



Syndicat Mixte
de la Côte d'Opale
Audomarois - Boulonnais - Calaisis - Dunkerquois - Montreuillois



Diagnostic et élaboration d'orientations pour une gestion durable du trait de côte sur le littoral de la Côte d'Opale



Phase 1 – Etat
des
connaissances
Version finale

Mai 2014

EP 132576J

En association avec



Informations qualité

Titre du projet	Diagnostic et élaboration d'orientations pour une gestion durable du trait de côte sur le littoral de la Côte d'Opale
Titre du document	Phase 1 – Etat des connaissances
Date	Mai 2014
Auteur(s)	Caroline Poullain, Antoine Lavedrine, Camille Lequette, Dominique Cataliotti
N° Affaire	EP 132576J

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
Provisoire	17/01/2013	Caroline Poullain	Marie-Hélène Ruz, Arnaud Héquette, Dominique Cataliotti
Version 2 pour commentaire	28/02/2014	Caroline Poullain, Antoine Lavedrine, Camille Lequette, Dominique Cataliotti	Marie-Hélène Ruz, Arnaud Héquette, Jacques Piallat
Version 2bis pour commentaire	06/03/2014	Caroline Poullain, Antoine Lavedrine, Camille Lequette, Dominique Cataliotti	Jacques Piallat
Version finale	28/03/2014	Caroline Poullain	Jacques Piallat
Version finale validée par le COPIL	30/04/2014	Caroline Poullain, Antoine Lavedrine	Jacques Piallat
Version finale validée par le COPIL 2	20/05/2014	Caroline Poullain,	Jacques Piallat

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Jean-Marc Plouvin Sarah Melliti	Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale (PMCO)	20/05/2014

Sommaire

Chapitre 1 - Introduction	4
Chapitre 2 - Contexte de l'étude	6
1 La gestion durable du trait de côte : les stratégies au niveau national et régional	6
1.1 Vers une Stratégie Nationale de gestion intégrée du trait de côte	6
1.2 Etudes de référence dans le Nord Pas-de-Calais	6
1.3 Démarches en cours dans le Nord Pas-de-Calais.....	7
1.3.1 Les Plans de Préventions des Risques Littoraux (PPRL).....	7
1.3.2 Les Territoires à Risque important d'Inondation (TRI).....	7
1.3.3 Les Programmes d'Actions de Préventions des Inondations (PAPI)	9
1.3.4 Les démarches dans les SCOT.....	9
1.3.5 Les démarches dans les Plan Locaux d'Urbanisme Intercommunaux (PLUI)	12
1.3.6 Autres projets en cours.....	12
2 Contexte de cette étude	13
Chapitre 3 - Approche méthodologique	15
1 Définition d'une échelle d'étude appropriée : approche par bassins de risques	15
1.1 Choix d'une échelle de description et de représentation appropriée.....	15
1.2 Les unités de gestion de la Côte d'Opale	16
1.2.1 UG 1 : Baie d'Authie – Baie de Canche.....	17
1.2.2 UG 2 : Baie de Canche – Nord de Boulogne-sur-Mer	17
1.2.3 UG 3 : Boulogne-sur-Mer – Dunkerque ouest	18
1.2.4 UG 4 : Dunkerque ouest - Dunkerque est	18
1.2.5 UG 5 : Dunkerque est – Frontière belge.....	18
1.3 Définition de bassins de risques cohérents	18
2 Méthodologie	22
2.1 Méthodologie de caractérisation des aléas submersion marine et érosion	22
2.1.1 Méthodologie de caractérisation de l'aléa submersion marine par DHI.....	22
2.1.2 Méthodologie de caractérisation de l'aléa érosion.....	27
2.2 Méthodologie adoptée pour caractériser le type et l'état des ouvrages	33
2.2.1 Les types d'ouvrage	33
2.2.2 Définition de l'état des ouvrages le long de la Côte d'opale	35
2.3 Méthodologie adoptée pour caractériser les enjeux	36
2.3.1 Les enjeux associés au bâti et à la sécurité des personnes.....	36
2.3.2 Les enjeux touristiques.....	39
2.3.3 Les Enjeux économiques	39
2.3.4 Patrimoine environnemental et paysager	45
3 Présentation des informations/données	49
3.1 Conventions	49
3.1.1 Paramètres physiques des sites.....	49
3.2 Altimétrie et Planimétrie	49
3.3 Représentation cartographique	50
3.4 Lecture parallèle du diagnostic écrit et des cartes	50
Chapitre 4 - Etat des connaissances à l'échelle régionale	51
1 Morphologie côtière	51
2 Les fonds marins et la dynamique sédimentaire régionale	53
3 Conditions météo-océanographiques	54
3.1 Les niveaux d'eau	54

3.1.1	La marée	54
3.1.2	Les niveaux d'eau extrêmes.....	55
3.2	Le vent	56
3.3	Les conditions de houles et de mer du vent	56
4	Les conséquences du changement climatique sur le littoral Nord Pas-de-Calais.....	57
4.1	L'augmentation du niveau de la mer.....	57
4.2	Les variations dans l'intensité et la direction des houles	59
4.3	Les variations de la fréquence et de la magnitude des tempêtes et des surcotes.....	59
4.3.1	Variations de la magnitude, durée et fréquence des tempêtes.....	59
4.3.2	Augmentation de la magnitude des surcotes.....	60
4.3.3	Impact sur la dynamique sédimentaire côtière et sur l'évolution du trait de côte	61
4.3.4	Augmentation du risque de saturation des Wateringues	61
5	L'usage et l'occupation des sols.....	62
5.1	Le département du Nord	62
5.2	Le département du Pas-de-Calais	64

Chapitre 5 - Aléas littoraux, risques et enjeux par bassins de risques 67

1	BR 1 – La Baie d'Authie	67
1.1	Description du site.....	67
1.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	68
1.3	Le type et l'état des ouvrages	69
1.3.1	Les cordons dunaires	70
1.3.2	Les ouvrages de protections en dur	70
1.3.3	Les talus naturels	71
1.3.4	Les ouvrages à la mer.....	72
1.4	Caractérisation des aléas littoraux.....	73
1.4.1	L'aléa érosion	73
1.4.2	L'aléa submersion	75
1.5	Les Enjeux	76
1.5.1	Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti.....	76
1.5.2	Enjeux touristiques	78
1.5.3	Enjeux environnementaux	79
1.5.4	Enjeux économiques	80
1.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE.....	81
2	BR2 – Berck- Le Touquet.....	85
2.1	Description du site.....	85
2.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	85
2.3	Le type et l'état des ouvrages	86
2.3.1	Les cordons dunaires	86
2.3.2	Les ouvrages de protection en dur	87
2.4	Caractérisation des aléas	90
2.4.1	L'aléa érosion	90
2.4.2	L'aléa submersion	92
2.5	Les Enjeux	92
2.5.1	Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti.....	92
2.5.2	Enjeux touristiques	94
2.5.3	Enjeux environnementaux	95
2.5.4	Enjeux économiques	96
2.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE.....	96
3	BR3 – Estuaire de la Canche	100
3.1	Description du site.....	100
3.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	100

3.3	Le type et l'état des ouvrages	101
3.3.1	Les cordons dunaires	102
3.3.2	Les ouvrages de protection en dur	103
3.3.3	Les talus naturels	104
3.3.4	Les ouvrages à la mer	105
3.4	Caractérisation des aléas	105
3.4.1	L'aléa érosion	105
3.4.2	L'aléa submersion	107
3.5	Les Enjeux	108
3.5.1	Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti	108
3.5.2	Enjeux touristiques	109
3.5.3	Enjeux environnementaux et paysagers	110
3.5.4	Enjeux économiques	111
3.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE	113
4	BR4 - Camiers – Hardelot Plage	116
4.1	Description du site	116
4.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	116
4.3	Le type et l'état des ouvrages	117
4.3.1	Les cordons dunaires	118
4.3.2	Les ouvrages de protection en dur	119
4.4	Caractérisation des aléas	119
4.4.1	L'aléa érosion	119
4.4.2	L'aléa submersion	122
4.5	Les Enjeux	123
4.5.1	Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti	123
4.5.2	Enjeux touristiques	124
4.5.3	Enjeux environnementaux	125
4.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE	126
5	BR5 – Equihen-Plage – Boulogne sur-Mer Nord	129
5.1	Description du site	129
5.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	129
5.3	Le type et l'état des ouvrages	129
5.3.1	Les falaises	130
5.3.2	Les cordons dunaires	130
5.3.3	Les ouvrages de protections en dur	130
5.3.4	Les ouvrages à la mer	131
5.4	Caractérisation des aléas	131
5.4.1	L'aléa érosion	131
5.4.2	L'aléa submersion	133
5.5	Les enjeux	133
5.5.1	Enjeux urbains et humains	133
5.5.2	Enjeux touristiques	134
5.5.3	Enjeux environnementaux	135
5.5.4	Enjeux économiques	136
5.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE	136
6	BR6 – Wimereux – Cap Gris-Nez	138
6.1	Description du site	138
6.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	138
6.3	Le type et l'état des ouvrages	139
6.3.1	Les falaises	139
6.3.2	Les cordons dunaires	140
6.3.3	Les ouvrages de protections en dur	140
6.3.4	Les ouvrages à la mer	142
6.4	Caractérisation des aléas	142
6.4.1	L'aléa érosion	142

	6.4.2 L'aléa submersion	146
	6.5 Les Enjeux	147
	6.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti	147
	6.5.2 Enjeux touristiques	150
	6.5.3 Enjeux environnementaux	152
	6.5.4 Enjeux économiques	153
	6.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE.....	154
7	BR7 – Baie de Wissant.....	157
	7.1 Description du site.....	157
	7.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire	157
	7.3 Le type et l'état des ouvrages	157
	7.3.1 Les cordons dunaires	157
	7.3.2 Les ouvrages de protection en dur	158
	7.4 Caractérisation des aléas	159
	7.4.1 L'aléa érosion	159
	7.4.2 L'aléa submersion	162
	7.5 Les Enjeux	163
	7.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti	163
	7.5.2 Enjeux touristiques	165
	7.5.3 Enjeux environnementaux	166
	7.5.4 Enjeux économiques	167
	7.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE.....	167
8	BR8 – Cap Blanc-Nez	171
	8.1 Description du site.....	171
	8.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire	171
	8.3 Le type et l'état des ouvrages	172
	8.3.1 Les falaises	172
	8.4 Caractérisation des aléas	172
	8.4.1 L'aléa érosion	172
	8.4.2 L'aléa submersion	173
	8.4.3 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti	174
	8.4.4 Enjeux urbains et humains	174
	8.4.5 Enjeux touristiques	174
	8.4.6 Enjeux environnementaux	175
	8.4.7 Enjeux économiques	175
	8.5 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE.....	176
9	BR9 – Sangatte – Calais.....	178
	9.1 Description du site.....	178
	9.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire	178
	9.3 Le type et l'état des ouvrages	179
	9.3.1 Les cordons dunaires	180
	9.3.2 Les ouvrages de protection en dur	181
	9.3.3 Les talus naturels	182
	9.4 Les ouvrages à la mer	183
	9.5 Caractérisation des aléas	186
	9.5.1 L'aléa érosion	186
	9.5.2 L'aléa submersion	189
	9.6 Les Enjeux	192
	9.6.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti	192
	9.6.2 Enjeux touristiques	194
	9.6.3 Enjeux environnementaux	194
	9.6.4 Enjeux économiques	196
	9.7 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE.....	197
10	BR10 – Fort-Vert – Oye-Plage.....	200

10.1	Description du site.....	200
10.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	200
10.3	Le type et l'état des ouvrages	201
10.3.1	Les cordons dunaires	201
10.3.2	Les talus naturels	202
10.4	Caractérisation des aléas.....	202
10.4.1	L'aléa érosion	202
10.4.2	L'aléa submersion	204
10.5	Les Enjeux.....	205
10.5.1	Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti.....	205
10.5.2	Enjeux touristiques	205
10.5.3	Enjeux environnementaux	206
10.5.4	Enjeux économiques	206
10.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE	207
11	BR11 – Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest.....	208
11.1	Description du site.....	208
11.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	208
11.3	Le type et l'état des ouvrages	209
11.3.1	Les cordons dunaires	209
11.3.2	Les ouvrages de protection en dur	210
11.3.3	Les talus naturels	211
11.3.4	Les ouvrages à la mer.....	212
11.4	Caractérisation des aléas.....	214
11.4.1	L'évolution du trait de côte.....	214
11.4.2	L'aléa submersion	217
11.5	Les Enjeux.....	219
11.5.1	Enjeux liés à la sécurité des personnes et au bâti.....	219
11.5.2	Enjeux touristiques	220
11.5.3	Enjeux environnementaux	220
11.5.4	Enjeux économiques	222
11.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE	223
12	BR12 - Port de Dunkerque.....	226
12.1	Description du site.....	226
12.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	226
12.3	Le type et l'état des ouvrages	227
12.3.1	Les ouvrages de protection en dur	227
12.3.2	Les talus naturels	227
12.4	Caractérisation des aléas.....	227
12.4.1	L'aléa érosion	227
12.4.2	L'aléa submersion	228
12.5	Les Enjeux.....	229
12.5.1	Enjeux environnementaux	229
12.6	Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE	229
13	BR13 – Digue des Alliés, Dunkerque – Bray Dunes	232
13.1	Description	232
13.2	Géomorphologie et dynamique sédimentaire	232
13.3	Le type et l'état des ouvrages	233
13.3.1	Les cordons dunaires	233
13.3.2	Les ouvrages de protection en dur	234
13.3.3	Les talus naturels	234
13.3.4	Les ouvrages à la mer.....	235
13.4	Caractérisation des aléas.....	235
13.4.1	L'aléa érosion	235
13.4.2	L'aléa submersion	237
13.5	Les Enjeux.....	240

13.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti.....	240
13.5.2 Enjeux touristiques	242
13.5.3 Enjeux environnementaux.....	243
13.5.4 Enjeux économiques	244
13.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE	246
Chapitre 6 - Synthèse par bassin de risques	249
Chapitre 7 - Conclusion	263
Chapitre 8 - Références	264
Chapitre 9 - Annexes	271
1 Annexe 1 : Liste des communes comprises dans les bassins de risques	271
2 Annexe 2 : Détermination de l'évolution du trait de côte à l'échéance 100 ans pour les côtes meubles (DHI, 2013b) et pour les côtes à falaises (PPRL falaise du Boulonnais, DDTM 62, 2007).....	272
3 Annexe 3 : Méthode de détermination de l'évolution du trait de côte.....	275
4 Annexe 4 : La méthode Visite Simplifiée Comparée	278
5 Annexe 5 : Les Wateringues.....	279

Liste des figures

Figure 1 : Carte des communes concernées par les différents PPRLs dans le Nord Pas-de-Calais (DREAL, 2014).....	8
Figure 2 : Les Unités de Gestion définies dans le cadre du PLAGE (SMCO, 2003).....	17
Figure 3 : Limites des différents bassins de risques à l'échelle de la région Nord Pas-de-Calais	20
Figure 4 : paramètres retenus pour l'étude morphologique des ouvrages de protection (DHI, 2013).....	23
Figure 5 : Arbre à décision (DHI, 2013a)	24
Figure 6 : Emplacement des sites étudiés et caractéristiques du mode de submersion retenu (DHI, 2013a).....	25
Figure 7 : Etablissements industriels classés SEVESO seuil haut dans le Nord Pas-de-Calais et en insert à Dunkerque (DREAL Nord Pas-de-Calais, 2012)	41
Figure 8 : Installations industrielles dans la zone industrialo-portuaires de Gravelines, Grand-Fort-Philippe et Dunkerque (Extrait de la carte Trame Verte et Bleue, facteurs d'influence, Région Nord Pas-de-Calais, 2007).....	41
Figure 9 : Installations industrielles et installations classées SEVESO dans les zones industrialo-portuaires de Calais (en haut) et de Boulogne-sur-Mer (en bas) (Extrait de la carte Trame Verte et Bleue, facteurs d'influence, Région Nord Pas-de-Calais, 2007)	43
Figure 10 : Trame Verte et Bleue du Nord Pas-de-Calais : Cœur de nature le long du littoral (Région Nord Pas-de-Calais, 2007)	48
Figure 11 : Coupe topographique caractéristique de la plaine maritime picarde (Chaverot, 2006).	51
Figure 12 : Coupe topographique caractéristique de la plaine maritime flamande (Chaverot, 2006)	52
Figure 13 : Géographie physique de la Côte d'Opale, source Plan Littoral d'Actions pour la Gestion de l'Erosion (PLAGE) (SMCO, 2003).....	52
Figure 14 : Extrait de la carte « Manche Orientale, secteur d'études du parc naturel marin à l'ouvert des estuaires de la Somme, de l'Authie et de la Canche » montrant la nature des fonds sableux et la bathymétrie (Agence des aires marines protégées, 2014).	53
Figure 15 : Roses des vents au Touquet (ULCO-LOG, 2013) et à Dunkerque (Maspataud, 2011 d'après des données de Météo-France 1981-1990).	56
Figure 16 : Niveaux marins à prendre en compte dans le cadre des PPRL en France	59
Figure 17 : fréquence annuelle et par période des vents trihoraires $\geq 8\text{m/s}$ et à $\geq 16\text{m/s}$ à Dunkerque (Maspataud, 2011).....	60
Figure 18 : Occupation des sols des communes littorales du département du Nord en 2006 (Boulogne, 2011 d'après UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2006 / ©IGN, BD TOPO).....	62
Figure 19 : Les différentes protections des communes littorales du département du Nord (Boulogne, 2011).....	63
Figure 20 : Occupation des sols des communes littorales du département du Pas-de-Calais en 2006 (Boulogne, 2011 d'après UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2006 / ©IGN, BD).....	64
Figure 21 : Les différentes protections des communes littorales du département du Pas-de-Calais (Boulogne, 2011).....	66
Figure 22 : Falaise d'érosion et dégradation du boisement dunaire dans l'Anse du Bois des Sapins (Egis, Novembre 2013).	69
Figure 23 : Porte du Fliers à Waben (DDTM 62, 2013)	72
Figure 24 : Evolution du trait de côte entre 1947 et 2009 sur la rive nord de la baie d'Authie au niveau de, du sud vers le nord, le Bec du Perroquet, l'Anse du Bois des Sapins, la Grande Dune et l'Anse des Sternes (LOG-ULCO, 2013).....	73
Figure 25 : Digue en enrochements au niveau du Camping du Halloy et cordon d'enrochements existant en arrière-plan (DDTM 62, 2013).....	78
Figure 26 : Anse des Sternes et Pointe du Haut-Banc au fond – cette photo illustre le recul du cordon dunaire derrière le cordon d'enrochements (Egis, Novembre 2013).....	82

