h.

Conditions marégraphiques : coefficient de 87

Les rafales de vent ont causé des dégâts au niveau du port de plaisance avec des dommages sur les pontons lourds et sur les bateaux présents dans l'anse de Kersaux.

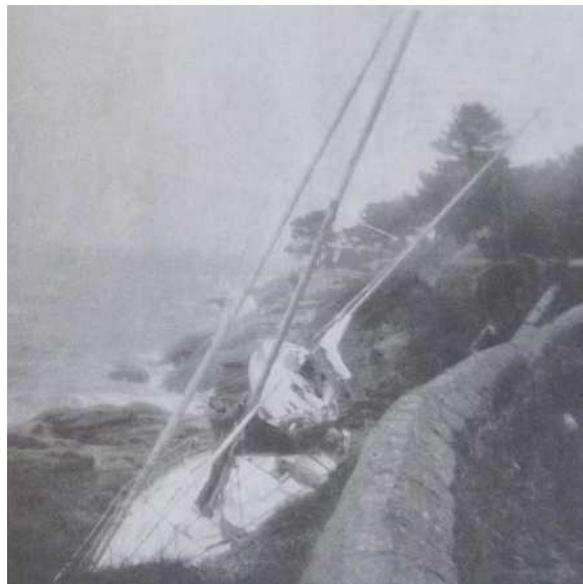


Figure 118 : Voiliers échoués au niveau du parc du Porzou (Ouest-France du 08 septembre 1995)

Du 25 au 29 décembre 1999

Conditions marégraphiques : coefficients de 102 le 25 décembre.

Lors de la tempête, des dommages sont causés sur un mur digue sur le littoral des Sables Blancs. Le ponton du port de plaisance a été arraché.

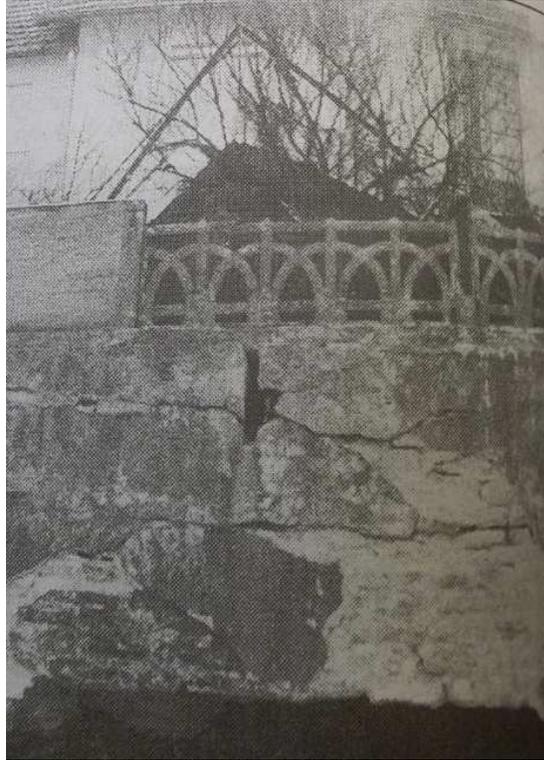


Figure 119 : Dommages dans le mur de soutènement au n°13 de la rue des Sables Blancs (Photo du Télégramme du 27 décembre 1999)

Une demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle a été envoyée en Préfecture mais a été refusée.

Tempête du 27 octobre 2004

Conditions météorologiques : vents enregistrés à 126 km/h à Ouessant.

Conditions marégraphiques : coefficients de 93.

On observe une tempête importante et la reconstruction du port de plaisance est nécessaire.

Des phénomènes de franchissement par paquets de mer sont observés au niveau du boulevard de Bougainville, qui a dû être fermé à la circulation.



Figure 120 : Paquets de mer au niveau du boulevard de Bougainville (Télégramme du 28 octobre 2004)

Tempête du 10 et 11 mars 2008

Conditions météorologiques : vent de secteur Ouest, rafales de 115 km/h, pression minimum enregistrée à 978,6 hPa.

Conditions marégraphiques : coefficient de 104 associé à une forte houle (Hs = 7 m, mesurée aux Pierres Noires, Bouée au large de Ouessant), surcotes marines (sans set-up) enregistrées à Concarneau de hauteur maximale de 78 cm au moment de la 1ère pleine mer de la journée du 10 mars 2008.

Arrêté de catastrophe naturelle pour inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues.



Figure 121 : Paquets de mer au niveau de la plage des Sables Blancs (Le Télégramme, 11 mars 2008)

Les dégradations observées sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Dégâts répertoriés à Concarneau pour la tempête du 10 mars 2008 (source : Dossier Catastrophes Naturelles de la Préfecture 29)

Localisation	Domage
25 bd Alfred Guillou	Dégradation du mur brise lame
27 bd Alfred Guillou	Dégradation du mur et de l'escalier
29 bd Alfred Guillou	Dégradation du mur de soutènement
31 bd Alfred Guillou	Dégradation du mur de bordure
7 et 9 rue des Sables Blancs	Dégradation du mur de soutènement
Place de la Croix	Destruction de la cale et du mur de bordure sur 22 m de long et 4 m de large
Rue Vauban	Submersion de la voirie
5 rue Vauban	Submersion commerce
6 rue Vauban	Submersion commerce
7 rue Vauban	Submersion commerce
9 bis rue Vauban	Submersion commerce
10 rue Vauban	Submersion commerce
15 rue Vauban	Submersion commerce
22 rue Vauban	Submersion commerce
25 rue Vauban	Submersion commerce
34 rue Vauban	Submersion commerce
36 rue Vauban	Submersion commerce
46 rue Vauban	Submersion commerce
1 rue Saint Guénolé	Submersion commerce
7 rue Saint Guénolé	Submersion commerce
22 rue de la Libération	Submersion sous-sol habitation
29 rue de la Libération	Submersion habitation
31 rue de la Libération	Submersion habitation sur 30 cm
35 rue de la Libération	Submersion du jardin sur 1 m
37 rue de la Libération	Submersion sous-sol habitation
Place de la Croix	Submersion Muséum National Histoire Naturelle
Place Saint Guénolé	Submersion de la place jusqu'à 80 cm
1 place Saint Guénolé	Submersion commerce
3 place Saint Guénolé	Submersion commerce
9 place Saint Guénolé	Submersion restaurant
9 rue Théophile Louarn	Submersion commerce

12 Boulevard Katherine Wyllie	Submersion habitation
13 Boulevard Katherine Wyllie	Submersion habitation
1 rue des Sables Blancs	Submersion habitation
Rue des Sables Blancs - la Corniche	Submersion de la voirie
Quai Nul	Submersion du quai, une partie du parapet a été détruite
Maison du port de plaisance	Submersion maison port de plaisance
119 avenue du Cabellou	Submersion du commerce jusqu'à 10 cm
Anse de Kersaux - Le Cabellou	Submersion de la voirie et des parkings

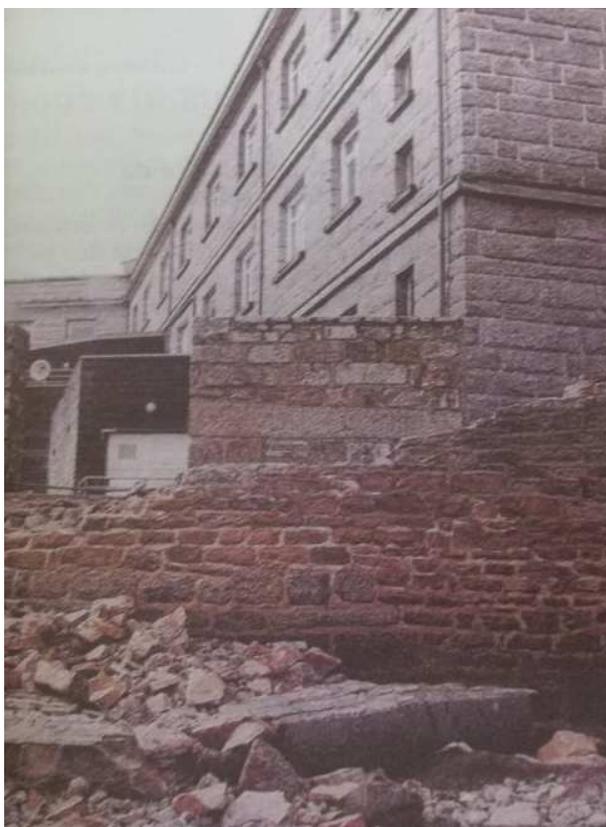


Figure 122 : Destruction du muret de protection du Marinarium (Le Télégramme, 11 mars 2008)



Figure 123 : Quai Nul sous les eaux (Le Télégramme, 11 mars 2008)



Figure 124 : Dommages sur les habitations au niveau de la plage des Sables Blancs (Le Télégramme, 11 mars 2008)

Tempête du 17 octobre 2012

Conditions météorologiques : vent de secteur Sud-Sud-Ouest, vitesse moyenne de 40 km/h

Conditions marégraphiques : coefficient de 109

Aucun gros dégât n'est à déplorer, mais de nombreux franchissements ont été observés le long de la corniche (voir photos).



Figure 125 : Paquets de mer observés le long de la corniche (Ouest-France du 18 octobre 2012)



Figure 126 : Corniche vers 18h30 le 17 octobre 2012 (site internet Ouest-France)

2.4.2 Evènements de l'hiver 2013 – 2014

Soumise aux nombreuses tempêtes de l'hiver 2013 – 2014, la commune de Concarneau a connu des phénomènes similaires sur l'ensemble des événements, à savoir des franchissements par paquets de mer entre la plage des Sables-Blancs et le môle de Pénéroff, des dommages sur des murs de protection et des phénomènes d'érosion, notamment au niveau du Cabellou.

Les tempêtes les plus dommageables correspondent aux successions Anne et Christina du 3 au 7 janvier 2014. Pour les conditions océano-météorologiques, se référer au chapitre 6, paragraphe 6 : « Tempêtes durant l'hiver 2013/2014 ».

Les informations relatives aux dommages observés sur la commune ont été recueillies aux travers de recherches documentaires, de rendez-vous et de campagnes de terrains :

- Exploitation de la revue de presse des journaux Le Télégramme et Ouest-France réalisée par la DDTM,
- Exploitation de la synthèse des dégâts côtiers du 7 janvier 2014 réalisée par la DDTM,
- Recherches internet pour acquisition de photographies et vidéos des événements (You Tube, BFM, I télé, Le Télégramme et Ouest-France, Journaux télévisés nationaux),
- Deux campagnes de terrains ont été réalisées sur la thématique érosion, les 20, 21 et 22 janvier 2014 ainsi que les 24, 25 et 26 février 2014
- Une campagne sur les thématiques franchissements et submersions a été réalisée le 14 mars 2014,
- Les riverains ont été consultés lors des campagnes de terrain,
- Un rendez-vous avec la commune a été réalisé le 14 mars 2014, rencontre avec François Goragner (Directeur des Services Techniques), Alain Labbé (Services Techniques) et Manu Duarte (Conservatoire du Littoral).

Les détails des dégâts, recueillis auprès des services de la mairie et des riverains sont synthétisés dans les paragraphes ci-dessous.

En raison de la succession des événements, les personnes rencontrées ne sont pas toujours en mesure de dater précisément les dégâts.

La plage des Sables Blancs

Des franchissements par paquets de mer sont observés lors de la tempête Christina (5 au 7 janvier 2014) au sud de la plage des Sables Blancs.



Figure 127 : Franchissement au niveau des Sables Blancs (Ouest-France)

L'un des murs de protection présent au nord de la plage des Sables Blancs a été fortement endommagé lors de la tempête Christina. Un départ de sable important a mis les fondations de l'ouvrage à nu et d'importantes fissures sont visibles dans la structure de l'ouvrage.

En urgence, un enrochement a été réalisé au pied du mur de protection endommagé lors de la tempête Christina. Les travaux ont commencé le 18 février 2014

Cet enrochement est provisoire et fait l'objet d'une autorisation jusqu'à juin 2014.



Figure 128 : Enrochement provisoire mis en place au niveau de la plage des Sables Blancs (photo fournie par la Mairie)

Après les tempêtes, le niveau de l'estran s'est abaissé laissant apparaître des pieux en bois visibles à basse mer dans le bas estran.





Figure 129 : Abaissement important du niveau de l'estran (photos Egis 22 janvier 2014)

La corniche de Concarneau, entre la plage de Cornouaille et le môle de Pénéroff

En termes de franchissements, des paquets de mer sont observés lors des tempêtes Christina (5 au 7 janvier 2014), Nadja (31 janvier au 1^{er} février 2014) et Petra (4 et 5 février 2014) au droit de la plage des Dames, de la plage de Rodel et au niveau du môle de Pénéroff.



Figure 130 : Franchissement observés au droit de la plage des Dames le 31 janvier 2014 à 16h30 (photo Le Télégramme, 1^{er} février 2014)

Les paquets de mer franchissant le parapet du boulevard Katerine Wylie au droit de la plage des Dames ruissellent jusque dans la rue de la Libération et inondent plusieurs caves (les maisons concernées vont des numéros 18 au 24 côté pair et des numéros 27 au 37 côté impair). Au niveau de la voirie, jusqu' à 10 cm d'eau sont observés au plus fort de l'évènement.

Les stockages observés sont liés à des problèmes de grilles d'avaloirs bouchées par l'accumulation de goémon et de sable. Les services de la mairie sont intervenus en janvier, après les inondations, pour poser des grilles plus larges au droit de la plage des Dames et au niveau de la rue de la Libération.



Figure 131 : Réfection des grilles des caniveaux par la commune (photo Egis 24 février 2014)



Figure 132 : Traces de submersion au niveau de la rue de la Libération (photo Ouest-France, 30 janvier 2014)



Figure 133 : Submersion observée rue de la Libération début janvier 2014 (photo de la commune)

Au niveau de la plage des Dames, l'escalier d'accès a été emporté dans sa partie basse.



Figure 134 : Dommages observés sur l'escalier de la plage des Dames (photo réalisée par la commune)

Plage de Rodel, plusieurs blocs se sont déchaussés au niveau de la cale.



Figure 135 : Déchaussement de blocs au niveau de la cale de la plage de Rodel (photo réalisée par la commune)

Le môle de Pénéroff a également été endommagé avec des phénomènes d'affouillement en pied d'ouvrage et des dégâts dans les jointements de l'ouvrage. Quelques affaissements sont visibles.

La Ville Close

Au niveau de la Ville Close, pour chaque marée supérieure à un coefficient de 85, l'eau de mer entre au niveau de la porte au Vin et submerge la voirie le temps de l'étal de pleine mer. Ce phénomène a en conséquence été observé sur les tempêtes Anne/Christina (3 au 7 janvier 2014), Nadja (31 janvier au 1^{er} février), Petra (4 au 5 février) et Ulla (14 au 15 février). Aucune habitation n'a été inondée.

Le quai situé au droit de la porte au Vin de la Ville Close a été abimé lors de la tempête Christina (5 au 7 janvier 2014), par l'action de la houle réfléchiée dans le port de Concarneau.



Figure 136 : Dommages constatés sur le quai de la Ville Close, au droit de la porte au Vin (photo réalisée par la commune)

Le port de Concarneau

Des phénomènes de surverse ont à priori été observés au niveau du port, sur le quai de la criée, avec des hauteurs de l'ordre de 10 cm. Cette information reste toutefois à confirmer, les informations recueillies auprès de la mairie et des usagers du port restant évasives.

Le Porzou

Au droit de la plage du Porzou, c'est le soubassement du mur de protection et les joints de ce dernier qui ont été endommagés.



Figure 137 : Dommages observés au niveau du mur de protection de la plage du Porzou (photo réalisée par la commune)

Le Cabellou

Des traces d'érosion sont visibles au niveau du Cabellou. Bien que ces phénomènes soient progressifs, les dommages principaux sont à relier à la succession d'Anne et Christina, avec une intensité particulière dans la matinée du 4 janvier 2014, ainsi qu'à la tempête Petra (4 et 5 février 2014).

Des affouillements apparaissent sous les murs de protection de propriétés privées ainsi que des dégradations sur des ouvrages en maçonnerie.

Plage de la Belle Etoile, à l'extrême ouest, un mur de protection privé s'est effondré suite aux affouillements progressifs en pied d'ouvrage.



Figure 138 : Dommages observés sur le muret de protection à l'ouest de la plage de la Belle Etoile (photo réalisée par la commune)

Au niveau de la plage du Large, ce sont deux murs de protection privés qui ont été détruit par les assauts répétés des tempêtes hivernales.



Figure 139 : Murs endommagés au niveau de la plage du Large (photos réalisées par la commune)

La commune ne possède pas de cordon dunaire naturel. Des reculs du trait de côte sont toutefois ponctuellement observés dans les falaises meubles, essentiellement au niveau du Cabellou. Les dommages les plus importants ont été causés lors de la succession des tempêtes Anne et Christina.



Figure 140 : Erosion au niveau de la pointe du Fort du Cabellou (2 photos en haut), de la plage du Large (en bas à gauche) et de la pointe de Kermingham (en bas à droite), photos réalisées par la commune

Des franchissements en arrière-plage et quelques traces d'érosion de haut de plage sont visibles au niveau des plages des Bouchers et de Kermingham.





Figure 141 : Traces de franchissements en arrière-plage des Bouchers et de Kermingham (photos Egis 26 février 2014).

Le Moulin de la Mer

Dans l'anse du Moulin de la Mer, un effondrement s'est produit le long du sentier de ballade.



Figure 142 : Effondrement le long du sentier au niveau de l'anse du Moulin de la Mer (photo réalisée par la commune)

2.4.3 Bilan des déclarations de catastrophes naturelles

Sur la commune, 8 arrêtés de catastrophes naturelles sont répertoriés, pour les évènements suivants :

- Du 15 au 16 octobre 1987 : Tempête (n°1 sur la frise ci-dessous),
- Du 5 au 6 juillet 1991 : Inondations et coulées de boue (n°2),
- Du 17 au 31 janvier 1995 : Inondations et coulées de boue (n°3),
- Du 25 au 29 décembre 1999 : Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain (n°4),
- Du 12 au 14 décembre 2000 : Inondations et coulées de boue (n°5),
- Du 5 au 7 janvier 2001 : Inondations et coulées de boue (n°6),
- Le 10 mars 2008 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°7) ;
- Du 3 au 4 janvier 2014 : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues (n°8).

2.4.4 Frise chronologique

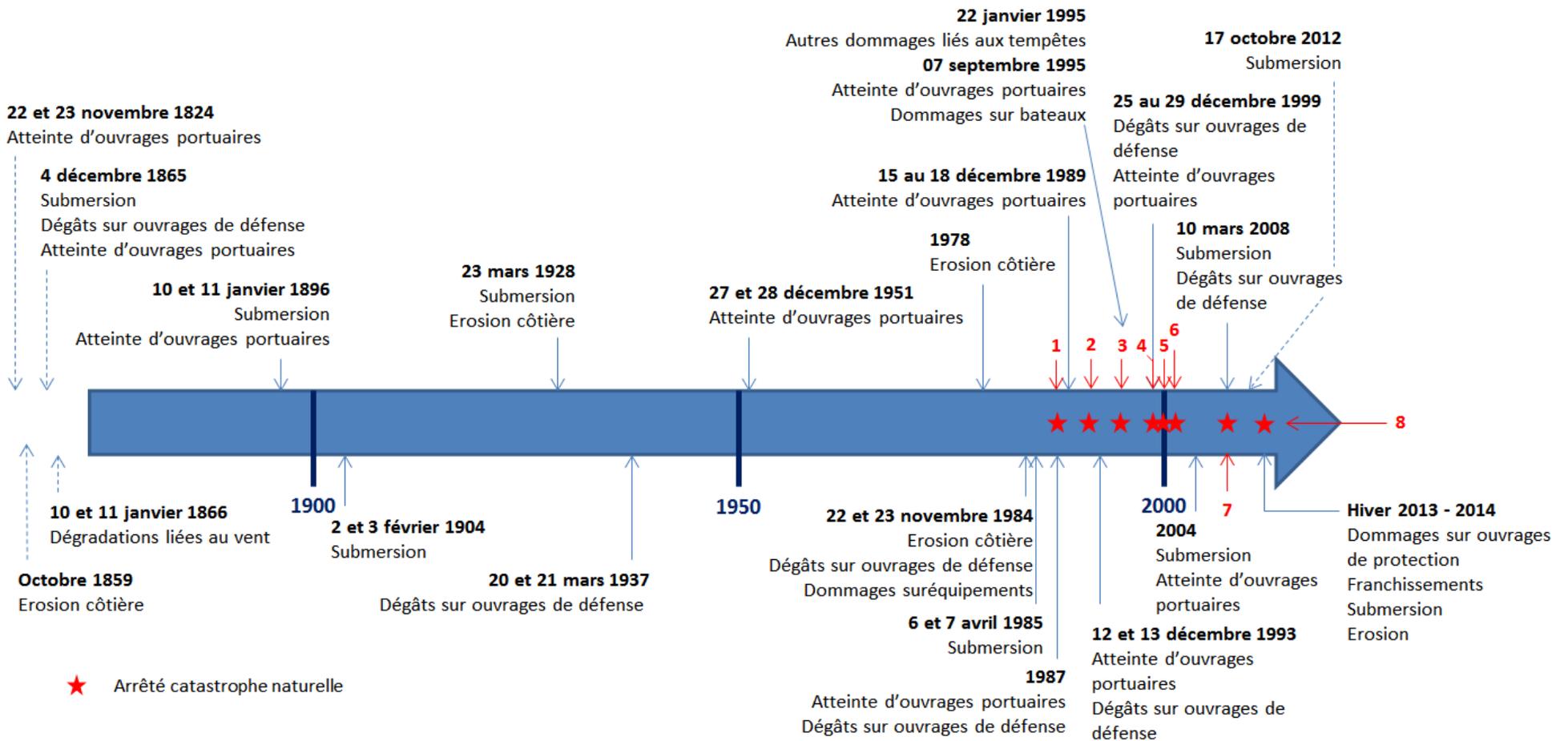


Figure 143 : Bilan des évènements sur la commune de Concarneau

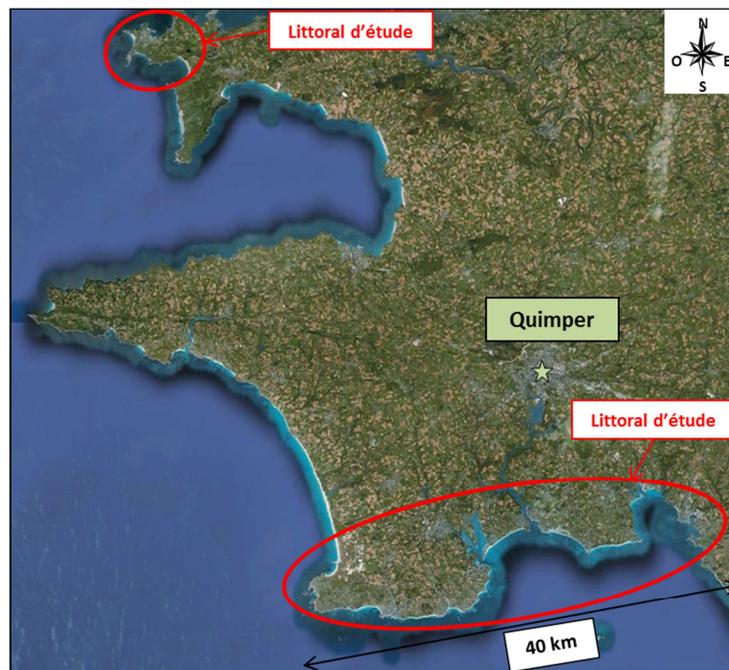
Chapitre 6 - Recueil des données océano-météorologiques

1 Vents

Le vent intervient dans le régime du littoral sous quatre formes : génération des vagues, surcotes (et décotes) du plan d'eau, courants et transports éoliens.

Dans le cadre de cette étude, les données disponibles sont : la force et l'orientation du vent au niveau de Quimper (lat : 47.97 – long : -4.17), de novembre 2000 à novembre 2012 (les données sont issues de relevés effectués de 7h00 à 19h00).

Les statistiques de vent sont basées sur des observations réelles de la station météo à Quimper Cornouaille Aéroport.



Source: Google Earth

Figure 144 : Localisation de Quimper

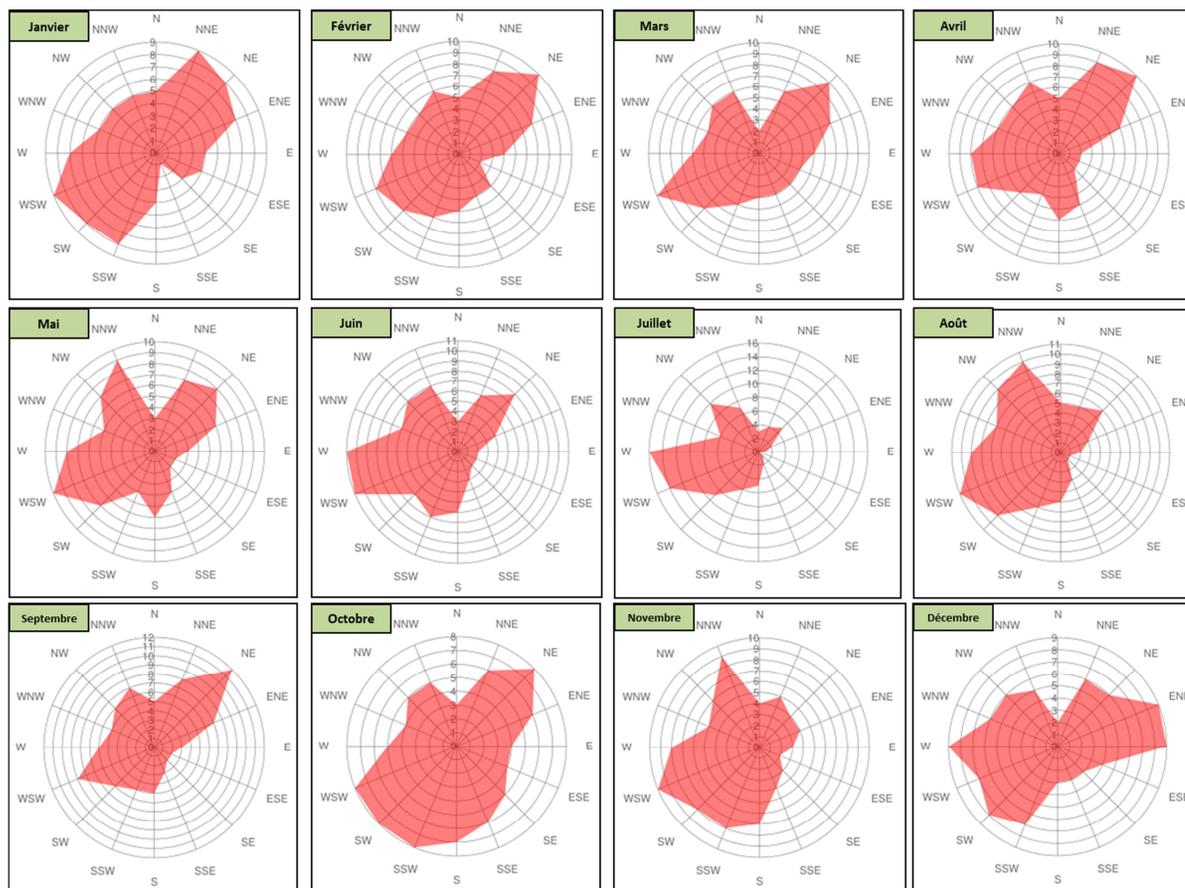


Figure 146 : Roses des vents mensuelles à l'aéroport de Quimper – 11/2000 à 11/2012 – www.windfinder.com

L'analyse de ces données permet de mettre en évidence les grandes tendances suivantes :

- Les vents dominants proviennent principalement du secteur Ouest-Sud-Ouest,
- Cependant, pendant certains mois, les vents dominants peuvent provenir principalement du secteur Est ou Nord-Est (Février, avril, septembre, octobre et décembre),
- La vitesse moyenne annuelle des vents est de 9 nœuds (17 km/h ou 4m/s),
- Les vents moyens les plus forts soufflent durant la période hivernale entre les mois de novembre et d'avril.

Les vents dominants au niveau de la zone d'étude proviennent du secteur Ouest-Sud-Ouest.

Les vents provoquent deux types d'influence notables sur les mouvements sédimentaires :

- **Sur les sables du littoral :** par le transport éolien surtout lorsqu'il s'agit d'une côte basse d'accumulation sableuse. En effet, à partir d'une vitesse critique le vent peut transporter le sable lorsque celui-ci est sec et ainsi participer à l'engraissement d'une dune. Mais le vent est également un agent destructeur qui provoque et/ou auto-entretien des encoches (caoudeyres : trous, dépressions ou bassins formés par l'action du vent dans les dunes) existantes dans les cordons dunaires. Ce transport peut être très important : un vent de 20 m/s sur une plage classique peut transporter jusqu'à 1 000 kg/m/h.



Crédit: EGIS Eau

Figure 147 : Exemple de caoudeyre

- **Sur les courants de surface et de fonds.** Le vent génère sur une eau calme un courant de 1 à 2 % de sa vitesse. S'il existe un courant de surface, celui-ci peut être atténué ou renforcé suivant la direction du vent. En profondeur, le vent crée des courants suivant une direction et une intensité qui sont décrites par une loi physique nommée la spirale d'Eckman. Les vents sont donc, à la fois, responsables de la houle (sur de grandes échelles) et de l'agitation locale du plan d'eau (clapot).

L'agitation sur un secteur va dépendre notamment du fetch (distance sur laquelle souffle le vent). Lorsqu'un littoral est orienté face à la direction dominante des vents avec un fetch important, alors il aura tendance à être soumis à une agitation plus importante qu'un littoral abrité.

Le secteur d'étude est orienté globalement selon plusieurs directions en fonction des communes :

- Bénodet : WSW à SE,
- Fouesnant : WSW à SE,
- La Forêt-Fouesnant : SW à S :
- Concarneau : WSW à S.

2 Niveaux d'eau

Le niveau de la mer est la conjugaison des trois phénomènes suivants : la marée astronomique, les surcotes (et décotes) et l'élévation moyenne du niveau de la mer liée au changement climatique.

2.1 Niveau de référence

L'ensemble des cotes altimétriques évoquées dans cette étude sera rapporté au zéro NGF ou zéro du nivellement général français.

A titre informatif, le zéro du nivellement général se situe au-dessus du zéro hydrographique (0 m ZH ou 0 m CM) correspondant au niveau des plus basses mers.

Dans le secteur d'étude (Bretagne – Finistère Sud), le niveau topographique de référence (0 m NGF ou 0 m IGN69) est compris entre +2,4 et +2,7 m CM suivant les secteurs (cf. Figure ci-après).

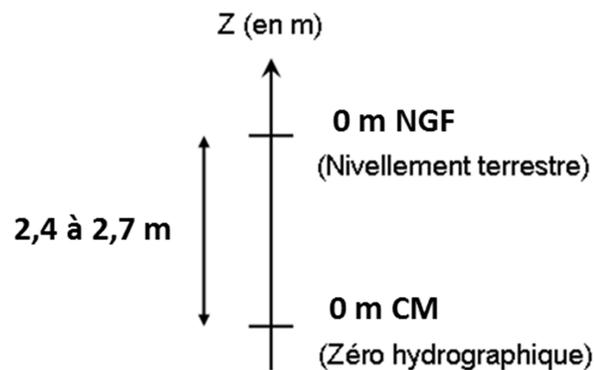


Figure 148 : Référentiel altimétrique

Le guide du SHOM concernant les références altimétriques maritimes (cf. [C1]) fournit l'écart entre le zéro hydrographique et le zéro du nivellement général pour seulement quelques-uns des principaux ports du secteur d'étude :

- Bénodet = +2,694 m NGF,

- Port-la-Forêt = +2,584 m NGF,
- Concarneau = +2,534 m NGF,

2.2 Marée astronomique

Les fluctuations du niveau de la mer sont essentiellement liées à la marée astronomique.

La marée est de type semi-diurne (2 cycles de marée par jour). On parle de marées de type semi-diurnes lorsque les composantes diurnes sont négligeables devant les composantes semi-diurnes. Il y a alors deux pleines mers et deux basses mers par jour, d'importances sensiblement égales. Ce type de marée est prépondérant en Atlantique et en Manche.

La détermination des niveaux d'eau caractéristiques est issue du SHOM (« Références altimétriques maritimes – Edition 2011 », (cf. [C1])).

Les caractéristiques des niveaux de mer (en m NGF et m CM) dans les différents ports du littoral d'étude sont données dans les tableaux suivants :

Tableau 5 : Niveaux caractéristiques de la marée astronomique d'après l'annuaire des marées du SHOM (2011)

Bénodet			
Cycles de marée	Abbréviations	Cote (m CM)	Cote (m NGF)
Plus Haute Mer Astronomique	PHMA	5.78	3.09
Pleine Mer de Vive Eau	PMVE	5.20	2.51
Pleine Mer de Morte Eau	PMME	4.10	1.41
Niveau moyen	NM	3.05	0.36
Basse Mer de Morte Eau	BMME	2.10	-0.59
Basse Mer de Vive Eau	BMVE	0.90	-1.79
Plus Basse Mer Astronomique	PBMA	0.15	-2.54

Port-la-Forêt			
Cycles de marée	Abbréviations	Cote (m CM)	Cote (m NGF)
Plus Haute Mer Astronomique	PHMA	5.73	3.15
Pleine Mer de Vive Eau	PMVE	5.05	2.47
Pleine Mer de Morte Eau	PMME	3.95	1.37
Niveau moyen	NM	3.02	0.44
Basse Mer de Morte Eau	BMME	2.00	-0.58
Basse Mer de Vive Eau	BMVE	0.85	-1.73
Plus Basse Mer Astronomique	PBMA	0.16	-2.42

Concarneau			
Cycles de marée	Abbréviations	Cote (m CM)	Cote (m NGF)
Plus Haute Mer Astronomique	PHMA	5.63	3.10
Pleine Mer de Vive Eau	PMVE	5.00	2.47
Pleine Mer de Morte Eau	PMME	3.90	1.37
Niveau moyen	NM	2.96	0.43
Basse Mer de Morte Eau	BMME	1.95	-0.58
Basse Mer de Vive Eau	BMVE	0.80	-1.73
Plus Basse Mer Astronomique	PBMA	0.14	-2.39

On constate que le marnage peut atteindre près de 5,6 m dans ce secteur d'étude.

On retiendra que globalement, les trois niveaux d'eau principaux sont :

- PMVE (Coeff. 95) = +5,00 à +5,20 m CM,
- NM = +2,96 à +3,05 m CM,
- BMVE (Coeff. 95) = +0,80 à +0,90 m CM.

2.3 Surcotes et décotes

A la marée astronomique, viennent s'ajouter des surcotes ou des décotes ponctuelles du niveau moyen de la mer pouvant avoir pour origines :

- Les facteurs météorologiques (pression atmosphérique et vent).
 - Un vent de terre pousse l'eau vers le large et provoque une décote, alors qu'un vent de mer accumule l'eau au rivage et provoque une surcote.
 - Une variation de 1 hPa en pression atmosphérique se traduit par une variation du niveau de la mer de 1 cm. Pour une dépression, on constate une augmentation du niveau de la mer (phénomène d'aspiration) et l'inverse pour un anticyclone (phénomène de pression).
- Le déferlement de la houle à la côte : L'effet de set-up est fonction de la hauteur et de la période des vagues et peut atteindre des valeurs décimétriques lors des tempêtes. Cet effet est nul dans les ports car le déferlement est inexistant.
- La configuration du littoral : les effets dynamiques dus aux vents, aux courants, aux déferlements des vagues, etc... sont très dépendants de la morphologie du rivage.

Le SHOM a édité en 2012 un rapport intitulé « Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique) ». Cette version est la mise à jour du premier rapport édité en 2008. Le SHOM recommande de considérer, lorsque les deux valeurs de niveau sont différentes entre les deux versions 2008 et 2012, la valeur la plus sécuritaire.

Ce rapport indique pour les périodes de retour 5 ans, 10 ans, 20 ans, 50 ans et 100 ans les niveaux d'eaux extrêmes de pleine mer et de basse mer pour 18 ports de référence dont les ports de Brest (147,8 ans de mesure : 04/01/1846 au 24/11/2009) et de Concarneau (10 ans de mesure : 29/06/1999 au 24/11/2009). Les valeurs dans les autres ports dits « secondaires » ont été obtenues par interpolation des résultats.

Les tableaux ci-après indiquent les niveaux d'eaux extrêmes pour les communes du PPRL d'après le SHOM (2008 et 2012). La lecture des cotes a été effectuée à partir des courbes d'iso-cotes fournies au format SIG par le SHOM.

Tableau 6 : Niveaux d'eaux extrêmes – SHOM (2008 et 2012)

Bénodet		Fouesnant	
Périodes de retour	Niveaux extrêmes de pleine mer	Périodes de retour	Niveaux extrêmes de pleine mer
	m NGF		m NGF
10 ans	3.35	10 ans	3.45
20 ans	3.45	20 ans	3.50
50 ans	3.55	50 ans	3.60
100 ans	3.60	100 ans	3.65

La Forêt-Fouesnant		Concarneau	
Périodes de retour	Niveaux extrêmes de pleine mer	Périodes de retour	Niveaux extrêmes de pleine mer
	m NGF		m NGF
10 ans	3.45	10 ans	3.41
20 ans	3.50	20 ans	3.48
50 ans	3.60	50 ans	3.56
100 ans	3.65	100 ans	3.63

Ces niveaux sont présentés en m NGF et prennent en compte :

- Un niveau de marée correspondant à un coefficient de 95,
- Une surcote liée aux phénomènes météorologiques (vent + pression).

Précisons que ces valeurs ne prennent pas en compte :

- La surcote liée à l'action des vagues à la côte : phénomène de setup lié à la hausse du niveau de l'eau due au déferlement des vagues.
- La hausse future du niveau des mers due au changement climatique. Dans le cadre d'un PPRL, il est signifié d'intégrer systématiquement au niveau marin de référence une surcote de 20 cm constituant une première étape de prise en compte du changement climatique (cf. B2)).

Ces valeurs de niveaux d'eaux extrêmes seront réactualisées dans la phase 2 de l'étude avec la prise en compte de la surcote liée à l'action des vagues à la côte et de la hausse future du niveau des mers.

2.4 Etude sur le changement climatique et la hausse du niveau des mers

Suite à la conférence des Nations-Unies sur le changement climatique qui a eu lieu à Copenhague du 7 au 18 décembre 2009, une note a été rédigée en février 2010 par l'ONERC (cf. [B1]) (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique). La synthèse est présentée ci-après et concerne la prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles.

2.4.1 Recommandations de l'ONERC

Dans le cadre des études sur les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation possibles, il y a lieu d'utiliser les hypothèses suivantes dans la prise en compte de l'élévation du niveau de la mer (cf. [B1]) à l'horizon 2100 :

- Hypothèse optimiste : 0,40 m,
- Hypothèse pessimiste : 0,60 m,
- Hypothèse extrême : 1 m.

Il convient d'utiliser la même hypothèse quelle que soit la zone étudiée.

2.4.2 La circulaire du 27 juillet 2011

La circulaire du 27 juillet 2011 (cf. [B2]), établie par le gouvernement français suite aux catastrophes provoquées par la tempête Xynthia de février 2010 concernant les risques de submersion marine préconise que : « les plans de prévention des risques littoraux devront intégrer un aléa calculé sur la base de l'hypothèse pessimiste d'augmentation du niveau de la mer à l'horizon 2100. »

2.4.3 Conclusion dans le cadre de notre étude

La prise en compte de la montée du niveau de la mer causée par le changement climatique conduit à une surélévation d'environ 60 cm à l'horizon 2100. Dans le cadre de ce PPRL, il sera considéré à l'horizon 2100 une surélévation du niveau des mers d'environ 60 cm.

3 Houles au large

Se référer aux cartes « Phénomènes naturels » et aux cartes « Synthèse »

Les données disponibles dans le cadre de cette étude sont des données de houle ANEMOC¹ en plusieurs points virtuels. Ces valeurs consistent en une série chronologique resimulée de houles toutes les heures sur la période du 01/01/1979 au 31/08/2002 (23 ans et 8 mois de données).

Les valeurs de hauteur de houle sur ANEMOC sont exprimées en Hm0 qui est une hauteur de houle spectrale. Au large, comme c'est le cas ici, il peut être considéré Hm0 = Hs.

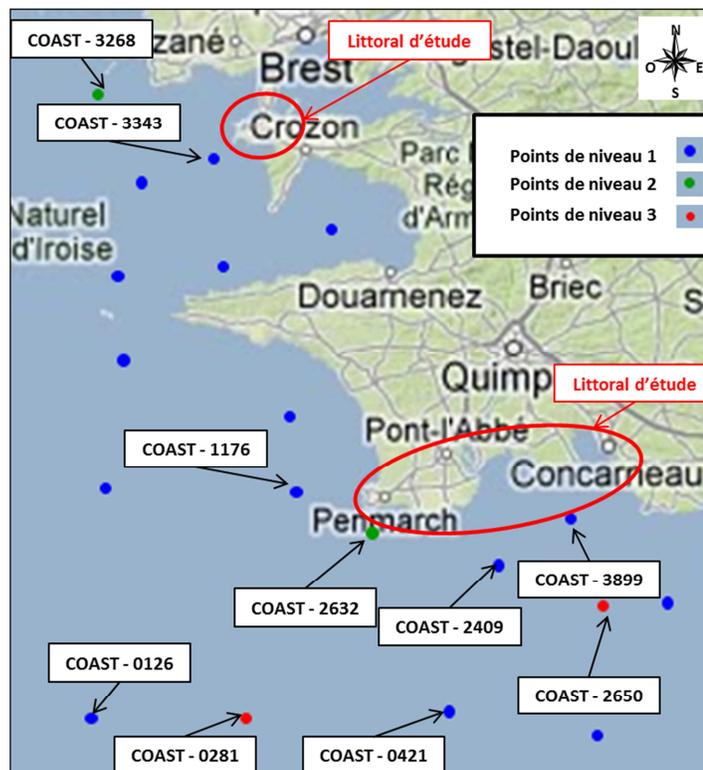
Différentes sortes de points virtuels existent :

- Points de niveau 1 : Séries temporelles entre 1979 et 2003 avec un pas de temps horaire de 1 h sur 750 sites présélectionnés.
- Points de niveau 2 : Fiches synthétiques de climatologie moyenne (annuelle, hivernale ou estivale) sur 150 sites présélectionnés.

¹ ANEMOC sont des résultats de simulations numériques de houle, effectuées avec le logiciel TOMAWAC, pour construire une base de données ANEMOC. Cette base est le fruit d'une collaboration entre le CETMEF et EDF R&D-LNHE.

- Points de niveau 3 : Lois de distribution et valeurs extrêmes de Hm0 sur 75 sites présélectionnés.

Les points de houles qui nous intéressent dans le secteur d'étude sont présentés sur la figure ci-après :



Source: <http://anemoc.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte2/>

Figure 149 : Localisation des points ANEMOC disponibles

Parmi les points intéressants, nous distinguons 6 points de niveau 1, 2 points de niveau 2 et 3 points de niveau 3.

En phase 2, la DDTM fournira les séries chronologiques des houles pour les points de niveau 1 ci-avant. Nous ne disposons pour cette phase 1 que des données statistiques de houle aux points de niveau 2 et 3 (climatologie moyenne + houles extrêmes) mises gratuitement à disposition sur le site internet <http://anemoc.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/carte2/> par le CETMEF.

Ainsi, dans cette phase 1, il a été analysé les données statistiques de houle disponibles pour les 5 points de houle suivants : COAST 0281, COAST 2650, COAST 2632 et COAST 3268.

Les points de houle sont répartis comme suit pour chaque secteur du PPRL :

- Littoral de Camaret-sur-Mer : COAST 0281 (-106 m) et COAST 3268 (-20,4 m),
- Littoral de Loctudy à Concarneau : COAST 0281 (-106 m) et COAST 2650 (-28,6 m),
- Littoral de Penmarc'h à Plobannalec-Lesconil : COAST 0281 (-106 m) et COAST 2632 (-28 m).

Comme il est indiqué sur le guide méthodologique du PPRL, nous utilisons les données de houle ANEMOC. Toutefois, nous attirons l'attention sur le fait que ces valeurs de houle sont des résultats de simulations numériques et non des mesures réalisées en mer. Ainsi, ces résultats donnent une indication mais présentent une marge d'erreur non négligeable par rapport à des mesures in-situ.

L'analyse des houles du large a été réalisée aux 3 points de houle énoncés ci-avant. Il a été réalisé une analyse d'histogrammes et de corrélogrammes Hm0/Dirmoy et Hm0/Tp. Les graphiques d'analyse sont présentés en Annexe 3.

Littoral de Bénodet à Concarneau

Point COAST 0281 (au large par 106 m de fonds):

L'analyse des figures en Annexe 3 amène les commentaires suivants :

- La hauteur Hm0 des houles les plus fréquentes est comprise entre 0,0 et 0,5 m avec 50,1 % des cas. Viennent ensuite :
 - $1,0 \text{ m} \leq Hm0 < 2,0 \text{ m} = 37,7 \%$,
 - $2,0 \text{ m} \leq Hm0 < 3,0 \text{ m} = 23,4 \%$,
 - $3,0 \text{ m} \leq Hm0 < 4,0 \text{ m} = 12,9 \%$,
 - $0,0 \text{ m} \leq Hm0 < 1,0 \text{ m} = 11,8 \%$,
 - $4,0 \text{ m} \leq Hm0 < 5,0 \text{ m} = 6,5 \%$,
 - Etc...
- Près de 73 % des houles sont inférieures à Hm0 = 3,0 m.
- On notera que :
 - 7,5 % des houles ont un Hm0 > 5,0 m,
 - 3,9 % des houles ont un Hm0 > 6,0 m,
 - 2,0 % des houles ont un Hm0 > 7,0 m,
 - 1,0 % des houles ont un Hm0 > 8,0 m,
 - 0,2 % des houles ont un Hm0 > 10,0 m.
- Sur la période des données (1979 à 2003), les plus fortes houles sont de l'ordre de Hm0 = 15,0 à 16,0 m.
- Les périodes des houles sont essentiellement comprises entre Tp = 8 et 13 s avec 63,1 % des cas, puis les houles longues entre Tp = 13 et 20 s avec 22,1 % des cas et enfin les houles courtes (clapots) entre Tp = 2 et 8 s avec 14,8 % des cas.

- Les houles les plus fortes atteignent le littoral d'étude avec des périodes comprises entre $T_p = 16$ et 20 s.
- Concernant les directions incidentes :
 - W (N255° à N285°) = 51,1 %,
 - NW (N300° à N330°) = 33,6 %,
 - SW (N210° à N240°) = 6,5 %,
 - S (N165° à N195°) = 1,2 %.
- Les houles proviennent essentiellement d'un large secteur Ouest (N255° à N315°) avec 81,6 % des cas.
- Les houles les plus fortes proviennent du secteur Ouest (N240° à N285°).

Point COAST 2650 (près de la côte au large du littoral de Bénodet à Concarneau par 28,6 m de fonds):

L'analyse des figures en Annexe 3 amène les commentaires suivants :

- La hauteur H_{m0} des houles la plus fréquente est comprise entre 0,0 et 0,5 m avec 50,1 % des cas. Viennent ensuite :
 - $0,0 \text{ m} \leq H_{m0} < 1,0 \text{ m} = 37,2 \%$,
 - $1,0 \text{ m} \leq H_{m0} < 2,0 \text{ m} = 35,3 \%$,
 - $2,0 \text{ m} \leq H_{m0} < 3,0 \text{ m} = 15,3 \%$,
 - $3,0 \text{ m} \leq H_{m0} < 4,0 \text{ m} = 6,7 \%$,
 - $4,0 \text{ m} \leq H_{m0} < 5,0 \text{ m} = 3,1 \%$,
 - Etc...
- Près de 72,5 % des houles sont inférieures à $H_{m0} = 2,0$ m et 87,9 % des houles sont inférieures à $H_{m0} = 3,0$ m.
- On notera que :
 - 2,4 % des houles ont un $H_{m0} > 5,0$ m,
 - 1,1 % des houles ont un $H_{m0} > 6,0$ m,
 - 0,5 % des houles ont un $H_{m0} > 7,0$ m,
 - 0,2 % des houles ont un $H_{m0} > 8,0$ m,
 - 0,02 % des houles ont un $H_{m0} > 10,0$ m.
- Sur la période des données (1979 à 2003), les plus fortes houles sont de l'ordre de $H_{m0} = 11,0$ à $12,0$ m.
- Les périodes des houles sont essentiellement comprises entre $T_p = 8$ et 13 s avec 57,4 % des cas, puis les houles longues entre $T_p = 13$ et 20 s avec 24,3 % des cas et enfin les houles courtes (clapots) entre $T_p = 2$ et 8 s avec 18,4 % des cas.
- Les houles les plus fortes atteignent le littoral d'étude avec des périodes comprises entre $T_p = 15$ et 20 s.

- Concernant les directions incidentes :
 - W (N255° à N285°) = 68,3 %,
 - SW (N210° à N240°) = 24,1 %,
 - S (N165° à N195°) = 2,0 %,
 - NW (N300° à N330°) = 1,9 %.
- Les houles proviennent essentiellement du secteur Ouest (N240° à N285°) avec 80,8 % des cas.
- Les houles les plus fortes proviennent du secteur Sud-Ouest (N225° à N255°).

4 Courants

En Bretagne Sud, les courants sont souvent rotatifs, et même en ajoutant les courants induits par le vent, ils ne dépassent guère 0,5 à 1 nœud, sauf dans les estuaires (rias) ou dans des passes étroites (golfe du Morbihan).

4.1 Courants généraux

Les courants généraux au large de la Bretagne Sud sont faibles et sensibles à l'influence du vent. Ils portent de façon assez stable, vers le Nord-Ouest en hiver et vers le Sud-Est en été et au printemps. A l'automne, ils sont plus variables (SHOM – 2002).

Ces courants présentent des vitesses faibles généralement inférieures à 0,2 nœud, sauf au cours des coups de vent.

En période de temps d'ouest, de l'eau s'accumule dans le golfe de Gascogne et doit probablement s'écouler ensuite vers le NW et le N au large d'Ouessant et devant l'entrée de la Manche.

On peut considérer qu'au niveau de la dynamique sédimentaire de la zone littorale, les courants généraux en Atlantique et en Manche sont sans incidence notable.

4.2 Courants de marée

Les oscillations du niveau de la mer qu'entraînent les marées s'accompagnent bien évidemment de mouvements horizontaux de masses d'eau que l'on appelle des courants de marée. En un point donné, ils ont sensiblement la même vitesse de la surface au fond. La vitesse des courants présente, comme la hauteur d'eau, un caractère sinusoïdal. Sur la crête de l'onde, ils sont dirigés dans le sens de la propagation de l'onde (flot); dans le creux, ils sont dirigés en sens inverse (jusant).

Près des côtes, les courants dépendent fortement de la topographie. Lorsque l'onde est stationnaire, le courant de flot s'établit aussitôt après la basse mer et dure jusqu'à l'étalement de pleine mer; le courant de jusant commence à partir de pleine mer et dure pendant toute la baisse avec étalement à la basse mer.

A 3,5 milles du sud de Penmarc'h, les courants sont giratoires vers la droite avec une dissymétrie entre flot et jusant. Le flot portant de l'ouest vers l'est par le nord pendant 7 heures à 1 nœud maxi, le jusant portant de l'est à l'ouest-sud ouest par le sud pendant 5 h 30 à 2 nœuds maxi. En allant vers le sud est le long de la côte, le courant tourne toujours vers la droite, mais les directions sont très différentes en raison de la forme du rivage. La vitesse ne dépasse pas 1,5 nœud, sauf dans les rivières (Source : IFREMER).

En marée moyenne (coefficient 70), sur le littoral Sud de la Bretagne, les vitesses maximales atteintes par les courants de marées sont en général peu élevées : 0 à 40 cm/s.

4.3 Courants dus au vent

Il n'y a que peu de données quantitatives sur les courants liés aux vents. Il est certain que selon qu'ils sont de directions proches ou opposées aux courants, les vents les renforcent ou les affaiblissent. D'après le SHOM, devant la Bretagne sud, des courants liés au vent de l'ordre de 0,5 nœud sont fréquents et peuvent, compte tenu de la faiblesse des courants dans cette zone (moins de 1 nœud), masquer une large partie des courants de marée.

4.4 Courants de houle

Quand la houle déferle avec une certaine obliquité par rapport au rivage, elle donne naissance à un courant parallèle au rivage dont le sens est celui de la composante de la célérité des vagues. Ce courant est localisé dans la zone comprise entre le déferlement et la côte.

La figure ci-après présente le mécanisme des courants de houle appelés aussi dérive littorale.

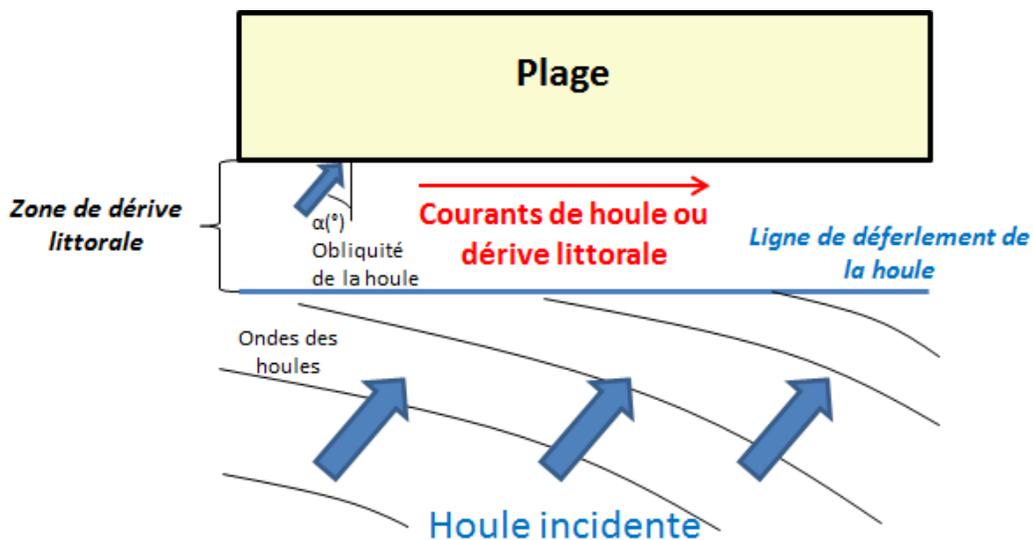


Figure 150 : Courants de houle (crédits : EGIS)

Ces courants parfois violents, notamment en période de tempête, varient en fonction de l'obliquité des lignes de crête de la houle par rapport aux lignes bathymétriques et de la morphologie des fonds marins.

Pour des plages de pente classique, on a, en ordre de grandeur, des courants de 0,5 m/s pour une houle de 2 m et une obliquité de 10°.

5 Tempête du 10 mars 2008

NB : De nombreuses informations intéressantes sur la tempête du 10 mars 2008 ont été issues de l'article intitulé « Aspects météo-marins de la tempête du 10 mars 2008 en Atlantique et en Manche » [B1].

La tempête du 10 Mars 2008 a touché la pointe nord-ouest de l'Europe pendant une marée de vive-eau engendrant de nombreux dégâts et des cas de submersion sur les côtes nord-ouest de la France. La Bretagne, et plus particulièrement le Finistère et le Morbihan, a été la région la plus touchée avec 98 communes concernées. La carte ci-après recense les principaux dégâts après le passage de la tempête « Johanna » de Mars 2008.

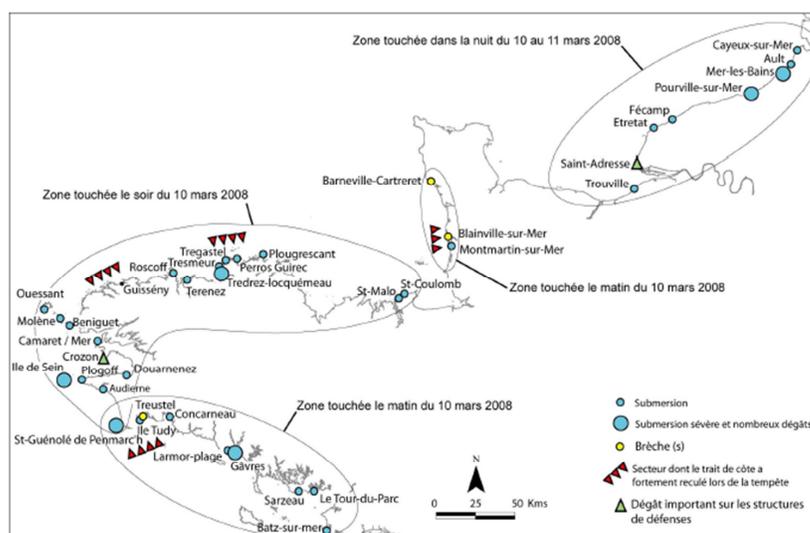


Figure 151 : Principaux dégâts causés par le passage de la tempête de Mars 2008 « Johanna » sur les côtes bretonnes – Carte (non exhaustive) – (Source : Déclarations de dégâts transmises aux DDE, quotidiens Ouest-France, Le Télégramme et Le Trégor)

Les observations et les études réalisées sur cette tempête s'accordent sur le caractère exceptionnel du phénomène. Le soir du samedi 8 mars 2008, quelques jours avant que la tempête ne touche les côtes de l'ouest de la France, une dépression prend naissance au niveau de Terre-Neuve, avec une pression en son centre de 1010 hPa. Elle se déplace assez lentement le long du 55^e parallèle nord et atteint l'Irlande le 10 mars à 06 h 00 UTC (Figure 152 et Figure 153). La trajectoire de la dépression est conforme à la configuration la plus fréquente du rail des dépressions, dite « zonale » (Figure 152).

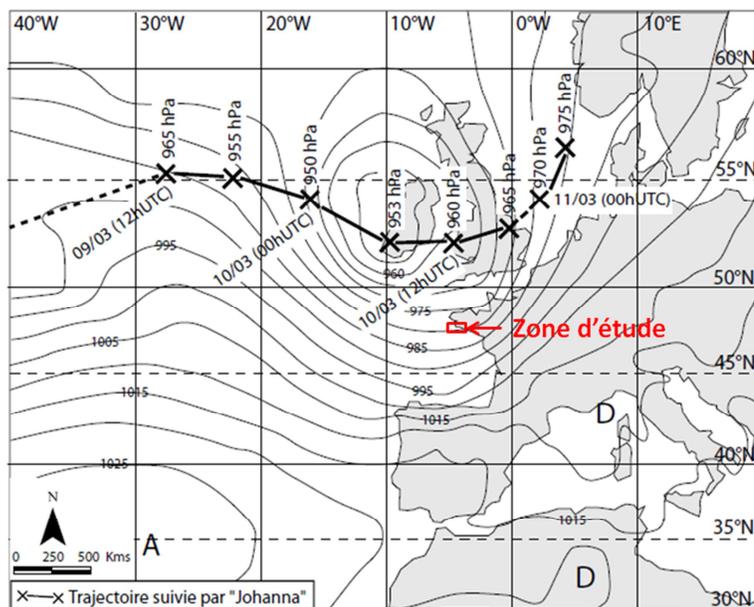
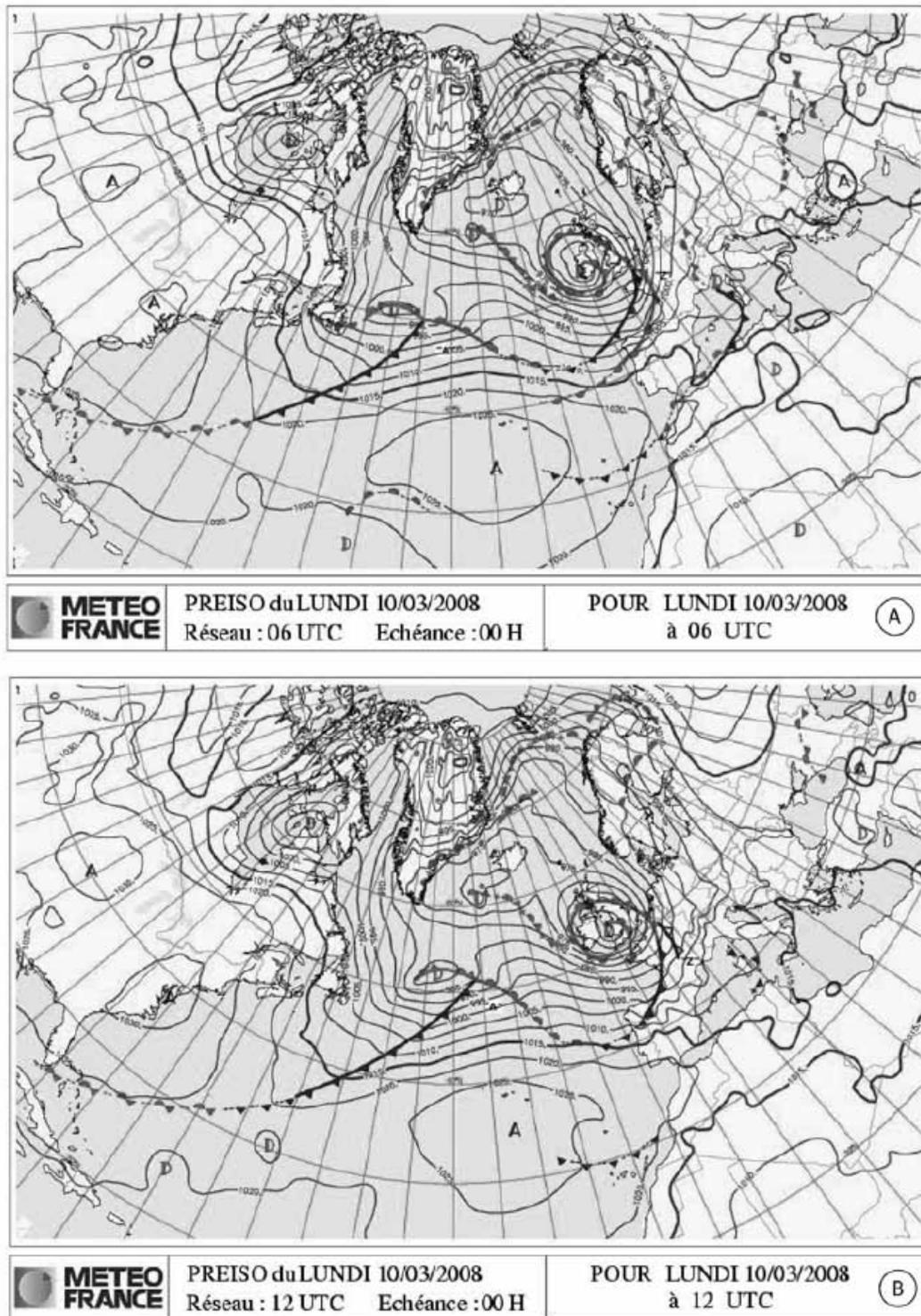


Figure 152 : Trajectoire de la dépression « Johanna » et situation synoptique au 10 mars 2008 à 06h00 UTC – (source : Météo-France)



**Figure 153 : Évolution synoptique le 10 mars 2008 entre 06 h 00 UTC et 12 h 00 UTC
(source : Météo-France)**

La tempête s'est creusée à un rythme régulier d'environ 10 à 15 hPa toutes les 24 heures, ce qui ne représente pas un creusement rapide. Pour exemple, lors de la tempête du 24-25 janvier 1990, une baisse de 36 hPa en 24 heures avait été observée (Tonnerre-Guérin, 2003).

Le matin du 10 mars, la pression au centre de la dépression alors située sur l'Irlande, est de 953 hPa. Au même moment, la pression enregistrée au sud de la Bretagne est de 980 hPa. Le gradient de pression sud-ouest est alors de 30 hPa sur seulement 600 kilomètres de distance (Figure 153).

En analysant les données de vent et de pression atmosphérique au niveau de l'île d'Ouessant (Figure 154), on remarque le passage d'un front froid le matin du 10 mars. Avant le passage de ce dernier, la pression atmosphérique diminue rapidement jusqu'à 975 hPa et le vent de secteur sud-ouest forcé. Suite au passage du front froid, la vitesse du vent chute brusquement. La pression atmosphérique remonte ensuite progressivement et le vent passe au secteur ouest puis nord-ouest en forçant à nouveau. On retrouve le même schéma pour les stations météorologiques de Penmarc'h, Lannion et Lorient où le front froid est passé respectivement à 4 h 00, 4 h 30 et 5 h 00 UTC (Figure 154).

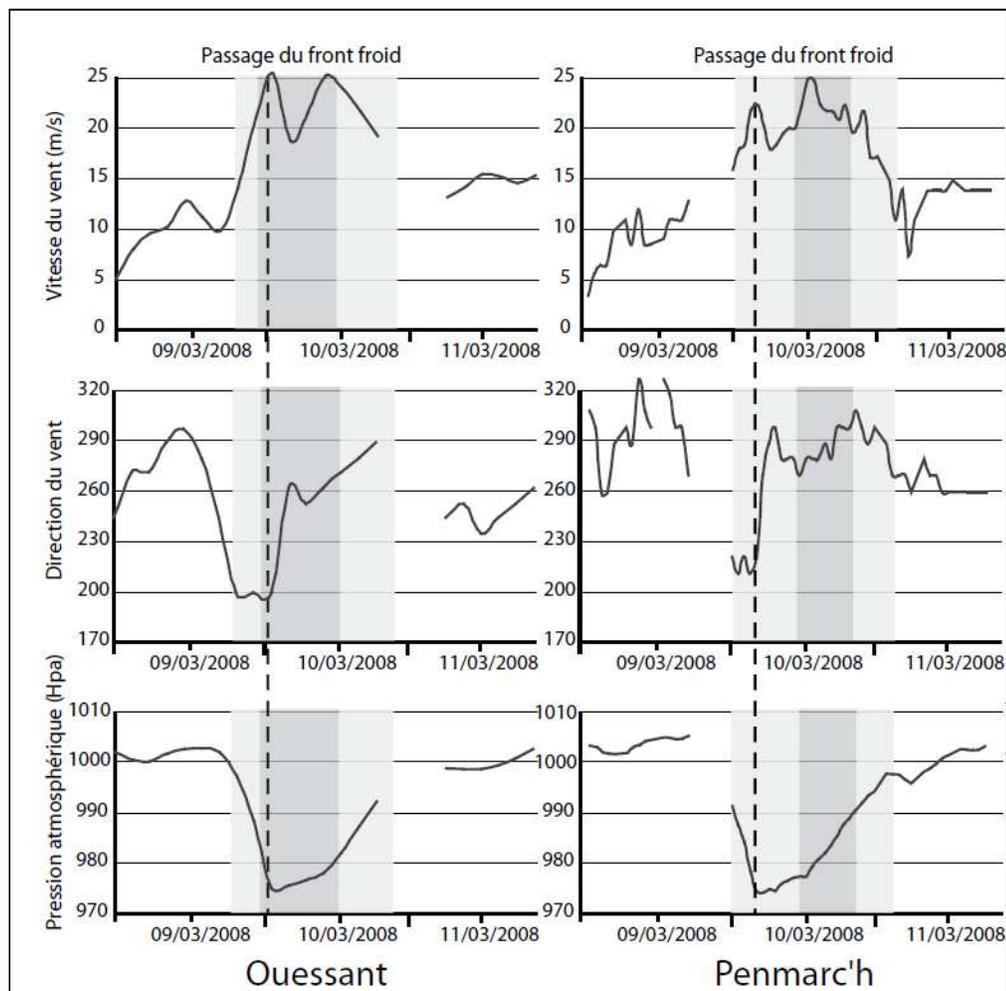


Figure 154 : Conditions de vent et de pression atmosphérique enregistrées dans les stations de Ouessant et de Penmarc'h entre le 9 mars et le 11 mars 2008 – (source : Météo-France)

Au soir du 10 mars, le centre dépressionnaire s'est déplacé au sud-est de l'Angleterre et la dépression n'a pas diminué en intensité (Figure 155). À 19 heures UTC, la pression au centre du système dépressionnaire est de 960 hPa et celle mesurée au nord de la Bretagne est de 985 hPa (Figure 155). Le gradient de pression nord-ouest est alors de 25 hPa sur une distance de 500 km. Cette situation se traduit par des vents toujours violents mais orientés maintenant au secteur ouest-nord-ouest.

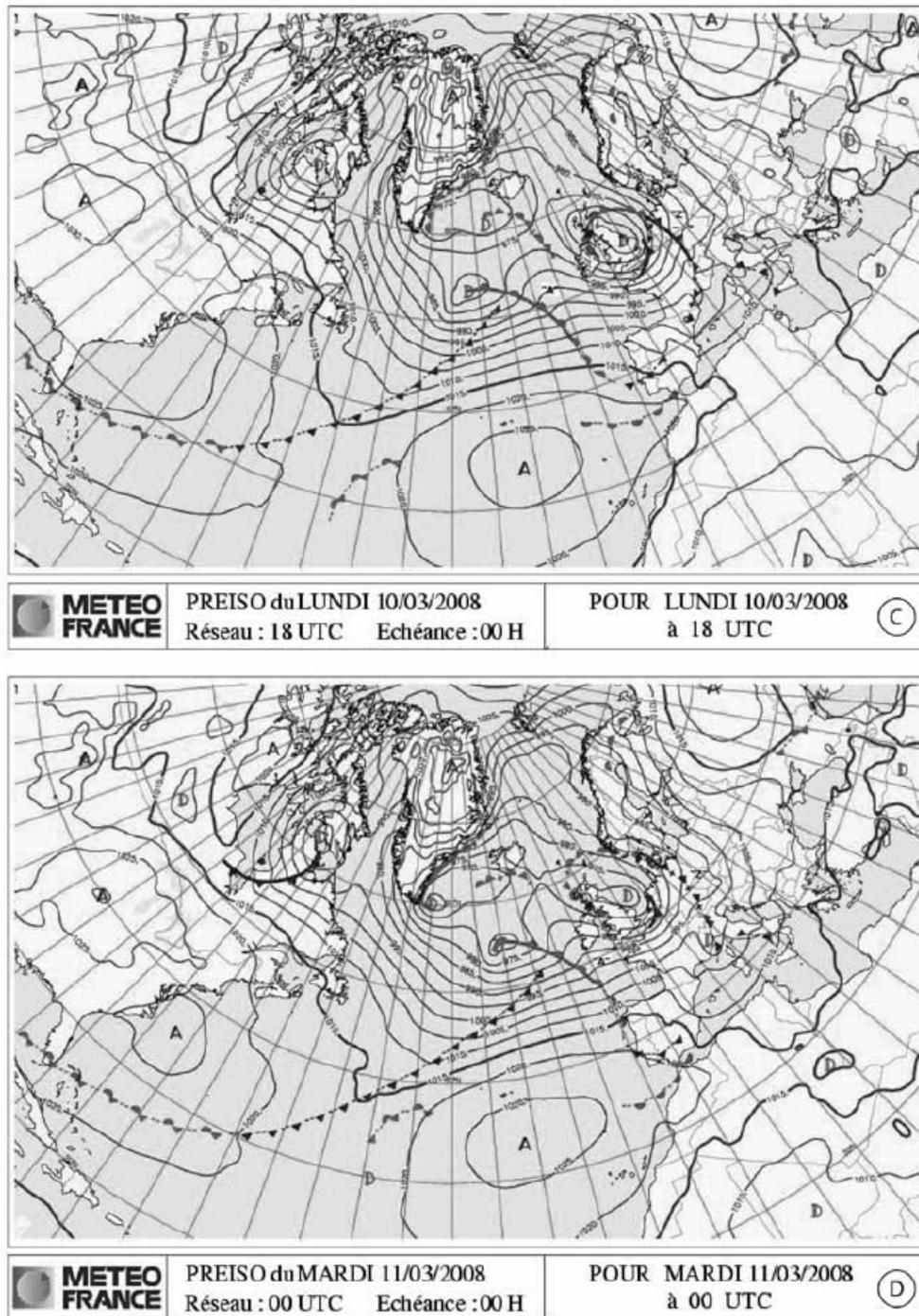


Figure 155 : Évolution synoptique entre le 10 mars 2008 18 h 00 UTC et le 11 mars 2008 00 h 00 UTC (source : Météo-France)

Les niveaux d'eau ont atteint lors de cette tempête des valeurs inattendues (cf. Figure 156). Ils étaient dus à la combinaison de phénomènes indépendants (surcote importante accompagnée d'une mer énorme et pleine mer de vive-eau). Les niveaux d'eau maximums à l'origine de la submersion des côtes basses ont été à chaque fois précédés par le passage d'un front froid. Les vitesses de vent et les hauteurs de houles atteintes pendant cette tempête avaient une période de retour de deux ans. Les niveaux d'eau mesurés par les marégraphes avaient une occurrence de deux à cent ans. Le marégraphe de Concarneau servira de donnée pour le niveau d'eau des PPRL 1 et 2 et le marégraphe du Conquet servira de données pour le niveau d'eau du PPRL 3 de Camaret-sur-Mer.