Figure 27 : Profil en travers schématique de la Baie d'Authie de l'Anse du Bois des Sapins jusqu'à la Pointe de Routhiauville (IDRA Environnement, 2013).....	83
Figure 28 : Evolution du trait de côte entre Stella-Plage et le Touquet entre 1955-1998 (Gaillot & Chaverot, 2001)	91
Figure 29 : Centre de thalassothérapie du Touquet protégé par un cordon dunaire et un cordon d'enrochements (Egis, Novembre 2013).....	93
Figure 30 : Epis et brise-lames expérimentaux au Nord de Berck (Egis, Novembre 2013)	97
Figure 31 : Panneau d'interdiction d'accès au niveau de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont (à gauche) et ganivelles et interdiction d'accès aux cavaliers au niveau d'un large siffle-vent au sud du Touquet (Egis, Novembre 2013)	98
Figure 32 : Morphologie et fonctionnement de l'estuaire de la Canche (Le Coadou, 2011)	101
Figure 33 : Erosion de la route en corniche directement à l'est de la Pointe du Touquet (Battiau-Queney, 2008)	113
Figure 34 : Résurgence de la nappe phréatique devant la digue en enrochements et au sud d'Hardelot-Plage (Egis, Décembre 2013).....	117
Figure 35 : Evolution du trait de côte entre Sainte Cécile-Plage et Equihen-Plage entre 1963 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)	122
Figure 36 : Front de mer de Sainte Cécile-Plage au niveau du centre de secours et de la rampe –on distingue l'immeuble situé directement en front de mer (DDTM 62, 2013).....	123
Figure 37 : Epi expérimentaux en haut de plage à Sainte-Cécile-Plage (DDTM 62, 2013)	126
Figure 38 : Habitations situées en bord de falaise à Equihen-Plage (Egis, Novembre 2013).....	134
Figure 39 : Platier rocheux devant la digue d'Ambleteuse (gauche) et accumulation de galets en haut de plage à Audresselles (droite) (Egis, Decembre, 2013).....	139
Figure 40 : Evolution du trait de côte du massif dunaire de la Slack entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)	145
Figure 41 : Propriétés en arrière de la corniche de la falaise au nord de Wimereux (gauche) (Egis, Décembre 2013) et au nord d'Audresselles (DDTM62, 2013)	149
Figure 42 : Abaissement de l'estran devant le perré de Wimereux (palplanches visibles et mare d'eau) et affouillement du pied du Fort Mahon à Ambleteuse (Egis Ports, Décembre 2013).....	151
Figure 43 : Evolution du trait de côte dans la baie de Wissant entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)	161
Figure 44 : Habitation en arrière et chalet en surplomb du cordon dunaire du Châtelet à Tardinghen à la suite de la tempête Xaver (DDTM 62, 2013)	164
Figure 45 : Chalets perchés sur la dune d'Amont à l'extrémité nord-ouest de Wissant (DDTM 62, 2013).....	164
Figure 46 : Epis et brise-lame expérimentaux devant la dune d'Aval (Egis, Novembre 2013).....	168
Figure 47 : Falaises du Cap Blanc-Nez au niveau du cran d'Escalles – on distingue la berme de galet en pied de falaise (Egis, Novembre, 2013)	171
Figure 48 : Habitations et chalet, en surplomb de la dune, protégés par la digue de Sangatte (Egis, Hiver 2013-2014)	178
Figure 49 : Transition entre le perré de Sangatte et les dunes du Fort Mahon (Safège, 2013)	179
Figure 50 : Evolution du trait de côte entre Sangatte et Blériot-Plage entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)	188
Figure 51 : Signes d'abaissement de l'estran et de l'affouillement du mur de soutènement à l'ouest de la digue (Egis, Hiver 2013-2014).....	189
Figure 52 : Evolution du trait de côte entre Calais et les dunes du Fort Vert entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)	203
Figure 53 : Evolution du trait de côte entre les dunes du Fort vert et l'Anse de l'abri côtier entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009).....	204
Figure 54 : Cordon dunaire de Gravelines et, en arrière-plan, le perré aquacole et la centrale nucléaire (DDTM 62, 2013).....	209

Figure 55 : Evolution du trait de côte du platier d'Oye entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)	215
Figure 56 : Evolution du trait de côte dans le secteur des Escardines entre 1963 et 2013 (Duhamel, 2013).....	216
Figure 57 : Casiers et épis au Platier d'Oye (DDTM 62, 2013).....	224
Figure 58 : Différent types de structure de captage du sable mis en place sur la plage du Clipon et évolution entre Juillet 2010 et Aout 2011 (Tresca, 2013).....	231
Figure 59 : Evolution du trait de côte des dunes flamandes entre 1957 et 2010 (Maspataud, 2013)	237
Figure 60 : Mise en place d'ouvrages expérimentaux au niveau des dunes Dewulf entre 2004 et 2007 (M-H Ruz, 2013).....	247
Figure 61 : Exemple d'extrapolation du recul passé à une échéance 100 ans (Ligne violette : trait de côte en 1930 / ligne rouge : trait de côte en 2006/ ligne jaune : trait de côte en 2106 / points verts : points remarquables servant à effectuer la projection du trait de côte / Autres lignes : ligne de traçage) (DHI, 2013b).....	272
Figure 62: Les Wateringues du Nord Pas-de-Calais : occupation du sol, stations de pompages et casiers hydrauliques (IWWateringues, 2013).....	280

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Etat d'avancement des SCOT à l'échelle du territoire.....	9
Tableau 2 : Principaux sites sensibles et ciblés par des orientations de gestion dans les SCOTs.....	10
Tableau 3 : Principales orientations et prescriptions relatives à la gestion et prise en compte des risques littoraux dans le développement des territoires couverts par les SCOT.....	11
Tableau 4 : Définition des bassins de risques en fonction de la morphologie de la dynamique sédimentaire et la présence de l'aléa submersion et l'aléa érosion	19
Tableau 5 : Désignation, limites et distance approximative des bassins de risques (BR).....	21
Tableau 6 : Définition de l'aléa en fonction de hauteur d'eau et des vitesses d'écoulement (DHI, 2013a).....	27
Tableau 7 : Méthodes de détermination du trait de côte et années considérées par les différentes sources utilisées pour la détermination de fourchettes de recul à l'échéance 10 ans.....	31
Tableau 8 : Regroupement des types d'ouvrages en fonction de leur nature et fonction	34
Tableau 9 : Classification des indices d'état mécanique et d'usage et code couleur utilisé dans le rendu cartographique	35
Tableau 10 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux du bâti et liés à la sécurité des personnes associées à l'aléa submersion marine T100 en 2013	38
Tableau 11 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux agricoles associés à l'aléa submersion marine T100 en 2013	40
Tableau 12 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux industriels associés à l'aléa submersion marine T100 en 2013	41
Tableau 13 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux commerciaux associés à l'aléa submersion marine	44
Tableau 14 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux associés à l'aléa submersion marine.....	44
Tableau 15 : Classifications des sites protégés en fonction de leur sensibilité environnementale	45
Tableau 16 : principaux cours d'eau, canaux et ouvrages mentionnées au 1° et 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement.....	47
Tableau 17 : Correspondance entre le zéro hydrographique (0m CM) et le zéro altimétrique de référence (0m m IGN69)	49
Tableau 18 : Niveaux de marée le long de la Côte d'Opale exprimé par rapport au 0 NGF (SHOM, 2013).....	54
Tableau 19 : Niveaux extrêmes définis dans le cadre de la caractérisation de l'aléa submersion marine pour quelques sites du littoral Côte d'Opale (d'après DHI, 2013a).....	55
Tableau 20 : Comparaison des rythmes d'élévation du niveau de la mer au niveau de la Mer du Nord, de la Manche et au niveau global en mm/an (d'après Wahl <i>et al</i> , 2013 et Church et White, 2011).....	58
Tableau 21 : Accroissement des surcotes dans le Nord Pas-de-Calais (adapté d'après Pirazzoli et al, 2005 In Artelia, 2009)	61
Tableau 22 : Type et état des cordons dunaires dans le BR1	70
Tableau 23 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR1	70
Tableau 24 : Type et état des talus naturels dans le BR1	71
Tableau 25 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR1	72
Tableau 26 : Evolution du trait de côte passée et récente et fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans (d'après Dobroniak, 2005 ¹ ; Artelia, 2009 ² ; LOG-ULCO, 2013 ³ ; IDRA, 2013 ⁴)	74
Tableau 27 : Nombre d'habitants dans la commune et nombre d'habitants affectés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011).....	77

Tableau 28 : Surface et proportion de l'habitat dense et continu affecté par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)	77
Tableau 29 : Liste des sites protégés en Baie d'Authie et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)	79
Tableau 30 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	81
Tableau 31 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	81
Tableau 32 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR1 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	84
Tableau 33 : Type et état du cordon dunaire de Berck dans le BR2	86
Tableau 34 : Type et état des cordons dunaires de part et d'autre de Cucq -Stella plage dans le BR2	87
Tableau 35 : Type et état des cordons dunaires du Touquet dans le BR2	87
Tableau 36 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Berck.....	88
Tableau 37 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Merlimont.....	89
Tableau 38 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Cucq /Stella Plage	89
Tableau 39 : Type et état des ouvrages de protection en dur au Touquet.....	89
Tableau 40 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Gaillot et Chaverot, 2001 ²).....	90
Tableau 41 : Activités ou infrastructures en lien avec le tourisme balnéaire et nautique situées en bordure de côte dans le bassin de risque Berck-Le Touquet.	94
Tableau 42 : Liste des sites protégés dans le BR2 – Berck-Le Touquet et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)	95
Tableau 43 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR2 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	99
Tableau 44 : Type et état des cordons dunaires dans le BR3	102
Tableau 45 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR3	103
Tableau 46 : Type et état des talus naturels dans le BR3	104
Tableau 47 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR3.....	105
Tableau 48 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; ULCO-LOG, 2013 ² ; Chabaan et al, 2012 ³)	106
Tableau 49 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)	108
Tableau 50 : Surface de l'habitat dense et continu touché par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	109
Tableau 51 : Liste des sites protégés dans l'Estuaire de la Canche et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)	110
Tableau 52 : Surface des terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	112
Tableau 53 : Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	112
Tableau 54 : Surface et Proportion des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	112

Tableau 55 : Surface et proportion de l'aéroport potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	113
Tableau 56 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR3 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	115
Tableau 57 : Type et état des cordons dunaires dans le BR4	118
Tableau 58 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR4	119
Tableau 59 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Chaverot, 2006 ² ; calculé d'après Tresca, 2006 ³ ; Chabaan et al, 2012 ⁴).....	120
Tableau 60 : Liste des sites protégés dans le BR4 – Camiers - Hardelo-Plage et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013).....	125
Tableau 61 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR4 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	128
Tableau 62 : Type et état des cordons dunaires dans le BR5	130
Tableau 63 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR5	130
Tableau 64 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DDTM 62, 2007 ¹).....	132
Tableau 65 : Liste des sites protégés dans le BR5 – Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013).....	135
Tableau 66 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR5 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	137
Tableau 67 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Wimereux dans le BR6	140
Tableau 68 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Ambleteuse dans le BR6	141
Tableau 69 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Audresselles dans le BR6.....	141
Tableau 70 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Audinghen dans le BR6	142
Tableau 71 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR6	142
Tableau 72 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DDTM 62, 2007 ¹ ; DHI, 2013b ² ; LOG-ULCO, 2013 ³ ; Pierre et Lahousse, 2005 ⁴ ; Chaverot, 2006 ⁵ ; DDTM 62 / Commune de Wimereux, 2013 ⁶).	143
Tableau 73 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, BD Topo IGN 2011, INSEE 2011)	148
Tableau 74 : Surface de l'habitat dense et continu touchée par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)	150
Tableau 75 : Liste des sites protégés dans le BR6 – Wimereux-Cap Gris-Nez et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013).....	152
Tableau 76 : Surface de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	154
Tableau 77 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	154
Tableau 78 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR6 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	156
Tableau 79 : Type et état des cordons dunaires dans le BR 7	158
Tableau 80 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR 7	158
Tableau 81 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Chaverot, 2006 ² ; Aernouts & Héquette, 2006 ³).....	160
Tableau 82 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)	163

Tableau 83 : Surface de l'habitat dense et continu touché par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	165
Tableau 84 : Liste des sites protégés dans le BR7 – Baie de Wissant et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)	166
Tableau 85 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	167
Tableau 86 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR7 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	170
Tableau 87 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DDTM 62, 2007 ¹ ; Pierre & Lahousse, 2004 ² ; Pierre & Lahousse, 2006 ³).....	173
Tableau 88 : Liste des sites protégés du Cap-Blanc-Nez et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)	175
Tableau 89 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR8 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	177
Tableau 90 : Type et état des cordons dunaires dans le BR 9	180
Tableau 91 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR 9	181
Tableau 92 : Type et état des talus naturels dans le BR 9	182
Tableau 93 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Chaverot, 2006 ² ; ULCO-LOG, 2013 ³).....	187
Tableau 94 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)	192
Tableau 95 : Surface de l'habitat dense et continu touchée par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	193
Tableau 96 : Liste des sites protégés dans le BR9 – Sangatte-Calais et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)	195
Tableau 97 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	196
Tableau 98 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	196
Tableau 99 : Surface de zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	197
Tableau 100 : Surface de zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	197
Tableau 101 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR9 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	199
Tableau 102 : Type et état des cordons dunaires dans le BR10	201
Tableau 103 : Type et état des talus naturels dans le BR10	202
Tableau 104 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; ULCO- LOG, 2013 ²)	203
Tableau 105 : Liste des sites protégés dans le BR 10 - Fort vert - Oye-Plage et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013).....	206
Tableau 106 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR10 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	207
Tableau 107 : Type et état des cordons dunaires dans le BR11	209
Tableau 108 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR11	210

Tableau 109 : Type et état des talus naturels dans le BR11	211
Tableau 110 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR11	212
Tableau 111 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Chaverot, 2006 ² ; ULCO- LOG, 2013 ³ ; Duhamel, 2013 ⁴).....	216
Tableau 112 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)	219
Tableau 113 : Surface de l'habitat dense et continu touché par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	220
Tableau 114 : Liste des sites protégés dans le BR 11- Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013).....	221
Tableau 115 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	222
Tableau 116 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	222
Tableau 117 : Surface des infrastructures portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	223
Tableau 118 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR11 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	225
Tableau 119 : Type et état des talus naturels dans le BR 12	227
Tableau 120 : Type et état des talus naturels dans le BR 12	227
Tableau 121 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après Tresca, 2013 ¹ ; Sogreah, 2009 ² , LOG-ULCO, 2012 ³).....	228
Tableau 122 : Liste des sites protégés dans le BR12 – Port de Dunkerque et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013).....	229
Tableau 123 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR12 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	230
Tableau 124 : Type et état des cordons dunaires dans le BR 13	233
Tableau 125 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR 13	234
Tableau 126 : Type et état des talus naturels dans le BR 13	235
Tableau 127 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Chaverot, 2006 ² ; Maspataud, 2011 ³).....	236
Tableau 128 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)	241
Tableau 129 : Surface de l'habitat dense et continu touchée par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	241
Tableau 130 : Activités ou infrastructures en lien avec le tourisme balnéaire et nautique situées en bordure de côte dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes	242
Tableau 131 : Liste des sites protégés dans le BR13 – Digue des Alliés – Bray-Dunes et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013).....	243
Tableau 132 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	244
Tableau 133 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	245

Tableau 134 : Surface de zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	245
Tableau 135 : Surface de zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009).....	245
Tableau 136 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR13 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.	248

Liste des abréviations

AMC	Analyse Multicritères
AVP	Avant-projet
BR	Bassin de Risque
CCMTO	Communauté de communes Mer et Terres d'Opale
CCOS	Communauté de Communes Opale Sud
CELRL	Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres
CERCLE	Collectif d'Expertise régionale sur le Climat et son Evolution
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CETMEF	Centre d'études techniques maritimes et fluviales
CM	Cote marine
CNT	Cercle Nautique du Touquet
DCE	Dossier de consultation des entreprises
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DREAL	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
E	Est
EPF	Etablissement Public Foncier
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPPC en anglais)
GPMD	Grand Port Maritime de Dunkerque
GPS	Ground Positionning System
GR	chemin de Grande Randonnée
Ha	Hectare
IE	Indice d'Etat
IEm	Indice d'Etat mécanique
IEu	Indice d'Etat d'Usage
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
IS	Indice Stratégique
IWW	Institution Interdépartementale des Wateringues
LNG	Gaz Naturel Liquéfié
LOG ULCO	Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Université du Littoral Côte d'Opale
MEDDE	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
MNT	Modèle Numérique de Terrain
N	Nord
NGF	Nivellement Général de la France
NPdC	Nord Pas-de-Calais
O	Ouest
ONERC	Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique
PAPI	Programme d'Actions de Préventions des Inondations
PLAGE	Plan Littoral d'Actions pour la Gestion de l'Erosion
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PMCO	Pôle métropolitain Côte d'Opale
PMHA	Plus Haute Mer Astronomique
PMME	Pleine Mer de Morte Eau
PMVE	Pleine Mer de Vive Eau

PNR	Parc Naturel Régional
PPige	Plateforme de l'Information Géographique
PPRL	Plan de prévention des Risques Littoraux
PRO	Phase d'un Projet de construction incombant à sa maîtrise d'œuvre
S	Sud
SCOT	Schéma de Cohérence Territoriale
SCSOH	Service de Contrôle de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la marine
SIG	Système d'Information Géographique
SMBC	Service Maritime Boulogne Calais (dissout en 2007)
SMCO	Syndicat Mixte de la Côte d'Opale
TRI	Territoires à Risque important d'Inondation
T100	Evènement de période de retour centennal
TVB	Trame Verte et Bleue
UG	Unité de gestion
US	Unité sédimentaire
VSC	Visite simplifiée Comparée
VTA	Visite Technique Approfondie
ZICO	Zone d'intérêt communautaire pour les oiseaux
ZNIEFF	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique.