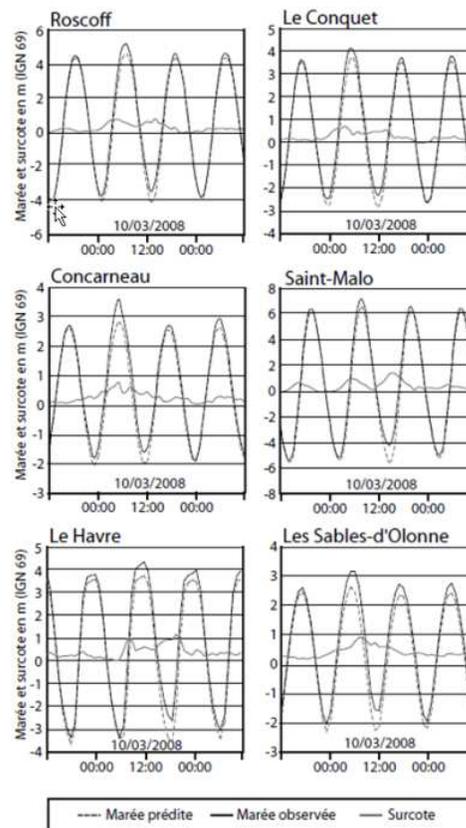


Figure 156 : Conditions marégraphiques enregistrées aux marégraphes de Roscoff, du Conquet, de Concarneau, de Saint-Malo du Havre et des Sables-d'Olonne (source : SHOM)

Afin de déterminer les caractéristiques de la houle pour cet évènement, les données du marégraphe de Concarneau et les données du houlographe des Pierres Noires (bouée n°02911 du réseau CANDHIS) ont été analysées (cf. Figure 157).

Le houlographe des Pierres Noires situé au sud Ouessant a enregistré des houles provenant de secteur Ouest avec des hauteurs ($H_{1/3}$) de plus de 10 mètres dans l'après-midi du 10 mars 2008 (cf. Figure 157).

Au moment de la pleine mer, heure à laquelle les dégâts ont été les plus importants (vers 6h00 du matin, heure d'hiver), les vagues étaient plutôt orientées Ouest Sud-Ouest (245°N) et la bouée enregistrait des houles de hauteurs significatives de l'ordre de 7 mètres avec des périodes de pic de 10 à 12 secondes.

En ce qui concerne les niveaux d'eau, ils ont été déterminés grâce à l'analyse du marégraphe de Concarneau (cf. figure ci-après).

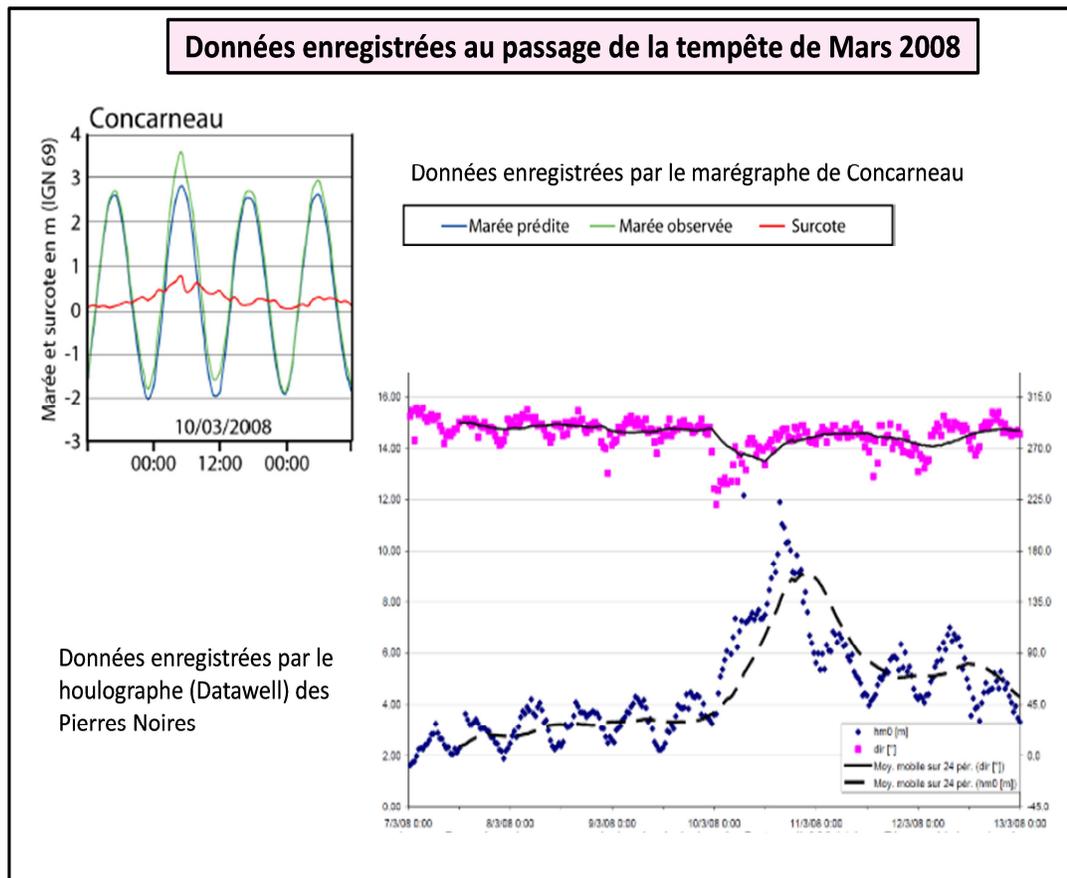


Figure 157 : Données enregistrées lors du passage de la tempête de Mars 2008 par le marégraphe de Concarneau (en haut à gauche) et par le houlographe des Pierres Noires (en bas à droite)

Les observations du marégraphe de Brest, de la Marine Nationale sont la propriété du SHOM et sont mises à disposition sur le site des Réseaux de référence des observations marégraphiques (refmar.shom.fr).

Les observations du marégraphe de Concarneau sont la propriété du SHOM, du Conseil Général du Finistère et sont mises à disposition sur le site des Réseaux de référence des observations marégraphiques (refmar.shom.fr).

Les caractéristiques de l'évènement historique du 10 mars 2008 retenues pour l'étude du PPRL sont : Modèles n°1 et 2 : Hs = 7,0 m, Tp = 11,5 s, Dir = N240° et Niv = +3,58 m NGF.

6 Tempêtes durant l'hiver 2013/2014

Une succession de tempêtes ont balayé les côtes Bretonnes et plus particulièrement les côtes Ouest de la France Métropolitaine.

Ces tempêtes se sont produites sur une période comprise entre le 18 décembre 2013 et le 5 mars 2014. En plus d'être intenses (corrélation entre des forts coefficients de marée et des

fortes houles se produisant au moment de la pleine mer), ce qui introduit un caractère exceptionnel à ces événements est la succession quasiment continue de ces tempêtes sur une période de 2,5 mois.

Ce chapitre présente :

- une analyse historique de cette série de tempêtes (hauteurs des houles, période des houles, direction des houles, intensité des vents, conjonction avec les niveaux d'eau liés à la marée astronomique, surcotes liées aux tempêtes),
- la formation de ces tempêtes.

6.1 Constat

Entre la mi-décembre 2013 et début mars 2014, la France et plus particulièrement une grande partie de l'Europe de l'Ouest s'est trouvée sous l'influence d'une circulation océanique intense se traduisant par une succession de tempêtes sur la façade Atlantique et par des températures bien plus douces que les normales saisonnières. Ceci s'explique par le fait que l'anticyclone des Açores est resté dans des latitudes trop basses ne permettant pas de bloquer les dépressions. Ainsi, le rail des perturbations océaniques s'est situé plus au Sud que la normale et presque chacune des dépressions s'étant formées sur l'Océan Atlantique a pu atteindre les côtes atlantiques françaises.

Cet hiver 2013/2014 est classé comme étant le 3ème le plus doux en France depuis le début des enregistrements des données météorologiques.

Ecart moyen en France par rapport aux normales saisonnières :

- Décembre 2013 : +0,7°C,
- Janvier 2014 : +2,7°C,
- Février 2014 : +2,1°C

Une succession de 19 tempêtes ont balayées la Bretagne.

Les caractéristiques de chacune des tempêtes sont :

- Les données de vent :
 - Prévisions de vents moyens issus des modèles de WINDGURU (www.windguru.cz)
 - Relevés de vents maximums en rafales issus de données Météo-France
- Les données de houle :
 - Mesures de houle à la bouée n°02911 des « Pierres Noires » appartenant au CEREMA. Ces données nous ont été fournies de 10/2005 jusqu'au 06/03/2014. D'après le CEREMA, les données disponibles jusqu'au 12/02/2014 sont des données qui ont été vérifiées et validées par le CEREMA. Par contre, les données disponibles du 13/02 au 06/03/2014 sont des données « temps réel brut » qui n'ont pas été vérifiées par le CEREMA et qui ne sont donc pas validées. Ces dernières sont fournies à titre indicatives pour représenter les tempêtes sur cette période mais les valeurs mesurées ne peuvent pas être considérées valides sans contrôle des données par le CEREMA.
- Les données de marée :

- Prévision des marées astronomiques au port de Concarneau,
- Mesures des niveaux d'eau atteints au port de Concarneau (prise en compte de la surcote) sur l'hiver 2013/2014 jusqu'au 06/03/2014.

Les observations du marégraphe de Concarneau sont la propriété du SHOM, du Conseil Général du Finistère et de la CCI Quimper Cornouaille et sont mises à disposition sur le site des Réseaux de référence des observations marégraphiques (refmar.shom.fr).

Dans le tableau suivant, compte tenu du nombre important de tempêtes recensées sur la période du 18/12/2013 au 05/03/2014 (19), nous avons définis arbitrairement des seuils (données en rouge et en gras) pour les caractéristiques océano-météo fortes nous permettant de dégager les tempêtes ayant effectuées le plus de dégâts sur le littoral d'étude du PPRL.

Ces seuils sont :

- Houles enregistrées à la bouée « Pierres Noires » avec un $Hm0 > 6.0$ m pendant au moins 20 h.
- $Hm0 > 9.0$ m,
- $Tp > 17$ s,
- $Dir < N270^\circ$,
- Coefficient de marée > 100 .
- Pic de houles au large lors de la tempête à +/- 1h de la pleine mer.

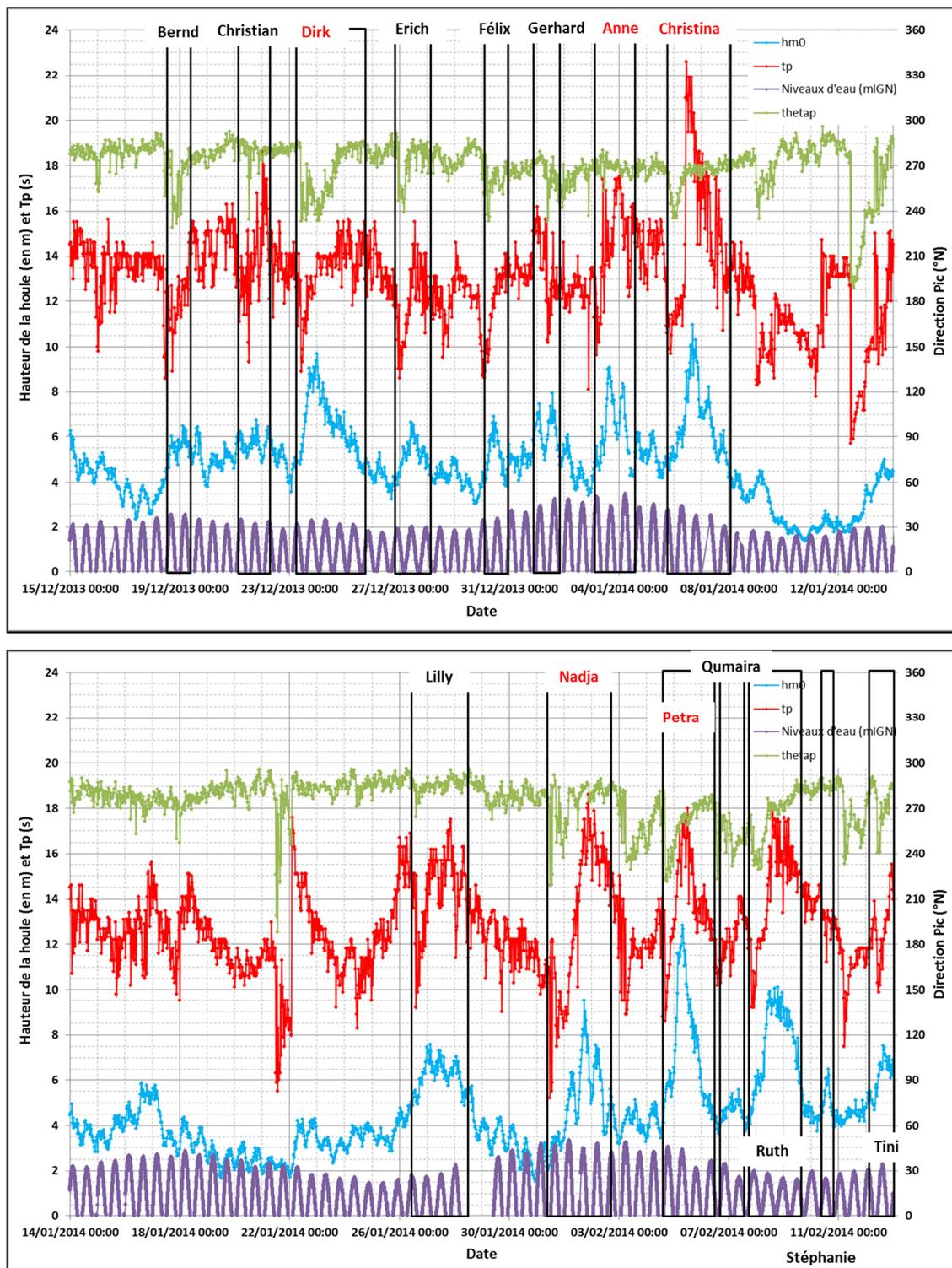
Les tableaux ci-après présentent les caractéristiques océano-météo pour chacune des 19 tempêtes. Les tempêtes surlignées en orange sont les évènements remarquables, par rapport à un ou plusieurs paramètres tels que la surcote liée à la houle, la direction de la houle, le niveau marin (hors influence de la houle), mais également par rapport à leur impact en terme de dommages.

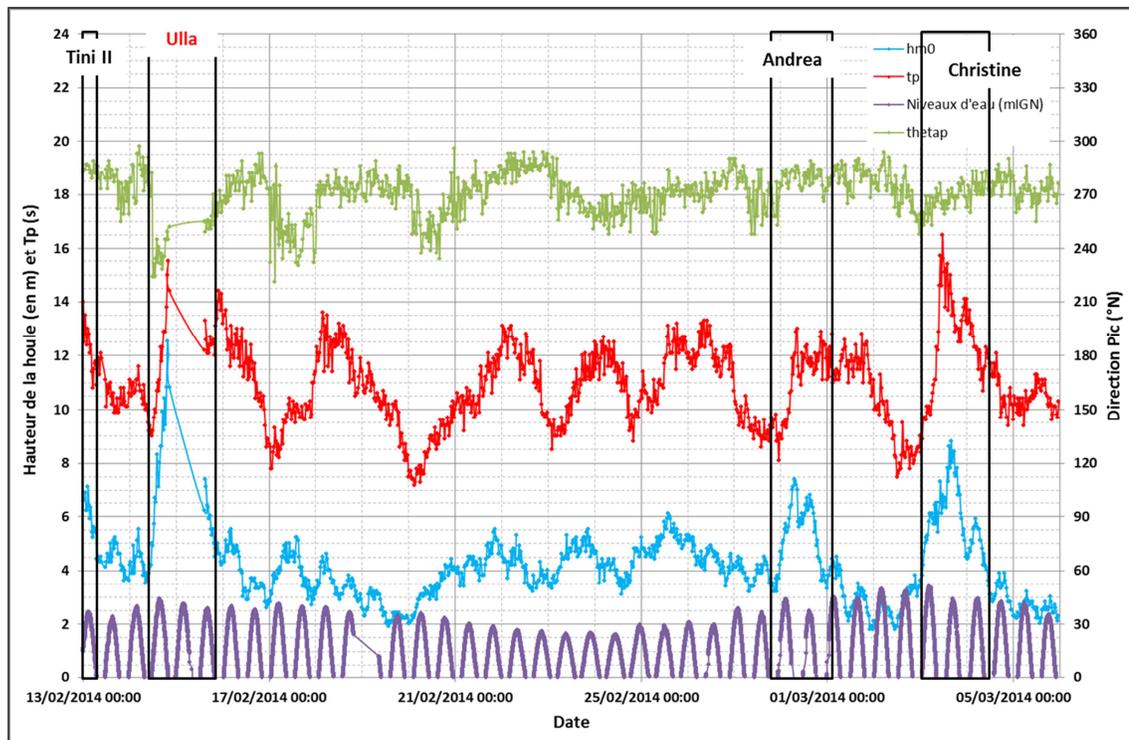
Tableau 7 : Caractéristiques océano-météorologiques des tempêtes de l'hiver 2013/2014

		Vent					Houle						Marée					
Tempêtes		Prévisions WINDGURU (www.windguru.cz) à Penmarc'h		Relevés Météo-France			Données mesurées à la bouée "Pierres Noires" 02911						Prévision au port de Concarneau (http://maree.info/93)				Mesures au marégraphe de Concarneau	
N°	Noms	Période de vent moyen > 40 km/h	Durée (h)	Heure du pic de vent à Quimper	Rafales maximales (km/h)	Vent moyen max relevé à Quimper (km/h)	Hm0 > 6 m	Durée (h)	Pic de houle	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (°N)	Marée Coefficient	PM (m IGN)	Heure de PM	Correspondance Houle max/Marée	Surcote à la PM (m) (REFMAR)	PM (m CM)
1	Berd	18/12 13h au 19/12 01h	12h	18/12 20h	Camaret 133 km/h Pointe du Raz 122 km/h Quimper 93 km/h	60 km/h	19/12 02h30 à 5h30 et 19/12 14h à 17h30	6h30	19/12 2h30	6.47	13	265	80	2.42	19/12 5h27	PM-3h		4.95
2	Christian	21/12 01h à 16h	15h	21/12 14h	Quimper 70 km/h	43 km/h	21/12 02h à 07h et 21/12 15h30 à 20h30 et 22/12 04h à 07h	13h	21/12 19h	6.75	18	280	73	2.27	21/12 18h56	PM		4.80
3	Dirk	23/12 07h au 24/12 04h	21h	23/12 22h	Pointe du Raz 144 km/h Pointe de Penmarc'h 119 km/h Beg Meil 127 km/h Quimper 114 km/h	69 km/h	23/12 12h au 25/12 01h	37h	24/12 00h	9.70	14	240	58	1.72	23/12 20H12	PM+4h		4.25
4	Erich	26/12 22h au 27/12 04h	6h	27/12 05h	Camaret 106 km/h Pointe du Raz 94 km/h Pointe de Penmarc'h 94 km/h Quimper 70 km/h	43 km/h	27/12 10h à 16h	6h	27/12 10h	6.66	13	275	43	1.57	27/12 11h39	PM-1h30		4.10
5	Felix	30/12 01h à 10h	9h	30/12 10h	Camaret 141 km/h Pointe du Raz 122 km/h Quimper 93 km/h	43 km/h	30/12 08h à 13h30	5h30	30/12 12h	6.62	13	260	70	2.22	30/12 14h56	PM-3h		4.75
6	Gerhard	01/01 07h au 02/01 01h	18h	01/01 14h	Quimper 98 km/h	44 km/h	31/12 22h30 au 01/01 04h30 et 01/01 10h à 17h30	13h30	01/01 14h	7.93	13	270	100	2.77	01/01 16h37	PM-2h30		5.30
7	Anne	03/01 07h au 04/01 04h	21h	04/01 03h	Camaret 125 km/h Pointe du Raz 108 km/h Quimper 93 km/h	52 km/h	03/01 12h au 04/01 07h	19h	03/01 16h	9.06	14	270	108	2.77	03/01 18h12	PM-2h	0.15	5.30
8	Christina	05/01 16h au 07/01 10h	42h	06/01 01h	Camaret 113 km/h Pointe du Raz 104 km/h Quimper 89 km/h	46 km/h	06/01 03h30 au 07/01 11h	31h30	06/01 16h30	10.96	22	265	82	2.12	06/01 20h34	PM-4h		4.65

		Vent					Houle						Marée					
Tempêtes		Prévisions WINDGURU (www.windguru.cz) à Penmarc'h		Relevés Météo-France			Données mesurées à la bouée "Pierres Noires" 02911						Prévision au port de Concarneau (http://maree.info/93)			Mesures au marégraphe de Concarneau		
N°	Noms	Période de vent moyen > 40 km/h	Durée (h)	Heure du pic de vent à Quimper	Rafales maximales (km/h)	Vent moyen max relevé à Quimper (km/h)	Hm0 > 6 m	Durée (h)	Pic de houle	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (*N)	Marée Coefficient	PM (m IGN)	Heure de PM	Correspondance Houle max/Marée	Surcote à la PM (m) (REFMAR)	PM (m CM)
9	Lilly	26/01 13h au 27/01 13h	24h	26/01 15h	Camaret 123 km/h Pointe du Raz 112 km/h Pointe de Penmarc'h 101 km/h Quimper 80 km/h	43 km/h	26/01 17h30 au 28/01 05h	35h30	27/01 03h	7.59	16	285	57	1.72	27/01 01h07	PM+2h		4.25
10	Nadja	31/01 13h au 01/02 19h	30h	01/02 14h	Camaret 107 km/h Quimper 72 km/h	35 km/h	01/02 06h à 08h et 01/02 14h à 22h et 02/02 02h à 09h	17h30	01/02 17h30	9.50	18	285	114	2.87	01/02 17h57	PM-0h30	0.15	5.40
11	Petra	04/02 13h au 05/02 22h	33h	05/02 10h	Camaret 156 km/h Pointe du Raz 137 km/h Pointe de Penmarc'h 133 km/h Beg Meil 120 km/h Quimper 104 km/h	56 km/h	04/02 23h30 au 05/02 23h30	24h	05/02 07h30	12.87	17	255 à 265	79	2.27	05/02 08h23	PM-1h		4.80
12	Qumaira	06/02 07h au 07/02 07h	24h	07/02 02h	Camaret 122 km/h Pointe du Raz 112 km/h Pointe de Penmarc'h 104 km/h Quimper 87 km/h	48 km/h	07/02 00h à 11h (Hm0 > 5 m) Pas de Hm0 > 6 m	11h	07/02 8h30	5.58	14	250	55	1.52	07/02 10h10	PM-1h30		4.05
13	Ruth	07/02 19h au 09/02 07h	36h	09/02 06h	Camaret 144 km/h Pointe du Raz 133 km/h Pointe de Penmarc'h 112 km/h Quimper 109 km/h Beg Meil 106 km/h	46 km/h	07/02 23h30 au 09/02 15h	39h30	08/02 12h	10.10	18	270	38	1.32	08/02 11h29	PM+0h30		3.85
14	Stéphanie	10/02 13h à 16h	3h	10/02 17h	Quimper 70 km/h	43 km/h	10/02 13h à 15h30	2h30	10/02 15h	6.49	13	280	45	1.47	10/02 14h09	PM+1h		4.00
15	Tini I	12/02 04h à 22h	18h	12/02 14h	Camaret 144 km/h Pointe du Raz 122 km/h Pointe de Penmarc'h 112 km/h	46 km/h	12/02 11h à 21h30	10h30	12/02 15h	7.52	13	265	65	1.87	12/02 15h36	PM		4.40
16	Tini II	13/02 04h à 16h	12h	13/02 14h	Beg Meil 107 km/h Quimper 94 km/h	33 km/h	12/02 22h au 13/02 04h	6h	13/02 2h30	7.12	13	285	70	2.12	13/02 03h50	PM-1h		4.65
17	Ulla	14/02 04h au 15/02 16h	36h	14/02 18h	Camaret 179 km/h Pointe de Penmarc'h 122 km/h Quimper 114 km/h Beg Meil 118 km/h Camaret 149 km/h	65 km/h	14/02 13h au 15/02 17h30	28h30	14/02 19h30	12.52	15	240	81	2.22	14/02 16h42	PM-3h	0.65	4.75
18	Andrea	28/02 00h à 20h	20h	28/02 11h	Pointe du Raz 142 km/h Pointe de Penmarc'h 122 km/h Quimper 109 km/h Beg Meil 102 km/h Camaret 148 km/h	65 km/h	28/02 05h à 17h	12h	28/02 07h	7.42	12	285	95	2.72	28/02 3h44	PM-3h30		5.25
19	Christine	02/03 19h au 03/03 22h	27h	03/03 17h	Pointe du Raz 127 km/h Pointe de Penmarc'h 108 km/h Quimper 94 km/h	50 km/h	03/03 05h à 21h30	16h30	03/03 16h	8.82	15	270	112	2.82	03/03 18h15	PM-2h		5.35

La série chronologique des houles sur la période du 15 décembre 2013 au 13 février 2014 issue des données enregistrées à la bouée des « Pierres Noires n°02911 » appartenant au CEREMA (ex CETMEF) est présentée sur la figure ci-après :





D'après ces figures, on constate :

- qu'il a été enregistré des valeurs de houle importantes :
 - $Hm0 = 12,87$ m lors de la tempête Petra le 05/02/2014 à 7h30,
 - $Tp = 22,6$ s lors de la tempête Christina le 06/01/2014 à 11h.
- Sur la période du 18/12/2013 au 08/01/2014 (soit 21 jours), la houle ($Hm0$) a toujours été supérieure à 4 m à la bouée des « Pierres Noires ».
- Sur la période du 26/01/2014 au 16/02/2014 (soit 21 jours), la houle ($Hm0$) a toujours été supérieure à 4 m à la bouée des « Pierres Noires » (hormis entre le 29 et le 31 janvier 2014) .

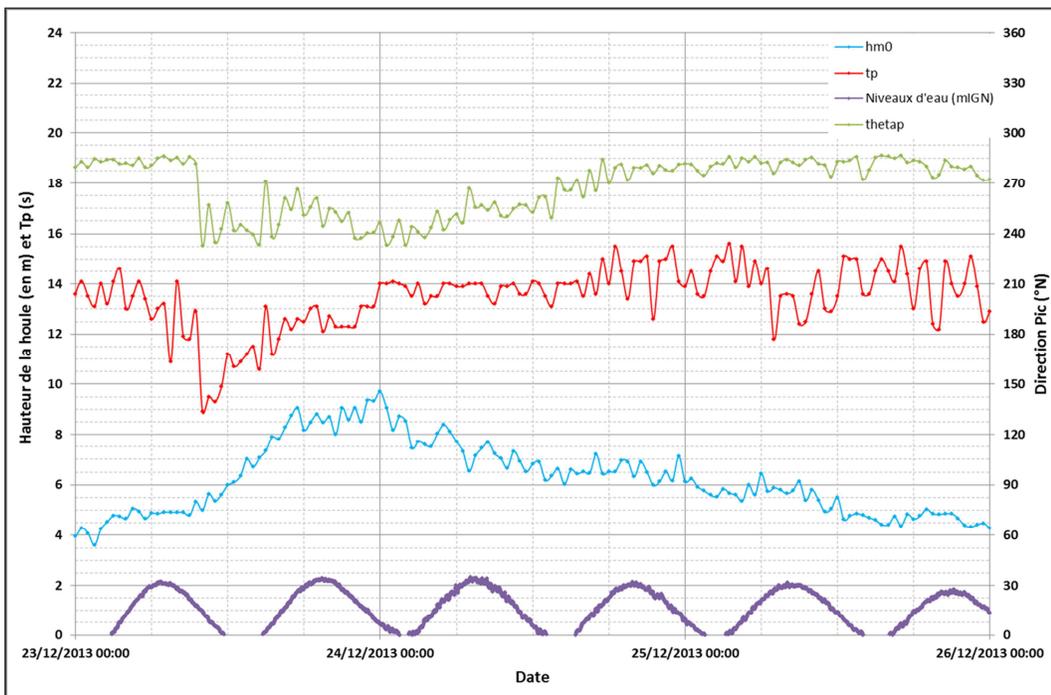
6.2 Tempêtes remarquables

Parmi les 19 tempêtes recensées, nous avons retenu les six tempêtes suivantes comme étant les tempêtes les plus remarquables :

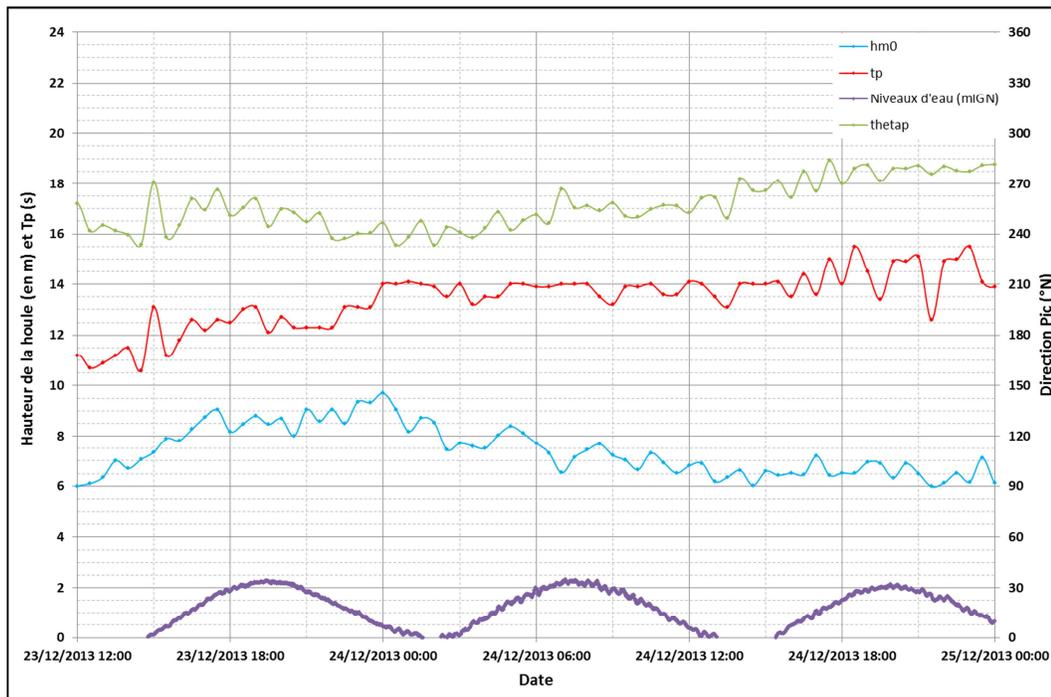
- Dirk : du 23 au 25 décembre 2013,
- Anne : du 03 au 04 janvier 2014,
- Christina : du 05 au 07 janvier 2014,
- Nadja : du 31 janvier au 02 février 2014,
- Petra : du 04 au 05 février 2014,
- Ulla : du 14 au 15 février 2014.

6.2.1 Dirk

La tempête Dirk a sévi sur la France et sur la Bretagne notamment entre le 23 et le 25 décembre 2013.



Un zoom sur le pic de la tempête Dirk est présenté sur la figure ci-après :



Synthèse :

Dirk a particulièrement marqué les esprits dans le secteur d'étude du PPRL à cause de son orientation Sud-Ouest (N240°) alors que les autres tempêtes de l'hiver 2013/2014 ont eu une orientation plus N260° à N280°.

Les houles au large, à la bouée « Pierres Noires » ont dépassé $Hm0 = 6$ m pendant 37h entre le 23/12 12h et le 25/12 01h.

Au maximum, les houles ont atteint $Hm0 = 9,7$ m le 24/12 à 00h avec un Tp de l'ordre de 14s et une direction des houles de N240° à N250°.

Cette tempête a provoqué d'importants dégâts sur le littoral du Finistère Sud car les houles orientées WSW (N240° à N250°) sont les houles les plus néfastes pour notre secteur d'étude.

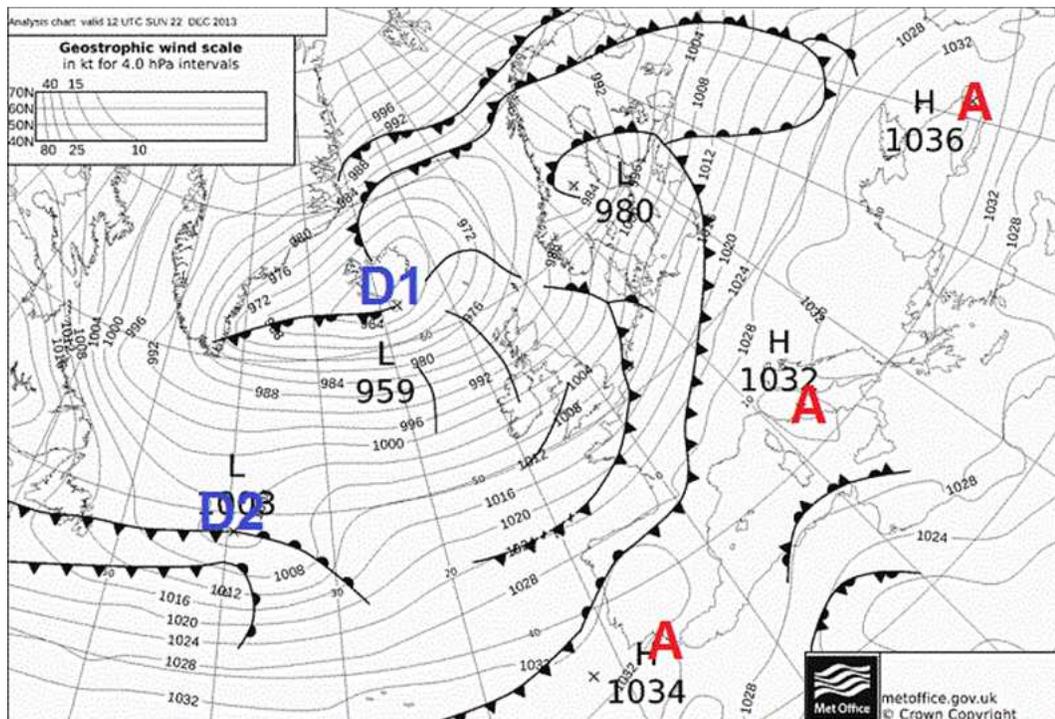
Heureusement, le coefficient de marée était faible (58) lors de la tempête limitant ainsi les franchissements bien que très importants.

L'analyse de la tempête Dirk présentée ci-après a été réalisée à partir des données bibliographiques ci-après : www.meteo-paris.fr / <http://www.infoclimat.fr/bulletin-special-284-dirk-premiere-veritable-tempete-hivernale.html> / www.meteociel.fr et Météo-France.

Analyse synoptique et évolution de la situation :

Après une longue période anticyclonique entre fin novembre et mi-décembre, un véritable changement de temps s'est opéré depuis la mi-décembre. Un vigoureux flux d'ouest s'est mis en place avec un rail dépressionnaire hivernal typique. La seule différence avec le flux d'ouest classique, c'est la localisation plus au sud que d'habitude de la zone de conflit responsable des creusements dépressionnaires sous nos latitudes (jet stream).

Voici l'analyse bracknell du dimanche 22 décembre à 12h TU :



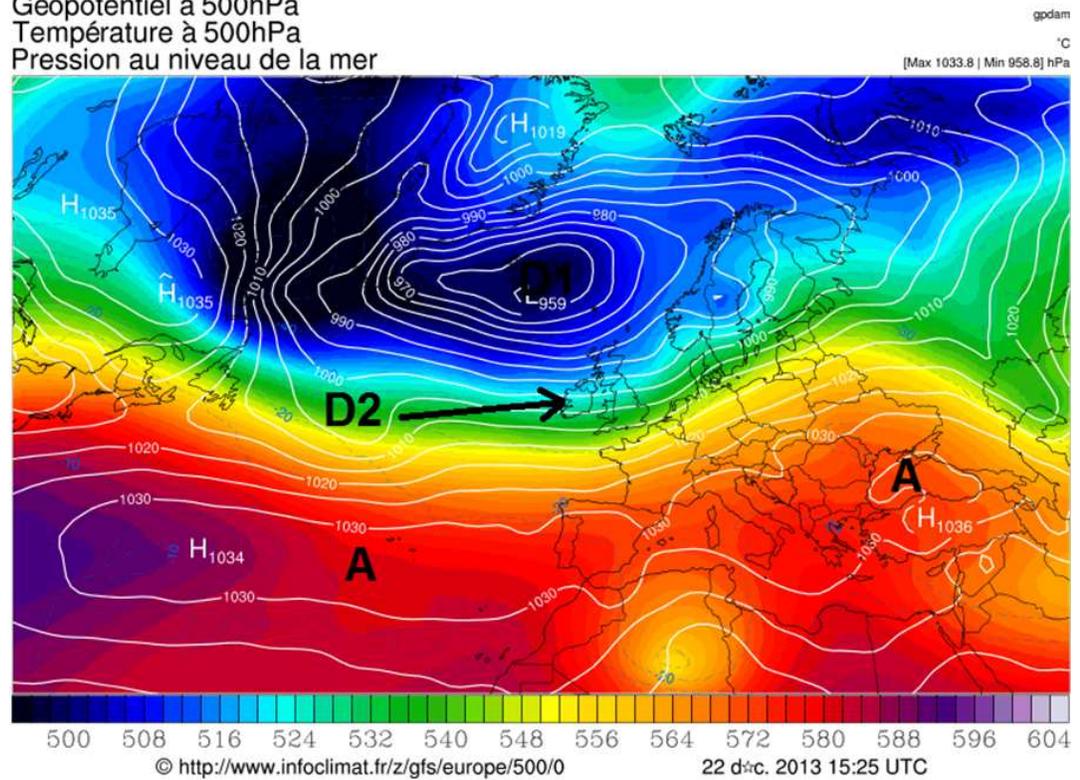
Une belle barrière anticyclonique s'est étendue du Maghreb à la Turquie, alors qu'un régime fortement dépressionnaire a concerné les hautes latitudes. La dépression de surface D1 était associée à un vortex polaire isolé responsable du puissant flux d'ouest sur l'Atlantique Nord. La dépression D2, qui pointait le dimanche 22 décembre à midi à 1003 hPa, se situait en pleine phase de creusement (cyclogénèse intense).

La carte d'analyse du modèle GFS (12h TU), ci-dessous, permet de superposer le champ de pression en surface avec celui d'altitude :

Run GFS 1.0°
22 décembre 2013 12Z

Echéance : dimanche 22 décembre 2013 12h UTC
+ 0h

Géopotential à 500hPa
Température à 500hPa
Pression au niveau de la mer

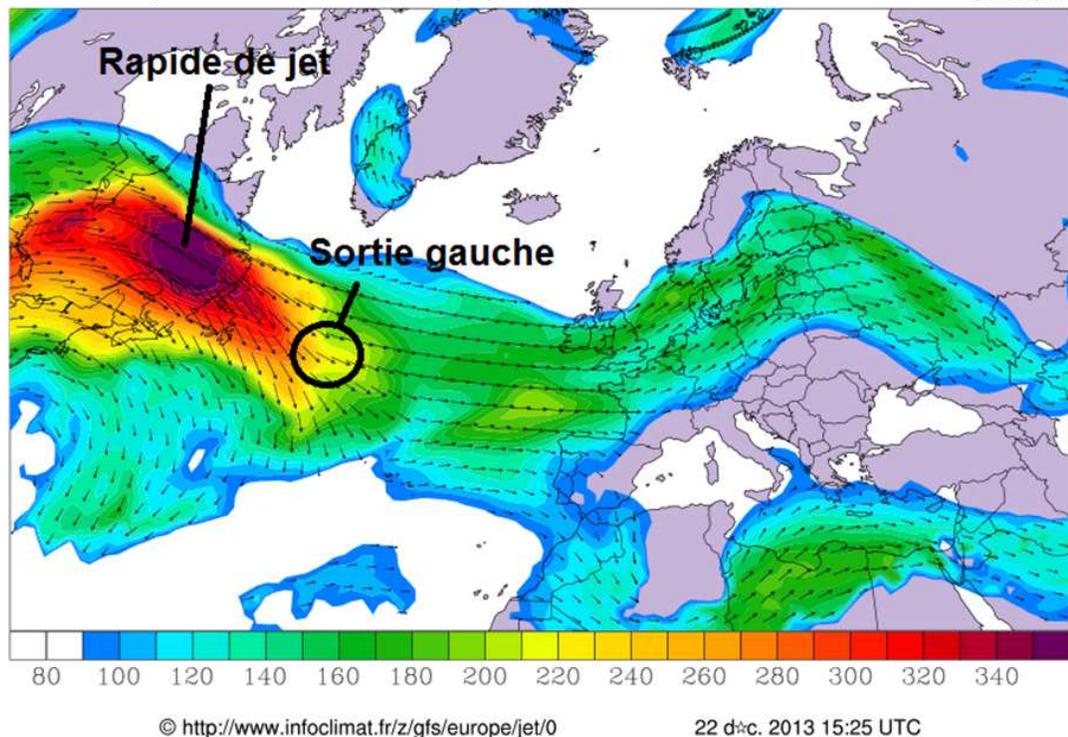


On retrouve ici la barrière anticyclonique au sud et nos systèmes dépressionnaires nordiques. Le champ de géopotential montre, au niveau de la dépression D2 et à l'arrière de celle-ci, un très fort gradient, signifiant la présence d'un puissant jet d'altitude. Ce jet est bien identifiable sur la carte d'analyse du vent au niveau de la tropopause issue du modèle GFS :

Run GFS 1*
22 décembre 2013 12Z

Echéance : dimanche 22 décembre 2013 12h UTC
+ 0H

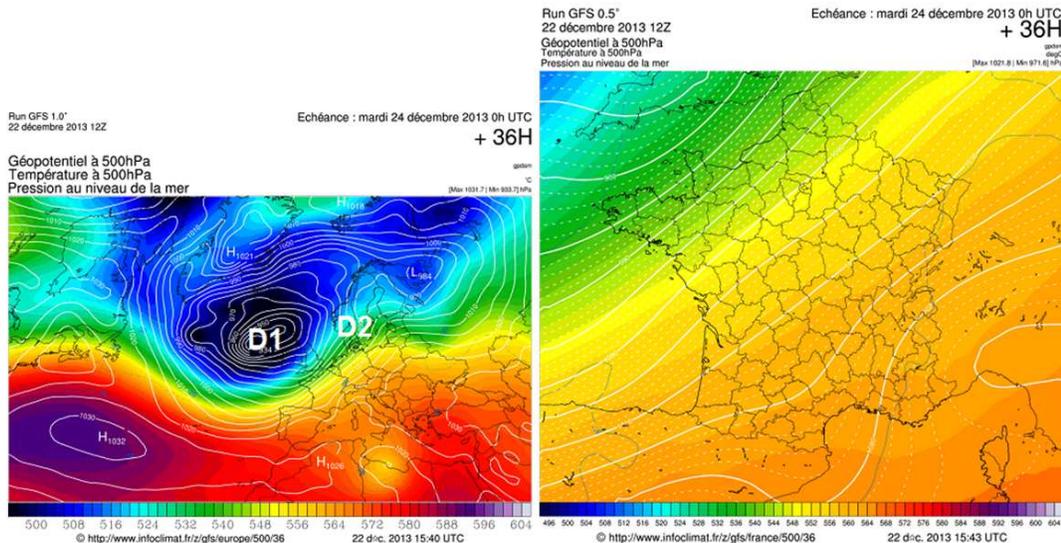
Jet stream (vent au niveau de la tropopause)



La zone violette avec des valeurs de vitesse de vent supérieures à 350 km/h, appelée rapide de jet, se situait à l'ouest de Terre-Neuve. La dépression de surface D2 montrée précédemment se situait au niveau du cercle noir sur la carte ci-dessus, soit en sortie gauche du rapide de jet. Cette configuration était propice au tourbillon dans les étages inférieurs, et donc au creusement de la dépression.

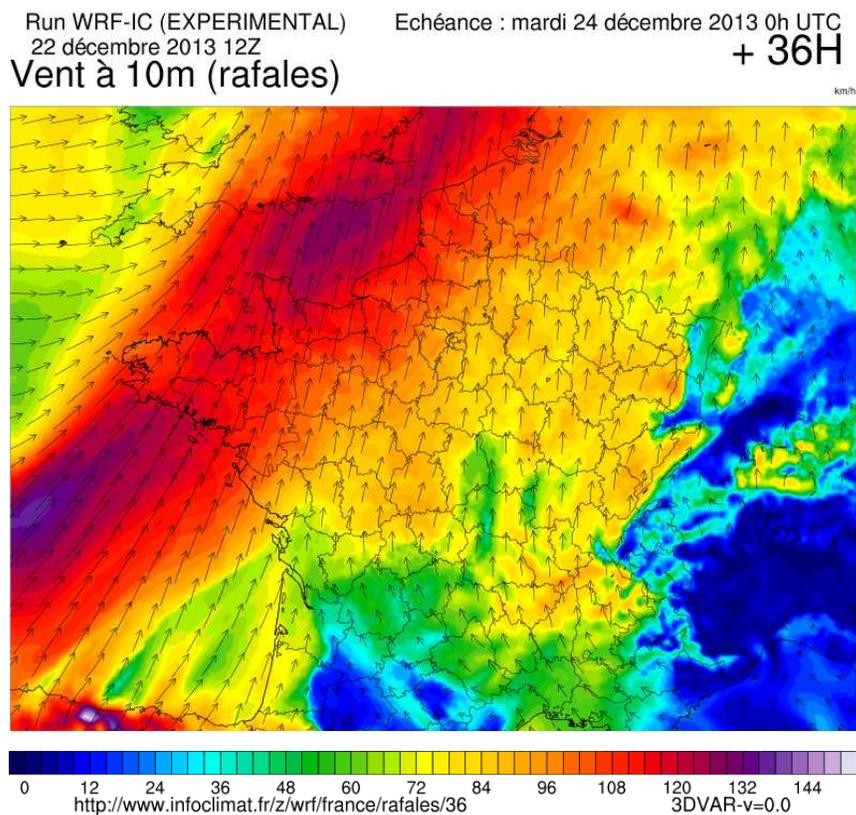
Cette dépression s'est creusée en progressant vers le nord-est et s'est plus ou moins greffée au système D1 le 24 décembre. Le gradient de pression s'est fortement resserré en cours de journée du lundi 23 décembre, avec un maximum de gradient dans la nuit de lundi à mardi.

Voici la carte des champs de pression qui était prévus par le modèle GFS pour le milieu de nuit de lundi à mardi (à gauche le zoom Europe, à droite le zoom France avec la version GFS à 0,5°) :



Le gradient de pression était particulièrement important dans l'ouest et le nord du pays, mais de manière plus générale les gradients de pression ont été assez forts sur l'ensemble du pays, avec un écart de près de 45 hPa entre la Côte d'Azur/la Corse et la pointe du Cotentin.

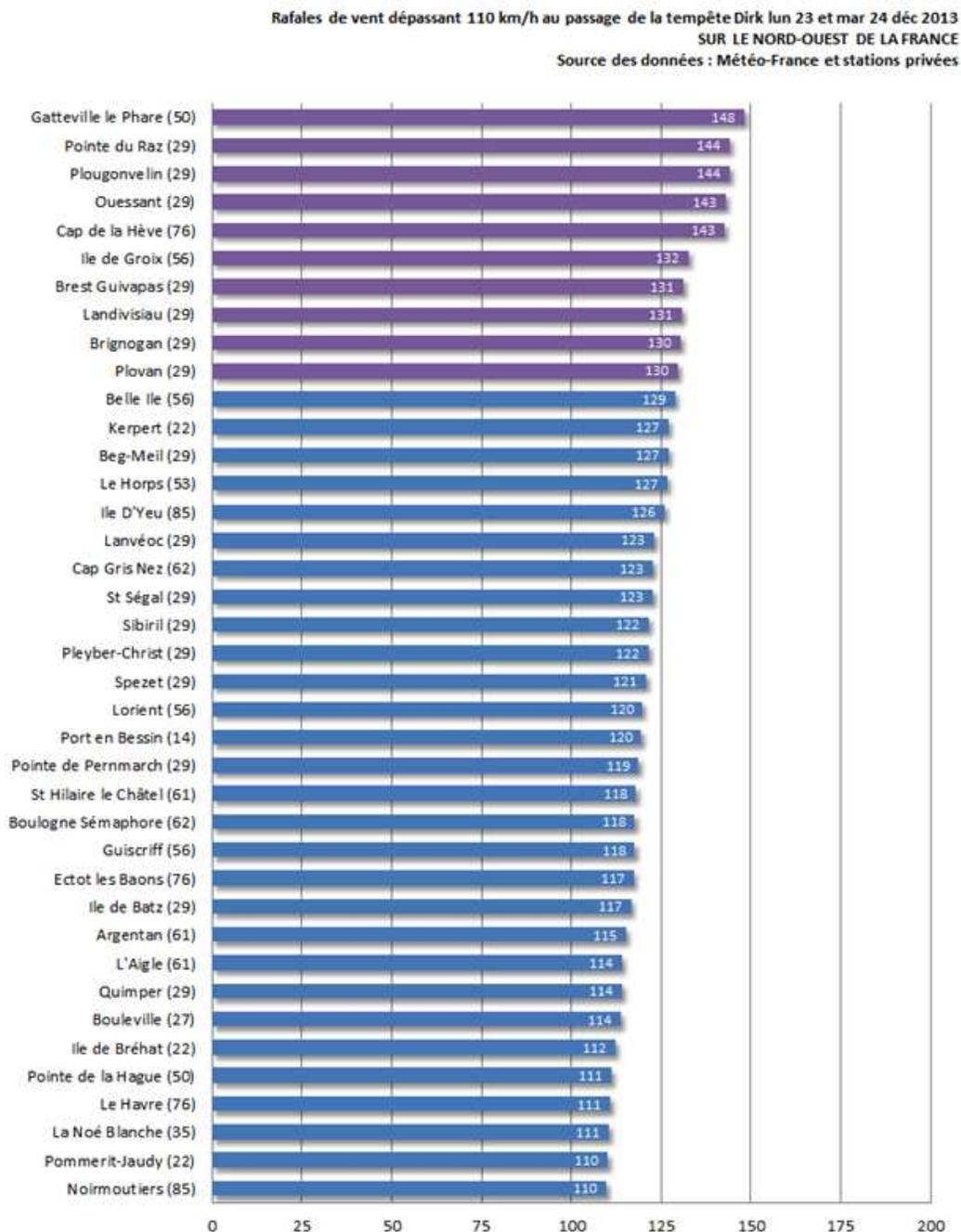
Le vent a donc soufflé en tempête entre les côtes atlantiques (des Charentes au sud Bretagne) et les côtes de la Manche. Pour illustrer ce coup de vent, voici une prévision des rafales issue du modèle WRF réalisée le 22/12 à 12h pour l'échéance du 24/12 à 0h :



Les rafales ont atteint 120 à 130 km/h sur le littoral et 80 à 110 km/h à l'intérieur des terres du nord-ouest et du nord du pays, Ile-de-France comprise.

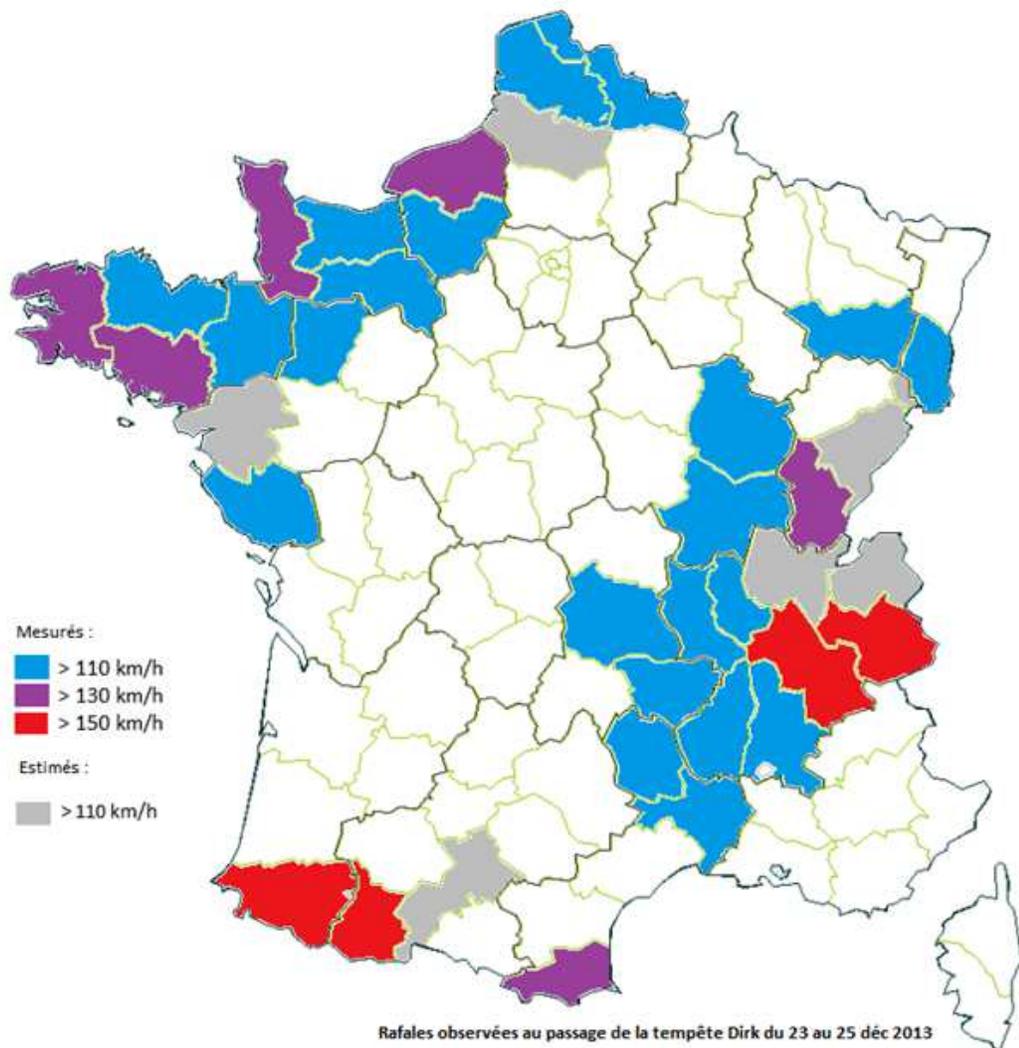
En journée de mardi, la dépression s'est déplacée vers l'Est et le vent de sud a soufflé très fort en vallée du Rhône où les rafales ont dépassé 100 km/h en plaine. En montagne dans le Massif-Central, les Alpes et les Pyrénées, le vent a été également tempétueux. Un épisode de Foehn intense s'est produit dans les Alpes.

Ci-après sont présentés les relevés des rafales de vent sur le Nord-Ouest de la France.

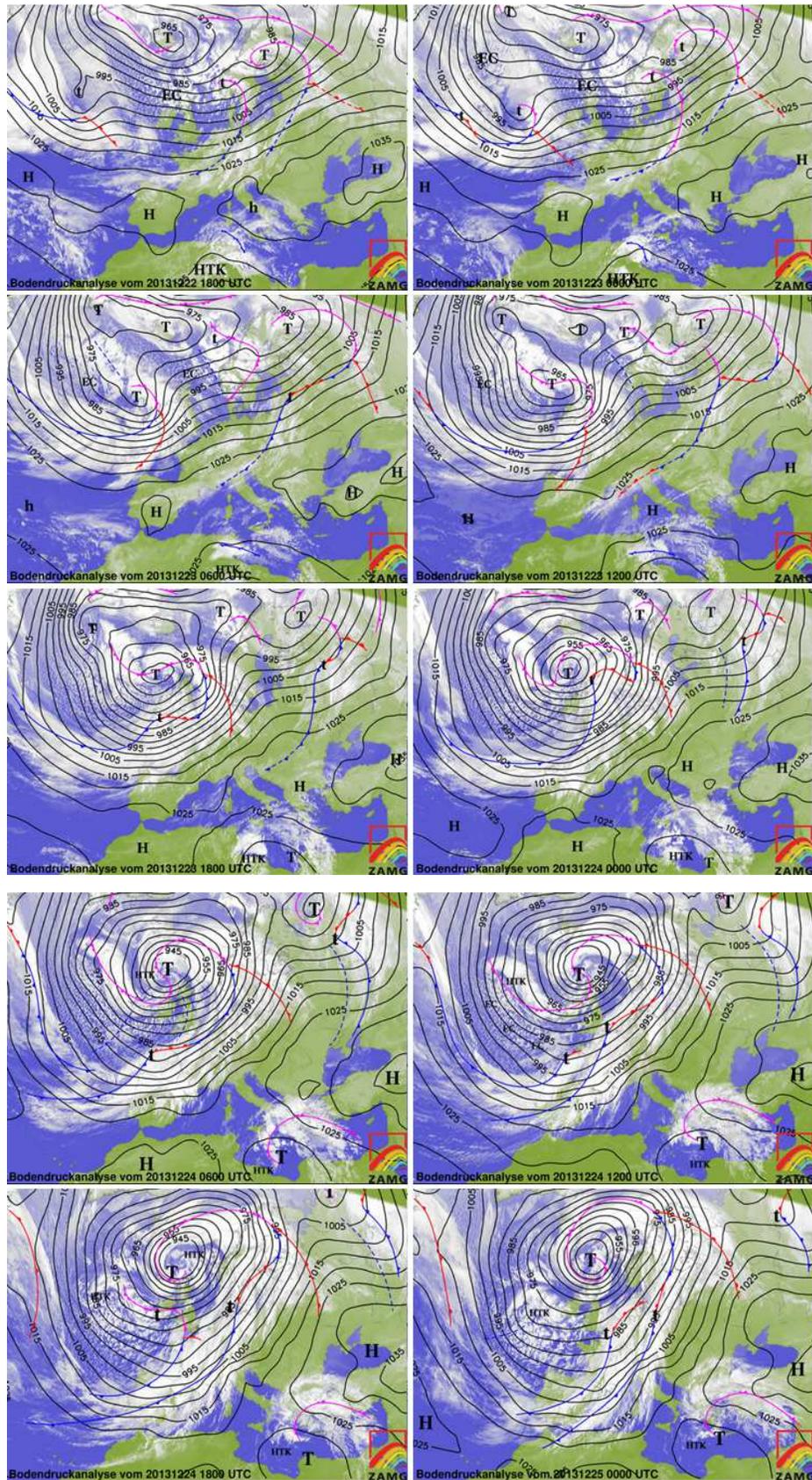


Dans le secteur concernant le PPRL actuel, nous retiendrons les valeurs suivantes :

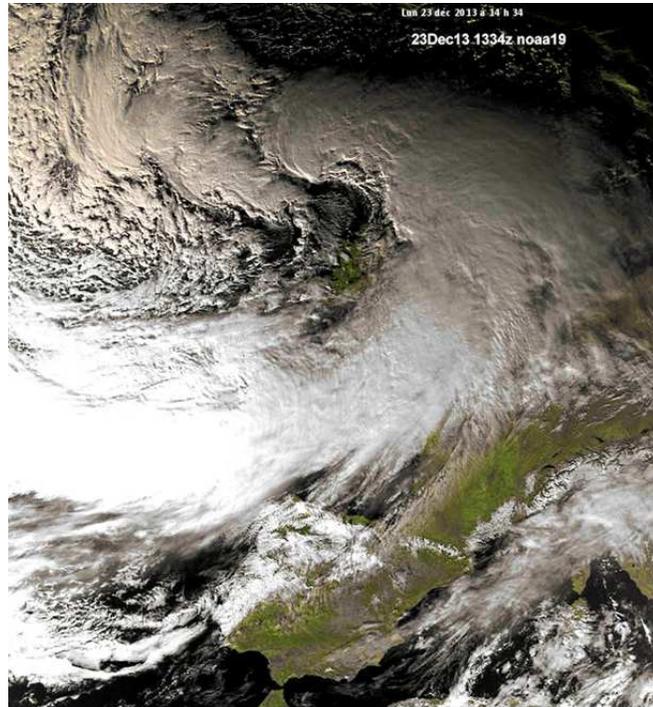
- Pointe du Raz = 144 km/h,
- Beg Meil = 127 km/h,
- Pointe de Penmarc'h = 119 km/h,
- Quimper = 114 km/h.

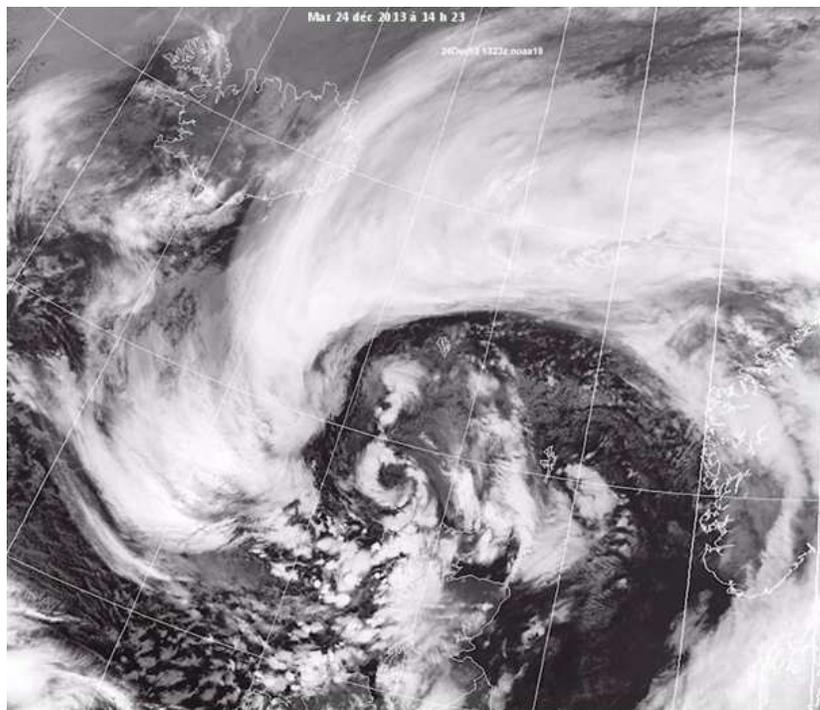


Dimanche 22 en mi-journée, Dirk n'était encore qu'une faible dépression en voie de creusement mais, elle s'est profondément creusée ensuite comme le témoigne les cartes ci-après, en atteignant jusqu'à 930 hPa.



Les images satellites ci-après présentent la dépression Dirk :

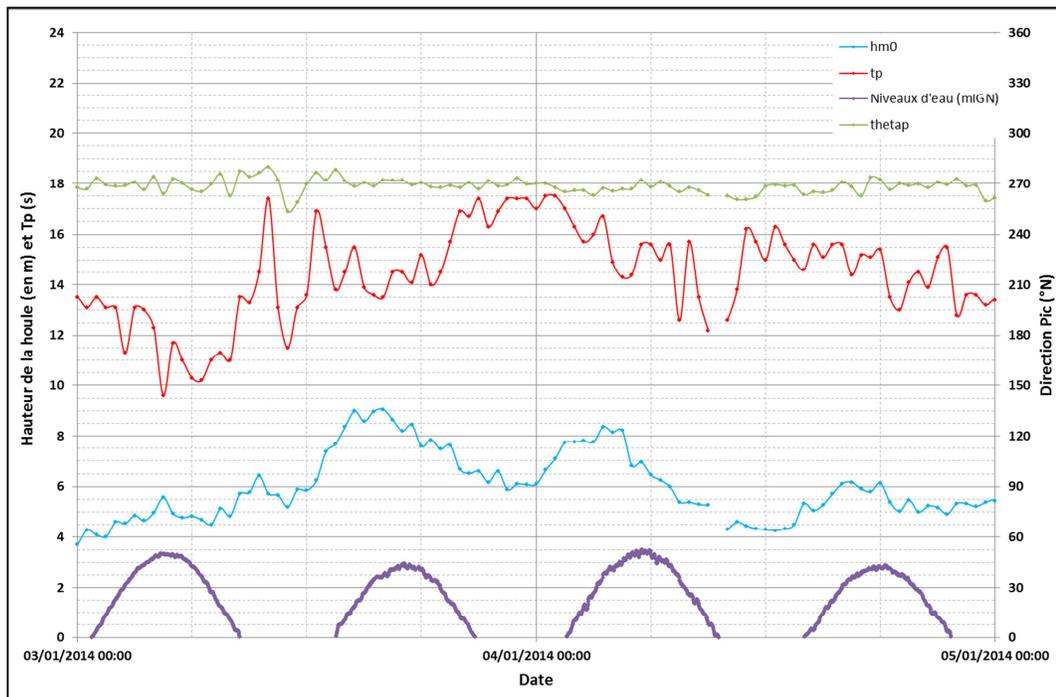




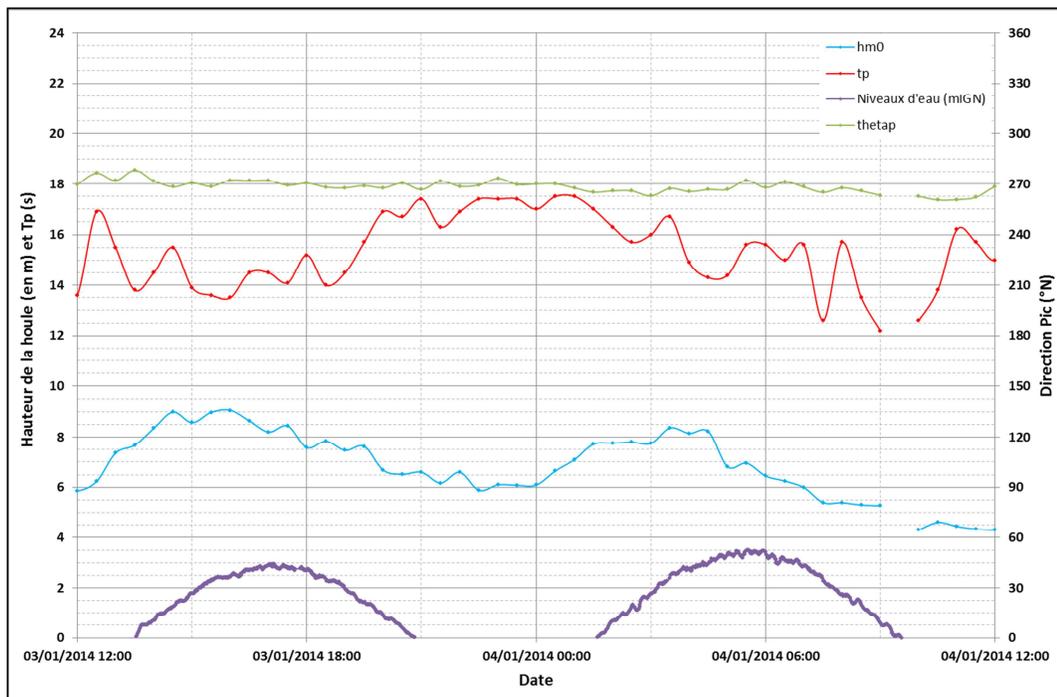
(Source : www.meteo-paris.fr)

6.2.2 Anne

La tempête Anne a sévi sur la France et sur la Bretagne entre le 03 et le 04 janvier 2014.



Un zoom sur le pic de la tempête Anne est présenté sur la figure ci-après :



Synthèse :

Les houles au large, à la bouée « Pierres Noires » ont dépassé $Hm0 = 6$ m pendant 19h entre le 03/01 12h et le 04/01 07h.

Au maximum, les houles ont atteint $Hm0 = 9,06$ m le 03/01 à 16h avec un Tp de l'ordre de 15 à 17s et une direction des houles de $N270^\circ$.

Le coefficient de marée était très important (108) lors de la tempête entraînant ainsi de nombreux franchissements ainsi que des dommages sur le littoral .sur la frange littorale de l'étude.

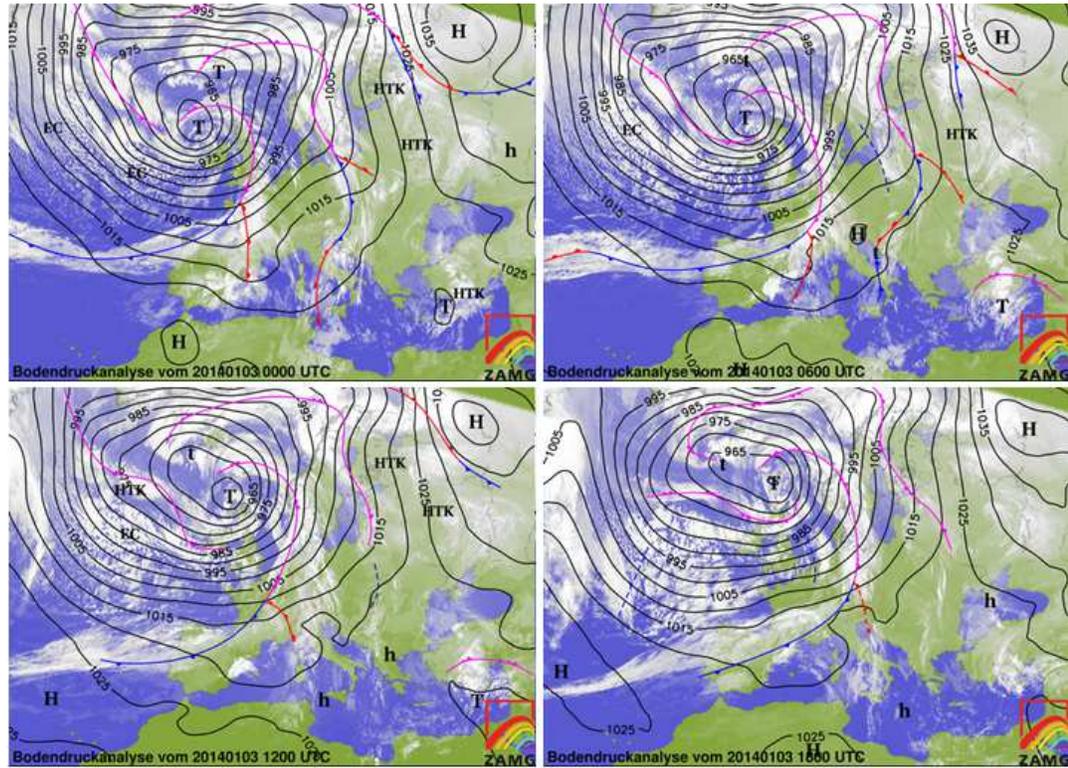
De plus on constate que les houles du large ont été très fortes ($Hm0 > 8$ m) pendant les deux pleines-mers du 03/01 à 18h et du 04/01 à 6h30.

L'analyse de la tempête Anne présentée ci-après a été réalisée à partir des données bibliographiques ci-après : www.meteo-paris.fr / www.meteociel.fr et Météo-France.

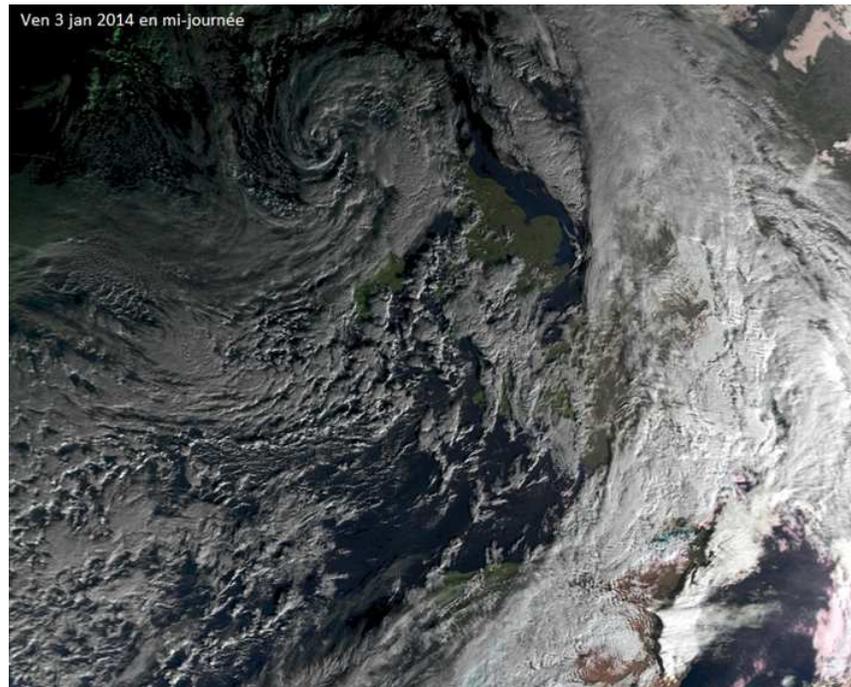
Analyse synoptique et évolution de la situation :

La dépression Anne a circulé le vendredi 3 au Nord des Iles Britanniques avec une basse pression en son centre d'environ 960 hPa, provoquant des forts vents sur le Nord-Ouest de la France et de fortes vagues sur le littoral compte tenu des coefficients de marée élevés.