Glossaire

Accrétion : Accroissement, progression du rivage par sédimentation du profil transversal d'une plage, d'un cordon littoral.

Aléa érosion : Possibilité de recul du trait de côte ou d'abaissement du niveau de la plage à une échéance et pour une intensité données (fréquence ou probabilité d'un aléa d'une nature et d'une intensité donnée, dans une zone géographique donnée et sur une durée de référence), qui peut provoquer la perte de vies humaines, des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales ou économiques ou la dégradation de l'environnement. Il peut être qualifié par différents niveaux (fort, moyen, faible).

Aléa submersion marine : Possibilité d'une submersion marine d'occurrence et d'intensité données (fréquence ou probabilité d'un aléa d'une nature et d'une intensité donnée, dans une zone géographique donnée et sur une durée de référence), qui peut provoquer la perte de vies humaines, des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales ou économiques ou la dégradation de l'environnement.. Il peut être qualifié par différents niveaux (fort, moyen, faible).

Altimétrie : Mesure de l'altitude / du niveau du terrain naturel et des infrastructures vis-à-vis du niveau de la mer.

Anthropique : Qualifie toute forme provoquée directement ou indirectement par l'action de l'homme.

Bâche : Dépression sur un estran qui retient l'eau à marée basse.

Banc : Relief sous-marin à sommet plat faisant saillie sur les fonds. Les bancs peuvent être formés de roche en place, de sédiments ou de matériaux organiques (Ridens).

Bassin de risque : Entité géographique pertinente pour l'analyse de l'aléa soumise à un même phénomène naturel.

Bathymétrie : Altitude des fonds marins déterminés par des mesures et sondages.

Bilan ou budget sédimentaire : Différence des échanges de sédiments, gains ou pertes, dans un système littoral.

Caoudeyre : Dépression d'arrière-dune issue de l'érosion éolienne

Côte d'arase : Hauteur de l'ouvrage de défense

Courant de flot : Courant qui correspond, avec un décalage plus ou moins important, à la marée montante ou flot.

Courant de jusant : Courant qui correspond, avec un décalage plus ou moins important, à la marée descendante ou jusant.

Déflation éolienne : Entraînement et érosion par le vent de sédiments fins et secs.

Démaigrissement : Abaissement par ablation du profil transversal d'une plage, d'un cordon littoral ou d'un banc sous-marin.

Dérive littorale : Courant parallèle au rivage trouvant son origine dans l'action des vagues sur le rivage et responsable du transport des sédiments le long du littoral.

Diffraction : processus subi par des ondes (ici les vagues) au voisinage d'un obstacle, se traduisant par une redistribution locale de l'énergie, qui se manifeste pour la houle par un changement d'amplitude, de longueur d'onde de direction et de vitesse.

Dunes littorales : Accumulation de sables fournis par un estran. Les sables accumulés et mobilisés par la dérive littorale, se déposent en arrière des plages en dunes bordières (cordon) parallèles au rivage et peuvent être ensuite façonnées par le vent. Les dunes sont dites « vives » ou « mobiles » lorsqu'elles sont remaniées, voire déplacées par le vent, ou « mortes » ou « stables » lorsqu'elles sont fixées par la végétation.

Engraissement : Cf. Accrétion.

Enjeux : Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, environnement etc. susceptibles d'être affectés directement ou indirectement par un phénomène naturel. Les enjeux s'apprécient aussi bien pour le présent que pour le futur.

Epi : Construction artificielle, perpendiculaire ou oblique au rivage faisant usage de barrière plus ou moins perméable au courant de dérive littorale et destinée à provoquer la sédimentation et le piégeage des sédiments sur la plage.

Estran : Partie du rivage située entre la limite des plus hautes mers et la limite des plus basses mers. L'estran peut être sableux, vaseux, rocheux ou caillouteux.

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'avançant en mer (ex : pointe de Routhiauville, pointe du Touquet).

Ganivelle : Brise-vent constitué de latte de bois verticales assemblées, à perméabilité variable définie par l'espace séparant les lattes, constituant un obstacle au transport éolien des sédiments et permettant ainsi la reconstitution et la protection des dunes littorales.

Granulométrie : Taille des sédiments / Technique d'analyse des sédiments meubles consistant à classer les grains selon leur dimension.

Halopyle : se dit d'un organisme vivant exigeant ou supportant de forte concentration en sel.

Intertidal : Qualifie la zone de balancement des marées comprise entre les niveaux de pleine-mer et de basse-mer.

Mollière : Cf. Schorre

Musoir : Rive opposée au poulier à la sortie d'un estuaire ou d'une baie. Promontoire généralement érodé par la mer (exemple : littoral de Camiers)

Oyat : Herbes vivaces colonisant et fixant le sable des dunes (*Ammophila arenaria*)

Polder : Etendue de terres gagnées sur la mer, par endiguement et drainage, afin d'étendre les terres cultivables

Poulier : Pointe recourbée d'une flèche littorale à l'entrée d'un estuaire ou d'une baie, face au musoir. Zone généralement en accrétion (exemple : Pointe du Touquet)

Pourrière : Langue de sable nue qui progresse dans l'axe des vents dominants vers l'intérieur des dunes.

Progradation : Cf. Accrétion.

Risque : Le risque résulte du croisement de l'aléa et d'un enjeu vulnérable. Il qualifie les pertes potentielles en personnes, biens, activités, éléments du patrimoine culturel ou environnemental consécutives à la survenue d'un aléa.

Sédiment : Matériel fragmentaire solide, ou masse de ce type de matériel, d'origine minérale (sable...) ou organique qui en fonction de sa taille et ses caractéristiques (nature, forme, etc) va pouvoir être mobilisé et être transporté par les vagues, les courants, puis se déposer au fond quand les conditions plus calme le permettent.

Siffle-vent : Encoche ou brèche dans une dune à l'origine d'accumulations sableuses en retrait du trait de côte

Slikke ou vasière : Partie inférieure d'un marais maritime, inondée à marée haute et constitués de vasières nues découvertes à marée basse

Surcote : Différence positive entre le niveau marégraphique mesuré et le niveau de la mer. Les surcotes interviennent lors des tempêtes et ont des causes météorologiques (variations de la pression atmosphérique, action du vent sur les masses d'eau) ayant pour conséquence une élévation anormale et temporaire du niveau de la mer par rapport aux conditions marées prévues initialement.

Schorre ou Mollière : Partie supérieure d'un marais maritime, submergé exclusivement par pleine mer de vive-eau et constitué de vasières colonisés par une végétation exigeant une forte concentration en sel.

Swash : Mouvement de va-et-vient des vagues sur l'estran

Trait de côte : Ligne d'intersection de la surface topographique avec le niveau des plus hautes mers astronomique (def. SHOM) qui matérialise la séparation terre et mer sur les documents cadastraux et cartographiques. En général, elle est définie par le pied de dune (lui-même définit par la limite de végétation), le sommet de falaise et le pied des ouvrages de protections.

Vulnérabilité : Propriété qualifiant les enjeux, attachée au degré relatif de perte de valeur de l'enjeu s'il est affecté par un aléa de nature et d'intensité données.

Définitions adaptées d'après des définitions issues du PLAGE (SMCO, 2003), du Guide méthodologique sur les AMC (MEDDE) et pour l'élaboration des PPRL (MEDDTL, de la circulaire sur les études de danger de 2010 et de l'ouvrage « La gestion du trait de côte » (MEEDDM, 2010).

Chapitre 1 - Introduction

Suite à la réunion des Grands Elus sur le sujet des risques littoraux présidée par Mr le Préfet de région le 24 mai 2012, et suite aux échanges engagés entre la DREAL, le Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale (PMCO), anciennement Syndicat Mixte de la Côte d'Opale (SMCO), et le Conseil régional, la cellule technique littorale portée par le PMCO a été mise en place début mars 2013.

La cellule a pour objet de proposer un plan d'actions visant en priorité à limiter les submersions marines et d'animer la mise en œuvre de ces actions.

En effet, la situation présente nécessite que soit proposée une amélioration du système de protection du littoral régional (dunes, digues, barrages, perrés...) qu'il conviendrait de décliner pour chaque partie du littoral de la Côte d'Opale. Plus globalement, afin de dégager une vision pérenne de long terme, l'élaboration d'une stratégie régionale partagée qui repose sur les modalités de protection du littoral, mais aussi sur l'observation des phénomènes, sur l'information des personnes exposées, sur la maîtrise des risques liés à l'urbanisation, ainsi que sur la gestion de crise semble indispensable.

Dans cette optique, cette cellule a pour mission :

- dans un premier temps, d'assister les maîtres d'ouvrage dans la préparation des dossiers préalables aux travaux urgents devant être réalisés pour remettre en état les systèmes de protection défaillants et élaborer un diagnostic des ouvrages du littoral et des travaux à réaliser,
- dans un deuxième temps, de proposer aux différents maîtres d'ouvrage un plan d'actions en vue de limiter les risques de submersion marine. Ce plan d'actions déclinera la stratégie de gestion du littoral régional qui sera proposée par le PMCO. Le présent rapport s'inscrit dans cette démarche.
- dans un troisième temps, d'animer la mise en œuvre des actions et assurer la liaison avec l'inscription dans les documents PAPI ou autres là où ils existeront.

Le PMCO a commandité le bureau d'étude Egis, en association avec l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO), pour fournir les éléments de base à l'élaboration de ce document.

Les objectifs de l'étude sont de pouvoir fournir aux gestionnaires, maîtres d'ouvrages ou structures concernés (PMCO, Etat, région) des outils contextuels et techniques afférant à chaque site du littoral afin de leur permettre de structurer leur stratégie d'intervention en matière de gestion des risques littoraux et de définir des mesures de gestion les plus concrètes possibles pour l'avenir et d'assurer la sécurité des populations exposées.

Cette étude se décompose en trois phases distinctes :

- **Phase 1 : Etat des connaissances**

Cette phase consiste en une synthèse des données et des informations existantes pour chacun des bassins de risques prédéfinis concernant les éléments suivants :

- La nature et intensité des phénomènes d'érosion et de submersion marine
- La nature, la fonction et l'état des systèmes de protection ;

- Les enjeux exposés aux aléas littoraux ;
 - L'appréciation de l'efficacité des mesures de gestion passées ou en cours, et notamment celle effectuées à la suite du PLAGE (2003), ainsi que toutes autres réflexions menées localement.
- **Phase 2 : Elaboration d'orientation de gestion**
Cette phase consiste à définir des orientations de gestion adaptées aux aléas et enjeux de chaque bassin de risques prédéfinis, en termes de famille d'interventions possibles et souhaitables à court, moyen et long termes.
 - **Phase 3 : Définition d'indicateurs**
Cette phase consiste à définir des indicateurs et une méthodologie pour permettre l'identification de secteurs d'actions prioritaires face aux risques de submersion et d'érosion.

Ce rapport présente les résultats de la **Phase 1 – Etat des connaissances** et se décline en quatre parties :

- Un rappel des stratégies nationales et régionales dans lesquelles s'inscrit cette étude, ainsi que des études déjà menées ou en cours d'élaboration à l'échelle de la région Nord Pas-de-Calais
- Une description des méthodologies employées pour :
 - définir l'échelle d'étude par bassins de risques,
 - caractériser les aléas littoraux, l'état des ouvrages de protection et les enjeux
 - et enfin élaborer une cartographie par bassins de risques accompagnant le diagnostic
- Un rappel des connaissances à l'échelle de la Région des conditions géographiques, physiques et météo-océanographiques et de ses particularités, associé notamment à un point sur les conséquences du changement climatique sur le littoral Nord Pas-de-Calais.
- Un état des connaissances par bassins de risques, mettant l'accent sur les aléas littoraux, le type et l'état des ouvrages de protections, les enjeux propres à chaque zone, ainsi que les mesures de gestion et études réalisées et/ou actions entreprises, en cours ou futures.

Cet état des connaissances est illustré par des documents cartographiques représentant les aléas littoraux, le type et l'état des ouvrages de protection et les enjeux par bassin de risques. La compréhension de ce rapport lors de sa lecture nécessite une lecture conjointe du texte et de ces cartes.

Des Tableaux en fin de rapport synthétisent les aléas littoraux, l'état des ouvrages de protection et les enjeux pour chaque bassin de risques.

Chapitre 2 - Contexte de l'étude

1 La gestion durable du trait de côte : les stratégies au niveau national et régional

1.1 Vers une Stratégie Nationale de gestion intégrée du trait de côte

La gestion durable du trait de côte, et notamment la prise en compte de manière intégrée des aléas littoraux que sont l'aléa érosion et l'aléa submersion marine par l'Etat, est issue d'un engagement pris dans le cadre du Grenelle de la Mer et est devenue une des priorités nationale à la suite de la tempête Xynthia les 27 et 28 Février 2010. Cette tempête a causé d'importants dégâts sur les côtes vendéennes, de Loire-Atlantique et de Charente-Maritime et couté la vie à 53 personnes, avec en cause de nombreuses brèches et franchissements d'ouvrages de protections qui n'ont pu empêcher l'intrusion marine des terres sur plusieurs dizaines de milliers d'hectares.

Suite à cela, l'Etat s'est engagé à mettre en place des Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) pour l'ensemble des communes littorales afin de réglementer l'urbanisme dans les zones exposées aux risques littoraux conformément à la circulaire du 27 Juillet 2011.

Une stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte a depuis ainsi été élaborée afin de fixer un cadre d'actions à entreprendre sur la période 2012-2015 pour identifier les zones à risques, anticiper l'évolution du trait de côte, prioriser l'action publique et élaborer des stratégies partagées entre les acteurs publics (collectivités territoriales et Etat) et privés permettant à terme d'évoluer vers une doctrine de recomposition spatiale du territoire.

1.2 Etudes de référence dans le Nord Pas-de-Calais

Les collectivités du Nord Pas-de-Calais, par l'intermédiaire du Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale (PMCO), anciennement Syndicat Mixte de la Côte d'Opale (SMCO), ont démarré une réflexion sur les risques littoraux depuis une vingtaine d'années. Cela s'est concrétisé par la réalisation entre 2001 et 2003 d'un outil d'aide à la décision pour la gestion du trait de côte, le Plan d'Actions pour la Gestion de l'Erosion (PLAGE), obéissant ainsi à une nécessité de protection urgente des zones urbanisées constatées entre 1984 et 1994.

Dans ce cadre, l'étude intitulée « schéma de conservation du trait de côte » a été réalisée par le bureau d'étude HAECON-LNHE (2002). La vocation première du « schéma de conservation du trait de côte » a été d'élaborer une gestion intégrée et cohérente du littoral de façon à remplacer les solutions locales d'urgence mises en place au coup par coup par les communes en bord de mer pour ralentir l'évolution parfois spectaculaire du trait de côte. Le programme « schéma de conservation et de gestion du trait de côte » comporte trois phases : identification des unités sédimentaires cohérentes sur le littoral de la Côte d'Opale, identification et hiérarchisation des secteurs à risque sur le littoral de la Côte d'Opale et propositions de solutions de gestion. Les travaux ont commencé en 1998.

A la suite du PLAGE, l'Etat a lancé un programme d'études pour pallier aux manquements identifiés pour accroître la connaissance des risques littoraux : levé topographique du littoral, recensement des évènements historiques de submersion, analyse de l'état des ouvrages de protections et caractérisation de l'aléa submersion marine qui n'était pas renseigné dans le PLAGE.

1.3 Démarches en cours dans le Nord Pas-de-Calais

1.3.1 Les Plans de Préventions des Risques Littoraux (PPRL)

Six PPRL ont été prescrits sur le littoral Nord Pas-de-Calais et tous sauf un, celui des Falaises du Boulonnais qui a été approuvé en Octobre 2007 (voir Figure 1), sont en cours d'élaboration :

- PPRL du Montreuillois
- PPRL du Boulonnais (PPRL des falaises datant de 2007, PPRL prenant en compte l'aléa submersion en cours)
- PPRL du Calaisis
- PPRL pour les sites de Graveline à Oye-Plage
- PPRL Dunkerque - Bray-Dunes

Hormis le PPRL des falaises du Boulonnais qui n'a pris en compte que l'aléa érosion spécifique, à ce type de faciès côtier, ces cinq PPRL prendront en compte l'aléa submersion marine et les effets liés au changement climatique ainsi que l'évolution du trait de côte.

Dans ce cadre, la DREAL a été maître d'ouvrage d'une série d'études avec l'assistance du CETMEF (Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales), et en associant un comité de pilotage regroupant les principaux acteurs institutionnels concernés. Ces études ont été entreprises pour améliorer la connaissance du risque submersion marine actuel ainsi que celui intégrant le changement climatique dans la région Nord Pas-de-Calais. Le bureau d'étude DHI a été retenu pour la réalisation de cette étude, qui a débuté en décembre 2008. Ses objectifs ont été adaptés dans le cadre de la prescription de Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) suite à la tempête Xynthia, afin de répondre aux nouvelles exigences de la circulaire du 7 avril 2010, qui a entre autres systématisé la prise en considération des conséquences du changement climatique. L'étude était programmée en trois phases : 1- compréhension du fonctionnement littoral général par une analyse historique, 2- modélisation des aléas littoraux actuels, 3- caractérisation de l'aléa submersion marine pour des tempêtes intégrant des scénarios de changement climatique de référence. Ces études ont été remises à l'automne 2013. Les études et relevés réalisés pour déterminer les aléas érosion et submersion sont décrits dans le Chapitre 3 -2.1.

1.3.2 Les Territoires à Risque important d'Inondation (TRI)

Parmi les onze territoires identifiés comme Territoires à Risques Importants d'Inondation (TRI) au sein du bassin Artois-Picardie en application de la directive inondation, deux font partie du périmètre d'étude :

- Le pôle économique et urbain de Calais
- Le pôle économique et urbain de Dunkerque

Ces deux pôles feront l'objet de stratégies spécifiques de gestion du risque prenant en compte la maîtrise de l'urbanisme, la réduction de la vulnérabilité, la gestion de crise,

l'information préventive, les mesures de protection et sauvegardes, afin de dégager les scénarios de gestions les plus appropriés.