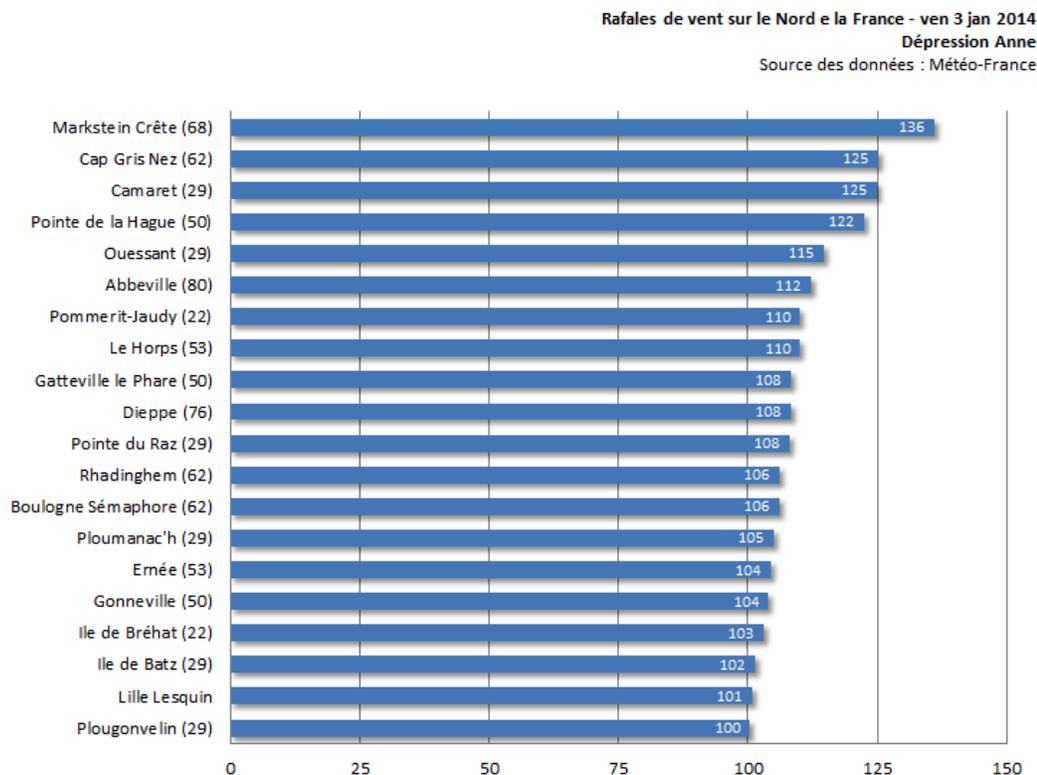
Les figures ci-après présentent l'évolution de la dépression Anne lors de son passage sur la France dans la journée du 3 janvier 2014.



L'image satellite ci-après présente la dépression Anne :



Les vents ont soufflé fortement sur le Nord-Ouest de la France en particulier comme en témoignent les rafales de vents maximales relevées par Météo-France ci-après.



Analyse du niveau d'eau et de la surcote atteinte lors de la dépression Anne :

La dépression Anne a touché les côtes du Finistère en période de grandes marées et le pic de la tempête a correspondu avec une marée de coefficient 108.

Dans le cadre de l'étude, nous avons récupéré auprès de REFMAR les mesures des niveaux d'eau atteints au port de Concarneau (prise en compte de la surcote) sur l'hiver 2013/2014 jusqu'au 06/03/2014.

Les observations du marégraphe de Concarneau sont la propriété du SHOM, du Conseil Général du Finistère et de la CCI Quimper Cornouaille et sont mises à disposition sur le site des Réseaux de référence des observations marégraphiques (refmar.shom.fr).

- REFMAR et le SHOM ont analysé les niveaux maximums atteint lors des dépressions du 02 au 05/01/2014 (source : http://refmar.shom.fr/sea_level_news_2014/2014_t1/tempete-de-debut-d-annee-et-incidence-sur-le-niveau-de-la-mer-de-l-ouest-de-la-france)

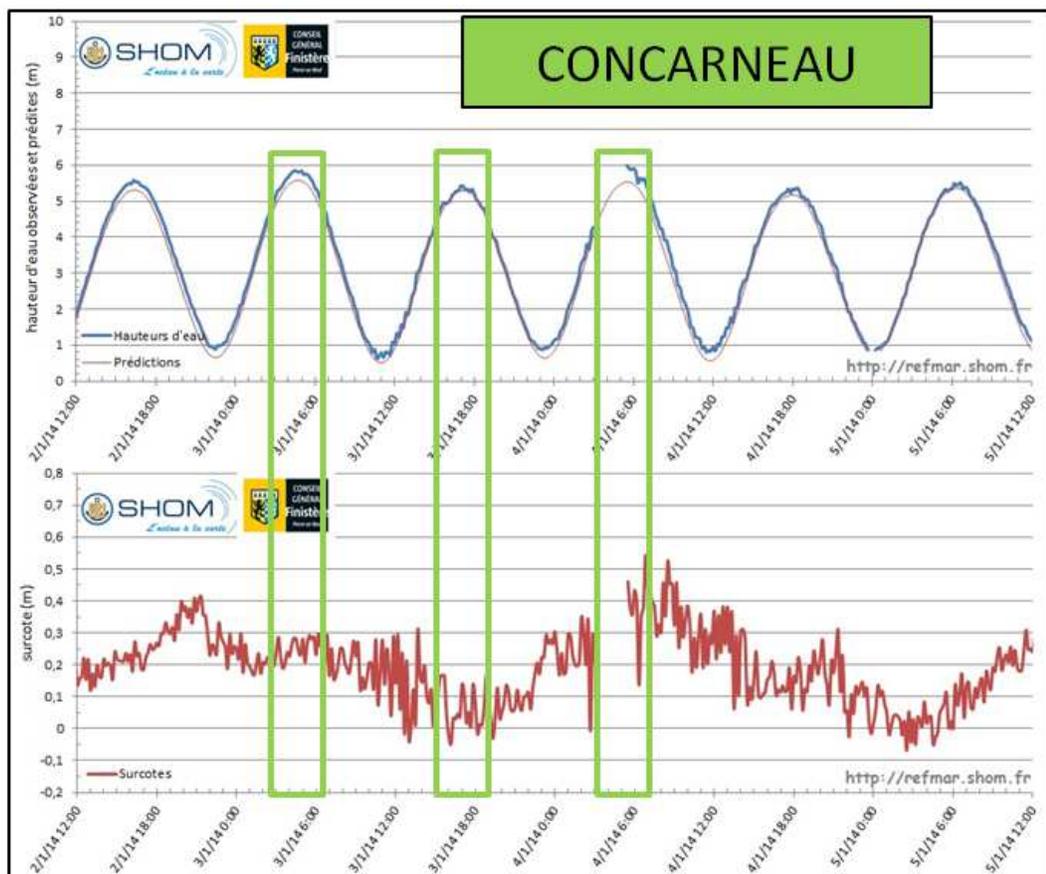
Le passage de plusieurs dépressions (2-5 janvier 2014) dans une large partie de l'ouest de la France a provoqué une suite de surélévations du niveau de la mer mesurées par les marégraphes RONIM du SHOM installés aux ports de Roscoff, du Conquet, de Brest, de Concarneau, de Port Tudy, du Crouesty et de Saint-Nazaire. Le niveau d'eau maximum mesuré

pour chaque port a dépassé le niveau des plus hautes mers astronomiques (PHMA). Ce résultat s'explique par la conjonction de cette suite de dépressions avec les forts coefficients de marée supérieurs à 100 (calculés pour le port de Brest) durant cette période.

Trois types de données, toutes exprimées en temps universel coordonné (UTC) du 2 janvier 2014 12h00 au 5 janvier 2014 12h00 sont utilisées :

- les observations du niveau de la mer mesurées par chaque marégraphe (hauteurs exprimées par rapport au zéro hydrographique (ZH). Il faut noter que ces marégraphes sont installés dans des puits de tranquillisation, ce qui filtre une partie du signal du aux vagues et au clapot ;
- les prédictions officielles de marée produites par le SHOM pour chaque site (hauteurs prédites exprimées par rapport au ZH) ;
- les surcotes - décotes de la marée, différence entre l'observation du niveau de la mer et la hauteur prédite.

Le graphique suivant présente pour l'observatoire marégraphe de Concarneau les observations et les prédictions du niveau de la mer (graphique du haut) et le calcul des surcotes décotes (graphique du bas). Nous avons ajouté les valeurs de surcote maximales au moment des pleines-mers qui ont coïncidées avec des fortes houles.

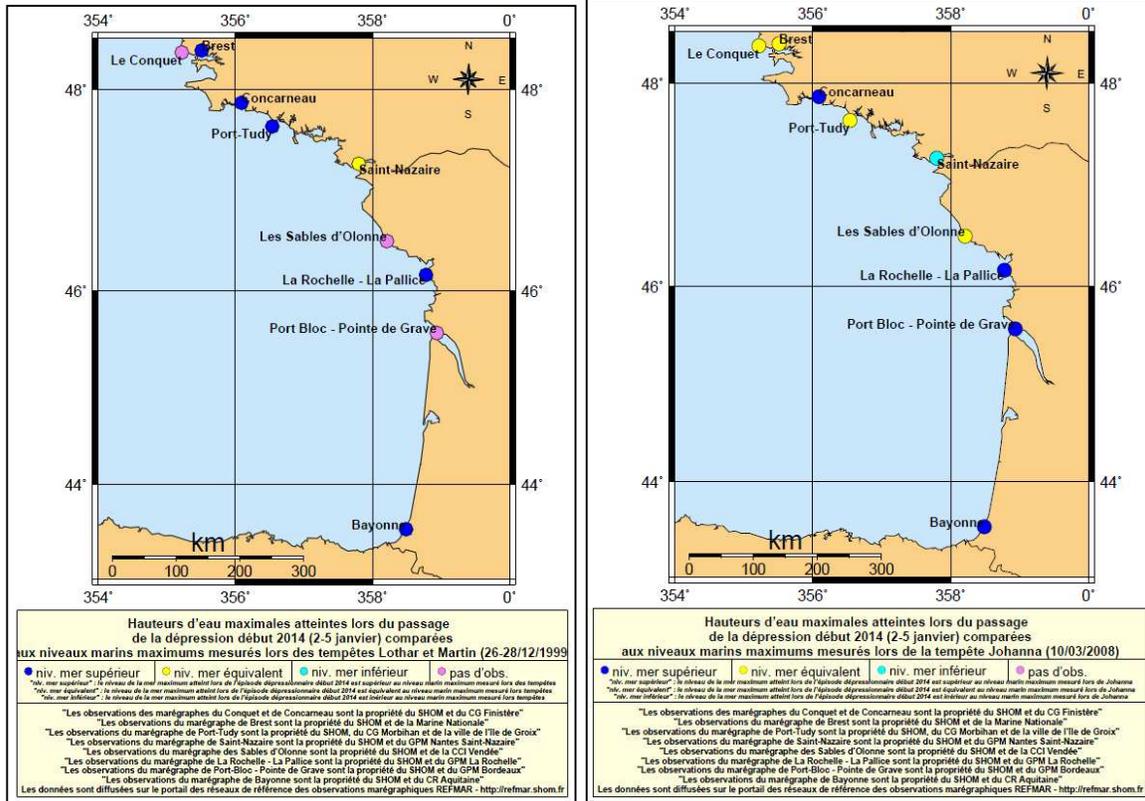


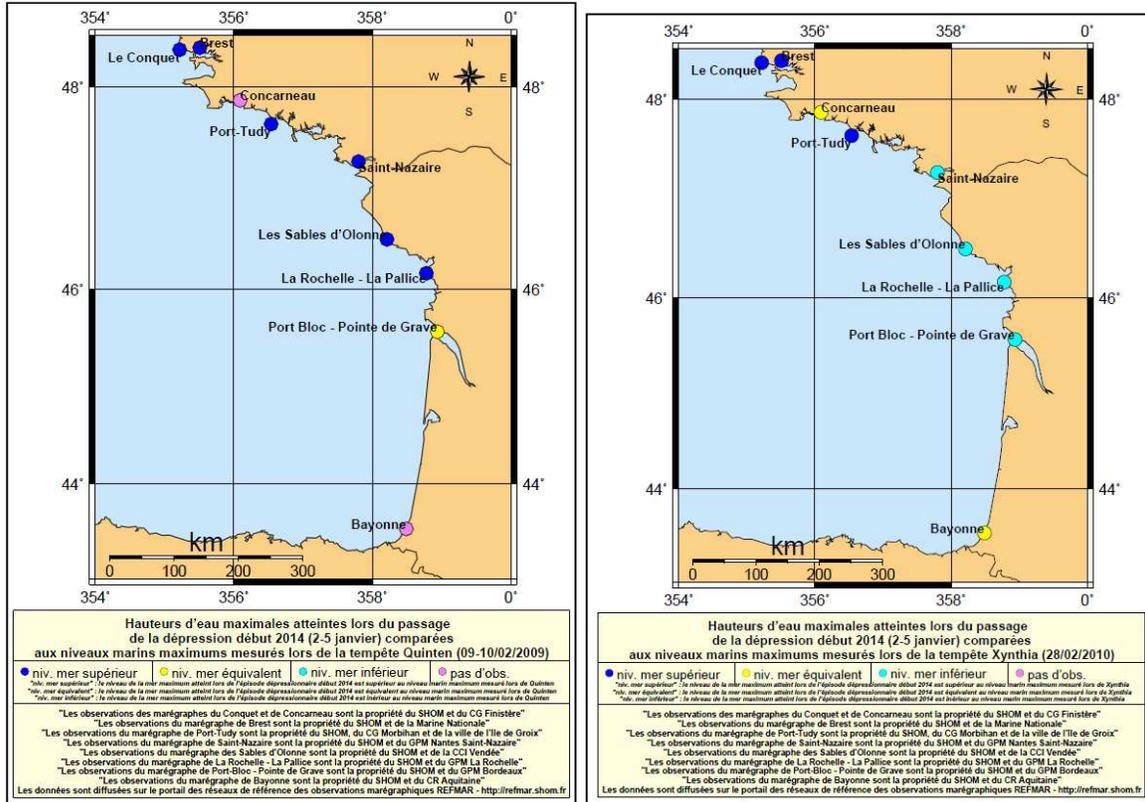
Surcote **Surcote** **Surcote**
0.3 m **0.15 m** **0.55 m**

- REFMAR et le SHOM ont effectué une analyse de comparaison des effets de la dépression Anne sur le niveau marin avec quatre autres tempêtes de référence (Lothar-Martin du 26 au 28/12/1999, Johanna du 10 mars 2008, Quinten du 09 au 10/02/2009 et de Xynthia du 28/02/2010).

Source : http://refmar.shom.fr/fr/sea_level_news_2014/2014_t1/comparaison-des-effets-de-la-depression-de-cet-debut-d-annee-sur-le-niveau-marin-avec-d-autres-evenements-extremes

Les cartes ci-après présentent à l'aide d'un code de couleurs (précisé au bas des cartes) l'intensité du niveau d'eau atteint par la tempête Anne par rapport aux quatres tempêtes de référence.



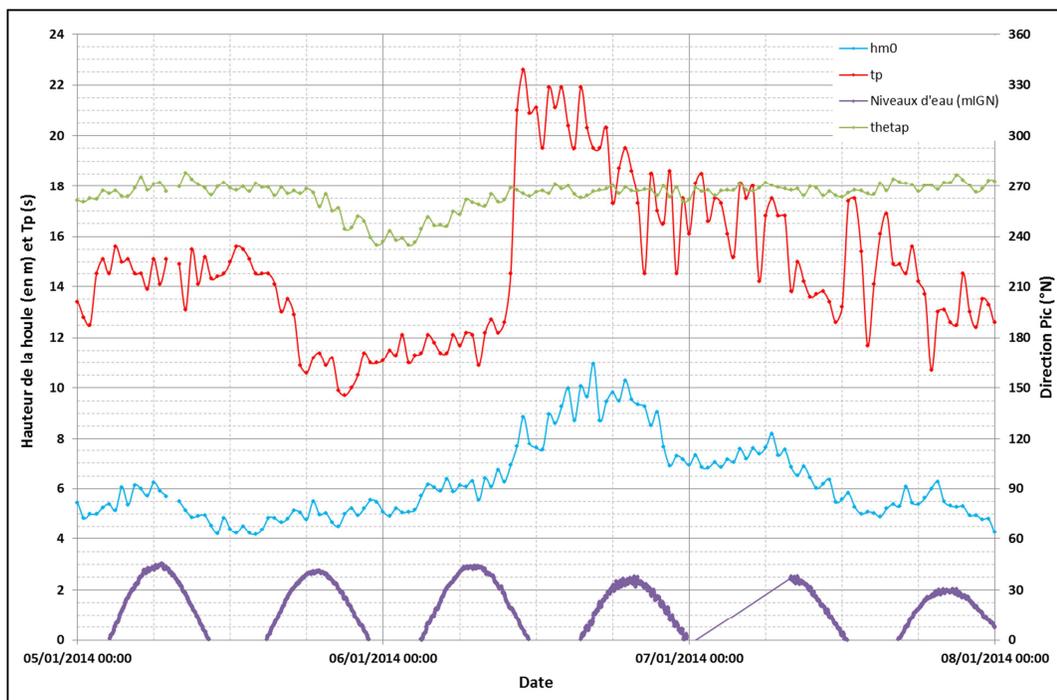


Le tableau suivant synthétise cette comparaison pour le port de Concarneau :

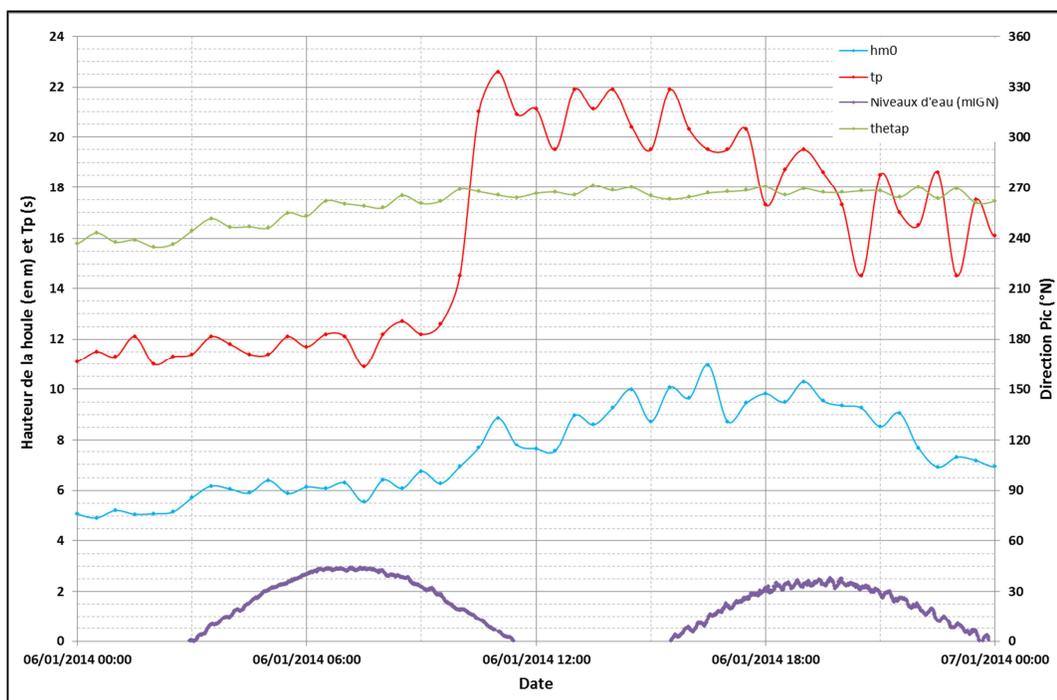
	Tempêtes				
	Anne	Lothar/Martin	Johanna	Quinten	Xynthia
	02 au 05/01/2014	26 au 28/12/1999	10/03/2008	09 au 10/02/2009	28/02/2010
Niveaux d'eau atteints par la tempête Anne à Concarneau par rapport aux tempêtes de référence		>	>	sans observation	=

6.2.3 Christina

La tempête Christina a sévi sur la France et sur la Bretagne entre le 05 et le 08 janvier 2014.



Un zoom sur le pic de la tempête Christina est présenté sur la figure ci-après :



Les houles au large, à la bouée « Pierres Noires » ont dépassé $Hm_0 = 6$ m pendant 31h30 entre le 06/01 03h30h et le 07/01 11h.

Au maximum, les houles ont atteint $Hm0 = 10,96$ m le 06/01 à 16h30 avec un Tp exceptionnel de l'ordre de 23s et une direction des houles de N270°.

Le coefficient de marée était de 82 lors de la tempête.

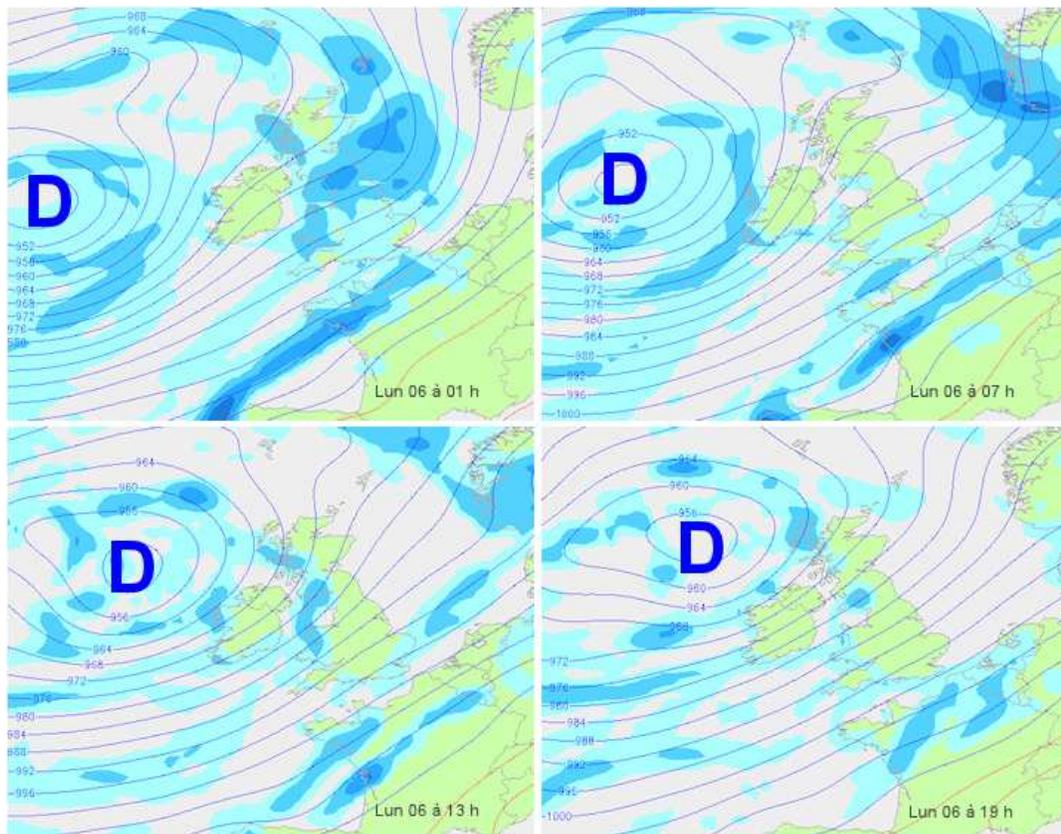
On constate que les houles du large ont été très fortes ($Hm0 > 10$ m) au moment de la pleine-mer de 20h30 le 06/01/14.

L'analyse de la tempête Christina présentée ci-après a été réalisée à partir des données bibliographiques ci-après : www.meteo-paris.fr / www.meteociel.fr et Météo-France.

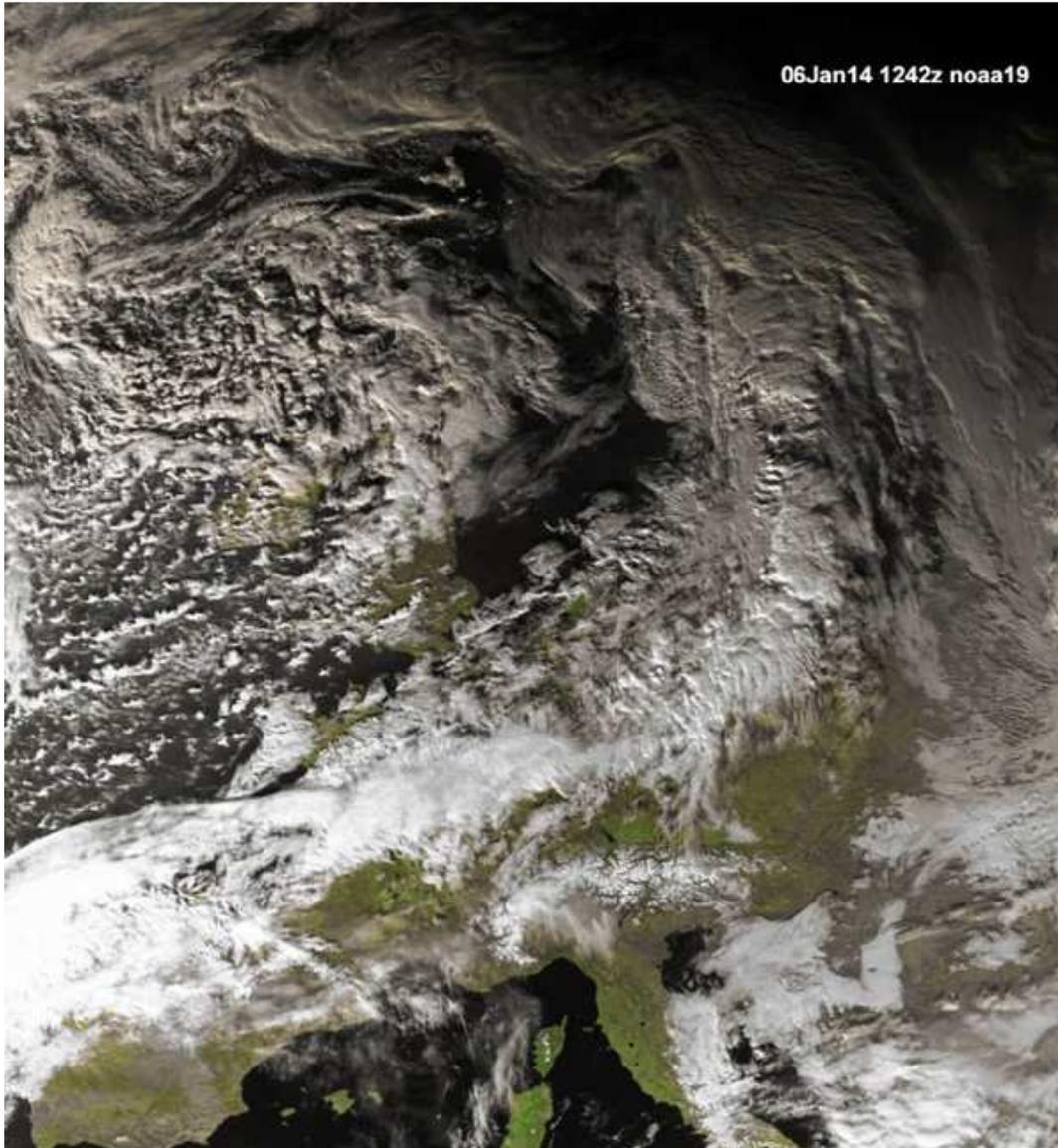
Analyse synoptique et évolution de la situation :

Seulement deux jours après la tempête Anne, une nouvelle dépression atlantique, nommée Christina, a circulé vers les Iles Britanniques le lundi 6 janvier. Cette dépression était fortement creusée avec des basses pressions en son centre atteignant jusqu'à 950 hPa.

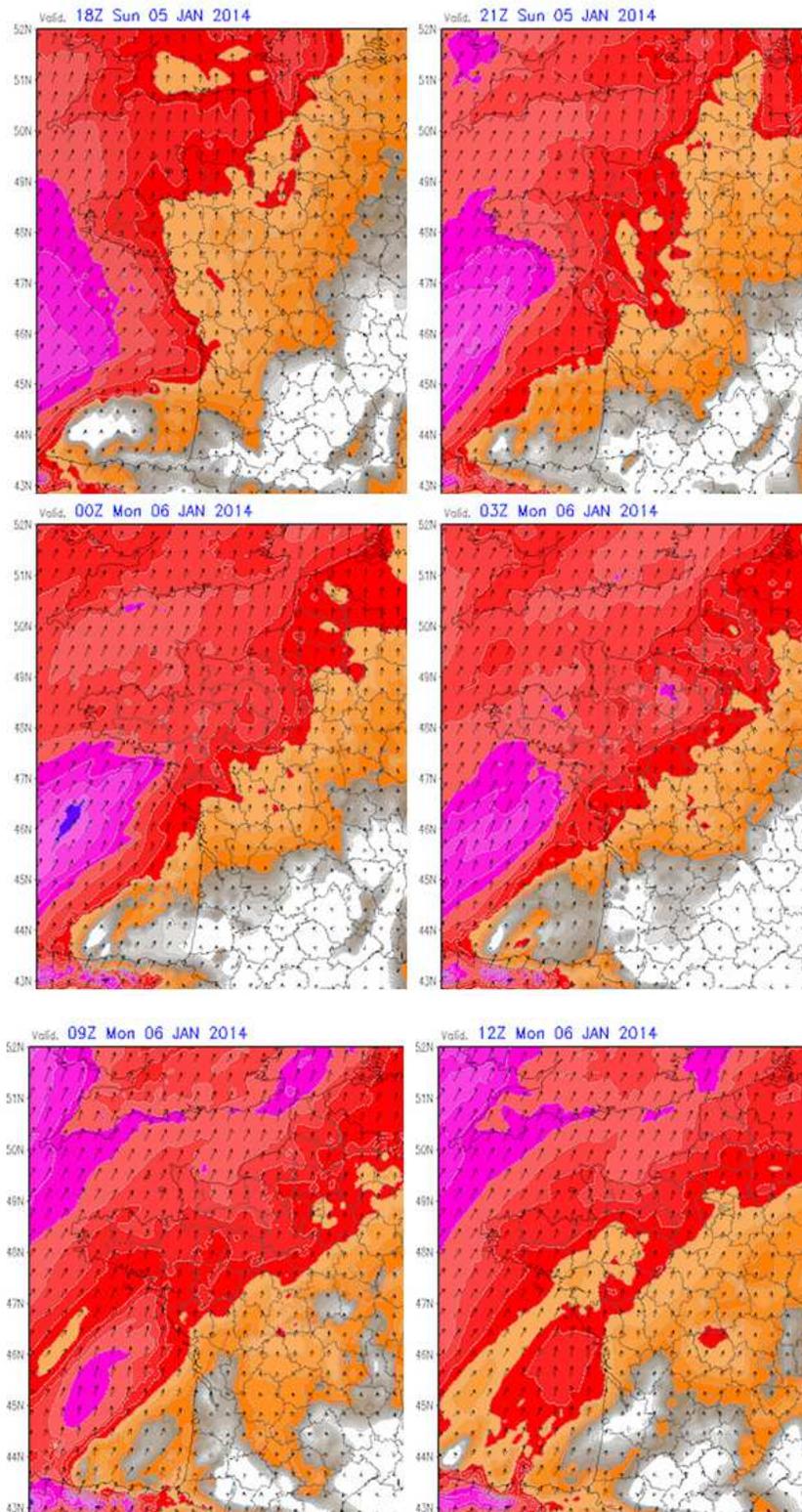
Les figures ci-après présentent l'évolution de la dépression Christina lors de son passage sur la France dans la journée du 6 janvier 2014.



L'image satellite ci-après présente la dépression Christina :

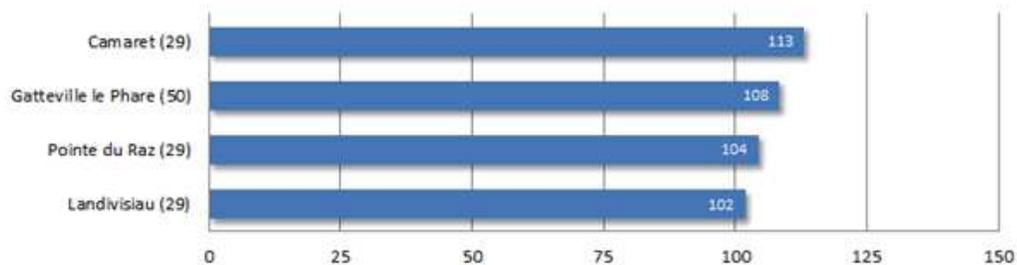


Les resserrements isobariques ont provoqué de fortes rafales de vent sur le Nord-Ouest de la France. Les cartes ci-dessous présentent les modélisations proposées par Keraunos le 05 janvier à 18h pour les rafales de vent au passage de Christina entre le 5 janvier 18h et le 6 janvier 12h (en rouge : les zones où les rafales sont supérieures à 80 km/h, en violet supérieures à 100 km/h voire localement plus de 120 km/h sur les caps les plus exposés).

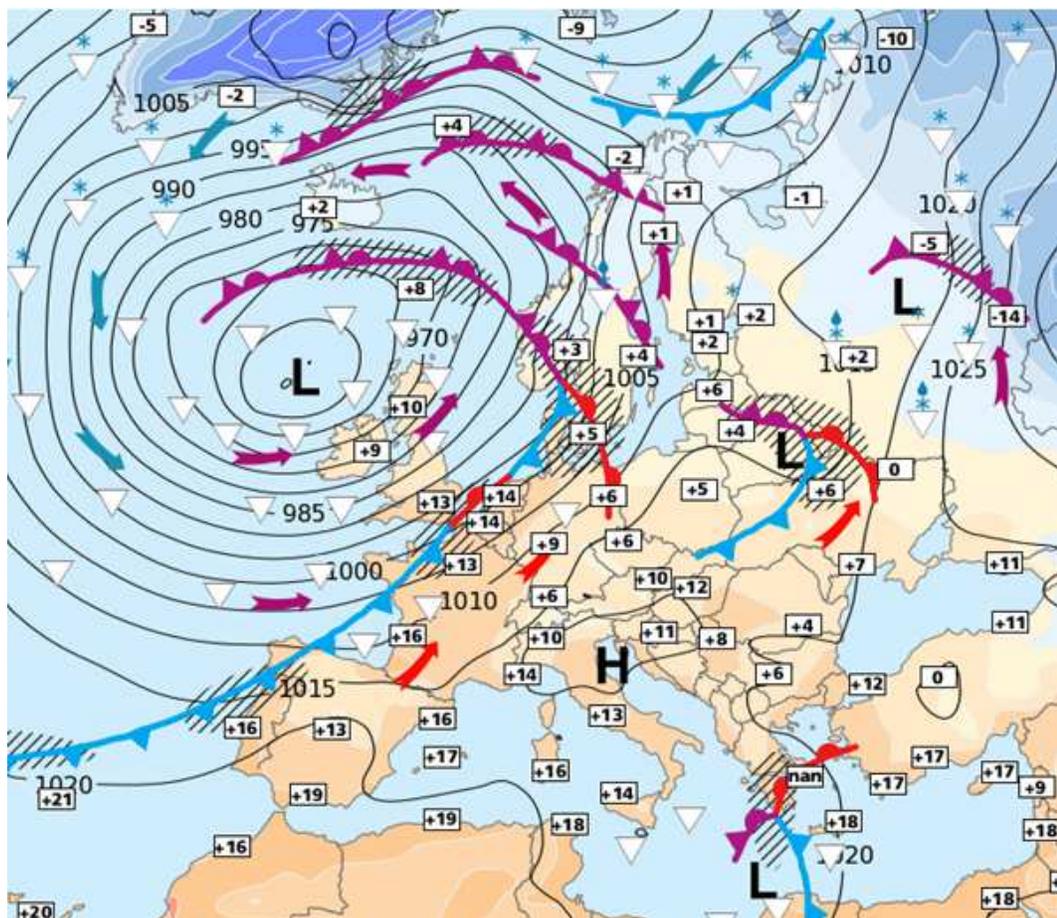


En comparaison aux autres tempêtes de l'hiver 2013/2014, les rafales de vent ont été limitées sur la France, ne dépassant 100 km/h que sur les stations côtières les plus exposées comme en témoigne les relevés de Météo-France ci-après.

Rafales de vent (au-dessus de 100 km/h) en France
 au passage de la dépression Christina
 Dim 5 & lun 6 jan 2014
 Source des données : Météo-France

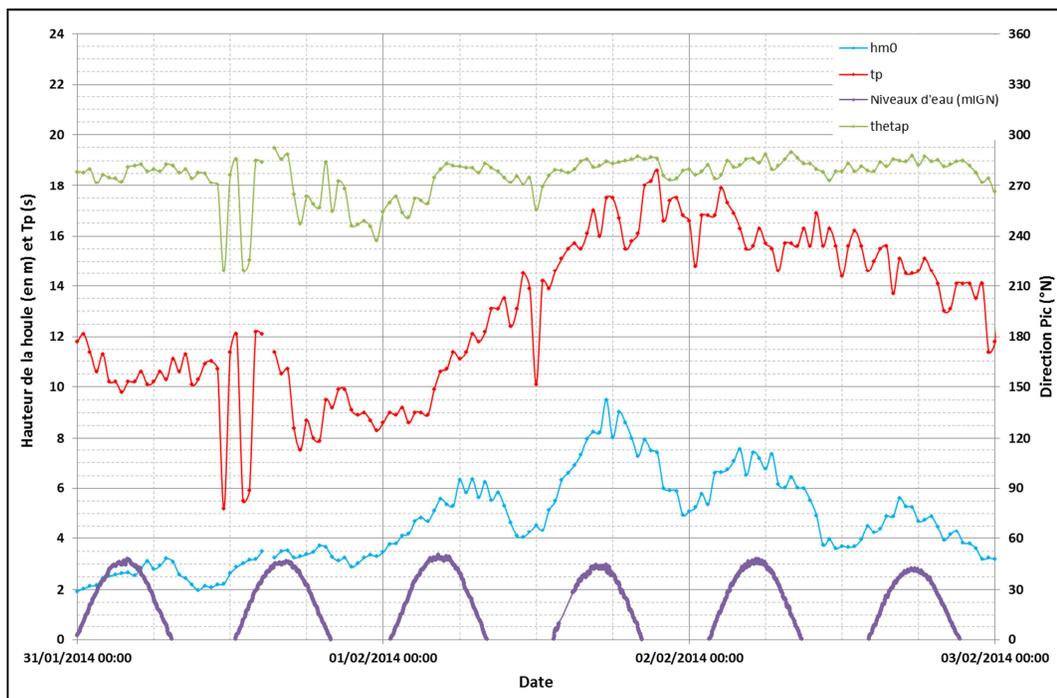


En revanche, les isobares ayant été longuement alignées sur l'Atlantique au fil du déplacement de la dépression, une longue et puissante houle d'Ouest a frappé le littoral atlantique avec des périodes de houle exceptionnelles atteignant les 23 secondes.

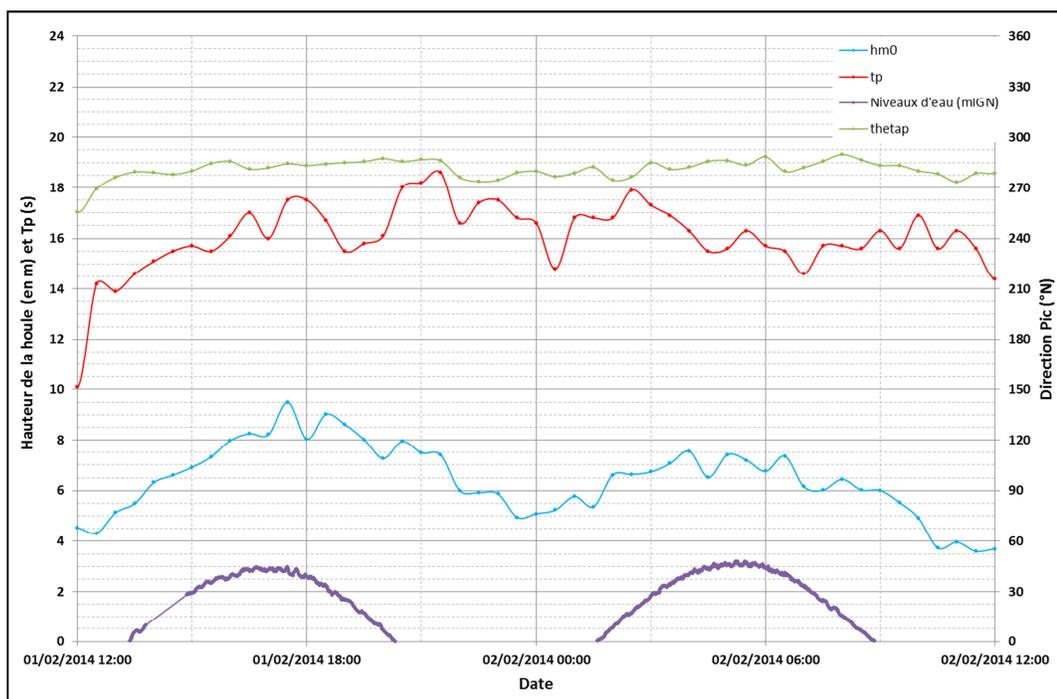


6.2.4 Nadja

La tempête Nadja a sévi sur la France et sur la Bretagne entre le 31 janvier et le 02 février 2014.



Un zoom sur le pic de la tempête Nadja est présenté sur la figure ci-après :



Les houles au large, à la bouée « Pierres Noires » ont dépassé $Hm_0 = 6$ m en temps cumulé pendant 17h30 entre le 01/02 6h et le 02/02 09h.

Au maximum, les houles ont atteint $Hm_0 = 9,5$ m le 01/02 à 17h30 avec un T_p de l'ordre de 18s et une direction des houles de $N280^\circ$ à $N290^\circ$.

Cette direction des houles orientée WNW a permis de limiter la hauteur des houles sur le littoral du Finistère Sud où les houles les plus dommageables sont d'orientation $N240^\circ$.

La tempête a touché les côtes bretonnes au moment des grandes marées où le coefficient de marée était de 114 entraînant ainsi de nombreux franchissements ainsi que des dommages sur le littoral sur la frange littorale de l'étude.

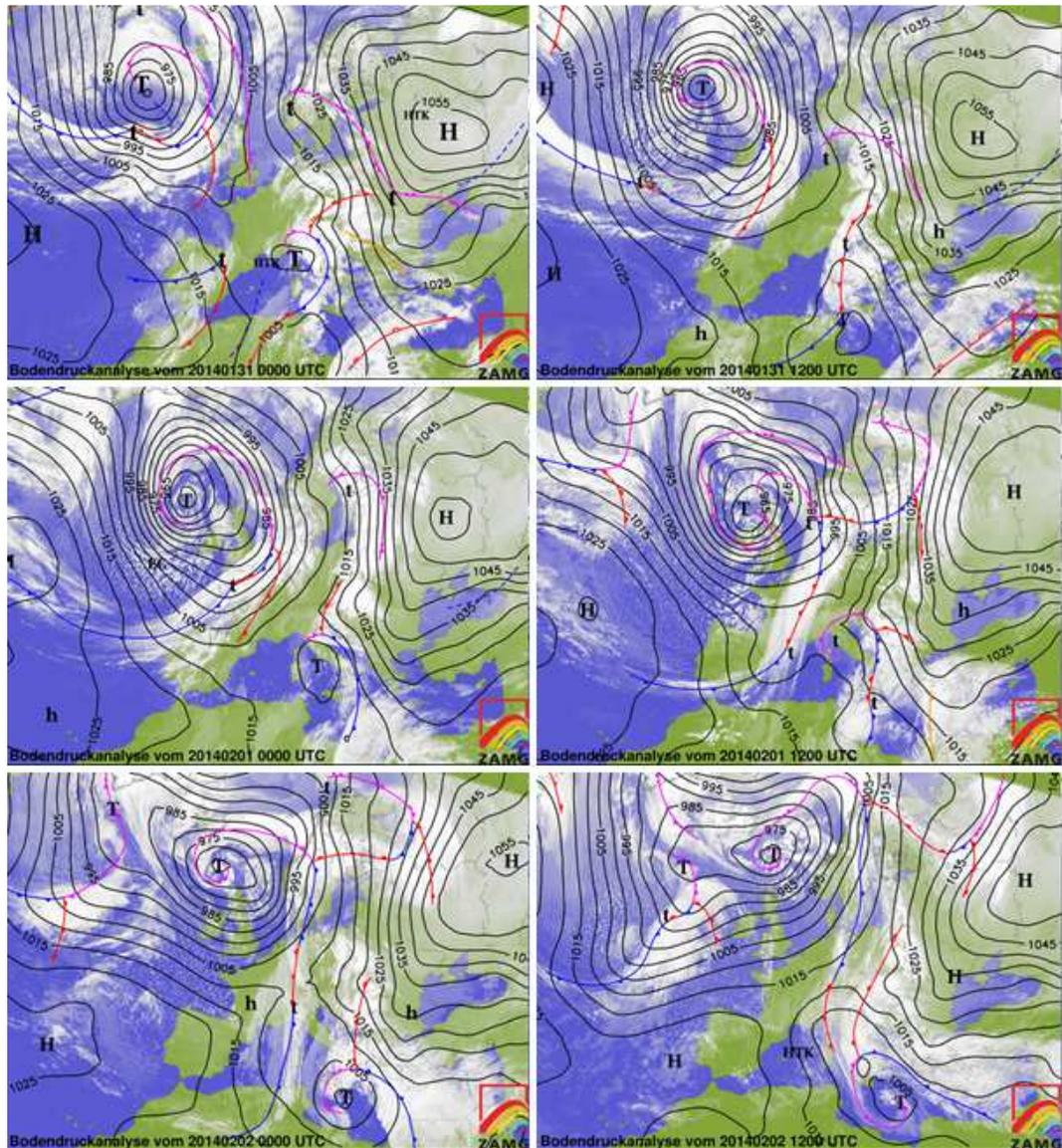
De plus on constate que le pic de la tempête au large a coïncidé avec la pleine-mer aux alentours de 18h le 01/02.

L'analyse de la tempête Nadja présentée ci-après a été réalisée à partir des données bibliographiques ci-après : www.meteo-paris.fr / www.meteociel.fr et Météo-France.

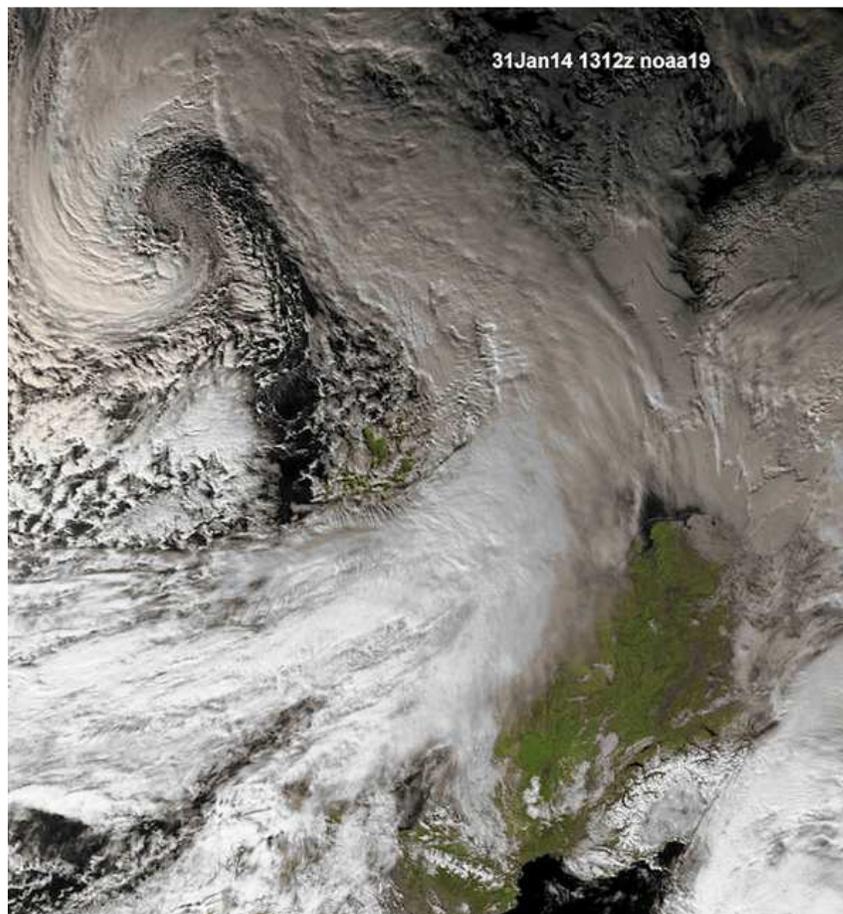
Analyse synoptique et évolution de la situation :

Après une accalmie depuis la tempête Christina du 05 au 08 janvier 2014, une nouvelle dépression atlantique, nommée Nadja, a circulé vers les Iles Britanniques du 30 janvier au 1^{er} février. Cette dépression était fortement creusée avec des basses pressions en son centre atteignant jusqu'à 950 hPa.

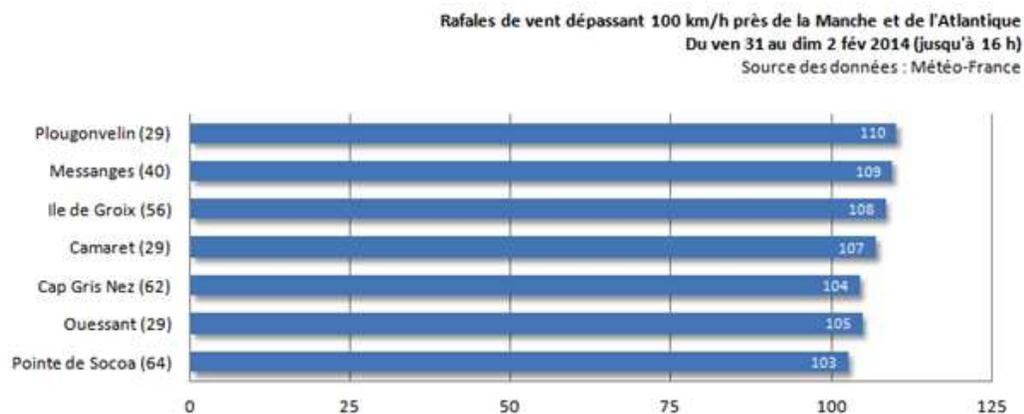
Les figures ci-après présentent l'évolution de la dépression Nadja lors de son passage sur la France sur la période du 31 janvier au 2 février 2014.



L'image satellite ci-après présente la dépression Nadja :

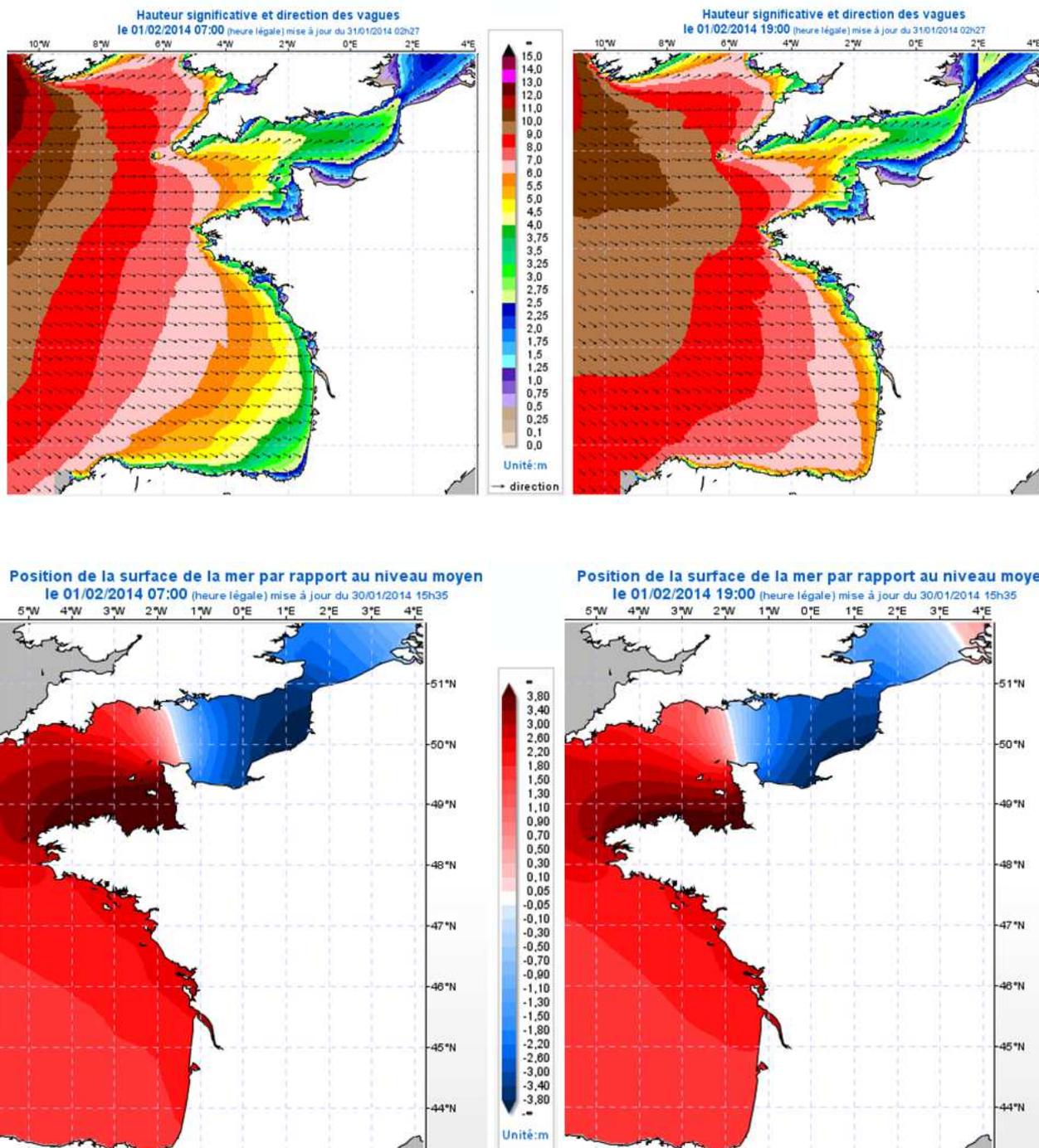


La dépression Nadja a provoqué des rafales de vents limitées près de la Manche et de l'Atlantique comme en témoigne les relevés de Météo-France.



Cependant, malgré des vents « limités », cette dépression a généré des puissantes vagues sur la façade Atlantique et une surélévation du niveau de la mer (surcote) dans un contexte de très fortes marées astronomiques (coefficients 113 / 114).

Les cartes ci-après sont issues de l'IFREMER, le SHOM et Météo-France (Prévim) et présentent les prévisions de houle et de marée pour le 01 février de 7h à 19h :



Analyse du niveau d'eau et de la surcote atteinte lors de la dépression Nadia :

La dépression Nadja a touché les côtes du Finistère en période de grandes marées et le pic de la tempête a correspondu avec une marée de coefficient 114.

Dans le cadre de l'étude, nous avons récupéré auprès de REFMAR les mesures des niveaux d'eau atteints au port de Concarneau (prise en compte de la surcote) sur l'hiver 2013/2014 jusqu'au 06/03/2014.

Les observations du marégraphe de Concarneau sont la propriété du SHOM, du Conseil Général du Finistère et de la CCI Quimper Cornouaille et sont mises à disposition sur le site des Réseaux de référence des observations marégraphiques (refmar.shom.fr).

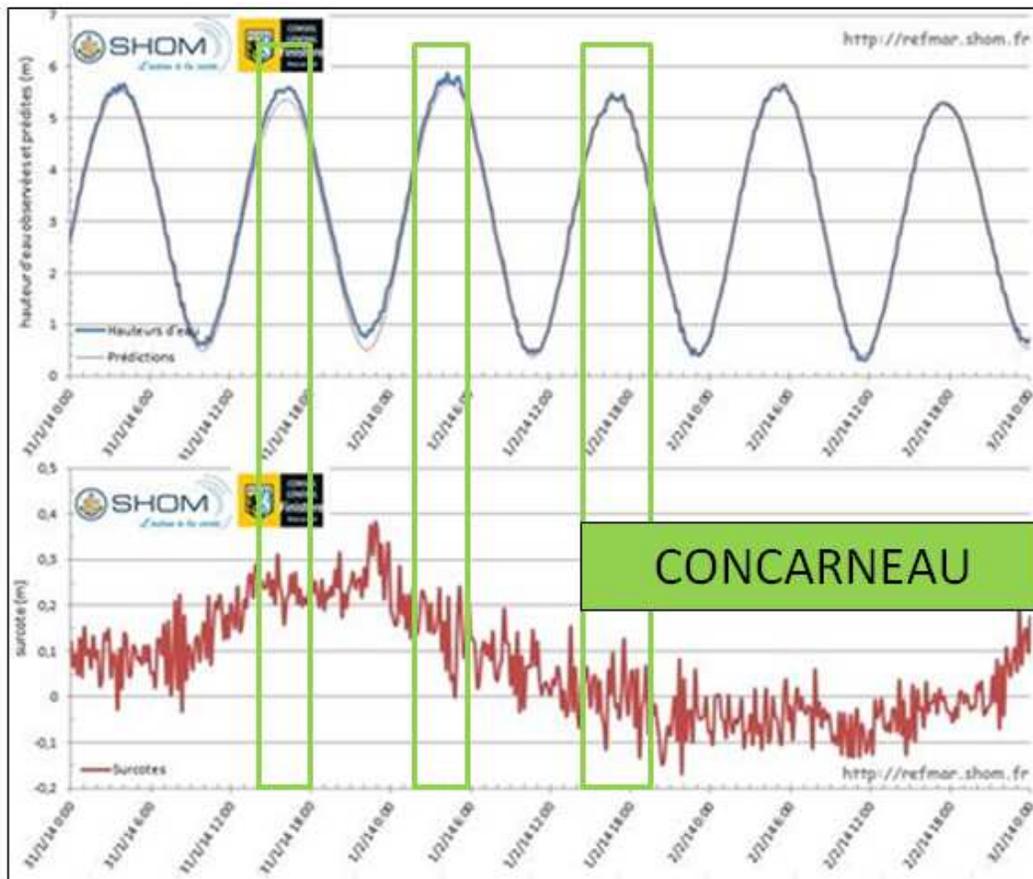
- REFMAR et le SHOM ont analysé les niveaux maximums atteints du 31/01 au 03/02/2014 (source : http://refmar.shom.fr/sea_level_news_2014/t1/bilan-grandes-marees-et-effets-depression-1-2-fevrier-incidence-niveau-mer)

Les effets sur les hauteurs d'eau des forts coefficients de marée (supérieurs à 110) en conjonction avec le passage d'une dépression au Nord des îles britanniques les 1er et 2 février 2014 ont été mesurés par les marégraphes RONIM du SHOM. Le niveau d'eau maximum mesuré pour chaque port a dépassé le niveau des plus hautes mers astronomiques (PHMA). Ce résultat s'explique par les surcotes générées par le vent et la pression atmosphérique comprises autour de 40 - 50 cm en moyenne (cf. graphiques ci-dessous). Ces valeurs de surcotes, habituelles pour ce type d'évènement, justifient qu'à l'exclusion du port du Conquet, le niveau maximum de la mer atteint lors de cet épisode n'a pas dépassé les hauteurs atteintes lors du précédent épisode lors de la tempête Anne de début janvier 2014, malgré des coefficients de marée supérieurs.

Trois types de données, toutes exprimées en temps universel coordonné (UTC) du 31 janvier 2014 00h00 au 3 février 2014 00h00 ont été utilisées:

- les observations du niveau de la mer mesurées par chaque marégraphe (hauteurs exprimées par rapport au zéro hydrographique (ZH). Il faut noter que ces marégraphes sont installés dans des puits de tranquillisation, ce qui filtre une partie du signal des vagues et du clapot ;
- les prédictions officielles de marée produites par le SHOM pour chaque site (hauteurs prédites exprimées par rapport au ZH) ;
- les surcotes - décotes de la marée, différence entre l'observation du niveau de la mer et la hauteur prédite.

Le graphique suivant présente pour l'observatoire marégraphique de Concarneau les observations et les prédictions du niveau de la mer (graphique du haut) et le calcul des surcotes décotes (graphique du bas). Nous avons ajouté les valeurs de surcote maximales au moment des pleines-mers qui ont coïncidées avec des fortes houles.



Surcote 0.3 m Surcote 0.2 m Surcote 0.1 m

Les niveaux marins maximaux atteints entre le 31 janvier et le 2 février 2014 ont été consignés dans le tableau suivant (hauteurs exprimées par rapport à l'IGN69 et le ZH au port) et comparés avec le niveau des plus hautes mers astronomiques (PHMA, référencé par rapport au zéro hydrographique) déterminé pour chaque port et fourni dans le produit de Références Altimétriques Maritimes (RAM) édition 2013 réalisé par le SHOM :

Hauteurs d'eau maximales mesurées par les différents marégraphes entre le 31 janvier et le 2 février 2014			
Port	Hauteur d'eau maximale atteinte (exprimée par rapport à l'IGN69)	Hauteur d'eau maximale atteinte (exprimée par rapport au ZH)	PHMA (exprimée par rapport au ZH)
Le Conquet	4,40 m	7,90 m	7,69 m
Brest	4,44 m	8,07 m	7,93 m
Concarneau	3,35 m	5,88 m	5,74 m

Comparaison entre la dépression Nadja et la dépression Anne ayant frappée l'ouest de la France début janvier 2014

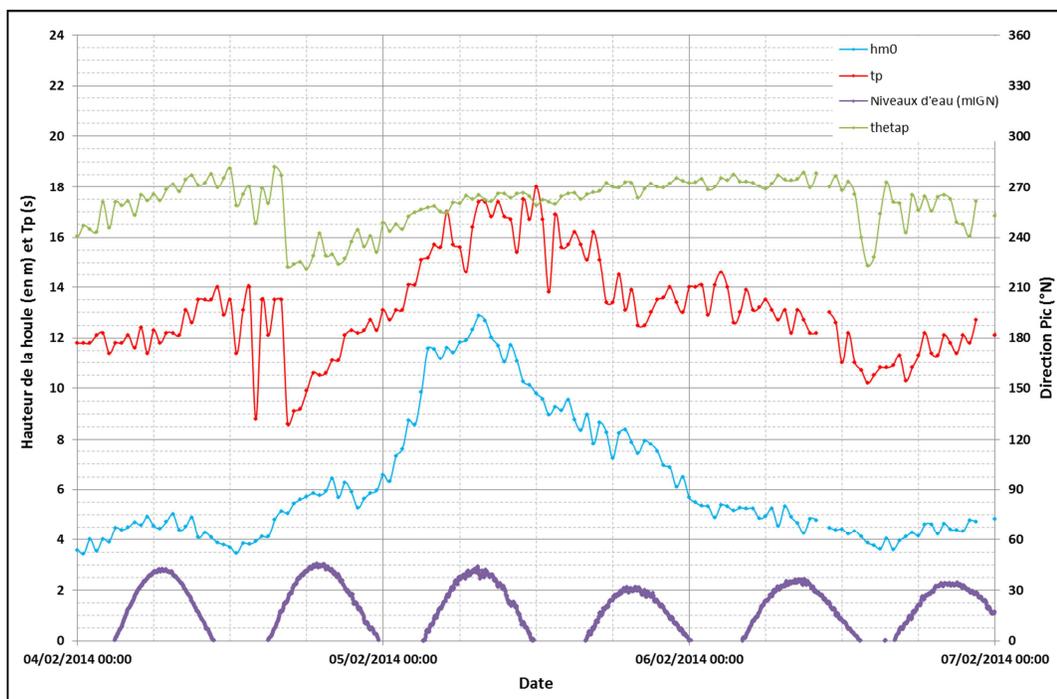
Le tableau suivant compare les hauteurs d'eau maximums atteintes (par rapport au zéro hydrographique) pour le passage de la dépression en début d'année avec la dépression de début février 2014.

Port	Hauteur maximale durant la dépression de janvier 2014 (m)	Hauteur maximale durant la dépression de février 2014 (m)	Comparaison dépression février / dépression janvier
Le Conquet	7,80 m	7,90 m	+
Brest	8,07 m	8,07 m	=
Concarneau	6,00 m	5,88 m	-

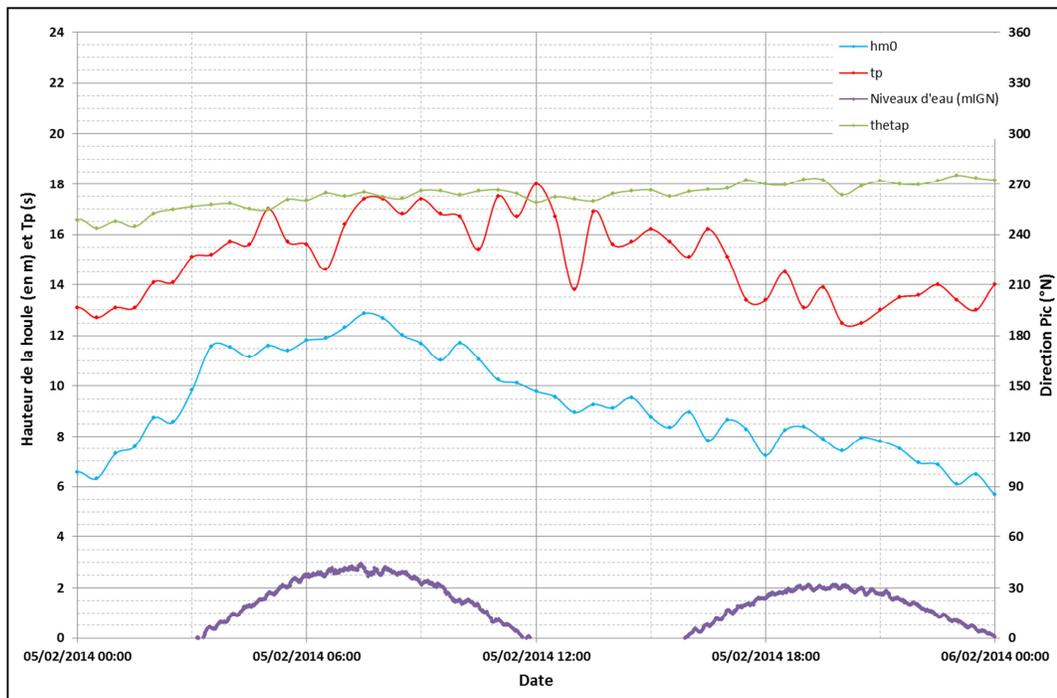
Pour Concarneau, le niveau maximum atteint début janvier lors de la dépression Anne malgré des coefficients de marée plus faibles, est supérieur au niveau marin atteint début février.

6.2.5 Petra

La tempête Petra a sévi sur la France et sur la Bretagne entre le 04 et le 06 février 2014.



Un zoom sur le pic de la tempête Petra est présenté sur la figure ci-après :



Les houles au large, à la bouée « Pierres Noires » ont dépassé $Hm0 = 6$ m pendant 24h entre le 04/02 23h30 et le 05/02 23h30.

Au maximum, les houles ont atteint $Hm0 = 12,87$ m le 05/02 à 7h30 avec un Tp de l'ordre de 17 à 18s et une direction des houles de $N260^\circ$ à $N265^\circ$.

La tempête a touché les côtes bretonnes au moment des grandes marées où le coefficient de marée était de 114 entraînant ainsi de nombreux franchissements ainsi que des dommages sur le littoral sur la frange littorale de l'étude.

De plus on constate que le pic de la tempête au large a coïncidé avec la pleine-mer aux alentours de 18h le 01/02.

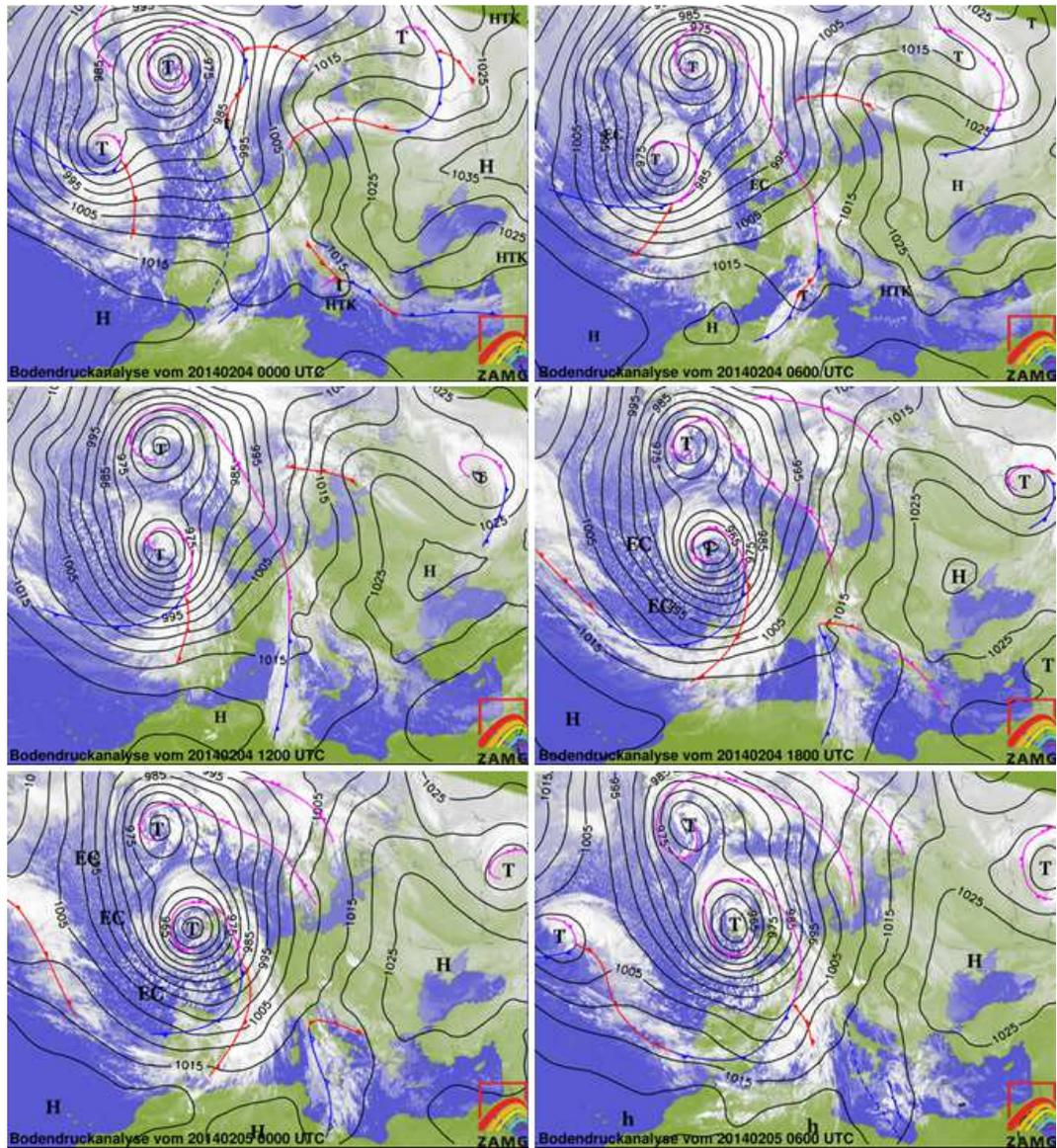
L'analyse de la tempête Petra présentée ci-après a été réalisée à partir des données bibliographiques ci-après : www.meteo-paris.fr / www.meteociel.fr et Météo-France.