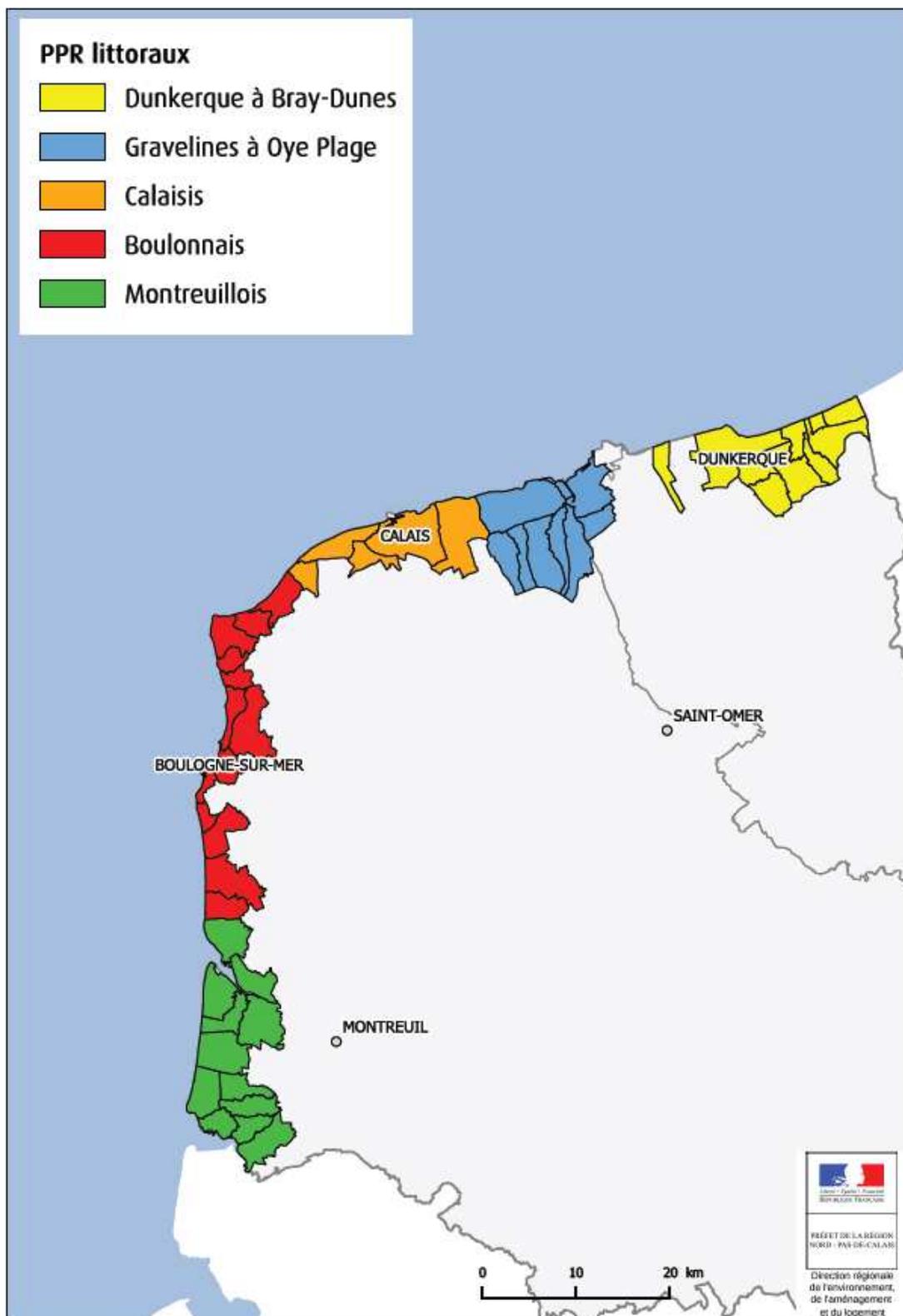


Figure 1 : Carte des communes concernées par les différents PPRLs dans le Nord Pas-de-Calais (DREAL, 2014)

1.3.3 Les Programmes d'Actions de Préventions des Inondations (PAPI)

Créés en 2003, les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) visent à réduire les conséquences des inondations sur les territoires à travers une approche globale du risque.

Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) a lancé l'appel à projet Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) en 2011.

Les PAPI sont des outils de contractualisation financière entre l'Etat et les collectivités territoriales ayant pour objet de promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation. Ils ont pour objectif de définir les zones susceptibles d'être inondées par débordement de cours d'eau, par submersion marine, par ruissellement, par la remontée de nappes d'eaux souterraines ou autres, d'établir un diagnostic des risques sur le territoire, de mettre en place une stratégie locale et un programme d'actions sur l'aléa et la réduction de la vulnérabilité, de développer la culture du risque et de préparer à la gestion de crise.

Ainsi, la Communauté de Communes Opale Sud s'est engagée, en coopération avec le Syndicat Mixte de la Baie de Somme Grand Littoral Picard, dans l'élaboration d'un PAPI d'intention à l'échelle des estuaires de la Bresle, de la Somme et de l'Authie depuis 2012 jusqu'en 2015.

Le Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale s'est aussi engagé dans un PAPI d'intention à l'échelle du périmètre du SAGE du Delta de l'Aa entre Sangatte et Bray-Dunes depuis 2013 jusqu'en 2015 qui porte sur les inondations continentales et les submersions marines et qui inclue les pôles urbains de Calais et de Dunkerque.

1.3.4 Les démarches dans les SCOT

Cinq SCOT ont été élaborés sur le territoire de la Côte d'Opale. Du fait des réflexions engagées sur les risques littoraux depuis maintenant une vingtaine d'année, ces documents d'urbanisme intègrent déjà ces problématiques de manière plus ou moins importante.

L'état d'avancement de ces documents est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Etat d'avancement des SCOT à l'échelle du territoire

Document	Avancement
SCOT Flandre Dunkerque	Approuvé le 13 juillet 2007 - a été évalué, en cours de révision
SCOT du Calaisis	Arrêté le 28 juin 2013, non approuvé
SCOT de la Terre des 2 Caps	Approuvé le 25 juin 2010
SCOT du Boulonnais	Approuvé le 2 septembre 2013
SCOT du Montreuillois	Arrêté le 8 juillet 2013, non approuvé

Le Tableau 2 reporte les principaux sites sensibles identifiés et ciblés par des orientations de gestion dans ces documents.

Tableau 2 : Principaux sites sensibles et ciblés par des orientations de gestion dans les SCOTs.

Document	Sites sensibles	Aléa littoral
SCOT Flandre Dunkerque	Ensemble du littoral couvert par le SCOT	Erosion
	Entre le Kursaal et l'enracinement de la digue Tixier à Dunkerque	Submersion
SCOT du Calais	Calais, Escalles, Oye-Plage et Sangatte, Dunes de Blériot-Plage	Erosion
	Calais, Escalles, Oye-Plage et Sangatte	Submersion
	Calais, Escalles, Oye-Plage et Sangatte	Ensablement
	Escalles et Sangatte (falaises)	Glissement de terrain
SCOT de la Terre des 2 Caps	Secteur dunaire (partie de la dune d'Amont) au Nord de Wissant, Estuaire de la Slack à Ambleteuse	Accrétion, ensablement
	Courte Dune, cordon dunaire de Tardinghen, Wissant	Erosion
	Dune d'Aval et Dune du Châtelet à Wissant, Audinghen, Audresselles Secteurs plus particulièrement visés par les prescriptions du SCOT : Entre Strouanne et Sangatte, et entre Audresselles et le Cap Gris Nez <i>=> sécurisation de la fréquentation en bord de falaise par une réservation de bande de 30m à 50m</i>	Glissement de terrain (falaises)
	Tardinghen, Wissant	Submersion
SCOT du Boulonnais	Communes de Dannes, de Neuchâtel-Hardelot, de Saint-Etienne-au-Mont et d'Equihen-Plage, côtes nord de la commune de Wimereux	Accrétion, ensablement
	Baie de la Canche, Boulogne-sur-Mer (estuaire de la Liane), Sud de Wimereux (estuaire du Wimereux), Dunes du Mont Saint Friex, Dunes du Chevalier Sansot, Hardelot Plage, Dunes d'Ecault, Equihen plage, Falaise d'Equihen-Fort d'Alprech, Falaise du Portel, Boulogne sur mer - Pointe de la Crèche, Pointe de la crèche-Wimereux, Pointe aux Oies, Dunes de la Slack Secteurs plus particulièrement visés par les prescriptions du SCOT : Falaises de la Pointe aux Oies (Wimereux), falaises de la Crèche (Boulogne-sur-Mer et Wimereux), falaises du Cap d'Alprech (Le Portel et Equihen-Plage), falaises d'Equihen (Equihen-Plage) <i>=> Elargissements d'inconstructibilité (au-delà de la bande des 100m ; jusqu'à 400m)</i>	Erosion
SCOT du Montreuillois	Baie de l'Authie et estuaire de la Canche	Risques littoraux sans distinction

Les principales orientations et prescriptions relatives à la gestion et prise en compte des risques littoraux dans le développement des territoires couverts par les SCOT sont reportées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Principales orientations et prescriptions relatives à la gestion et prise en compte des risques littoraux dans le développement des territoires couverts par les SCOT.

Orientations / prescriptions / recommandations	SCOT Flandre Dunkerque	SCOT du Calaisis	SCOT de la Terre des 2 Caps	SCOT du Boulonnais	SCOT du Montreuillois
Orientations de gestion					
Surveillance de l'évolution du trait de côte et de l'état des ouvrages de défense	X				X
Gestion des hauts de plage et des dunes bordières par des méthodes douces	X				
Laisser faire et/ou Recul stratégique sauf sur zones à enjeux élevés (concentration des activités humaines et de population)				X	
Mise en œuvre du PLAGE			X		
Mise en œuvre voire renforcement de la Loi Littoral			X	X	
Prescriptions					
Dispositions d'aménagement, renforcement des dispositifs d'aménagement visant à éviter l'exposition des personnes et des biens aux risques naturels	X	X	X	X	X
Anticipation des risques dans les projets et documents de planification / privilégier les solutions résilientes		X	X	X	X
Protection des espaces naturels essentiels au fonctionnement du territoire		X			X
Organisation de la protection du massif dunaire par les PLU des communes littorales		X			
Prise en compte des évolutions climatiques dans l'évaluation des risques		X		X	
Dispositions visant à limiter l'urbanisation en zone littorale		X		X	X
Dispositions visant à interdire de nouveaux aménagements sur les zones à risques élevés		X		X	X
Inscription des aménagements et			X		

Orientations / prescriptions / recommandations	SCOT Flandre Dunkerque	SCOT du Calais is	SCOT de la Terre des 2 Caps	SCOT du Boulonnais	SCOT du Montreuillois
pratiques dans le cadre du PLAGE					
Recommandations					
Elaboration de Plan Communal de Sauvegarde (PCS)		X			
Interventions limitées, utilisant les processus naturels, pour réduire le risque tout en laissant s'opérer les changements naturels de la côte			X		

1.3.5 Les démarches dans les Plan Locaux d'Urbanisme Intercommunaux (PLUI)

Les PLUI en cours ou en projets sont :

- PLUI de la Communauté Urbaine de Dunkerque (CUD) en révision : risques de submersion majeur, l'enjeu de l'artificialisation et la stratégie de recul sont des sujets majeurs
- PLUI de la Communauté d'agglomération du Boulonnais (CAB) en révision
- PLUI de Terre des deux Caps approuvé récemment

La récente Loi ALUR, sauf minorité de blocage, prévoit que les PLU s'élaborent désormais à l'échelle intercommunale. Afin d'être opposable l'ensemble des prescriptions relatives à la gestion de l'érosion du trait de côte devront se traduire dans les PLUI. Cette échelle intercommunale permettra de traiter de manière plus saillante les dispositions à prendre en matière de gestion du trait de côte.

1.3.6 Autres projets en cours

L'Etat a de plus pour objectif d'identifier les territoires à risque d'érosion côtière en mettant à jour les données du consortium EuroSION datant d'une dizaine d'années à partir des données existantes à une échelle locale et par l'analyse de la combinaison des données en matière d'occupation du sol et d'un indicateur national de qualification de l'érosion côtier, et ce, dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte.

Il est aussi en train d'élaborer une stratégie de gestion du domaine public maritime dans le cadre de ses obligations d'administration du domaine public maritime (partagées avec le Conservatoire du Littoral et le Grand Port Maritime de Dunkerque).

Le Document d'Orientation du Littoral, prévu dans la charte du Parc naturel régional qui a objet de promouvoir un aménagement équilibré du littoral est en cours d'élaboration : Le Document d'Orientation du littoral est un document stratégique qui a pour objectif de concilier les usages multiples de l'espace et tendre vers un aménagement équilibré du littoral. Il s'appuiera principalement sur l'approche cartographique de la stratégie de développement durable du littoral, figurant sur l'orientation 16 de la charte. Les principaux enjeux y sont d'ores et déjà spatialisés. Les principales thématiques abordées sont les suivantes : le paysage, la gestion de la pression foncière, les liens entre la terre et la mer, les stratégies d'accueil du public, la mobilité douce, la volonté de maintenir une population

locale permanente ainsi que la préservation et la confortation des cœurs de biodiversité ainsi que la création des connexions écologiques entre ces espaces. Ce document d'orientation s'appuie sur un diagnostic préalable.

De manière générale, un suivi régulier de l'état des ouvrages et de l'évolution des plages (biennuel et post-tempête importante) est effectué par les services des DDTM 59 et 62 dans le cadre d'une mission d'appui et de conseil aux collectivités.

L'ex-DIREN, aujourd'hui DREAL, a procédé en 2008 à une cartographie et au relevé topographique de l'ensemble du littoral Côte d'Opale par Lidar aéroporté. Ce survol des côtes a été réitéré en 2011 et un prochain survol aura lieu en 2014 pour certains sites dans le cadre du projet GIS CLAREC (Contrôle par Laser Aéroporté des Risques Environnementaux Côtiers). Ce projet, porté par le LOG de l'ULCO et le laboratoire Morphodynamique Continentale et Côtère de l'Université de Caen-Basse-Normandie et financé par la DREAL, a pour objectifs de procéder au levé de la topographie de plage tous les deux ans afin d'assurer un suivi de l'évolution morphologique des plages.

2 Contexte de cette étude

Une convention entre l'Etat, la Région et le PMCO a été signée afin de définir une gestion pérenne du risque de submersion marine et d'érosion côtière pour le littoral Nord Pas-de-Calais. L'objectif de cette convention est d'aboutir à la coordination des actions et des moyens des trois partenaires pour gérer durablement les risques naturels littoraux autour de principes communs.

Dans ce cadre, le territoire du Nord-Pas-de-Calais souhaite se munir d'un document d'aide à la décision pour les gestionnaires et propriétaires d'ouvrages de protection/cordons dunaires afin qu'ils entreprennent des actions de gestion pérennes et cohérentes entre elles, mais aussi avec les stratégies nationales et régionales déclinées dans le même temps.

L'objectif de cette étude est de pouvoir disposer sur l'ensemble du littoral Nord-Pas de Calais d'orientations de gestion qui soient localisées, coordonnées dans le temps et dans l'espace et proportionnées au regard de la situation des sites du littoral face aux phénomènes, aléas et risques naturels littoraux et aux enjeux correspondants.

Cette étude doit permettre aux acteurs locaux de structurer leur stratégie d'intervention en matière de gestion des risques littoraux, de définir les mesures de gestion les plus concrètes possibles pour l'avenir et d'assurer la sécurité des populations exposées.

Cette étude a pour objectif de fournir des éléments objectifs, précis et comparables pour permettre :

- à chaque Maître d'Ouvrage local ou structure concernée de connaître la situation de son territoire face aux risques littoraux et d'apprécier l'urgence, la pertinence technique et économique d'une intervention ;
- à chaque structure appelée à financer ou à accompagner les projets et plus particulièrement le PMCO, l'Etat et la Région de définir et décliner sa propre politique et consolider une stratégie commune.

L'aléa inondation continentale, bien qu'il puisse subvenir de manière concomitante avec les aléas littoraux et exacerber ainsi les risques littoraux, n'est pas traité dans ce rapport.

La présente étude vise à établir les principes fondateurs de la stratégie régionale de gestion du trait de côte de la Côte d'Opale et constituera donc le socle du document d'aide à la décision qui a vocation à être établi par la suite.

Chapitre 3 - Approche méthodologique

1 Définition d'une échelle d'étude appropriée : approche par bassins de risques

1.1 Choix d'une échelle de description et de représentation appropriée

Réussir à appréhender les aléas, risques et enjeux attachés à un territoire de manière rapide et efficace requiert de choisir une échelle d'étude cohérente au regard des conditions géographiques et physiques mais aussi au regard des aléas, risques et enjeux considérés.

Cinq unités de gestion sédimentaires ont été définies par le "Schéma de conservation du trait de côte" réalisé par le bureau d'étude HAECOM-LNHE en 2002. A l'intérieur d'une même unité ou cellule sédimentaire, on considère que le régime sédimentaire est cohérent et que toute intervention aura potentiellement des répercussions sur les secteurs voisins (SMCO, 2003).

L'échelle des unités sédimentaires rend donc bien compte des processus morphodynamiques et de dynamique sédimentaire à l'origine de l'évolution de trait de côte et donc de l'aléa érosion. Par contre, elle prend mal en compte la problématique de la submersion marine qui peut se produire à l'intérieur d'une unité sédimentaire mais s'étendre sur une autre, occultant de ce fait la réalité géographique et physique de l'arrière-pays. L'enveloppe d'un aléa submersion pour un territoire donné peut ainsi se trouver à cheval sur 2 unités sédimentaires, ce qui peut alors poser des problèmes de lecture des rendus cartographiques, et gêner l'élaboration d'orientations de gestion.

A l'image de la méthodologie employée dans l'élaboration de PPRL, il a été décidé d'effectuer une descente d'échelle à l'échelle du bassin de risque, c'est-à-dire des zones présentant « soit » ou « soit et » :

- des caractéristiques de fonctionnement hydrodynamiques et/ou morphodynamiques communes ou similaires d'un point de vue des aménagements humains,
- un aléa submersion corrélé ou non à l'aléa érosion,
- des ouvrages portuaires/de protections ou des enjeux dont l'influence/ l'importance est telle qu'ils doivent être considérés à l'intérieur d'une même unité cohérente.

Les unités sédimentaires restent toutefois indispensables à la compréhension des phénomènes liés à l'évolution du trait de côte et sont à considérer obligatoirement dans la définition de mesures de gestion. Les limites de chaque unité sédimentaire seront par conséquent reportées sur les cartes par bassins de risques. Comme expliqué dans le document du PLAGE, « toute intervention destinée à arrêter ou ralentir l'évolution du littoral doit tenir compte de la dynamique et des problématiques identifiées au sein de l'unité sédimentaire concernée afin notamment de s'assurer qu'elle n'entraînera pas une aggravation des risques sur les secteurs voisins » (SMCO, 2003). Les cinq unités sédimentaires définies pour la Côte d'Opale sont présentés ci-dessous. La méthodologie appliquée pour définir les limites des bassins de risques est expliquée ensuite.

A noter que les bassins de risque définis ci-après ne prennent pas en compte les inondations continentales associés à de fortes pluies et aux crues des cours d'eau pouvant subvenir sur le territoire, la présente étude étant limitée à l'état des connaissances des risques côtiers. Il est cependant important de garder en mémoire que les risques côtiers et continentaux peuvent être combinés et exacerber les risques littoraux.

1.2 Les unités de gestion de la Côte d'Opale

Les limites des unités de gestion de la Côte d'Opale ont été définies à partir de l'observation et de la connaissance du terrain (érosion, engraissement, position des bancs de sables situés près des côtes) et de modélisations numériques de tempêtes réelles permettant de définir les limites du transport sédimentaire (arrêt / reprise du transport) lors de ces événements extrêmes le long des différentes portions de côtes (HAECOM-LNHE, 2002, SMCO, 2003).

Cinq unités de gestion principales ont été identifiées au sein desquelles la dérive littorale est globalement dirigée du sud vers le nord sur la côte occidentale et de l'ouest sud-ouest vers l'est nord-est sur la façade nord. Chacune de ces unités possède des caractéristiques et des limites propres qui fluctuent en fonction des caractéristiques des tempêtes (intensité, direction du flux...) (SMCO, 2003) :

- Unité de Gestion 1 (UG 1) – Baie d'Authie – Baie de la Canche
- Unité de Gestion 2 (UG 2) – Baie de la Canche – Boulogne-sur-Mer
- Unité de Gestion 3 (UG 3) - Boulogne-sur-Mer – Dunkerque ouest
- Unité de Gestion 4 (UG 4) - Dunkerque ouest - Dunkerque est
- Unité de Gestion 5 (UG 5) – Dunkerque est – Frontière belge

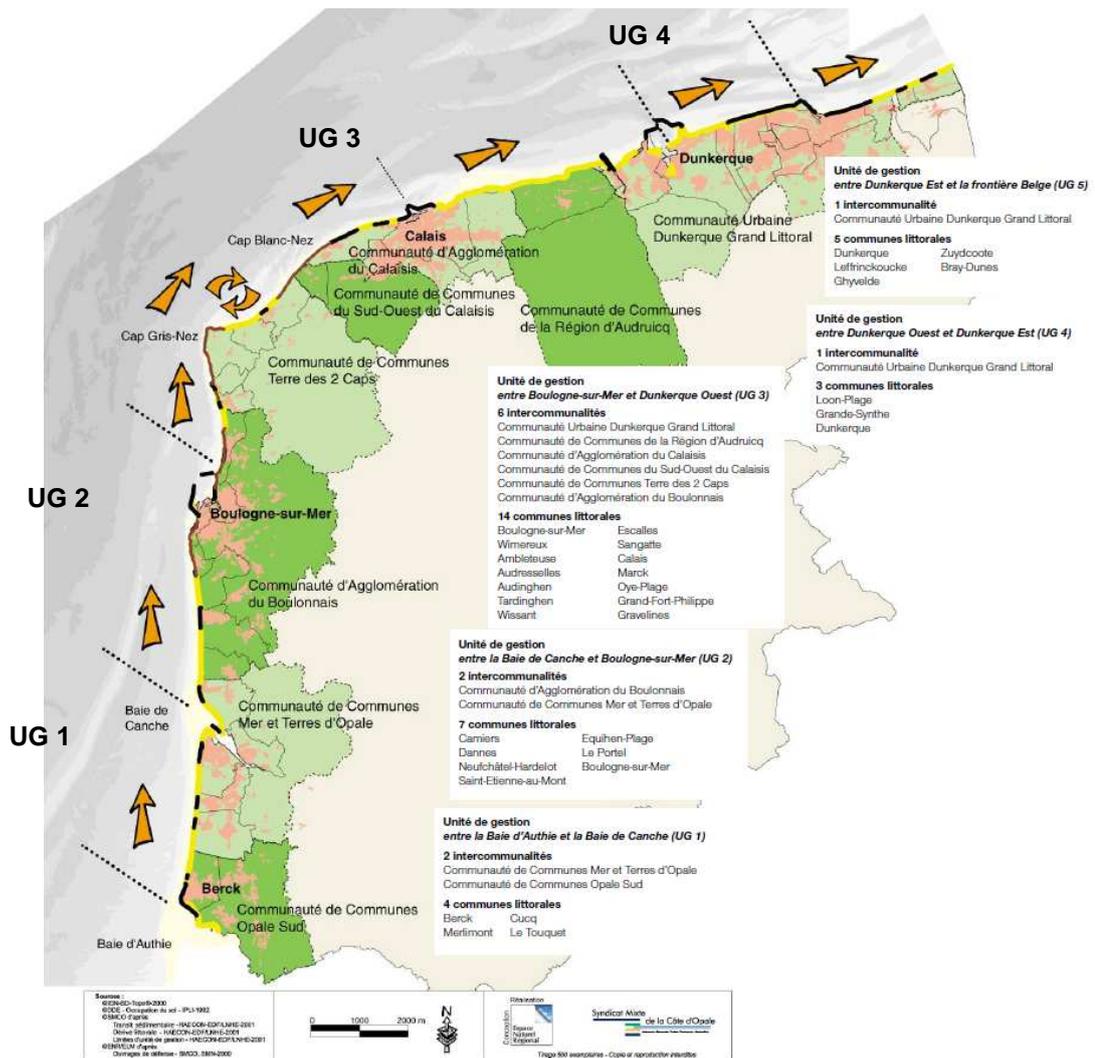


Figure 2 : Les Unités de Gestion définies dans le cadre du PLAGE (SMCO, 2003)

1.2.1 UG 1 : Baie d'Authie – Baie de Canche

L'unité de gestion 1 se situe entre l'estuaire de la baie d'Authie et l'estuaire de la Canche dont l'orientation et l'intensité des courants de marée et fluviaux au niveau des débouchés des deux rivières forment une « barrière » au transit des sédiments par l'intermédiaire de la dérive littorale, bien que ces « barrières » ne soient pas complètement perméables et permanentes. Les résultats de la modélisation numérique de l'influence des tempêtes sur la dynamique sédimentaire témoignent d'une interruption de ce transit au niveau des embouchures, plus ou moins bien marquée en fonction de leurs caractéristiques (EDF/LNHE in SMCO, 2003) entre les deux embouchures, les différents résultats de modélisation numérique indiquent une continuité du transit sédimentaire.

1.2.2 UG 2 : Baie de Canche – Nord de Boulogne-sur-Mer

Les sédiments issus de l'érosion de la rive nord de la Baie de Canche sont déplacés jusqu'au nord immédiat du port de Boulogne-sur-Mer. Au niveau de la digue sud du port, une partie des sédiments transitant vers le nord s'accumule sur la plage du Portel tandis qu'une

autre partie est « réfléchi » par cette digue et alimente un banc sableux situé au nord du port. L'arrêt des transits sédimentaires étant particulièrement bien marqué, tant au niveau de la digue sud qu'à l'extrémité nord du banc, il permet de définir une limite d'unité de gestion oblique par rapport à l'orientation de la côte (EDF/LNHE in SMCO, 2003).

1.2.3 UG 3 : Boulogne-sur-Mer – Dunkerque ouest

Du nord du port de Boulogne-sur-Mer jusqu'à Gravelines, le transit de sédiments est très important, du fait des fortes valeurs de courants dans le détroit du Nord-Pas-de-Calais. Ce transit est interrompu presque totalement en haut de plage par les ouvrages de l'Avant-Port Ouest de Dunkerque qui constitue ainsi une limite quasi-imperméable. Plus au large, le transit est rétabli.

A l'intérieur de cette unité, on observe en cas de houle de nord une interruption relative du transit au droit des digues des ports de Grand Fort Philippe et de Calais sur une portion de quelques centaines de mètres près du littoral. L'unité hydro-sédimentaire peut donc être subdivisée en deux sous-unités, avec une limite au niveau du port de Calais. Cependant, cette discontinuité de dynamique sédimentaire reste locale et il existe un transit au large entre les deux sous-unités définies (SMCO, 2003), notamment au niveau du Ridens de la Rade, banc sableux pré-littoral au large du port de Calais (Héquette et Aernouts, 2010).

1.2.4 UG 4 : Dunkerque ouest - Dunkerque est

L'avant-port Ouest de Dunkerque comme l'avant-port Est constituent une limite relativement imperméable au transit sédimentaire. Entre ces deux limites la dérive littorale dominante s'effectue de l'ouest vers l'est. Néanmoins, une dérive secondaire existe dans l'autre sens ce qui explique l'accumulation qui peut être observée de part et d'autres des jetées (SMCO, 2003).

1.2.5 UG 5 : Dunkerque est – Frontière belge

Cette unité sédimentaire qui débute immédiatement à l'aval de l'avant-port Est de Dunkerque se poursuit au-delà de la frontière belge. Le phénomène de transit de sédiments s'effectue de l'ouest vers l'est (SMCO, 2003).

1.3 Définition de bassins de risques cohérents

A l'image des pratiques récentes adoptées pour l'élaboration des PPRL, une approche par bassins de risques, adaptée à chacune des problématiques érosion et submersion marine et aux spécificités de chaque territoire a été retenue. La cartographie effectuée à des échelles variant du 1:10 000 au 1:30 000 permet de distinguer l'ensemble des éléments demandés sur au maximum quatre cartes tout en permettant d'avoir une vision d'ensemble à l'échelle d'unités de gestion cohérentes, facilitant ainsi l'élaboration d'orientations de gestion. Pour mémoire, l'échelle des cartographies réalisées dans le cadre du PLAGE étaient plus précises et variaient entre 1 :7500 et 1: 20 000.

Treize bassins de risques ont été définis en fonction de la morphologie et le type de trait de côte et en fonction de la présence ou non de l'aléa submersion et/ou l'aléa érosion sur chaque secteur. Ces bassins de risques ne prennent pas en compte l'aléa inondation continentale en compte.

Tableau 4 : Définition des bassins de risques en fonction de la morphologie de la dynamique sédimentaire et la présence de l'aléa submersion et l'aléa érosion

Désignation	Morphologie et dynamique sédimentaire	Aléa Submersion	Aléa érosion
BR1 - Baie d'Authie	Morphologie et hydrodynamique estuarienne	Oui	Oui
BR2 - Berck – Le Touquet	Trait de côte sableux rectiligne		Oui
BR3 - Estuaire de la Canche	Morphologie et hydrodynamique estuarienne	Oui	Oui
BR4 - Camiers – Hardelot Plage	Trait de côte sableux rectiligne		Oui
BR5 – Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord	Trait de côte à falaises Limite d'unité de gestion sédimentaire		Oui
BR 6 - Wimereux – Cap Gris-Nez	Trait de côte à falaises	Oui	Oui
BR7 - Baie de Wissant	Baie sableuse	Oui	Oui
BR8 – Cap Blanc-Nez	Trait de côte à falaises		Oui
BR9 - Sangatte – Calais	Trait de côte sableux et port	Oui	Oui
BR10 – Fort Vert – Oye-Plage	Trait de côte sableux rectiligne	Oui	
BR11 – Platier d'Oye - Port de Dunkerque Ouest	Port et trait de côte sableux rectiligne	Oui	Oui
BR12 – Port de Dunkerque	Port et unité de gestion sédimentaire à part entière		
BR13 - Digue des Alliées, Dunkerque – Bray Dunes	Trait de côte sableux rectiligne	Oui	Oui

Les limites exactes des treize bassins de risques et leur distance approximative sont présentées dans la Figure 3 et le Tableau 5.

La liste des communes comprises dans les bassins de risques est fournie en Annexe 1 : Liste des communes comprises dans les bassins de risques.



Figure 3 : Limites des différents bassins de risques à l'échelle de la région Nord Pas-de-Calais

Tableau 5 : Désignation, limites et distance approximative des bassins de risques (BR)

Désignation	Limites	Distance approximative (km)
BR1 - Baie d'Authie	Rive nord de la Baie d'Authie du pont à Cailloux au sud, jusqu'à l'épi 16/17 à la limite sud de Berck (exclu)	10
BR2 - Berck – Le Touquet	Du Sud de Berck, à partir l'épi 16/17 jusqu'à la Pointe du Touquet, au niveau du changement d'orientation du littoral vers le nord-ouest / sud-est	16
BR3 - Estuaire de la Canche	De la Pointe du Touquet, au niveau du changement d'orientation vers le nord-ouest / sud-est jusqu'au début des enrochements de protections au sud du camping de Sainte-Cécile-plage	15
BR4 - Camiers – Hardelot Plage	A partir des enrochements de protections au sud du camping de Camiers jusqu'à la limite nord des dunes d'Ecault	11
BR5 – Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord	Des falaises à Equihen-Plage jusqu'à la limite des unités de gestion UG2 et UG3 au nord de Boulogne-sur-Mer	10
BR 6 - Wimereux – Cap Gris-Nez	De la limite des unités sédimentaires UG2 et UG3 au nord de Boulogne-sur-Mer jusqu'au Cap Gris-Nez à la transition entre les falaises et les dunes de la baraque Fricot à Tardinghen	15,5
BR7 - Baie de Wissant	Au niveau de la transition entre les falaises et les dunes de la Baraque Fricot à Tardinghen jusqu'à la fin des Dunes d'Amont	8,5
BR8 – Cap Blanc-Nez	A partir des falaises du Cap Blanc-Nez jusqu'aux ouvrages de protection de Sangatte	6
BR9 - Sangatte – Calais	Des ouvrages de protection de Sangatte à l'Est jusqu'aux dunes du Fort Vert	7,5
BR10 – Fort Vert – Oye-Plage	Des dunes du Fort Vert jusqu'à l'anse de l'abri côtier (exclues)	14
BR11 – Platier d'Oye - Port de Dunkerque Ouest	De l'anse de l'abri côtier à l'avant digue du Port de Dunkerque	7,5
BR12 – Port de Dunkerque	De l'avant digue à l'ouest jusqu'à la Digue des Alliés à l'est	16,5
BR13 - Digue des Alliées, Dunkerque – Bray Dunes	De la Digue des Alliées à la frontière belge	13,5

Les aléas érosion et submersion marine, la nature et l'état des ouvrages, les enjeux exposés aux aléas littoraux sont détaillés pour chaque bassin de risque au Chapitre 5 -. De même, le retour d'expérience sur l'efficacité des mesures de gestion mise en place à la suite du PLAGE ou en général par les gestionnaires du littoral y est résumé de manière non exhaustive.

2 Méthodologie

2.1 Méthodologie de caractérisation des aléas submersion marine et érosion

2.1.1 Méthodologie de caractérisation de l'aléa submersion marine par DHI

Ce diagnostic s'appuie exclusivement sur l'étude de caractérisation de l'aléa submersion marine réalisée par le bureau d'étude DHI et parue en Novembre 2013 pour caractériser l'aléa submersion actuel, c'est-à-dire un niveau marin centennal incluant une surcote liée à l'augmentation du niveau de la mer jusqu'en 2013. L'aléa submersion marine pour un aléa centennal en 2100 est représenté sur les cartes à titre indicatif et les analyses effectuées dans le cadre de ce diagnostic ne porte pas sur cet aléa. La méthodologie qui suit reprend donc la méthodologie utilisée par DHI.

Modélisation des épisodes de submersion

La méthodologie de caractérisation de l'aléa submersion dans le Nord Pas-de-Calais a consisté dans un premier temps à :

- Comprendre le fonctionnement du littoral de la Côte d'Opale et ainsi décrire les processus morphodynamiques et hydrodynamique à l'œuvre en région Nord Pas-de-Calais,
- Répertoire la chronologie des tempêtes passées et répertorie les dégâts occasionnés,
- Décrire les modes de submersion qui ont affectés le littoral selon les types d'ouvrages de protection rencontrés qu'ils soient artificiels ou naturels.

Les forçages météo-marins à l'origine des phénomènes de submersion ainsi que les zones à risques et/ou ayant un historique d'inondations et de dégâts ont été définis précisément et ce, dans l'optique de simuler des événements de submersion marine le long de la Côte d'Opale de façon réaliste en termes de probabilité d'occurrence mais aussi en terme du lieu et du mode de submersion.

Les étapes successives de caractérisation de l'aléa submersion pour chaque site sont listées ci-dessous :

- Définition des niveaux marins extrêmes (actualisation des niveaux marins de pleine mer de 2008 à 2012) selon la méthode d'analyse statistique croisée et prise en compte du changement climatique dans la définition des niveaux. Les niveaux marins extrêmes prennent en compte les paramètres suivants :
 - Coefficient de marée
 - Surcote météorologique (lié à la variation de la pression atmosphérique et à l'action du vent)
 - Surcote de déferlement (dans le cas où le site se trouve en mer ouverte)
 - Surélévation pour prendre en compte l'augmentation de niveau de la mer liée au changement climatique (+0.20m en 2013 conformément à la circulaire du 27 Juillet 2011 suite à l'évènement Xynthia et +0.60m en 2100 selon les recommandations de l'ONERC)
 - Prise en compte des incertitudes liées à une augmentation dynamique du niveau marin à la côte sur les sites soumis au déferlement.
- Détermination des conditions de houles associées aux événements tempétueux et transfert des houles à la côte

- Détermination de la hauteur de houle aux abords des côtes (Mike 21 SW) et en pied d'ouvrages (Litpack)
- Calcul des franchissements pour les couples niveau de la mer / hauteur de houle les plus pénalisants
- Identification des sites exposés à l'aléa submersion
 - Recherche des zones dont la topographie est située en dessous du niveau extrême minimal défini à +4.5m NGF, valeur qui est toujours dépassée par les estimations des niveaux centennaux sur les différents sites, et qui sont donc potentiellement exposées à la submersion marine.
 - Etude morphologique des ouvrages côtiers par analyse croisée de la revanche de l'ouvrage par rapport au niveau marin extrême, de la longueur de l'ouvrage au niveau du niveau marin extrême et de la hauteur du terrain naturel à l'arrière de l'ouvrage par rapport au niveau marin extrême (Figure 4).