Analyse synoptique et évolution de la situation :

Quelques jours après la dépression Nadja, la tempête Petra a circulé du Sud de l'Irlande aux Iles Britanniques mardi 4 et mercredi 5 février.

Cette dépression était fortement creusée avec un centre dépressionnaire à environ 960 hPa.

Les figures ci-après présentent l'évolution de la dépression Petra lors de son passage sur la France sur la période du 4 au 5 février 2014.

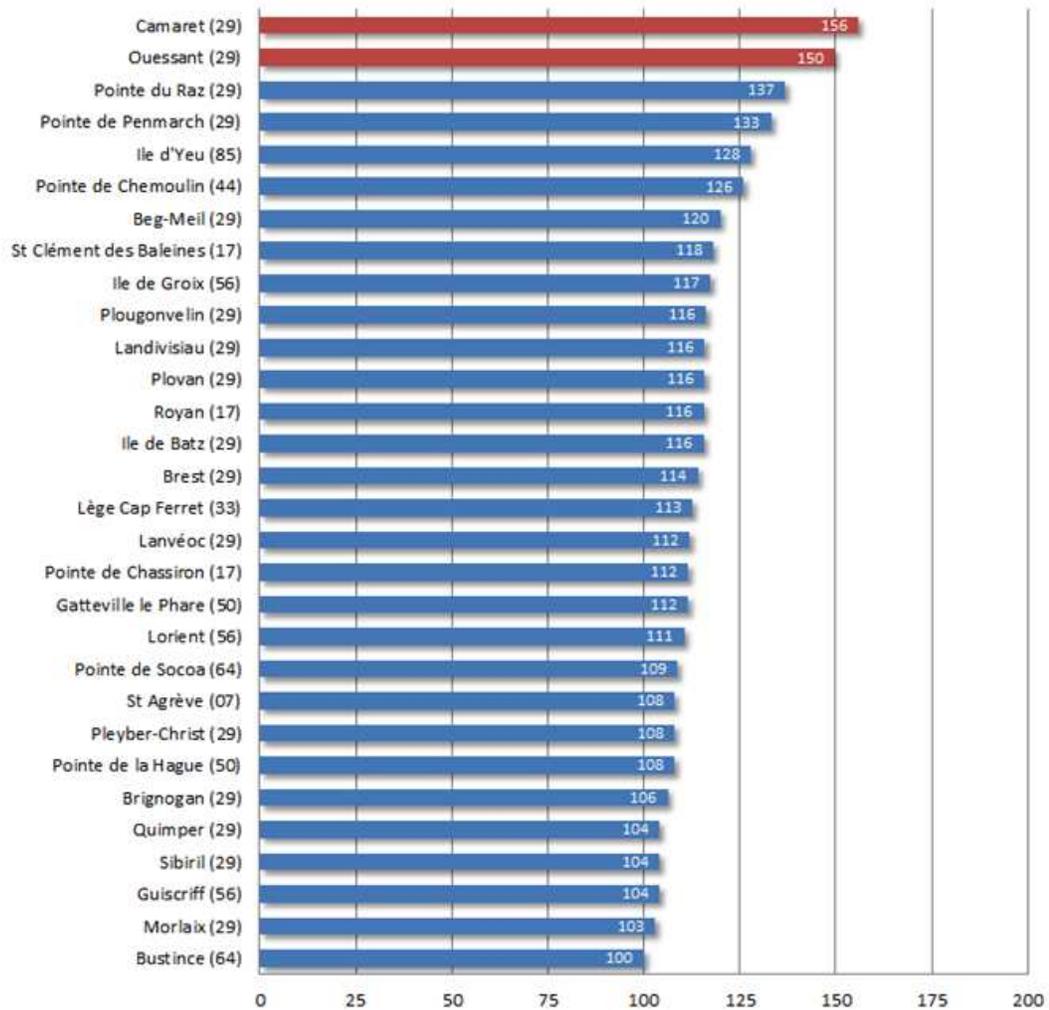


L'image satellite ci-après présente la dépression Petra :



Petra a provoqué des vents tempétueux en Bretagne et sur les cimes pyrénéennes, forts sur le littoral atlantique et du Massif Central aux Alpes comme en témoigne les relevés enregistrés par Météo-France ci-après.

Rafales de vent à plus de 100 km/h au passage de la dépression Petra
 PRES DE LA MANCHE ET DE L'ATLANTIQUE
 Dernière mise à jour : Mer 5 fév 2014 à 16 h
 Source des données : Météo-France



6.2.6 Ulla

La tempête Ulla a sévi sur la France et sur la Bretagne entre le 14 et le 15 février 2014.

Les houles au large, à la bouée « Pierres Noires » ont dépassé Hm0 = 6 m en temps cumulé pendant 28h30 entre le 14/02 13h et le 15/02 17h30.

Cependant, les données de ces enregistrements fournies par le CEREMA lors de la tempête Ulla n'ont pas encore été vérifiées et validées donc les valeurs caractéristiques de houle ne peuvent pas encore être validées et sont données à titre indicatif.

Au maximum, les houles ont atteint Hm0 = 12,52 m le 14/02 à 19h30 avec un Tp de l'ordre de 15s et une direction des houles de N240°.

Comme pour la tempête Dirk de fin décembre 2013, cette tempête a provoqué d'importants dégâts sur le littoral du Finistère Sud car les houles orientées WSW (N240° à N250°) sont les houles les plus néfastes pour notre secteur d'étude.

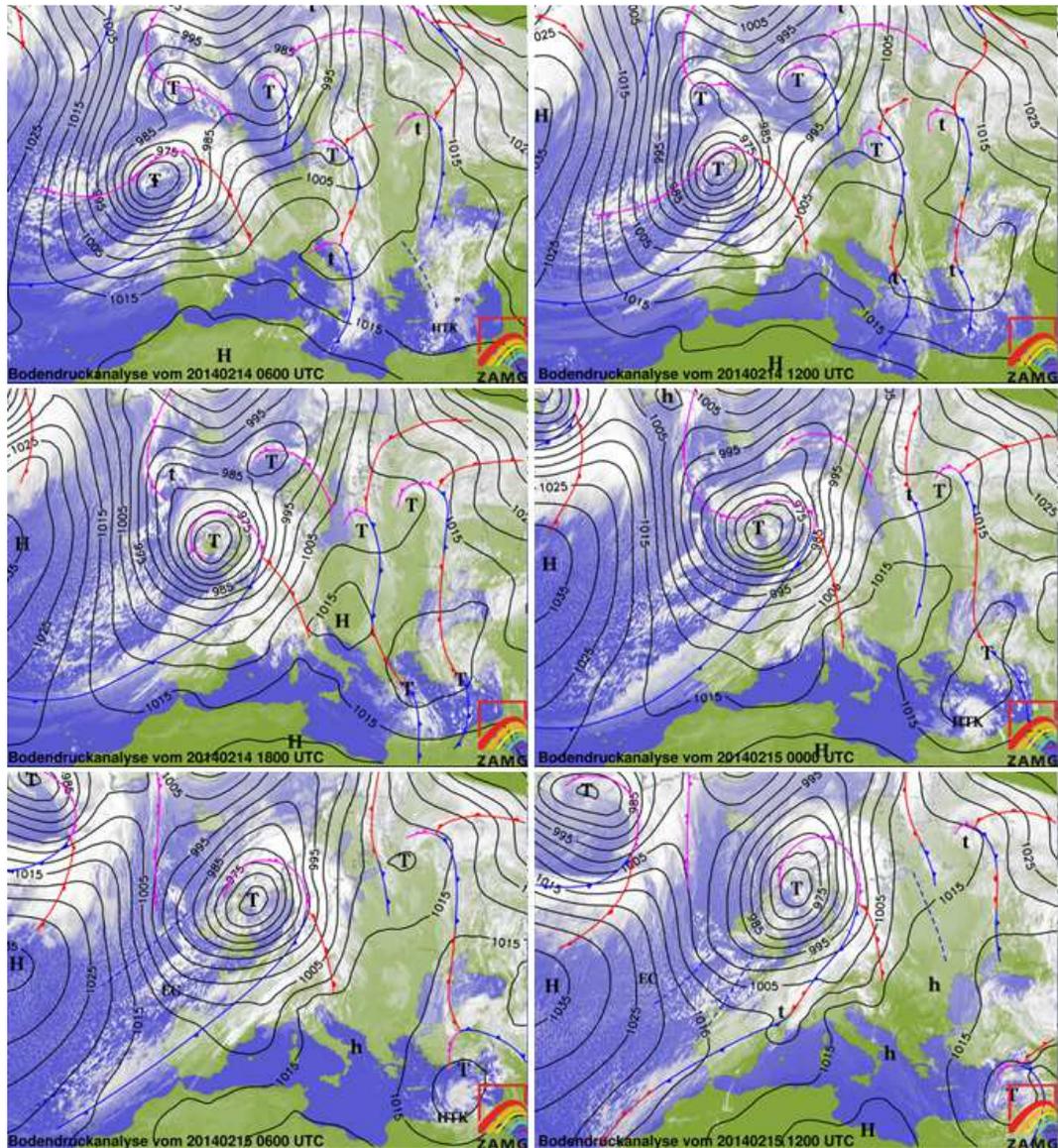
Heureusement, la tempête Ulla n'a pas touché les côtes du Finistère pendant les grandes marées. Toutefois, le coefficient de marée était tout de même de 81.

L'analyse de la tempête Ulla présentée ci-après a été réalisée à partir des données bibliographiques ci-après : www.meteo-paris.fr / www.meteociel.fr et Météo-France.

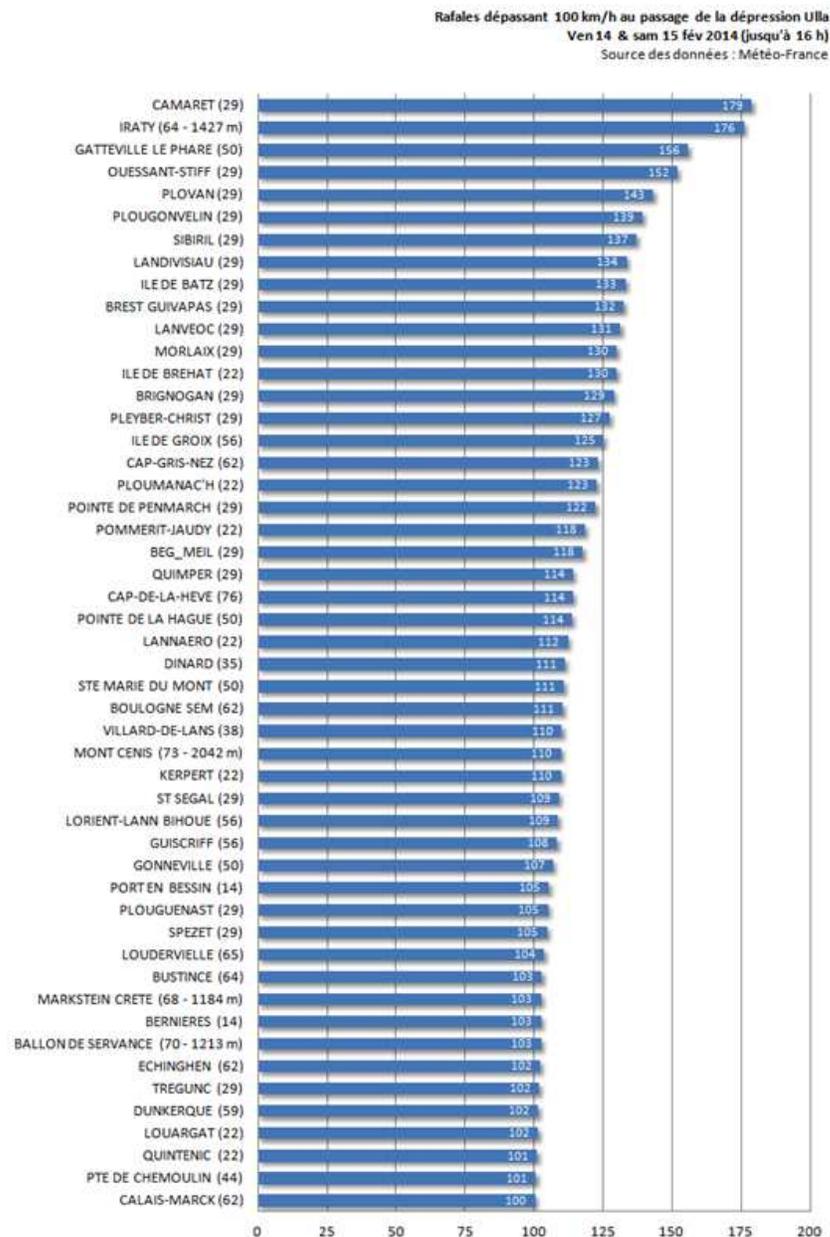
Analyse synoptique et évolution de la situation :

Après Petra, Qumaira, Ruth, Stéphanie, Tini et Tini II, une nouvelle dépression baptisée "Ulla" a circulé vendredi 14 et samedi 15 février sur les Iles Britanniques. Cette dépression avait un centre dépressionnaire à 965 hPa et des gradients isobarimétriques très resserrés ayant engendré des forts vents sur les côtes du Finistère.

Les figures ci-après présentent l'évolution de la dépression Ulla lors de son passage sur la France sur la période du 14 au 15 février 2014.



Ulla s'est révélée être la plus forte tempête sur l'hiver 2013/2014 sur le Finistère avec plus de 150 km/h en rafales sur les côtes et localement plus de 120 km/h à l'intérieur des terres comme en témoigne les relevés de Météo-France ci-après.



Analyse du niveau d'eau et de la surcote atteinte lors de la dépression Nadja :

La dépression Ulla a touché les côtes du Finistère en période de marées de vive-eaux et le pic de la tempête a correspondu avec une marée de coefficient 81.

Dans le cadre de l'étude, nous avons récupéré auprès de REFMAR les mesures des niveaux d'eau atteints au port de Concarneau et du Conquet (prise en compte de la surcote) sur l'hiver 2013/2014 jusqu'au 06/03/2014.

Les observations du marégraphe de Concarneau sont la propriété du SHOM, du Conseil Général du Finistère et de la CCI Quimper Cornouaille et sont mises à disposition sur le site des Réseaux de référence des observations marégraphiques (refmar.shom.fr).

- REFMAR et le SHOM ont analysé les niveaux maximums atteints du 31/01 au 03/02/2014 (source : refmar.shom.fr/fr/sea_level_news_2014/t1/tempete-ulla-et-incidence-sur-le-niveau-de-la-mer).

Le passage de la tempête Ulla (14 février 2014) le long de la façade du grand ouest français a provoqué une surélévation importante du niveau de la mer et plus particulièrement en régions Basse-Normandie, Bretagne et Pays-de-la-Loire.

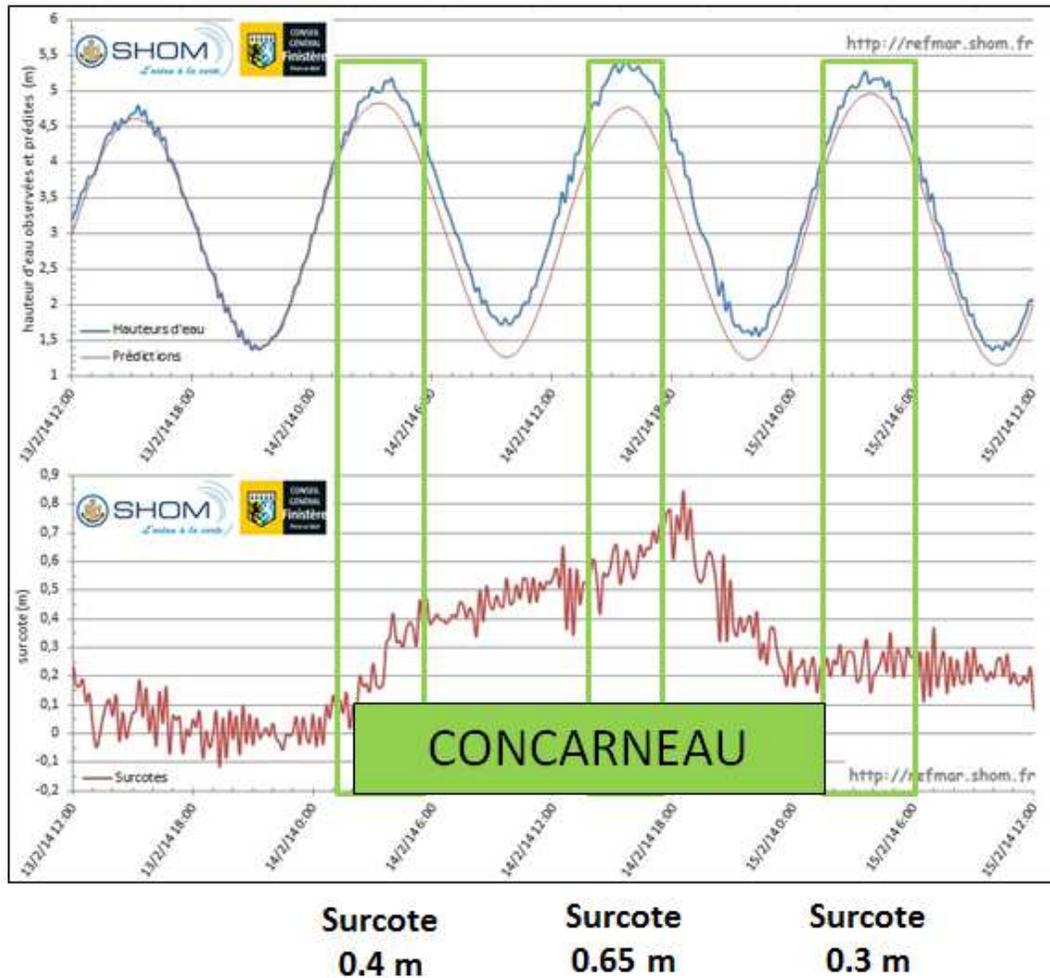
La surcote maximum à pleine mer a été mesurée à Brest à 16h20 UTC et Cherbourg à 20h10UTC : le niveau de la mer observé était alors pour les deux ports à 0,91m au-dessus du niveau prédit. La hauteur d'eau maximale a ainsi respectivement atteint 7,48 m et 6,93 m par rapport au zéro hydrographique.

A noter enfin que cet épisode a eu lieu alors que les coefficients de marée (calculés pour le port de Brest) étaient d'environ 80. Les effets de cette tempête sur les hauteurs d'eau ont également été mesurés par d'autres marégraphes RONIM du SHOM à Cherbourg, Saint-Malo, Roscoff, Le Conquet, Concarneau, Port-Tudy, Le Crouesty et Saint-Nazaire.

Trois types de données, toutes exprimées en temps universel coordonné (UTC) du 13 février 2014 12h00 au 15 février 2014 12h00 sont utilisées:

- les observations du niveau de la mer mesurées par chaque marégraphe (hauteurs exprimées par rapport au zéro hydrographique (ZH). Il faut noter que ces marégraphes sont installés dans des puits de tranquillisation, ce qui filtre une partie du signal du aux vagues et au clapot ;
- les prédictions officielles de marée produites par le SHOM pour chaque site (hauteurs prédites exprimées par rapport au ZH) ;
- les surcotes - décotes de la marée, différence entre l'observation du niveau de la mer et la hauteur prédite.

Le graphique suivant présente pour l'observatoire marégraphique de Concarneau les observations et les prédictions du niveau de la mer (graphique du haut) et le calcul des surcotes décotes (graphique du bas). Nous avons ajouté les valeurs de surcote maximales au moment des pleines-mers qui ont coïncidées avec des fortes houles.



Les niveaux marins maximaux atteints lors de la tempête Ulla et les surcotes calculées au même moment ont été consignés dans le tableau suivant (hauteurs exprimées par rapport à l'IGN69 et le ZH au port).

Hauteurs d'eau maximales mesurées par les différents marégraphes lors de la tempête Ulla				
Port	Hauteur d'eau maximale atteinte (exprimée par rapport à l'IGN69)	Hauteur d'eau maximale atteinte (exprimée par rapport au ZH)	Heure de la PM (UTC)	surcote calculée lors du niveau d'eau maximum atteint
Cherbourg	3,64 m	6,93 m	20h10	0,91 m
Saint-Malo	5,79 m	12,08 m	18h20	0,75 m
Roscoff	4,34 m	9,10 m	17h20	0,76 m
Le Conquet	3,71 m	7,21 m	16h20	0,85 m
Brest	3,84 m	7,48 m	16h20	0,91 m
Concarneau	2,88 m	5,41 m	15h40	0,64 m

On constate que les surcotes liées à la dépression Ulla ont été supérieures pour le port de Concarneau aux surcotes liées aux dépressions Anne (02 au 05/01/2014) et Nadja (31/01 au 03/02/2014). Cependant, les niveaux d'eau maximum atteints ont inférieurs car le coefficient de

marée était plus bas (de l'ordre de 80) contre des coefficients de l'ordre de 110 pour les deux autres tempêtes Anne et Nadja.

6.3 Analyse détaillée des niveaux d'eau et des surcotes

Le SHOM a réalisé en mars 2014 une étude intitulée « Caractérisation de 7 événements de tempête de l'automne-hiver 2013-2014 à partir des données disponibles au SHOM ». Cette étude a permis d'analyser les niveaux d'eau et les surcotes atteintes lors de ces tempêtes.

Nous avons réalisé une synthèse de ce document que nous présentons pour le port de Concarneau.

6.3.1 Evènements étudiés

Les sept tempêtes suivantes ont été étudiées

Tableau 8 : Evènements de tempête étudiés par le SHOM

Nom Tempête	CHRISTIAN	GODEHART	XAVER	DIRK	SANSNOM1	PETRA	QUMAIRA
Date	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/11/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
Informations relatives aux marées	Marées de morte eau	Marée de vive eau moyenne à marée de vive eau équinoxiale moyenne	Marée de vive eau équinoxiale moyenne à marée moyenne	Marée moyenne à marée de morte eau	Marées de vive eau équinoxiale	Marée moyenne à marée de vive eau moyenne	Marées de morte eau
Coefficient de marée à Brest Cmin-Cmax	31-40	93-101	72-102	43-61	101-114	71-94	42-63

(source : Caractérisation de 7 événements de tempête de l'automne-hiver 2013-2014 à partir des données disponibles – SHOM)

6.3.2 Données marégraphiques exploitées

Les hauteurs d'eau acquises par le marégraphe de Concarneau du Réseau d'Observation du Niveau de la Mer (RONIM) du SHOM ont été analysées pour chaque événement du tableau précédent. Le marégraphe est resté opérationnel pendant ces épisodes de tempêtes.

Les instruments sont aujourd'hui des radars et enregistrent les hauteurs d'eau en temps réel. Les données acquises correspondantes sont diffusées sur le portail Refmar.

Pour cette étude, l'analyse est basée sur les hauteurs d'eau acquises au pas de temps de 10 minutes. Ce type de données contient moins d'information haute fréquence, mais a été choisi pour deux principales raisons :

- il s'agit des données à plus haute résolution temporelle validées par le SHOM,
- les statistiques de référence de niveaux marins extrêmes ont été établies à partir de l'analyse des données au pas de temps horaire ; il est souhaitable de se rapprocher de ces conditions afin de pouvoir établir des comparaisons entre hauteurs observées et hauteurs statistiques ; les hauteurs à 10 minutes sont donc le meilleur compromis entre précision sur les hauteurs maximales réellement atteintes et possibilité de comparaison sans trop de biais avec les statistiques.

Les hauteurs d'eau analysées ne prennent pas en compte l'influence de la houle et des vagues. En situation de tempête, la houle générée par les vents a un impact parfois très violent sur le littoral. Au niveau des observatoires, les marégraphes filtrent tout ou partie des effets de la

houle. L'analyse qui suit prend donc en compte les composantes suivantes dans le niveau d'eau :

- marée,
- surcote/décote d'origine météorologique.

L'analyse ne prend donc pas en compte le wave setup lié au déferlement des houles.

6.3.3 Analyse des observations marégraphiques événement par événement

Le tableau ci-après présente les observations marégraphiques pour le marégraphe du port de Concarneau.

Tableau 9 : Observations marégraphiques pour Concarneau

Tempêtes		Hauteur de niveau d'eau maximale						Surcote instantanée maximale					
		Hauteur max (m CM)	Hauteur max (m IGN)	Indice	Jour	Heure TU	Surcote de PM associée (m)	Surcote instantanée maximale (m)	Jour	Heure TU	Hauteur associée (m CM)	Hauteur associée (m IGN)	Info sur la marée
Christian	26 au 29/10/2013	4.20	1.67	H < PHMA	26/10	07h30	0.20	0.64	28/10	01h50	3.45	0.92	/
Godehart	03 au 06/11/2013	5.61	3.08	H < PHMA	5/11	04h00	0.31	0.53	3/11	19h01	3.03	0.50	Jusant
Xaver	05 au 08/12/2013	5.19	2.66	H < PHMA	5/12	05h00	-0.24	-0.13	7/12	23h31	1.92	-0.61	/
Dirk	23 au 27/12/2013	4.80	2.27	H < PHMA	24/12	07h10	0.43	0.82	24/12	01h01	2.75	0.22	~BM
Nadja	31/01 au 03/02/2014	5.88	3.35	H5 < H <= H10	1/2	04h20	0.21	0.39	31/1	22h54	1.04	-1.49	/
Petra	04 au 05/02/2014	5.53	3.00	H < PHMA	4/2	18h50	0.72	0.76	4/2	20h31	5.13	2.60	~PM
Qumaira	06 au 07/02/2014	4.92	2.39	H < PHMA	6/2	08h50	0.51	0.67	6/2	18h20	4.26	1.73	/

On constate que pour Concarneau, le niveau d'eau maximum atteint lors des récentes tempêtes est de +5,88 m IGN lors de la tempête Nadja le 01/02/2014 (coefficient de marée de 114). Ce niveau d'eau est un niveau d'eau de période de retour comprise entre 5 et 10 ans.

La surcote maximale instantanée enregistrée à Concarneau lors des récentes tempêtes est de 0,82 m lors de la tempête Dirk le 24/12/2013 à 01h.

Le tableau ci-après présente une synthèse des caractéristiques principales des événements étudiés sur l'ensemble des côtes de l'Atlantique et de la Manche.

Tableau 10 : Synthèse des caractéristiques principales des événements étudiés

Nom Tempête	CHRISTIAN	GODEHART	XAVER	DIRK	SANSNOM1	PETRA	QUMAIRA
Date	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/10/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
Info Marées ⁶	ME	VE(M) à VE(EM)	VE(EM) à M	M à ME	VE(E)	M à VE(M)	ME
Coefficient de marée à Brest (min-max)	31-40	93-101	72-102	43-61	101-114	71-94	42-63
Caractère remarquable des hauteurs atteintes	NON	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON
Caractère remarquable des surcotes instantanées atteintes	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	OUI
Concomitance du maximum de surcote avec une PM	NON	OUI	NON	NON	NON	OUI (Bretagne)	NON
Zone concernée par des hauteurs exceptionnelles	∅			∅		∅	∅
Observation de hauteurs supérieures à H5 (hauteur statistique de période de retour 5 ans)	∅	H10-H20: Calais Le Havre ∅Ref Stat: Ile d'Aix	>H100: Dunkerque Calais H10-H20: Boulogne	∅	H20-H50: Bayonne H10-H20: Le Conquet H5-H10: Brest Concarneau Sables d'Olonne Port Bloc ∅Ref Stat: Ile d'Aix	∅	∅
Facteur (s) de submersion prépondérant(s)	/	période de marée de VE(EM) + concomitance de pics de surcote (bien que non exceptionnels) avec une PM	période de marée de VE(EM) + surcotes de PM très élevées (bien que pics à mi-marée)	/	période de marée de VE(E)	/	/
Evénements du passé analogues en terme de : Hauteurs Surcotes Zone touchée	/	13-14 déc. 1981 ----- 15-18 déc. 2011 (Joachim)	11-13 janv. 1978 ----- 09 nov. 2007	/	10-11 mars 2008 ----- 30 mars 2006	/	/

Chapitre 7 - Analyse des systèmes de protection

1 Description du trait de côte

Les descriptions des traits de côte présentées ci-dessous sont synthétiques ; pour plus de détails, se référer au chapitre 4.

1.1 Bénodet

Le littoral de Bénodet est caractérisé par un linéaire Nord urbanisé jusqu' au niveau du lieu-dit Les Roches et la pointe St-Gilles. La plage du Trez, anciennement abritée derrière un cordon dunaire naturel est aujourd'hui bordée d'un cordon fortement artificialisé.



Figure 158 : Artificialisation de la frange littorale de la plage du Trez (source : photo de gauche, commune – photo de droite, blog « unclindoeildebretagne »)

La partie Sud de la commune est dominée par un faciès géomorphologique rocheux, jusqu'au niveau de l'anse du Groasguen, où les dunes et l'estran sableux sont de nouveau dominants.

1.2 Fouesnant

La commune est marquée par un linéaire côtier important. Les parties Sud-Ouest et Sud-Est sont marquées par la présence de grands cordons dunaires, de part et d'autre de la pointe de Mouterlin. La fixation de la flèche du secteur Est est le résultat de l'action anthropique. L'homme a ainsi artificialisé le cordon et mis en place un système de vannage pour isoler le polder de Mouterlin.

Les secteurs les plus urbanisés sont la pointe de Beg Meil et le Cap Coz.

Le Cap Coz est un cordon dunaire qui prend naissance au niveau de la plage du même nom. Il représente une barrière naturelle entre le milieu littoral et les habitations situées en arrière. Ce cordon dunaire est aujourd'hui fortement urbanisé. Il se prolonge jusqu'à la pointe par un tombolo, également artificialisé.

1.3 La Forêt-Fouesnant

La partie Ouest de la Forêt-Fouesnant est en partie protégée des phénomènes marins par le Cap Coz. Le reste de la commune s'ouvre sur la baie de la Forêt.

Le linéaire côtier présente une diversité géomorphologique importante. L'anse de Penfoulic et l'anse qui remonte au niveau du quartier de Pen Ar Ster sont caractérisées par un estran sablo-vaseux. La plage de Kerleven est marquée par un substrat sableux. La section Est de la commune, jusqu'à l'anse de St-Laurent, est principalement occupée par un faciès rocheux.

Les aménagements anthropiques ont principalement portés sur la protection du linéaire rocheux par la mise en place d'enrochements, ainsi que sur la préservation de l'estran sableux de la plage de Kerleven par la mise en place d'épis.

1.4 Concarneau

En dehors de la zone la plus au Sud, le littoral de Concarneau est fortement urbanisé. Une grande partie du linéaire côtier est bordée par des murets.

La géomorphologie est caractérisée par un substrat rocheux, interrompu par quelques baies d'estran sableux qui constituent les plages de la commune.

La Ville Close, située dans la zone portuaire, a la particularité d'être particulièrement soumise aux submersions en raison de très faibles altitudes.

2 Recensement et description des ouvrages de protection

Définition d'un ouvrage de protection (Source Guide Premiers éléments méthodologique pour l'élaboration des PPRL – MEDDTL – Nov 2011) : « *Un ouvrage de protection côtier est une structure côtière construite et dimensionnée qui répond à une vocation initiale de fixation du trait de côte ou de soutènement des terres, de lutte contre l'érosion, de réduction des franchissements, de dissipation de l'énergie de la houle ou d'obstacle à l'écoulement, sans que ces fonctions soient exclusives : un ouvrage de protection peut recouvrir plusieurs de ces fonctions en même temps. Ainsi plusieurs types d'ouvrages (perré, mur/soutènement, épis, brise-lame, digue) peuvent avoir un rôle de lutte contre le recul du trait de côte.* »

Dans le cadre du PPRL, nous considérons que les ouvrages de protection peuvent être concernés par 2 types d'aléas :

- Le recul du trait de côte et la migration dunaire
- La submersion marine

2.1 Ouvrage de protection contre le recul du trait de côte et la migration dunaire

Se référer aux cartes « Historique des ouvrages et structures de protection »

Les ouvrages de protection tel que définis ci-dessus ont été caractérisés lors de campagnes de terrain, réalisées antérieurement aux tempêtes de l'hiver 2013-2014. Le tableau suivant synthétise l'ensemble des ouvrages identifiés.

Les ouvrages sont répertoriés via le numéro des photographies correspondant au reportage disponible en annexe 6.