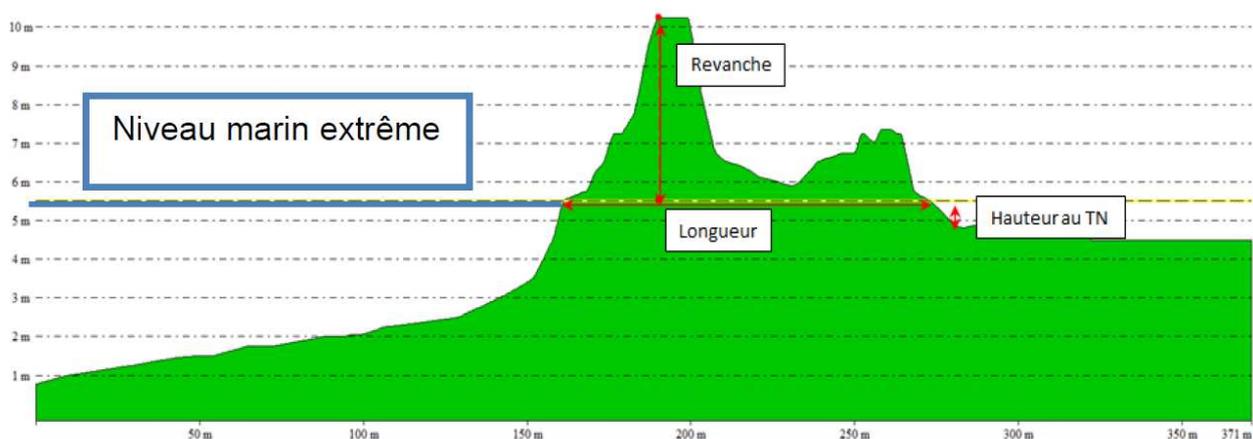


Figure 4 : paramètres retenus pour l'étude morphologique des ouvrages de protection (DHI, 2013)

- Fixation des paramètres pour qualifier un site à risque par analyse rétrospective des sites ayant connus des ruptures ou des franchissements d'ouvrages dans le passé ou pouvant de par l'état des ouvrages impliquer un risque (état des ouvrages en 2009)
- Hiérarchisation des sites exposés à l'aléa submersion selon les trois modes de submersion retenus via le schéma en. Les dix-sept sites retenus et les modes de submersions modélisés sont représentés sur la Figure 6.
- Modélisation numérique de la submersion marine des sites retenus avec le logiciel MIKE 21 : simulation de l'évolution de la submersion marine dans le temps et dans l'espace la submersion et détermination des hauteurs de submersion et des vitesses d'écoulement en fonction d'un débit imposé au niveau du point d'entrée.
- Résolution spatiale de 3m d'après le levé topographique LIDAR de 2008, et localement de 8m pour le modèle de Dunkerque, d'Oye-plage et des rives de l'Aa et de 6m pour celui du Touquet (MNT PPige).
- Le bâtiment n'a pas été représenté dans cette modélisation.
- Caractérisation de l'aléa submersion marine et cartographie des hauteurs d'eau maximale, des vitesses d'écoulement maximales et de l'aléa.

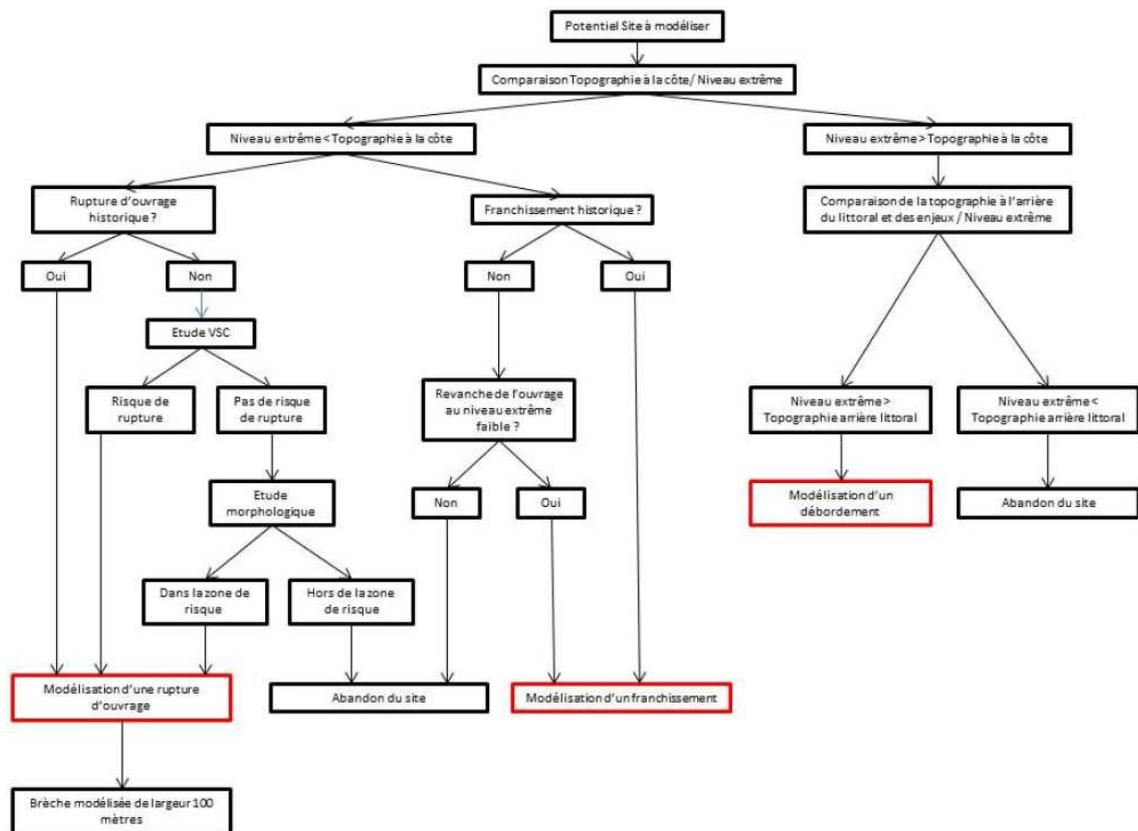


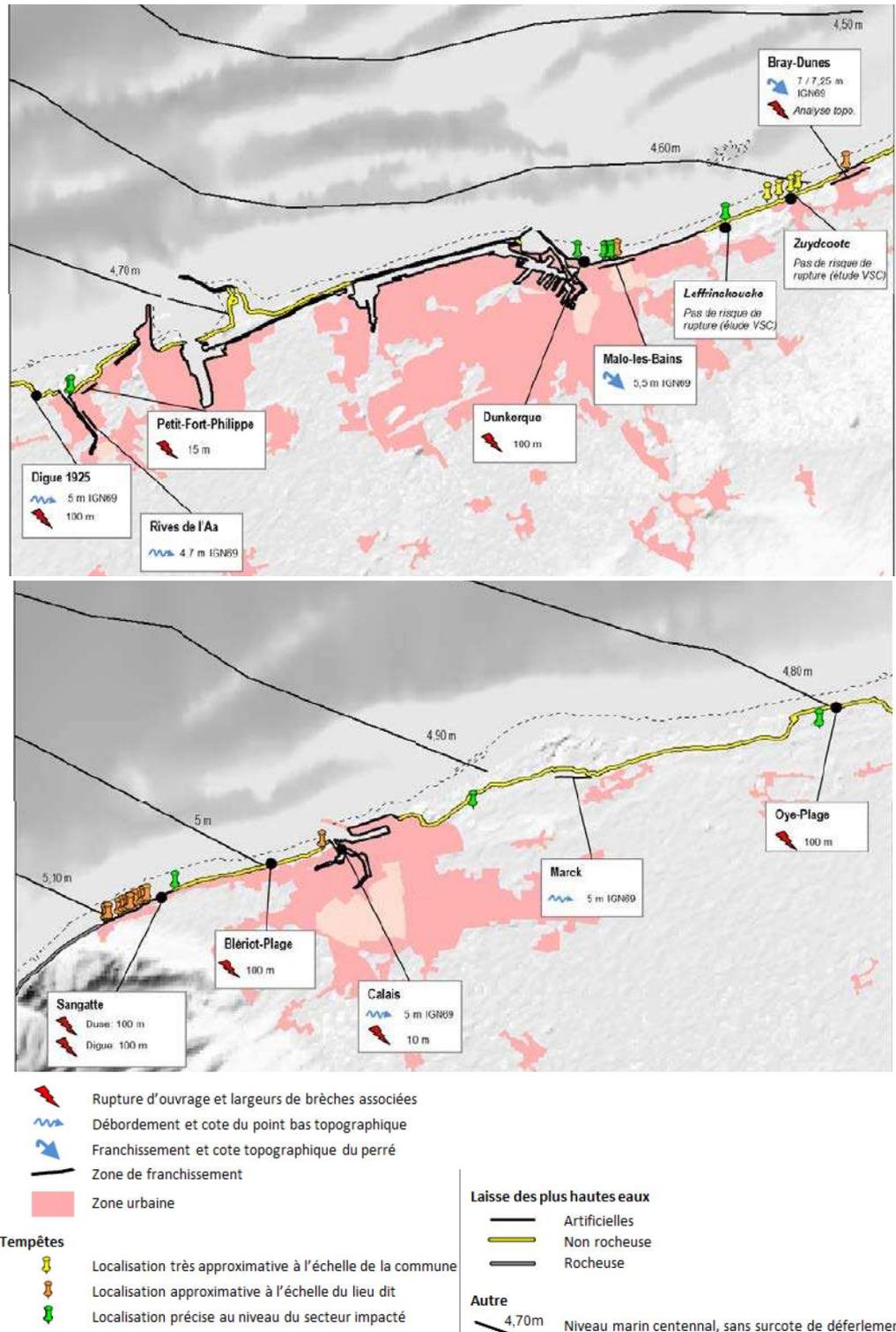
Figure 5 : Arbre à décision (DHI, 2013a)

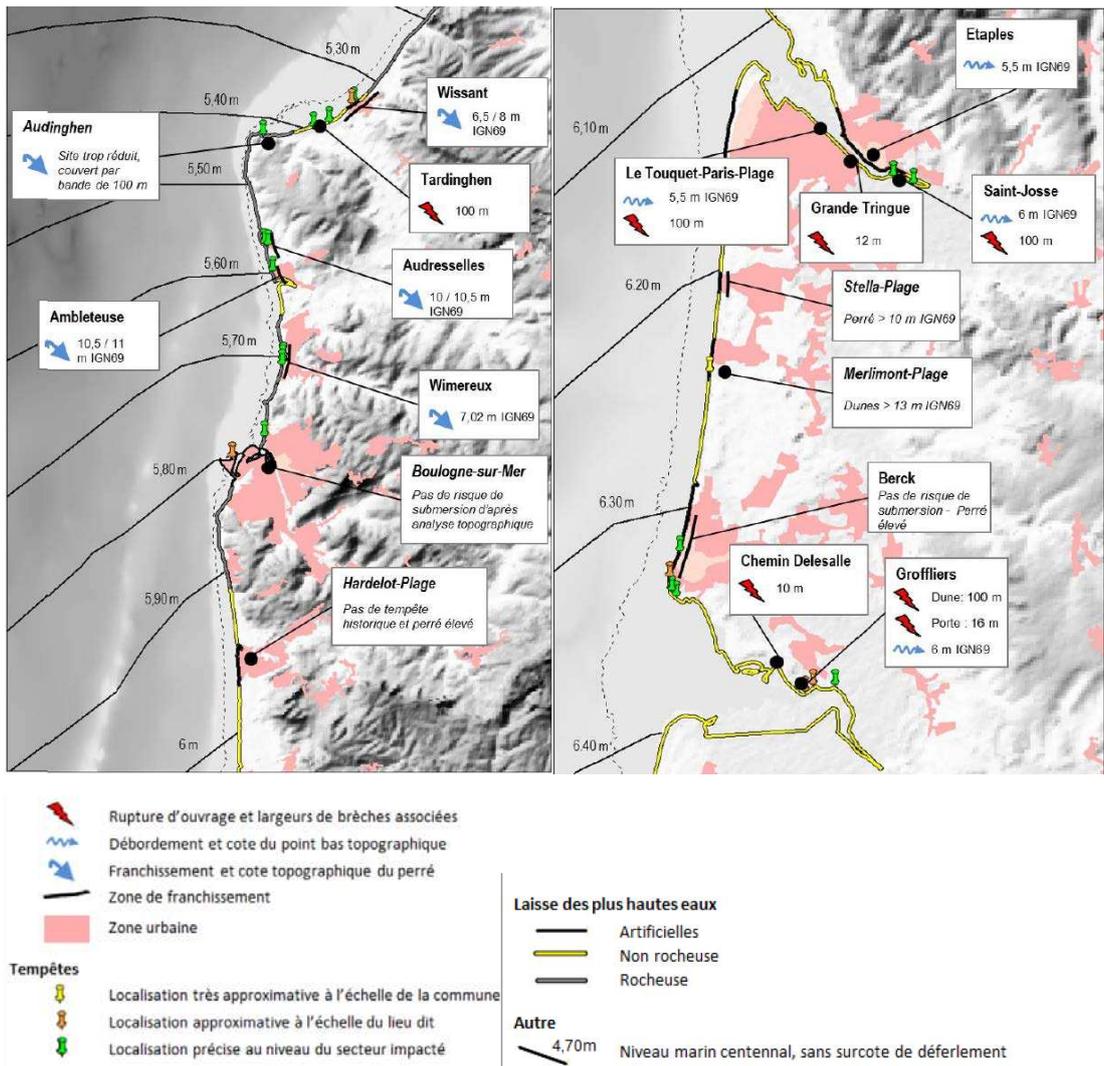
Hypothèses / limites et précisions des données, informations et résultats

La formulation d'hypothèse s'est révélée nécessaire afin de simplifier l'exercice de modélisation, un nombre infini de combinaisons concernant le lieu de la submersion, son mode, ses dimensions et la simultanéité potentielle des lieux et des modes de submersion étant possible. On peut retenir les hypothèses suivantes :

- Les trois modes de submersion : rupture, débordement et franchissement d'ouvrages peuvent se produire conjointement ou indépendamment. Le volume d'eau franchi étant nettement moins important que celui pouvant être apporté par une rupture d'ouvrage ou un débordement, le franchissement n'a pas été pris en compte quand ces derniers étaient représentés.
- Largeur des brèches à 100m sauf cas particuliers autour des chemins d'accès et ouvrages à la mer où la géométrie réelle est retenue.
- A la suite de tests de sensibilité, une durée d'ouverture des brèches de 15 minutes intervenant 1h avant la marée de Pleine Mer a été retenue.
- Dans les cas où l'extension de la submersion est très limitée du fait de la topographie, la cartographie de l'aléa a exceptionnellement été effectuée par analyse topographique, c'est-à-dire par projection des zones situées sous le niveau marin extrême défini.
- Simulation d'une seule et unique brèche par ouvrage et seulement sur les ouvrages de premier rang, alors que dans la réalité plusieurs brèches simultanées pourraient avoir lieu ainsi que des ruptures en cascade des digues de protection situées à l'intérieur des terres.
- L'identification des sites potentiellement exposés à la submersion marine a été effectuée sur base de l'état actuel des ouvrages.

Figure 6 : Emplacement des sites étudiés et caractéristiques du mode de submersion retenu (DHI, 2013a)





Nota : D'autres études ont identifiées d'autres secteurs à risque par exemple le quartier du Grand Large à Dunkerque (Maspataud *et al*, 2013) ou la Basse Vallée de la Slack, en cas de défaillance de l'écluse Marmin Slack (Com. pers. Conseil Régional, 2014).

Caractérisation de l'aléa submersion

L'aléa instantané a été défini par croisement des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement instantanées en tout point de l'espace, ce qui permet de définir la gravité de l'événement en termes d'exposition des populations au danger ; la capacité de déplacement d'une personne étant fortement réduite dès lors que la hauteur d'eau dépasse 0,5m ou la vitesse d'écoulement 0,25m/s comme le montre le Tableau 6.

Vitesse	$U < 0,2 \text{ m/s}$	$0,2 < U < 0,5 \text{ m/s}$	$U > 0,5 \text{ m/s}$
Hauteur			
$H < 0,5 \text{ m}$	Faible	Moyen	Fort
$0,5 < H < 1 \text{ m}$	Moyen	Moyen	Fort
$H > 1 \text{ m}$	Fort	Fort	Très Fort

Tableau 6 : Définition de l'aléa en fonction de hauteur d'eau et des vitesses d'écoulement (DHI, 2013a)

Une bande de 100m de large le long des digues et des cordons dunaires, est aussi représentée par des hachures sur les cartes et dénommée « bande de précaution » pour signaler un aléa très fort mais aussi, selon les modes de submersion :

- Le risque d'ouverture de plusieurs brèches le long de l'ouvrage concerné (brèche)
- La violence du franchissement, notamment la force et la vitesse instantanée des paquets de mer pouvant se traduire par la projection simultanée de galets et par un étalement important de l'eau.

Afin de pouvoir gérer les situations de crise liées aux événements de submersion marine, une cartographie du temps d'arrivée de l'inondation en chaque point de l'espace a été réalisée.

Les hypothèses suivantes ont été prises :

- Les résultats présentés ne tiennent pas compte des inondations d'origine continentale (pluviométrie importante, crue) pouvant subvenir de manière concomitante.
- Les résultats présentés ne prennent pas en compte l'évolution future du trait de côte.
- Un aléa est défini comme fort quand la submersion s'étale sur moins de 100m de la côte. Cela correspond au retour d'expérience de la tempête Xynthia.

La cartographie de l'aléa submersion marine représenté sur les cartes dans le cadre de ce diagnostic montre l'emprise de l'aléa submersion total sans distinction de sa gravité ou magnitude, et ce afin de pouvoir représenter sur une même carte les aléas pour une période de retour centennale en 2013 et en 2100 (le lecteur pourra se référer à l'étude de caractérisation de l'aléa submersion marine de DHI afin de visualiser les emprises des aléas faibles, moyen, fort et très fort).