Tableau 11 : Ouvrages de protection contre le recul du trait de côte et la migration dunaire (intègre ganivelle et brise vent) retenus dans le cadre du PPR2

N° des photos	Communes	Lieu-dit de localisation	Types d'ouvrage		Objectifs	Efficacité passée	Etat actuel
1	Concarneau	Le Cabellou - Plage du Large	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (haut et court)	Protection de la route contre les affouillements et le déchaussement - Fixation du trait de côte	Bonne car la route est toujours présente	Etat très moyen avec traces de fissures dans le mur et probablement une cassure passée suite à une tempête du côté Nord avec un remplacement récent par des enrochements (n°2)
2	Concarneau	Le Cabellou - Plage du Large	Protection longitudinale	Enrochements	Protection de la route contre les affouillements et le déchaussement - Fixation du trait de côte	Bonne car la route est toujours présente	Solution de remplacement après la disparition d'un côté du muret en pierre de maçonnerie. Etat correct
3	Concarneau	Le Cabellou - Plage du Large	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (bas et court)	Protection de la dune à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne	Mauvais à l'Est et correct à l'Ouest
4	Concarneau	Le Cabellou - Plage du Large	Protection longitudinale	Enrochements	Protection de la dune à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne - non érosion de la dune	Moyen
5	Concarneau	Le Cabellou - Plage du Large	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (bas et court)	Protection de la dune à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne - non érosion de la dune	Moyen
6	Concarneau	Le Cabellou - Plage de la Belle Etoile	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (haut et long)	Fixation du trait de côte - Délimitation des terrains de particuliers	Bonne	Moyen
7	Concarneau	Le Cabellou - Plage de la	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie	Fixation du trait de côte - Délimitation des	Bonne	Moyen

		Belle Etoile		(haut et court)	terrains de particuliers		
8	Concarneau	Plages de Rouel, des Dames, du Mine et de Cornouaille	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (haut et long)	Protection de la route et des habitations à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne	Correct
9	Concarneau	Plages de Cornouaille et des Sables Blancs	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (haut et long)	Protection de la route et des habitations à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne	Correct
10	La Forêt-Fouesnant	Plage de Kerleven - Falaises à l'Est	Protection longitudinale	Enrochements	Arrêter l'érosion de la falaise	Permet de bien fixer le bas de la falaise, bonne efficacité contre l'érosion de la falaise	Bon état car ces aménagements ont l'air récents
11	La Forêt-Fouesnant	Plage de Kerleven	Protection longitudinale	Enrochements	Fixer le trait de côte et limiter l'érosion	Bonne efficacité contre l'érosion pour ne pas que le chemin piétonnier disparaisse (GR34)	Etat moyen, blocs posés de manière désordonnés
12	La Forêt-Fouesnant	Plage de Kerleven	3 épis transversaux en pieux bois	Pieux bois	Limiter le transit littoral devant la plage pour conserver les matériaux sur la partie Est de la plage	Ces épis n'ont que très peu d'effet aujourd'hui	Très mauvais état, délabrés
13	La Forêt-Fouesnant	Plage de Kerleven	Protection transversale	Pierres de maçonnerie (plusieurs tronçons bas et court)	Fixation du trait de côte - Délimitation des terrains de particuliers	Bonne	Moyen
14	La Forêt-Fouesnant	Plage de Kerleven	Digue portuaire	Enrochements	Objectif premier de limiter l'agitation dans l'anse mais permet également de limiter l'apport de sédiments dans l'anse.	Bonne	Bon état

15	La Forêt-Fouesnant	Plage de Kerleven	Contre-épi transversal faiblement arasé	Enrochements	Permet de bloquer contre la digue les sédiments qui transitent d'Est en Ouest devant la plage. Permet de limiter l'ensablement du chenal de navigation	Efficace car on constate sur le site la présence de hauts fonds sur la partie Ouest de la plage.	Bon état
16	Fouesnant	Cap Coz	Protection longitudinale	Enrochements	Fixation du trait de côte	Bonne	Moyen car blocs dispersés
17	Fouesnant	Cap Coz	Digue portuaire	Enrochements	Objectif premier de limiter l'agitation dans l'anse mais permet de limiter le départ des sédiments vers le Nord par contournement du Cap Coz	Bonne	Bon état
18	Fouesnant	Cap Coz	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (haut et long)	Protection des habitations à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne	Correct
19	Fouesnant	Plage des Dunes	Protection longitudinale très localisée	Enrochements	Arrêter l'érosion de la falaise	Permet de bien fixer le bas de la falaise, bonne efficacité contre l'érosion locale de la falaise	Bon état
20	Fouesnant	Plage de Kerambigorn	Pieux en bois pour canaliser les accès piétonniers		Lutte pour la protection du cordon dunaire et de sa végétalisation	Efficace car le cordon dunaire est bien végétalisé aux endroits extérieurs des accès piétonniers	Bon état
21	Fouesnant	Plage du Grand Large	Protection longitudinale	Enrochements	Fixer le trait de côte et limiter l'érosion du cordon dunaire	Bonne efficacité contre l'érosion : on constate clairement que le trait de côte du secteur à l'Est de la zone protégée est	Bon état de la protection, les blocs sont bien positionnés. Il n'y a pas de brèche

						beaucoup plus reculé à cause de l'érosion.	visible dans la protection
22	Fouesnant	Plage du Grand Large	Protection longitudinale	Mur vertical en pierres de maçonnerie et enrochements au pied du mur	Protection de la route et des habitations à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne	Correct
23	Fouesnant	Pointe du Moustierlin	Protection longitudinale	Mur vertical en pierres de maçonnerie et enrochements au pied du mur	Protection de la route et des habitations à l'arrière - Fixation du trait de côte	Bonne	Correct
24	Fouesnant	Pointe du Moustierlin	Digue portuaire	en béton	Mise à l'eau des embarcations	Cette digue a un impact sur la dynamique hydrosédimentaire de la plage puisqu'elle bloque le transit sédimentaire d'Ouest en Est sur ce secteur. Les sédiments sont stockés sur le côté Ouest de la digue. Il n'y a pas de sédiments sur le côté Est	Moyen
25	Fouesnant	Plage du Letty	Ganivelles / Brise vent		Reconstruction du cordon dunaire - Lutte contre l'érosion	Efficacité limitée	Etat moyen car les ganivelles sont tordues et il en manque par endroit
26	Fouesnant	Plage du Letty	Protection longitudinale très localisée	Enrochements	Fixer le trait de côte et limiter l'érosion du cordon dunaire	cette protection est localisée sur une dizaine de mètres et est visiblement une solution temporaire pour lutter contre l'érosion du cordon dunaire. Ces enrochements sont placés de manière désordonnés et ne sont pas suffisants en nombre pour correctement lutter contre	Mauvais état car ces enrochements sont désordonnés : cependant ce n'est sans doute qu'une solution d'urgence provisoire

						le recul du trait de côte.	
27	Fouesnant	Plage du Letty	Protection longitudinale	Enrochements	Fixer le trait de côte et limiter l'érosion du cordon dunaire	Bonne efficacité contre l'érosion : on constate clairement que le trait de côte des secteurs à l'Est et à l'Ouest de la zone protégée sont beaucoup plus reculés à cause de l'érosion.	Bon état de la protection, les blocs sont bien positionnés. Il n'y a pas de brèche visible dans la protection
28	Fouesnant	Plage du Letty	Ganivelles / Brise vent		Reconstruction du cordon dunaire - Lutte contre l'érosion	Le cordon dunaire est en bonne santé, hautement arasé et sans brèche apparente	Etat moyen car les ganivelles sont tordues et il en manque par endroit
29	Bénodet	Anse de Groasguen	Protection longitudinale	Enrochements	Fixation du trait de côte	Bonne	Etat correct
30	Bénodet	Anse de Groasguen	Protection longitudinale	Secteurs en enrochements et en pierres de maçonnerie	Protection de la route et des habitations à l'arrière - Fixation du trait de côte	Efficacité moyenne car les protections doivent être régulièrement reconstruites (différents matériaux ont été utilisés sur diverses portions de protection)	Certains secteurs sont dans un bon état (notamment les secteurs en enrochements). Les protections en pierre de maçonnerie sont en mauvais état par endroit avec des fissures et des pierres au sol.
31	Bénodet	Plage Saint-Gilles	Protection longitudinale	Pierres de maçonnerie (haut et long)	Fixer le trait de côte et limiter l'érosion du cordon dunaire	Bonne	Correct
32	Bénodet	Plage du Trez	Protection longitudinale	Mur vertical lisse bétonné avec un angle d'inclinaison	Fixation du trait de côte	Bonne	Etat correct

33	Bénodet	Plage du Trez	Protection longitudinale	Enrochements	Blocs en enrochements à l'extrémité Est de la plage pour protéger localement contre l'attaque des houles. Cette protection permet aussi à la plage de prendre appui pour éviter que le sable ne parte trop facilement vers l'Est	Bonne	Etat correct
34	Bénodet	Plage du Trez	Protection longitudinale	Muret vertical en maçonnerie	Fixation du trait de côte	Bonne	Etat correct

2.2 Structures de protection contre la submersion marine

Un système complet de protection contre la submersion est un système cohérent du point de vue hydraulique pour la protection effective des populations situées dans la zone protégée. Il peut comprendre un système de digues (c'est-à-dire des digues de premier et de second rang), des structures naturelles (cordons dunaires ou cordons de galets) et les ouvrages « maritimes » contribuant à leur maintien (type brise-lames, épis, etc.), éventuellement combinés, ainsi que les dispositifs de drainage, de stockage et d'évacuation des eaux.

Il est rappelé que les murs ne représentent pas des structures de protection pour la surverse (ils sont donc supposés transparents). En revanche, les murs sont supposés existants pour le phénomène de franchissements par paquets de mer.

2.2.1 Les ouvrages artificiels ou digue

Se référer aux cartes « Historique des ouvrage et structures de protection »

Source *Guide Premiers éléments méthodologique pour l'élaboration des PPRL (MEDDTL – Nov 2011)*

Les ouvrages de protection artificiels contre la submersion correspondent aux digues.

Les « digues » sont des constructions humaines dont la vocation principale est de faire obstacle à l'écoulement et de limiter les entrées d'eau sur la zone protégée. Les digues sont les seuls ouvrages considérés dans ce paragraphe et décrits sous la dénomination « ouvrages ».

Les ouvrages de protection au sens du PPRL, ont vocation à protéger les individus et les biens des aléas littoraux. Ils doivent pour cela être construits précisément dans un but de protection, dans les règles de l'art et doivent être correctement entretenus.

La définition des ouvrages de protection et les hypothèses de rupture qui seront prises en compte dans le cadre du PPRL sont donc dépendants des critères suivants :

- L'ouvrage doit clairement être destiné à protéger des phénomènes de surverse et de rupture,
- Du dimensionnement de l'ouvrage,
- De la qualité de sa conception,
- De l'entretien de l'ouvrage par un propriétaire identifié,
- De l'état général de l'ouvrage,
- De l'existence de brèche historique sur les ouvrages concernés.

Dans le cadre de la phase 1 du PPRL, il est uniquement fait état des points qui précèdent. Aucun choix sur les hypothèses de rupture des ouvrages de protection n'est arrêté.

Parmi les digues recensées dans la carte « Historique des ouvrages et structures de protection », on distingue 2 catégories :

- Les digues classées par un arrêté au titre de l'article R 214-113 du code de l'environnement. Il n'y en a pas sur la zone d'étude du PPRL2.
- Les digues classées en classe D en lien avec le décret de 2007 (**Décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement**). Aucun arrêté n'a été pris pour le classement de ces ouvrages. Seule la réglementation les intègre, de fait, dans la classe D.

Les digues de classe D

En ce qui concerne les digues de classe D, il s'agit de petits ouvrages de taille inférieure à 1m ou protégeant moins de 10 habitants. Derrières ces ouvrages, on recense les usages suivants :

- Etang zone humide
- Moulin
- Parcelles agricoles,
- Polder,
- Sentier côtier

Ces ouvrages n'ont pas pour vocation la protection des zones habitées contre les aléas littoraux.

Les digues classées par arrêté

Aucun ouvrage de ce type n'existe sur le site du PPRL 2

2.2.2 Les structures naturelles ou cordons naturels

Se référer aux cartes « synthèse »

Les profils topographiques tirés du LIDAR figurent en annexe 7

Les cordons naturels (dunes et cordons de galets) sont des éléments naturels dont l'évolution morphologique est dynamique. Leur forme s'adapte ainsi en permanence aux conditions météorologiques et hydro-sédimentaires qu'ils subissent. Les cordons naturels, séparant des zones topographiques basses de la mer, peuvent donc influencer sur l'aléa de submersion, soit en jouant un rôle contre la submersion marine en limitant les entrées d'eau et en atténuant l'énergie des vagues, soit en l'aggravant du fait des entrées d'eau générées par leur disparition partielle ou totale lors d'un événement tempétueux. Il est donc nécessaire, lors de la caractérisation de l'aléa submersion marine, de prendre en compte ces comportements et impacts potentiels.

D'après le Guide méthodologique pour l'élaboration des PPRL – MEDDTL – 2014 : « A l'instar du processus prévu pour les ouvrages, des défaillances sont à envisager de manière générale pour les cordons dunaires »

Le tableau page suivante fait une description synthétique des cordons dunaires :

- Gestionnaire identifié
- Etat général de l'ouvrage de protection naturel (= cordon)
- Cote m NGF du point bas selon le LIDAR (la notion d'altitude du cordon et la définition des points bas seront analysées plus finement en phase 2 via l'élaboration de profil en long des cordons)
- Largeur du cordon (la largeur du cordon sera précisé en phase 2 via la réalisation de profils en travers rapprochés des cordons)
- Présence d'urbanisation sur le cordon
- Présence d'un bassin de risque derrière le cordon
- Dégâts historiques dans le cordon

3 Données manquantes

Aucune donnée complémentaire n'est nécessaire.

Cordon dunaire	Commune	Gestionnaire identifié	Etat général de l'ouvrage	Point bas	Largeur du cordon (en mètres)	Cordon urbanisé	Bassin de risque	Dégâts historiques
Mousterlin Ouest	Fouesnant	non	Cordon dunaire globalement stable	4,53	100	non	oui	oui
Mousterlin Est	Fouesnant	non	Dune en érosion dans sa partie centrale	4,46	100 - 150	non	oui	oui
Cap Coz	Fouesnant	non	Cordon dunaire entièrement urbanisé	4,14	100	oui	oui	non

Figure 159 : Cordons naturels retenus dans le cadre du PPRL2

Chapitre 8 - Bilan sur le fonctionnement du site et les risques mis en évidence

Se référer aux cartes « Synthèse » et aux cartes « Phénomènes naturels »

Le travail d'expertise menée dans cette phase 1, permet de présenter une première analyse, pour chaque bassin de risque, des phénomènes potentiels à prendre en compte pour un évènement extrême.

Lors des entretiens avec les acteurs du territoire, le fonctionnement global du site vis-à-vis des aléas d'érosion et de submersion a été abordé. La synthèse des différents documents bibliographiques ainsi que des visites sur le terrain permettent de comprendre les principaux phénomènes mis en jeu et les principales zones touchées.

Cette analyse des phénomènes se base également sur la définition des zones basses, réalisée à partir des niveaux de référence du SHOM 2008 - 2012 pour un évènement centennal.

Cette réflexion sera mise à jour dans le cadre de la seconde phase du PPRL à partir des niveaux de référence centennaux qui seront définis et de la caractérisation de l'aléa qui sera faite. Cette analyse n'est donc pas définitive.

Il est proposé ci-dessous un bilan par commune et par bassin de risque des principaux phénomènes naturels.

La carte de synthèse reprend l'ensemble des éléments permettant la compréhension de ce bilan.

Rappel pour la carte de synthèse :

- Les principales zones potentiellement soumises aux franchissements sont localisées sur les cartes de « synthèse ». Elles combinent les données historiques et les zones potentiellement exposées à dire d'expert au vu de leur configuration. La localisation exacte du linéaire soumis au franchissement n'est pas définie à ce jour. Ceci fera l'objet de la mission de phase 2.
- De la même manière la définition des zones basses ne présage pas de l'emprise de l'aléa submersion qui sera définie lors de la phase 2.

1 Bénodet

1.1 L'érosion

Les murs de défense contre la mer sont fissurés au niveau de la plage du Trez mais également sur le littoral entre la plage de Saint-Gilles et l'anse de Groasguen à l'Est.

Les plages de Bénodet sont globalement stables dans le temps avec un risque érosif limité. Ce risque est surtout marqué en période de tempête sur la pointe de Saint-Gilles. Le risque d'érosion au droit du phare de Bénodet est principalement lié à l'Odet à marée descendante par forte marée, et à des infiltrations d'eau de pluie en partie haute (ruissellement sur voirie).

1.2 La submersion

1.2.1 Embarcadère et port de Bénodet

Le port a été endommagé en 1987 et 1989. De plus, la commune a mise en évidence des débordements qui ne sont pas datés, notamment sur l'embarcadère. Cet aléa est confirmé par l'emprise des zones basses représentée sur la carte de « synthèse ».

1.2.2 Quai de l'Herminier – Terre-plein Eglise St-Thomas

Le quai de l'Herminier et le terre-plein de l'Eglise St-Thomas représentent un bassin de risque concerné par les débordements pour un évènement exceptionnel (cf. emprise des zones basses en relation avec les niveaux du SHOM pour un évènement centennal).

Un débordement a d'ailleurs été observé l'hiver 1945-1946, au cours duquel le terre-plein de l'église a été inondé.

Les maisons au bord du quai l'Herminier ont été légèrement inondées dans leur cave plus récemment mais cette information n'est pas datée.

1.2.3 Le Trez Bihan

Les seuls phénomènes de type submersion sur le bassin de risque du Trez-Bihan sont des franchissements par paquets de mer. Ce type de phénomène a d'ailleurs été observé sur la route de la Corniche en mars 2008.

Lors de la tempête de l'hiver 2013/2014, les franchissements n'ont pas causés de submersion, mais uniquement des dégâts mineurs sur la promenade et les cabines de bains de la plage.

On note également une problématique de type accumulation d'eau douce dont la teneur est détaillée dans le paragraphe 1.4.

1.2.4 Le Letty-Kerhos

Le camping du Letty a été inondé en 2008 par le débordement. Ce possible phénomène de débordement est confirmé par l'emprise des zones basses en relation avec les niveaux du SHOM pour un évènement centennal.

1.3 Zones estuariennes

1.3.1 Ruisseau de Penfoul

Associé à un exutoire d'eau pluviale, une buse (600mm) est située au fond de l'anse de Penfoul. Elle est cependant surélevée et il n'y a pas de remontée de vase ni d'eau de mer dans la buse. Le volume de la vasière est suffisant pour contenir les grandes marées.

Les chemins à proximité n'ont jamais été inondés, ils sont situés au-dessus du niveau marin pour les coefficients de 120.

1.3.2 Anse du petit moulin

L'influence du milieu marin se fait sentir jusqu'à la digue du petit moulin, associée à un clapet fermé à marée montante.

La zone amont est insuffisante pour stocker l'eau le temps d'une marée. Une inondation légère peut avoir lieu le long du chemin, mais cette problématique est située hors zone estuarienne (cours d'eau).

On recense, dans l'estuaire, plusieurs zones concernées par des débordements pour un événement exceptionnel (cf. emprise des zones basses en relation avec les niveaux du SHOM pour un événement centennal).



Figure 160 : Digue du petit moulin (Bénodet)

1.4 Phénomène de ruissellement

Au niveau de la plage du Trez, les eaux pluviales s'évacuent en mer par une buse (diamètre 1000) à clapet.

Lors de fortes précipitations (30-40mm/24h) associées à un fort coefficient de marée (environ 1 fois tous les 7 ans) :

- Le sous-sol de la thalasso est inondé,
- Le cinéma est inondé,
- Les garages de l'immeuble Judikaël sont inondés (2009). Des pompes ont été mises en place pour faciliter l'évacuation lors des épisodes d'inondation,
- Le bas du parking au Groasguen est inondé.

De façon plus fréquente, les terrains de tennis sont régulièrement inondés par les eaux pluviales qui ne s'évacuent pas.



Figure 161 : terrain de tennis, domaine de Kermor (Bénodet)

1.5 Impact des vagues et projection de galets

Au niveau de la plage du Trez, les sables sont projetés sur la route avec le vent. Les franchissements des vagues peuvent atteindre la route.

1.6 Bilan

Recul du trait de côte / Erosion	Les plages de Bénodet sont globalement stables dans le temps. Toutefois, lors de tempêtes, il y a un risque d'érosion au droit du phare de Bénodet et sur la pointe de St-Gilles.
Migration dunaire	Non observée
Submersion marine	Débordements potentiels ou observés entre l'embarcadère et le port de Bénodet, sur le quai Herminier et le terre-plein de l'Eglise sur le bassin de risque de Letty-Kerhos. Des franchissements sont également observés le long du Trez Bihan Un phénomène de débordement (rupture ou surverse) pourrait être observé au droit de la zone basse de Trez Bihan (pas de données historiques à ce sujet). Débordement dans l'anse du petit Moulin
Ruissellement et accumulation d'eau douce	Mise en charge du réseau liée au niveau de la marée au Trez Bihan et accumulation d'eau douce lié au ruisseau.
Impact des vagues et projection de galets	Plage du Trez

2 Fouesnant

2.1 L'érosion

2.1.1 Les processus d'érosion sur les bassins de risque de Moustierlin Ouest et Est

Un impact de la force éolienne (vents et tempêtes) dans l'érosion

Dans le cas du bassin de risque de la pointe de Moustierlin (accumulation sableuse). Le vent peut à la fois :

- Transporter le sable lorsque celui-ci est sec et participer à l'engraissement d'une partie de la dune,
- Provoquer et/ou auto-entretenir des encoches existantes dans les cordons dunaires,
- Générer des agitations superficielles de la mer (clapots) qui évoluent en houle chaotique et turbulente très agressive sur les côtes sableuses,
- Ouvrir des brèches lors de tempêtes.

Les actions marines

Le site de Moustierlin est vulnérable aux agitations de secteur Sud-Ouest à Sud-Est. La poussière d'écueils de l'avant-côte dissipe leur énergie. La concentration de l'énergie des houles s'effectue principalement sur le platier de Moustierlin et autres pointements rocheux comme la Jument et les Mâts.

Les phénomènes de réfraction et de diffraction jouent un rôle dans la propagation de l'énergie à la côte par les orthogonales de houle et par les vagues. De ce fait, les racines des cordons sont les secteurs les plus attaqués.

La résultante de l'énergie des houles de part et d'autre de la pointe est faible. Elle est dirigée vers l'Ouest le long du cordon occidental et vers l'Est le long du cordon oriental.

Le cordon Est reçoit deux fois plus d'énergie que le cordon Ouest mais conclure à sa plus grande vulnérabilité n'est pas évident car ce n'est pas un cordon libre : il a trois points d'appui rocheux, dont un secondaire, « la Jument », contre un seul pour le cordon Ouest. De plus, les écueils qui le protègent sont plus nombreux.

Les courants de marée qui bordent Moustierlin sont très faibles mais sensibles aux vents. Le courant de flot est orienté principalement vers l'Ouest le long du cordon occidental et vers l'Est le long du cordon oriental. Notons que ce schéma coïncide avec la direction générale de la résultante de l'énergie de la mer à la côte de part et d'autre de la pointe de Moustierlin. Lors de la pleine mer, cette tendance s'inverse et au jusant, le courant côtier de Moustierlin Ouest porte vers l'Est et celui de Moustierlin Est vers l'Ouest.

2.1.2 Zones principales concernées par le phénomène d'érosion

La problématique principale est donc l'érosion des cordons de Moustierlin Est et Ouest. Cette érosion est due à la montée générale des eaux marines et à l'agression répétée des éléments naturels (vent, houles).

Sur Moustierlin Est, la mise en place de la protection longitudinale en enrochements a permis d'arrêter le processus érosif de la partie Ouest de la dune. Aujourd'hui, le littoral est stable à l'Ouest et est en légère accrétion à l'Est avec une extension progressive du cordon dunaire vers la mer.

Sur Moustierlin Ouest, le littoral est globalement stable avec toutefois une légère tendance à l'érosion se produisant uniquement lors des fortes tempêtes hivernales. Le cordon dunaire est moins protégé sur sa partie Ouest et est plus soumis à une faible érosion en tempête avec la création de brèches localisées.

La plage de Kermyl n'est pas en érosion sur le long terme mais s'érode lors des fortes tempêtes au niveau du cordon dunaire.

La plage de Cap Coz et le secteur de Beg Meil sont stables.

Le 07 janvier 2014, les intempéries ont touché les Glénan. La dune sur l'île de Saint-Nicolas a subi une érosion importante, principalement sur le secteur sud-est avec jusqu'à 10m de recul et sur la côte nord. Des cailloux ont été projetés sur le chemin menant aux habitations.

Notes : les agents naturels sont souvent destructeurs mais parfois, ils participent à l'engraissement du littoral.

2.2 La submersion

2.2.1 Les bassins de risque de Moustierlin Est et Ouest

Sur les bassins de risques de Moustierlin Ouest et Est, le phénomène de submersion est principalement lié à l'éventualité de tempêtes successives et violentes du Sud qui pourrait provoquer la rupture du cordon. La mer pourrait alors s'engouffrer dans les brèches et envahir le marais de Moustierlin.

Ce fut le cas, d'après l'analyse historique, à minima 6 fois entre 1846 et 1968 pour le marais de la Mer Blanche et une fois en 2008 pour le marais de Moustierlin.

Ces cordons naturels présentent des gestionnaires identifiés (la commune de Fouesnant pour Moustierlin Est et l'ONF pour Moustierlin Ouest) (cf. Chapitre 7 -2.2.2).

2.2.2 Le Cap Coz

Le Cap Coz est sensible au franchissement par paquets de mer sur l'ensemble de la pointe et jusqu'au bout de la plage du Cap Coz. Lors de l'hiver 2013/2014, on a noté des franchissements sur l'ensemble du cap engendrant des submersions sur le parking de la pointe du Cap et au droit de l'entrée de la plage.

A l'ouest du Cap Coz, on a également observé des franchissements dans la descente du Loch au niveau du croisement avec l'avenue de la pointe du Cap Coz. Ces franchissements, s'ils présentaient un volume important, pourraient venir s'accumuler dans la zone basse située en arrière.

De plus, un phénomène de débordement (rupture ou surverse) pourrait être observé au droit de la zone basse du Cap Coz (cf. localisation du contour de la zone basse).

2.2.3 L'Anse de Penfoulic

Dans cette anse, aucun débordement n'a été retranscrit d'après l'analyse historique, cependant ce phénomène existe potentiellement sur la base des niveaux de référence centennaux du SHOM.

2.2.4 Beg Meil

Des franchissements y ont été observés lors des tempêtes de l'hiver 2013/2014.

2.2.5 Moustierlin Est et Moustierlin Ouest

Le secteur qui s'étend depuis la plage du Cleut Rouz à la plage de Kerlet a été soumis aux franchissements lors des tempêtes de l'hiver 2013/2014.

Au niveau de Groasguen, une brèche s'est formée dans le cordon dunaire lors des tempêtes de l'hiver 2013/2014.

2.2.6 Les Glénans

Très peu d'information concernant ces îles ont été récupérées sur l'historique des phénomènes de submersion puisque les enjeux bâtis sont quasi inexistant. Le phénomène d'érosion est en revanche largement étudié.

2.3 Bilan

Recul du trait de côte / Erosion	<p>Mousterlin : La mise en place des protections longitudinales en enrochements, des ganivelles et de la canalisation des accès piétonniers ont permis de limiter le processus érosif.</p> <p>Les zones d'érosion sont localisées essentiellement aux extrémités des protections longitudinales (secteur de Cleut-Rouz sur Mousterlin Est et à l'Ouest de Mousterlin Ouest)</p> <p>La plage de Kermyl n'est pas en érosion sur le long terme mais s'érode lors des fortes tempêtes au niveau du cordon dunaire.</p> <p>La plage de Cap Coz et le secteur de Beg Meil sont stables.</p> <p>L'Ile des Glénans est sensible à l'érosion notamment lors des fortes tempêtes sur sa façade sud-est et nord.</p>
Migration dunaire	Non observée sur la commune.
Submersion marine	<p>Observée :</p> <p>Brèches historiques sur les cordons naturels de Mousterlin Est et Ouest suivi d'une submersion, dont une lors de l'hiver 2013/2014.</p> <p>Franchissements par paquets de mer en arrière des cordons de Mousterlin au niveau de l'anse du Groasguen et de la Mer Blanche, dans la zone naturelle du Marais de Mousterlin, et sur la pointe du Cap Coz.</p> <p>Potentielle :</p> <p>Un phénomène de débordement (rupture ou surverse) pourrait être observé au droit de la zone basse du Cap Coz (pas de données historiques à ce sujet).</p> <p>Débordement possible dans l'Anse de Penfoullic</p>
Inondation eau douce	Accumulation d'eau douce en arrière des dunes de Mousterlin au niveau de l'anse du Groasguen et de la Mer Blanche, dans la zone naturelle du Marais de Mousterlin.

3 La Forêt Fouesnant

3.1 L'érosion

Le trait de côte est stable sur la plage de Kerleven qui est à l'équilibre. Les fortes tempêtes érodent localement les roches meubles à l'Est et à l'Ouest de la plage de Kerleven (d'où les protections longitudinales en pied des falaises) et engraisent le centre de la plage.

3.2 La submersion

3.2.1 Le chemin côtier GR34

Lors de fort coefficients, associés à une forte houle, des secteurs du chemin côtier ont fait l'objet de phénomènes de submersion :

- au niveau de Kermor,
- entre le Kerist et l'embarcadère du vieux port,
- à Stang al Lestrec,
- sur le GR34 près de l'église

On observe en effet, une mince frange littorale située en zone basse.

3.2.2 le long de la bordure Sud-Ouest du Golf de Cornouaille

Ce secteur a également fait l'objet de débordements selon les retours formulés par les représentants de la commune (événement non daté).

3.2.3 La zone située en retrait de la plage de Kerleven

Le risque de débordement devra être confirmé ou infirmé, à partir du niveau de référence défini lors de la phase 2 pour le bassin de risque situé en retrait de la plage de Kerleven. On note toutefois lors de l'hiver 2013/2014 des franchissements par paquets de mer qui ont causés des submersions au droit de la rue de la Mer avec une légère inondation d'un restaurant et des projections de sable dans les jardins des riverains.

3.2.4 L'anse du St-Laurent

Le risque de débordement devra être confirmé ou infirmé, à partir du niveau de référence défini lors de la phase 2 pour ce bassin de risque

3.3 Une mauvaise évacuation des eaux pluviales au niveau du secteur de Pen-ar-Ster

Ces inondations concernent le secteur de Pen-Ar-Ster, plus précisément au niveau des rues Charles de Gaulle et Pen-Ar-Ster. Cette zone est située dans la partie la plus basse de la Forêt Fouesnant avec un terrain naturel qui s'élève aux alentours de 3 m NGF.

On peut rappeler qu'historiquement, le secteur de Pen-Ar-Ster était un espace en eau, il a été remblayé dans les années 60, mais demeure plus bas que les niveaux maritimes extrêmes.

Le secteur d'étude est drainé par 2 ruisseaux :

- Le ruisseau du Ster,
- Le ruisseau de Kerosa.

Ils se rejoignent dans ce secteur avant de se jeter dans l'anse de la Forêt Fouesnant. En parallèle, ce secteur se situe à la confluence de plusieurs routes sur lesquelles le ruissèlement peut être important.

Ces inondations observées sont des inondations d'eau douce mais liées aux grandes marées car l'évacuation des eaux se fait dans le port. Lorsque des conditions de grands coefficients sont associées à une forte pluviométrie, ce secteur se trouve inondé.



Figure 162 : Secteur de Pen-Ar-Ster (source : Egis)

Ce phénomène correspond à des inondations d'eau douce sur un tronçon de cours d'eau non estuarien.

3.4 Le Saint-Laurent sur la zone non estuarienne

A l'origine, l'ouvrage situé sur la rue de Beg Menez, qui franchit le Saint-Laurent, était un pont. Celui-ci a été détruit il y a une trentaine d'années et remplacé par une buse sous dimensionnée. Lors des marées hautes, et ce même pour de faibles coefficients, l'eau s'accumule en amont et ne peut s'évacuer. Des inondations ont lieu presque tous les hivers. Le moulin du Prieuré est notamment touché. Le propriétaire est actuellement en procès en raison de la construction d'une partie neuve dans le lit majeur du cours d'eau qui est inondé fréquemment. Une étude a été lancée par la DDTM afin de réfléchir aux différents aménagements hydrauliques possibles.

Ce secteur est concerné par un phénomène d'inondation lié au débordement de cours d'eau. Il ne sera donc pas traité dans le cadre du PPRL.

3.5 Bilan

Recul du trait de côte / Erosion	Le trait de côte est stable sur la plage de Kerleven qui est à l'équilibre. Les fortes tempêtes érodent localement les roches meubles à l'Est et à l'Ouest de la plage de Kerleven (d'où les protections longitudinales en pied des falaises).
Migration dunaire	Au niveau de la plage de Kerleven
Submersion marine	Débordement en différents points le long du chemin côtier : au niveau de Kermor, entre le Kerist et l'embarcadère du vieux port, à Stang al Lestrec, sur le GR34 près de l'église. Débordement le long de la bordure Sud-Ouest du Golf de Cornouaille. Débordement potentiel de plus grande ampleur autour de la zone portuaire de Port-la-Forêt. Franchissements par paquets de mer le long de la plage de Kerleven et submersion rue de la Mer. Surverse potentielle en retrait de la plage de Kerleven.
Inondation eau douce	Mise en charge du réseau en lien avec la marée sur le secteur de Pen-ar-Ster

4 Concarneau

4.1 L'érosion

De manière générale les plages sont stables sur ce secteur.

4.1.1 Plage de Cornouaille

La plage de Cornouaille est ponctuellement sujette à l'érosion. A plusieurs reprises, l'escalier d'accès a été détruit en partie. La cale de la banque de France ainsi que le mur d'enceinte de la maison qui fait l'angle ont dû être refaits. Beaucoup de sable est parti et l'eau s'infiltré sous les cales.

4.1.2 Port de la Croix

Au regard des faits récents, le Môle de la Croix (ou Quai Nul) a été démolit 2 fois. Ces dommages sont intervenus lors de fortes houles avec des vents différents des vents dominants, en 1987 et en 1993.

4.2 La submersion

4.2.1 La plage des Sables Blancs

Un programme d'aménagement immobilier est en cours avec la réalisation d'une thalasso sur une zone ouverte à l'urbanisation.

Cet ancien marais fut remblayé au fil du temps. La dune a été détruite et ouverte à l'urbanisation à partir des années 1902, 1903. La construction de cette zone a été progressive tout au long du XX^{ème} siècle.

L'ancien marais était alimenté par 3 rus qui ont été canalisés sous la zone remblayée. La canalisation est semble-t-il correctement dimensionnée.

Deux problèmes sont à signaler au niveau de cette zone :

- Une infiltration des eaux des rus dans l'ancien cordon naturel aujourd'hui totalement arasé, pose des problèmes de stabilité des fondations (une étude est menée par un bureau d'étude afin de comprendre le phénomène de diffusion de l'eau. Il est possible que la canalisation ne soit pas étanche),
- Lors de grandes marées, l'eau passe par paquets de mer par-dessus du parapet. Il y a des projections de galets et de sable. La route est coupée et les projections concernent la première rangée de maisons. Cette route a encore été coupée fin octobre 2011. Le phénomène est très fréquent.

4.2.2 La Corniche

Depuis la plage des Dames aux boulevard de Bougainville, il a été observé à plusieurs reprises, des franchissements de paquets de mer associés à des projections de galets sur la voie. Les habitations sont en retrait, voire en contrebas à certains endroits. Il a été noté lors des tempêtes de l'hiver 2013-2014 l'inondation de plusieurs caves rue de la Libération et environ 10cm d'eau sur la voirie.



Figure 163 : Ancienne photo illustrant les phénomènes de paquets de mer, plage des Sables Blancs

4.2.3 La Ville Close et son port de Plaisance

Le port de plaisance qui entoure la Ville Close a été détruit en 1987. Il a également été très endommagé en 2004. Les pontons ont été refaits en 2005.

Les quais ont également été inondés à plusieurs reprises. Les derniers débordements datent de l'hiver 2013/2014 avec environ 10cm sur le quai de la criée.

Anciennement, la Ville Close devait être totalement inondable. De nombreux remblaiements ont été réalisés. Sa sensibilité actuelle aux submersions s'explique par les caractéristiques suivantes :

- Des paquets de mer atteignent la forteresse par le Sud. Anciennement, cette zone était protégée par une digue. Les fondations de la ville Close sont mises à mal par ces paquets de mer.
- Par le nord, une entrée d'eau avait lieu par la « Porte au vin » lors de grands coefficients de marée (100 à 120). L'eau venait envahir les rues, inonder les caves et quelques habitations sur une zone limitée autour de cette porte. Depuis 5 ou 10 ans, la porte est fermée lors des grands coefficients de marée.
- On observait également des entrées d'eau par les réseaux d'eaux pluviales. Les derniers clapets anti-retour ont été installés il y a environ 5 ans.

4.2.4 Le Cabellou

Ce bassin de risque est potentiellement inondable. Des inondations observées en mars 2008 en attestent.

4.2.5 Plages de Bouchers et de Kermingham

Des franchissements par paquets de mer ont été observés en arrière-plage lors de l'hiver 2013-2014.

4.2.6 Douric Ar Zin

Ce bassin de risque n'a jamais été touché par les inondations mais s'avère être potentiellement en zone inondable d'après la cartographie des zones basses.

4.3 L'Anse du Moulin à mer en zone estuarienne

Un chemin côtier ainsi qu'une habitation pourraient potentiellement être inondés dans l'anse lors de forts coefficients de marée. Cette information est corrélée par l'inondabilité potentielle de la zone au regard de la cartographie des zones basses.

4.4 Les inondations d'eau douce

4.4.1 L'anse du Lin

Cette zone est potentiellement inondable par l'accumulation d'eau venant d'un ru derrière la route. En bas de la rue St-Jacques, on observait fréquemment l'inondation d'une dizaine d'habitation.

Depuis quelques années, la zone basse est équipée d'une pompe de relevage qui permet d'évacuer les eaux vers le port.

Cette problématique ne sera pas traitée dans le cadre du PPRL.

4.4.2 L'Anse du Saint-Laurent

Certaines habitations sont concernées par des inondations d'eau douce. A l'origine, l'ouvrage situé sur la rue de Beg Menez, qui franchit le Saint-Laurent, était un pont. Celui-ci a été détruit il y a une trentaine d'années et remplacé par une buse sous dimensionnée.

Lors des marées hautes, et ce même pour des faibles coefficients, l'eau s'accumule en amont et ne peut s'évacuer. Des inondations ont lieu presque tous les hivers.

La plupart des habitations concernées se trouvent cependant sur la rive gauche du Saint-Laurent, sur la commune de la Forêt-Fouesnant.

Une étude a été lancée par la DDTM afin de réfléchir aux différents aménagements hydrauliques possibles.

Cette problématique ne sera pas traitée dans le cadre du PPRL.

4.5 Bilan

Recul du trait de côte / Erosion	Pas d'érosion sur les plages de Concarneau qui sont stables sur le long terme. Ponctuellement, il existe un risque d'érosion au niveau de la plage de Cornouaille.
Migration dunaire	Non observée
Submersion marine	Franchissement par paquets de mer sur la plage des sables Blancs et le long de la corniche. Débordement au niveau de la Ville Close et des quais du port de plaisance. Malgré les aménagements au niveau de la Ville Close, ce bassin de risque conserve son caractère inondable. Débordement observé au Cabellou Bassin de risque potentiellement inondable à Douric ar Zin. Zone estuarienne de l'Anse du Moulin à mer potentiellement inondable.
Inondation eau douce	Inondations sur le franchissement du St-Laurent (liées au niveau de la mer) et dans l'Anse du Lin (non liées au niveau marin). Ces bassins de risques sont situés hors zone estuarienne. Ils ne sont pas traités dans ce PPRL.
Impact des vagues et projections de galets	Plage des Sables Blancs et plage des Dames lors des grandes marées