2.1.2 Méthodologie de caractérisation de l'aléa érosion

Approche méthodologique pour caractériser l'évolution du trait de côte

Le diagnostic de l'aléa érosion à une échéance de 10 ans établi dans le cadre de cette étude reprend les résultats issus des études / données existantes suivantes :

- La caractérisation de l'évolution du trait de côte à une échéance de 100 ans, réalisée par le bureau d'étude DHI, dans le cadre de l'étude de caractérisation des aléas littoraux lancée en 2006 par la DIREN, aujourd'hui DREAL. Cette étude est parue en Décembre 2013.

- La caractérisation de l'aléa érosion pour le secteur des falaises du Boulonnais à une échéance de 100 ans établie dans le cadre du PPRL des falaises du Boulonnais en 2007.
- Les relevés topographiques de la crête de falaises Nord à Wimereux entrepris entre 2002 et 2013.

Conformément aux attentes du maître d'ouvrage, cet état des connaissances est basé sur la caractérisation de l'aléa érosion à une échéance 10 ans afin de fournir les bases nécessaires à la définition d'orientations de gestion du littoral Côte d'Opale à court et moyen terme.

Les différents jeux de données précités ont donc été ré-interpolés ou extrapolés pour aboutir à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans, c'est-à-dire en en 2024.

Les incertitudes liées à la détermination de la position future du trait de côte sont nombreuses et sont liées à la méthodologie inhérente à ces études mais aussi à la ré-interpolation du trait de côte établie dans le cadre de ce diagnostic :

- Erreurs liées à l'interprétation des positions passées du trait de côte (limite du front dunaire, de la végétation, etc),
- Erreurs liées à la qualité, à la résolution et au traitement géographique des photographies aériennes ou des images satellites (géo-référencement, rectification géométrique par rapports à des amers, ortho-rectification),
- Projection des rythmes d'érosion passés et donc ne pouvant tenir compte des conditions météorologiques futures,
- Ré-interpolation de traits de côte déjà extrapolés.

Afin compenser ces incertitudes, des fourchettes de reculs à une échéance de 10 ans ont été définies sur base des résultats des analyses précitées ainsi que sur les résultats issus des recherches universitaires locales, qui sont basées, dans la plupart des cas, sur des méthodes d'analyses de plus hautes précisions et sur des données récentes.

Les paragraphes suivants résument la méthodologie employée pour traiter les résultats issus des études de caractérisation de l'aléa érosion à 100 ans qui ont été reprises comme base dans le cadre de cette étude :

- Ré-interpolation des jeux de données ci-dessous afin d'obtenir le recul du trait de côte à une échéance 10 ans
 - Etude de caractérisation de l'évolution des côtes meubles à une échéance de 100 ans par le bureau d'étude DHI (2013b)
 - Etude de caractérisation de l'évolution des côtes à falaises à une échéance de 100 ans par le DDTM 62 (2007)
- Digitalisation du trait de côte de 2002 et 2013 de la falaise Nord de Wimereux et extrapolation des rythmes d'érosion obtenus à l'échéance 2024.
- Comparaison des résultats obtenus avec les résultats des recherches universitaires récentes et proposition de fourchettes de reculs.

Les limites inhérentes à chaque méthodologie sont présentées ci-dessous.

Les méthodologies initiales de caractérisation du trait de côte à une échéance 100 ans par DHI (2013b) pour les côtes meubles et dans le cadre du PPRL des falaises du Boulonnais pour les côtes à falaises (DDTM 62, 2007) sont présentées en Annexe 2 : Détermination de

l'évolution du trait de côte à l'échéance 100 ans pour les côtes meubles (DHI, 2013b) et pour les côtes à falaises (PPRL falaise du Boulonnais, DDTM 62, 2007)

Les différentes méthodologies et techniques pouvant être employées pour définir la position du trait de côte sont décrites en Annexe 2 : Détermination de l'évolution du trait de côte à l'échéance 100 ans pour les côtes meubles (DHI, 2013b) et pour les côtes à falaises (PPRL falaise du Boulonnais, DDTM 62, 2007).

Interpolation de la position des traits de côte meubles et à falaises à une échéance de 10 ans

Afin de déterminer le recul des traits de côte meubles et à falaises à une échéance de 10 ans, une interpolation du trait de côte a été réalisée dans le cadre de cette étude par rapport à la position du trait de côte définie à une échéance de 100 ans sur base de l'étude DHI (2013b) pour les côtes meubles et sur base des résultats fournis dans le PPRL des falaises du Boulonnais pour les côtes à falaises (DDTM 62, 2007).

La distance entre le trait de côte de référence (2006 pour les côtes meubles et 2007 pour les côtes à falaises) et le trait de côte à 100 ans est mesurée puis cette valeur est divisée par 100 ans puis multipliée par le nombre d'années requis pour arriver à 2024. Cette méthode est identique à celle utilisée par DHI sauf qu'on effectue une interpolation au lieu d'une extrapolation (Annexe 1) :

- Définition de points pivots sur le trait de côte de référence (2006 ou 2007) et celui à 100 ans
- Liaison de ces points (ligne de traçage)
- Interpolation du recul du trait de côte à l'échéance 2024 en chaque point, projection de ce recul sur chaque ligne de traçage puis liaison de tous les nouveaux points projetés entre eux pour obtenir le nouveau trait de côte.

Limites et précisions des résultats

La méthodologie d'interpolation d'un trait de côte déjà extrapolé auparavant induit un biais méthodologique car les marges d'erreur liées aux deux analyses successives sont cumulées.

Cette analyse a permis d'obtenir des reculs à l'échéance 2024 pour chaque secteur. Ces reculs sont repris dans l'état des connaissances par bassin de risques et comparés avec les autres sources pour la définition de fourchettes de reculs appropriées.

Extrapolation de la position du trait de côte de Wimereux à une échéance de 10 ans

Des relevés topographiques de la falaise de Wimereux ont été effectués tous les ans depuis 2002 (DDTM 62, Commune de Wimereux, 2013). Une étude diachronique du trait de côte a été effectuée à partir du trait de côte le plus ancien, en 2002, et le plus récent, en 2013, soit sur une période de 11 ans, en adoptant la méthodologie décrite ci-dessus :

- Digitalisation de la position des traits de côte de 2002 et 2013 à partir de cartes papiers
- Définition de points pivots sur les traits de côte de 2002 et 2013
- Liaison de ces points (ligne de traçage)
- Détermination de la vitesse d'évolution du trait de côte entre 2002 et 2013 à partir du trait de côte ancien et extrapolation de cette valeur à l'échéance 2024

- Projection des valeurs obtenues sur les lignes de traçage correspondantes
- Liaison de tous les nouveaux points projetés entre eux pour obtenir le nouveau trait de côte en 2024

Limites et précisions des données, informations et résultats

Cette méthode est limitée dans le sens où elle se base uniquement sur une projection dans l'avenir du rythme actuel de recul et qu'elle ne tient donc pas compte des phénomènes en jeu dans l'évolution des falaises (éboulements, écroulements, glissements, coulées etc.) qui sur cette zone provoque souvent des chutes par pan entier comme en témoignent les relevés année par année du trait de côte sur cette zone.

De plus, la méthode utilisée pour déterminer la position du trait de côte à une échéance de 10 ans induit une marge d'erreur liée à la digitalisation des traits de côtes à partir de cartes papier et à leur re-projection dans un système planimétrique approprié.

Cette analyse a permis d'obtenir des reculs à l'échéance 2024 pour ce secteur. Ces reculs sont repris dans l'état des connaissances pour le bassin de risque BR6 – Wimereux – cap Gris-Nez et comparés avec les autres sources pour la définition de fourchettes de recul appropriées.

Détermination de fourchettes de recul à une échéance 10 ans

Afin de parer aux incertitudes relevées par rapport aux données et aux méthodologies employées pour déterminer la position du trait de côte à une échéance de 10 ans, une comparaison des résultats obtenus avec les résultats des recherches universitaires récentes a été menée.

Les différentes sources universitaires utilisées et les méthodes de détermination de l'évolution du trait de côte employées par chaque source sont résumées dans le tableau de synthèse ci-après (Tableau 7).

La précision des reculs déterminés par les différentes sources dépend de la méthode de détermination du trait de côte utilisée : ainsi la comparaison de mesures effectuées sur site par DGPS, Lidar ou Tachéomètre est plus précise que lorsqu'une analyse diachronique du trait de côte a été réalisée à l'aide de photos aériennes. De même, la précision des analyses diachroniques dépend de la qualité initiale des photos aériennes et de la méthode de traitement des photos qui a été utilisée.

Les rythmes d'évolution du trait de côte passés obtenus par les différentes sources ont été comparés pour chaque site et les rythmes d'évolutions extrêmes moyens ont été projetés à une échéance de 10 ans afin de fournir des fourchettes de recul pour chaque site. Lorsque que les résultats des différentes études étaient divergents pour un même site, le consultant a considéré les résultats obtenus avec la méthode de détermination du trait de côte la plus précise.

Les rythmes d'évolution du trait de côte passés et les fourchettes de reculs à une échéance de 10 ans proposées sont résumés dans un tableau de synthèse pour chaque bassin de risque.

Une distinction est faite entre le recul observé sur le long terme et l'évolution récente du trait de côte. Dans le cas où les sources universitaires diffèrent des résultats obtenus dans le cadre de l'étude DHI ou du PPRL des falaises du Boulonnais, une justification du choix des fourchettes proposées est fournie.

Les fourchettes de recul à une échéance de 10 ans qui ont été retenues sont les suivantes :

- Faible recul : inférieur ou égal à -1m
- Recul moyen : entre -1m et -10m inclus
- Recul fort : entre -10m et -20m inclus
- Recul très fort : entre -20m et -40m inclus
- Recul sévère : supérieur à -40m

Pour l'aléa érosion en terme de recul du trait de côte, la cartographie par bassin de risque présente donc des bandes en regard du littoral dont la couleur varie selon que le recul prédit est sévère, très fort, fort, moyen ou faible et qui sont supplémentées par l'indication de la fourchette de recul prédéfinie pour chaque site. Ces bandes sont supplémentées de flèches orientées vers la côte et vers l'intérieur des terres pour illustrer le recul du trait de côte.

A titre d'information, les sites qui ont connus une accrétion ou progression sur le long-terme sont signalés au moyen de la même typologie mais les flèches sont alors orientées vers le large. Les projections de la progression du trait de côte à échéance 10 ans n'ont pas été effectuée dans le cadre de cette étude.

Approche méthodologique pour caractériser l'abaissement du niveau de plage

Le phénomène d'abaissement du niveau de la plage au droit des ouvrages de protection en dur (trait de côte fixe) a été traité de manière qualitative car peu ou aucune étude quantifiant ce phénomène n'existe à heure actuelle (excepté pour la Baie d'Authie et la Baie de Wissant). Les informations récoltées dans la bibliographie, les observations recensées dans le cadre de la classification VSC de l'état des ouvrages ainsi que la connaissance des sites des acteurs locaux (directions territoriales, ULCO) ont donc permis de définir les sites qui avaient subi un abaissement du niveau de plage sur la long-terme et qui serait probablement sujet à la continuation de cet abaissement dans le futur. Cependant, aucune projection à une échéance de 10 ans n'a été effectuée.

Dans cette appréciation qualitative, la variation interannuelle du niveau de l'estran et des plages qui est lié à la composante saisonnière (profil de plage d'hiver/ profils de plage d'été) a été distingué d'une tendance à l'abaissement observée sur le long-terme.

Pour l'aléa érosion en termes d'abaissement du niveau de plage, la cartographie par bassin de risque présente donc des flèches verticales bleues pointées vers le bas devant les sites sujet à un abaissement.

Tableau 7 : Méthodes de détermination du trait de côte et années considérées par les différentes sources utilisées pour la détermination de fourchettes de recul à l'échéance 10 ans

Méthode de détermination de la position du trait de côte	Augmentation de la précision (diminution de la marge d'erreur)			
	Etude diachronique du trait de côte à l'aide de photographies aériennes ou satellites			Mesures Tachéomètre, DGPS ou Lidar
Bibliographie	Géo-référencement	Rectification ou correction géométrique	Ortho-rectification	
DHI, 2013b	X	Année 2006	Année 1930, 1932, 1934, 1947...	
LOG-ULCO, 2013	X	Années 1949 et 1977	Années 2000, 2005 et 2009	Lidar (2008) et DGPS
IDRA, 2013	X			Années 2008 (Lidar) et 2013 (DGPS)
DDTM 62 / Commune de Wimereux, 2013	X			Années 2002 à 2013 (DGPS ou tachéomètre)
Chabaan et al, 2012	X	Année 1946 à 1997	Année 2000 et 2005	
Maspataud, 2011	X	Années 1957 à 1994	Année 2000 et 2005	Années 2008 et 2010 (DGPS)
Artelia, 2009 (Baie d'Authie)	X	Toutes les années		
Sogreah, 2009 (Port Dunkerque)	X	Redressement		
DDTM 62, 2007	X	Plans cadastraux et Photographies verticales de l'IG		
Aernouts & Héquette, 2006	X	Années 1949 et 1977	Année 2000	
Chaverot, 2006	X	X	Année 2000	
Tresca, 2006	X	Redressement grâce à la méthode polynomiale Années 1929 à 1995	Année 2000	
Dobroniak, 2005	X	Rectification d'échelle		Tachéomètre
Pierre et Lahousse, 2006	X		Restitution photogramétrique	Tachéomètre
Pierre et Lahousse, 2004	X		Restitution photogramétrique	Tachéomètre
Gaillot et Chaverot, 2001	X	Photographies aériennes verticales IGN de 1955 et 1998, recalage à partir d'une carte topographique		

2.2 Méthodologie adoptée pour caractériser le type et l'état des ouvrages

Le diagnostic sur les types et l'état des ouvrages de protection présents sur le territoire Nord-Pas-de-Calais s'est appuyé sur la méthode et les résultats des Visite Simplifiées Comparées (VSC) pilotées par la DDTM 62 et suivies par les DDTM 62 et 59 entre 2007 et 2013 (DML/SAML/UGDPML, 2012). Le diagnostic a été complété par les conclusions des inspections des ouvrages ayant fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages hydraulique effectuées par le Service de Contrôle de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques (SCSOH) de la DREAL Nord Pas-de-Calais.

2.2.1 Les types d'ouvrage

Dans un souci de clarifier la cartographie des ouvrages de protection, les types d'ouvrages définis dans le cadre de l'analyse VSC, 27 types d'ouvrages au total, ont été regroupés en 10 types d'ouvrages en fonction des éléments suivants :

- Matériau : un ouvrage lisse en béton ou en maçonnerie aura une rugosité plus faible qu'un ouvrage en enrochements qui leur confèrera une capacité d'absorption/réflexion de l'énergie de la houle différente et donc une efficacité différente par rapport au phénomène de franchissement et de surcote de déferlement.
- Influence sur la dynamique sédimentaire : un ouvrage en dur aura pour conséquence l'accroissement de l'affouillement en pied d'ouvrages et une érosion marquée à l'extrémité aval-dérive de l'ouvrage.
- Fonction première de l'ouvrage : protection intégrale ou ouvrages à la mer.
- Réversibilité : les différents types d'épis sont considérés séparément car ils n'offrent pas la même réversibilité
- Cas particuliers des « brèche naturelle ou ne faisant pas l'objet d'un aménagement » et des « aménagement ayant entraîné la création d'une brèche considérées à part comme indicateurs de la vulnérabilité des ouvrages de protection

Les accès (escalier et rampe) n'ont pas été pris en compte car ils sont très nombreux sur la plupart des sites et leur représentation à l'échelle définie pour la cartographie rendrait la lecture de la carte difficile. Les accès présentant des indices d'état de 1 sont mentionnés dans la synthèse par bassin de risque.

Les protections dites « douces » qui servent au confortement et à la réhabilitation des cordons dunaires, tel que les ganivelles, les fascines, la plantation d'oyat, les bottes de paille, etc. n'apparaissent pas en tant qu'ouvrage dans la classification VSC. Leur durée de vie étant parfois limitée aux épisodes tempétueux saisonniers, il est difficile de faire un suivi de leur état. Quand l'information existe par ailleurs, il sera fait mention de l'utilisation de ces mesures de gestion du trait de côte dans la description de l'ouvrage.

Les cordons dunaires et les falaises sont considérés comme des ouvrages naturels de protection. La méthode VSC n'est appliquée que pour les cordons dunaires en bordure de communes ou dont la fragilisation et/ou la rupture présenterait un risque pour les zones urbanisées situées en arrière même si cette méthode est peu adaptée pour les cordons dunaires (com. pers. ULCO, 2013). La méthode VSC n'est pas appliquée non plus pour les côtes à falaise.

De même, les inspections VSC ne sont pas réalisées par les DDTM 59 et 62 pour les ports de la région ceux-ci faisant partie du domaine public portuaire (ces inspections sont gérées par les autorités portuaires). L'état des ouvrages de protection portuaires n'est donc pas renseigné pour les ports d'Étaples, de Boulogne-sur-Mer, de Calais et de Dunkerque. En revanche, les

inspections du Service de Contrôle de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques concernent également les ports.

Le Tableau 8 présente le regroupement des ouvrages effectué en fonction de leur nature et de leur fonction.

Tableau 8 : Regroupement des types d'ouvrages en fonction de leur nature et fonction

Type d'ouvrage	Type d'ouvrage défini dans le cadre de l'analyse VSC des DDTM 59 et 62	Commentaires
Digue Perré béton / maçonné	Talus protégé en maçonnerie	Pente ou mur vertical en matériau dur et lisse, impact fort sur la dynamique sédimentaire
	Talus protégé en béton bitumineux ou béton non armé	
	Talus protégé en béton armé	
	Mur encastré sur semelle en béton armé	
	Mur poids en béton non-armé ou faiblement armé	
	Mur poids en maçonnerie	
	Mur encastré sur semelle avec contreforts en maçonnerie	
	Mur de soutènement en maçonnerie	
	Mur de soutènement en béton	
	Massif d'appui en maçonnerie	
	Rideau de palplanches métalliques	
Digue en enrochements	Talus protégé en enrochements naturels	Pente et absorption de l'énergie des vagues lié à la porosité de l'ouvrage, moins d'impact qu'une pente lisse sur la dynamique sédimentaire
Talus naturel	Talus constitué de matériau naturel (terre, matériau sablo-graveleux, etc)	Pente semi-lisse mais matériel facilement érodable
Epi en béton	Mur en béton favorisant le dépôt de sable	Structure difficilement réversible, impact fort sur la dynamique sédimentaire
Brise-lame ou Epi en pieux de bois	Pieux en bois favorisant le dépôt de sable	Structure facilement réversible, impact faible sur la dynamique sédimentaire
Epi en enrochements	Enrochements naturels favorisant le dépôt de sable	Structure difficilement réversible, impact fort sur la dynamique sédimentaire
Cordon dunaire	Talus sableux amont protégé par végétation – Bilan sédimentaire apparent	Ouvrage naturel, participe à la dynamique sédimentaire
	Corps de dune large – Gros volume de sable disponible	
	Corps de dune étroit – Petit volume de sable disponible	
	Talus sableux aval protégé par végétation	
Falaise		Ouvrage naturel, participe à la dynamique sédimentaire
Ouvrages à la mer	Portes busquées	Ouvrages particuliers
	Porte automatique	
	Cadre métallique de vannage	
	Ouvrage béton avec clapet anti retour métallique	
	Exutoire, tuyau	
Brèche	Brèche naturelle ou ne faisant pas l'objet d'un aménagement	Indicateur de vulnérabilité
	Aménagement ayant entraîné la création d'une brèche	

Les « brèches » constituent l'interruption d'un ouvrage linéaire sur toute ou la plus grande partie de sa hauteur, créant une ouverture ou une discontinuité nette dans sa structure et son utilisation. On distingue :

- Les brèches naturelles ou ne faisant pas l'objet d'un aménagement : érosion totale en sifflet d'une dune, interruptions et fins de cordons dunaires, de digues...
- Les aménagements ayant entraîné la création d'une brèche : passage inférieur d'infrastructure routière ou hydraulique dans un remblai formant digue (passage inférieur de l'A16, de la RN1, buse, franchissement d'un watergang...) ou encore passages piétons et cavaliers, routes et dessertes créés de toute pièce au travers d'un cordon dunaire...

2.2.2 Définition de l'état des ouvrages le long de la Côte d'opale

Définition de l'état des ouvrages à partir de du suivi VSC

La méthode VSC établit une classification de l'état des ouvrages en fonction de leur état mécanique, leur fonction d'usage et leur fonction stratégique. L'Indice Stratégique IS ayant peu été renseigné par les gestionnaires dans la base de données, l'approche ci-dessous se borne à considérer les ouvrages sous l'angle des indices mécaniques IEm et d'usages IEu qui leur sont attribués. La méthode VSC est décrite en détail en Annexe 4 : La méthode Visite Simplifiée Comparée.

La classification comprend quatre niveaux d'état tel que résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Classification des indices d'état mécanique et d'usage et code couleur utilisé dans le rendu cartographique

Indice d'état	Evaluation de l'état mécanique	Evaluation de l'état d'usage
IE 1	Désordres mécaniques graves, risque de ruine immédiate et brutale	Dégradation des éléments d'usage, problèmes de sécurité immédiate
IE 2	Désordres mécaniques graves sans risque de ruine immédiat	Dégradation des éléments d'usage créant des difficultés d'exploitation
IE 3	Dégradation des matériaux ou Désordres mécaniques sans gravité	Dégradation des éléments d'usage créant des problèmes d'inconfort
IE 4	Bon état structurel	Bon état des équipements

Afin de simplifier l'analyse, il a été décidé de ne répertorier que les indices d'état d'ouvrage en dépit des indices d'état de chaque objet le composant, même si ceux-ci sont plus justes et précis.

La notation adoptée dans le cadre de ce diagnostic pour définir chaque ouvrage de protection, est la suivante :

IE 1₂₀₁₁ (IEm)

Où la date en indice correspond à la date d'inspection de l'ouvrage et où la notation entre parenthèses, soit IEm ou IEu, indique si l'indice d'état est lié à des désordres mécaniques ou à des éléments d'usages.

Cette notation est complétée dans le diagnostic par bassin de risque par la description plus précise de l'état de l'objet défaillant et de toutes autres informations jugées nécessaires.

Le rendu cartographique représente l'indice d'état d'ouvrage par l'intermédiaire du code couleur : IE 1 en rouge, IE 2 en orange, IE 3 en jaune moutarde et IE 4 en vert. Les ouvrages n'ayant pu faire l'objet d'une inspection (non accessibles, recouverts par la végétation) sont représentés en noir.

L'état des ouvrages de protection naturels, les cordons dunaires non considérés par la méthode VSC et les falaises, est indiqué dans le diagnostic par bassin de risque quand cette information est disponible (état bon, moyen, mauvais, très mauvais). Un code couleur identique est affecté dans la représentation cartographique. Dans le cas où aucune information n'est disponible sur l'état de des cordons dunaires et falaises en tant qu'ouvrages de protection, ceux-ci sont représentés en noir.

Les inspections d'ouvrages dédiées

Les ouvrages de protection ayant fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages hydrauliques font l'objet d'inspections ponctuelles par le Service de Contrôle de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques (SCSOH) de la DREAL Nord Pas-de-Calais afin de vérifier que ces prescriptions (production de diagnostic, d'étude de danger, visite technique approfondie, etc...) sont respectées.

Dans le cas où des ouvrages ont bénéficié d'une inspection du SCSOH, celle-ci prime sur l'analyse VSC effectuée par les DDTM 59 et 62 dans le cas où elle apporte des informations complémentaires au suivi VSC des DDTM 59 et 62. Dans le cas où celle-ci est moins récente que le suivi VCS, on considère, à un ou deux ans près, que les travaux n'ont pas eu le temps d'être effectués pour conforter les ouvrages (ce qui aurait pu entraîner une requalification de l'ouvrage lors du suivi VSC).

2.3 Méthodologie adoptée pour caractériser les enjeux

Tel que prescrit dans le Cahier des Clauses Techniques Particulières de l'étude, les enjeux sont évalués de manière essentiellement qualitative et ne font pas l'ordre d'une classification ou d'une hiérarchisation entre eux.

2.3.1 Les enjeux associés au bâti et à la sécurité des personnes

Données générales figurées sur les cartes

Le nombre d'habitants par commune est représenté sur la carte au moyen d'un pictogramme représentant une maison dont la taille varie en fonction du nombre d'habitants de la commune. On distingue cinq classes de taille qui sont basées sur celles que prescrites dans le cadre de la réglementation relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques (ajout d'une classe supplémentaire entre 1000 et 49 999 habitants) :

- Nombre d'habitants < à 10 habitants (cette catégorie n'est pas représentée sur le littoral Nord-pas de Calais et a été masquée dans la légende des cartes)
- Nombre d'habitants compris entre 10 et 999 habitants
- Nombre d'habitants compris entre 1000 et 9999 habitants
- Nombre d'habitants compris entre 10000 et 49 999 habitants
- Nombre d'habitants \geq à 50 000 habitants

Les limites des communes sont figurées au moyen d'une ligne en pointillé blanche.

Populations actuelles et habitat dense et diffus exposés à l'aléa submersion T100 en 2013

La détermination des enjeux associés au bâti et des enjeux liés à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion marine centennal en 2013 a été réalisée via l'interrogation et le croisement de bases de données par un Système d'Information Géographique (S.I.G.) tel que résumé dans le Tableau ci-dessous. Ces résultats sont reportés dans un Tableau de synthèse dans le diagnostic par bassin de risques.

Les enjeux associés au bâti sont définis par la surface de l'habitat dense (zones urbanisées) et de l'habitat diffus comprise dans l'emprise de l'aléa submersion.

Les enjeux liés à la sécurité des personnes sont définis par le nombre de personnes qui pourraient être potentiellement touchées par l'aléa submersion c'est-à-dire la population pouvant être impactée à son domicile, en situation de nuit, puisque la population active n'est généralement pas présente à son domicile dans la journée.

Pour les communes de Sangatte, Coquelles, Calais, Grand-Fort-Philippe, Gravelines, Dunkerque, Coudekerque et Leffrinckoucke, les résultats issus des études relatives au Territoires à Risques importants d'Inondation (TRI) de Calais et Dunkerque ont été utilisés.

Pour les autres communes, la méthodologie utilisée pour déterminer le nombre de personnes pouvant être potentiellement affectées est basée sur le guide méthodologique d'élaboration des Analyses Multicritères (AMC) du MEDDE, comme suit :

- Croisement géographique des aléas et du carroyage de population Insee (contenant le nombre d'habitants sans double compte par carreau de 200x200 m)
- Sélection du bâti d'habitation
- Suppression des bâtiments dont la hauteur est supérieure à 100 mètres
- Suppression des bâtiments de surface inférieure à 20 m²
- En cas de présence de bâtiments de hauteur inférieure à 3 mètres, imposer une hauteur égale à 3 mètres pour ces bâtiments
- Calcul de la surface développée par bâtiment = surface * hauteur/3
- Répartition de la population située dans chaque carreau intersecté par l'enveloppe de l'aléa, sur les bâtiments triés de la BD Topo, au prorata de leur surface développée
- Somme de la population des bâtiments situés à l'intérieur des scénarii d'événements.
- Détermination de fourchettes de population pouvant être potentiellement être affectés par l'aléa submersion marine, sur la base d'une loi d'échantillonnage simplifiée de type exponentielle inverse, de telle sorte que l'intervalle d'incertitude sur le nombre d'habitants impactés est réduite d'un facteur quatre dès que la population de l'échantillon concerné augmente d'un facteur dix.

Tableau 10 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux du bâti et liés à la sécurité des personnes associées à l'aléa submersion marine T100 en 2013

Enjeux	Base de données	Analyse réalisée
Nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion marine	- Bd Topo ® de l'IGN - Données carroyées de l'INSEE	- Utilisation des résultats des TRI de Calais et Dunkerque - Croisement des deux bases de données et comptage du nombre d'habitants contenus dans l'aléa submersion marine pour les autres communes (d'après le guide méthodologique d'élaboration des AMC, MEDDE)
Surface et proportion de l'habitat dense touché par l'aléa submersion (zone urbanisée)	Occupation du sol 2009, Base de données Sigale, Nord Pas-de-Calais La dénomination « habitat dense » regroupe l'urbain continu dense, l'habitat résidentiel, l'habitat collectif haut, les stades et équipements sportifs, les emprises hospitalières, scolaires et/ou universitaires	Calcul de la surface et de la proportion de l'habitat dense contenu dans l'emprise de l'aléa submersion marine
Surface de l'habitat diffus touché par l'aléa submersion	Occupation du sol 2009, Base de données Sigale, Nord Pas-de-Calais La dénomination « habitat diffus » concerne l'habitat isolé	Calcul de la surface et de la proportion de l'habitat diffus contenu dans l'emprise de l'aléa submersion marine

Le nombre d'habitants potentiellement exposés à l'aléa submersion marine pour chaque commune est indiqué sous le nom de chaque commune sur les cartes.

Populations et habitat dense et diffus exposés à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

La détermination des populations et de l'habitat dense et diffus exposés à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans découle d'une analyse qualitative effectuée au cas par cas d'après la base de données parcellaires (Bd parcellaire ® de l'IGN) et la photographie aérienne de 2009 permettant de visualiser les limites de chaque commune, les parcelles ainsi que le contour des habitations, en fonction des fourchettes de reculs établis à une échéance de 10 ans.

Des croix bleues signalent sur les cartes les propriétés ou ensemble de propriétés qui ont fait l'objet d'un rachat à l'amiable par l'EPF du Nord Pas-de-Calais à Equihen-Plage et à Wimereux du fait de l'accélération du recul de la corniche de la falaise sur ces sites.

La description des zones urbanisées, du bâti et des ouvrages de protections potentiellement exposés à l'aléa érosion via l'abaissement du niveau de plage est fournie dans le cas où un abaissement du niveau de plage a été observé dans le passé (même si celui-ci n'a pas été quantifié comme dans la plupart des cas).

De nombreux hôpitaux (ou assimilés avec le centre de Thalassothérapie du Touquet) sont présents le long de la Côte d'Opale et notamment à Berck et à Zuydcoote. Ceux-ci sont représentés à l'aide d'un pictogramme « croix rouge » lorsqu'ils sont situés en bord de côte (Lorsque des emprises hospitalières sont situées à l'intérieur de l'emprise submersion marine,

celles-ci sont assimilées à du bâti et ne sont pas représentées par un pictogramme car elles sont prises en compte autrement – voir paragraphe ci-dessus).

2.3.2 Les enjeux touristiques

Les activités et/ou infrastructures touristiques (et de loisirs assimilées) présentes sur le territoire et pouvant potentiellement être affectées par les aléas érosion ou submersion marine ont été identifiées d'après plusieurs sources :

- Les bases de données BD Toponymie[®] et Sigale – Nord Pas-de-Calais (occupation des sols, 2009)
- Les cartographies du PLAGES (SMCO, 2003)
- Google Earth, Orthophoto de 2009
- Information bibliographique disponible, internet.

Les activités ou infrastructures touristiques listées ci-après, qui sont les plus représentées sur le littoral Côte d'Opale, sont signalées dans le rendu cartographique au moyen de pictogrammes placés à l'intérieur ou à moins de 300m de l'emprise des aléas :

- Les campings et les villages vacances,
- Les ports de plaisance
- Les clubs nautiques
- Les parcs de loisirs, parcs zoologiques et parcs des expositions

Les activités et/ou infrastructures touristiques moins représentées sur le territoire (hippodrome, monuments historiques, points de vue et observatoires, etc) sont répertoriées au cas par cas dans le diagnostic par bassin de risque.

2.3.3 Les Enjeux économiques

Les activités économiques exposées à l'aléa érosion à échéance 10 ans

La détermination des activités économiques (terrains agricoles, zones industrielles et commerciales, emprises portuaires) exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans découle d'une analyse qualitative effectuée au cas par cas d'après la base de données d'occupation du sol de 2009 Sigale du Nord-Pas-de-Calais permettant de visualiser les emprises situées en bordure de côte, et donc sujette à l'aléa érosion, en fonction des fourchettes de reculs établies à une échéance de 10 ans. La présence de ces emprises a été vérifiée à chaque fois grâce à Google Earth et à l'Orthophoto de 2009 (Aerodata 2009). Cette analyse a été complétée au besoin par les informations fournies dans la bibliographie ou sur internet.

La signalisation des terrains agricoles, des emprises industrielles, commerciales et portuaires sur les cartes est effectuée au moyen de pictogramme, respectivement un « tracteur », une « usine », le sigle « euro » et « un navire, un voilier ou un poisson » pour représenter les ports. Ceux-ci sont placés à l'intérieur ou à moins de 300m de l'emprise de l'aléa érosion.

Les aéroports sont considérés comme des infrastructures commerciales (même si ils constituent aussi un moteur du tourisme). Un pictogramme « avion » est signalé sur les cartes lorsque ceux-ci se situent à l'intérieur ou à moins de 300m de l'emprise de l'aléa érosion.

Les activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion T100 en 2013

Les enjeux agricoles

La détermination des enjeux agricoles en lien avec l'aléa submersion marine a été réalisée via l'interrogation et le croisement de bases de données par un Système d'Information Géographique (S.I.G.) tel que résumé dans le Tableau 11. Ces résultats sont reportés dans un Tableau de synthèse dans le diagnostic par bassin de risques.

La signalisation des terrains agricoles sur les cartes est effectuée au moyen d'un pictogramme « tracteur » placé à l'intérieur ou à moins de 300m de l'emprise de l'aléa.

Tableau 11 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux agricoles associés à l'aléa submersion marine T100 en 2013

Enjeux	Base de données	Analyse réalisée
Surface et proportion des cultures potentiellement affectées par l'aléa submersion T100 en 2013 (Ha)	Occupation du sol 2009, Base de données Sigale Nord Pas-de-Calais La dénomination « culture » regroupe les cultures annuelles, les maraichages, les serres, les systèmes culturaux et parcellaires complexes, les vergers et petits fruits	Calcul de la surface et de la proportion des cultures contenues dans l'emprise de l'aléa submersion marine
Surface et proportion des prairies potentiellement affectées par l'aléa submersion T100 en 2013 (Ha)	Occupation du sol 2009, Base de données Sigale Nord Pas-de-Calais La dénomination « prairie » regroupe les prairies naturelles et permanentes	Calcul de la surface et de la proportion des prairies contenues dans l'emprise de l'aléa submersion marine

Les enjeux industriels

La carte issue de l'IRE publiée en 2012 par la DREAL Nord Pas-de-Calais présente le nombre d'installations classées SEVESO « haut seuil » à Dunkerque, Gravelines et Loon-Plage (Figure 7). Les cartes ci-dessous (Figure 8 et Figure 9) issues de la carte Trame Verte et Bleue, facteurs d'influence (Région Nord Pas-de-Calais, 2007) illustrent la concentration des installations industrielles (SEVESO et autres) au niveau des ports de Dunkerque, Calais et Boulogne-sur-Mer. On compte 13 installations SEVESO « haut seuil » à Dunkerque, auxquelles il convient de rajouter les installations industrielles de Minakem classées SEVESO récemment ainsi que le nouveau terminal méthanier Dunkerque LNG. A Calais, on compte trois installations classées SEVESO « haut seuil » et une installation classée « bas seuil » à Boulogne-sur-Mer (IRE, 2012 ; site internet des installations classées, 2013). C'est aussi à Gravelines que se trouve la plus puissante centrale nucléaire d'Europe.

La détermination des enjeux industriels en lien avec l'aléa submersion marine a été réalisée via l'interrogation et le croisement de bases de données par un Système d'Information Géographique (S.I.G.) tel que résumé dans le Tableau ci-dessous. Ces résultats sont reportés dans un Tableau de synthèse dans le diagnostic par bassin de risques.

Tableau 12 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux industriels associés à l'aléa submersion marine T100 en 2013

Enjeux	Base de données	Analyse réalisée
<p>Surface et proportion des emprises industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal en 2013 (Ha)</p>	<p>- Occupation du sol 2009, Base de données Sigale, Nord Pas-de-Calais - Site internet du MEDDE http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/ et Cartes des enjeux des TRI de Calais et Dunkerque pour les stations d'épurations (DREAL NPdC, 2014) La dénomination « emprises industrielles » regroupe les emprises industrielles, carrières et zones de stockages ainsi que les stations d'épurations</p>	<p>Calcul de la surface et de la proportion des emprises industrielles contenues dans l'emprise de l'aléa submersion marine</p>

La signalisation des zones industrielles sur les cartes est effectuée au moyen d'un pictogramme « usine ». Afin de faciliter la lecture de la carte, seules les installations industrielles situées dans l'emprise de l'aléa submersion ou à proximité (300m) sont représentées sur les cartes.

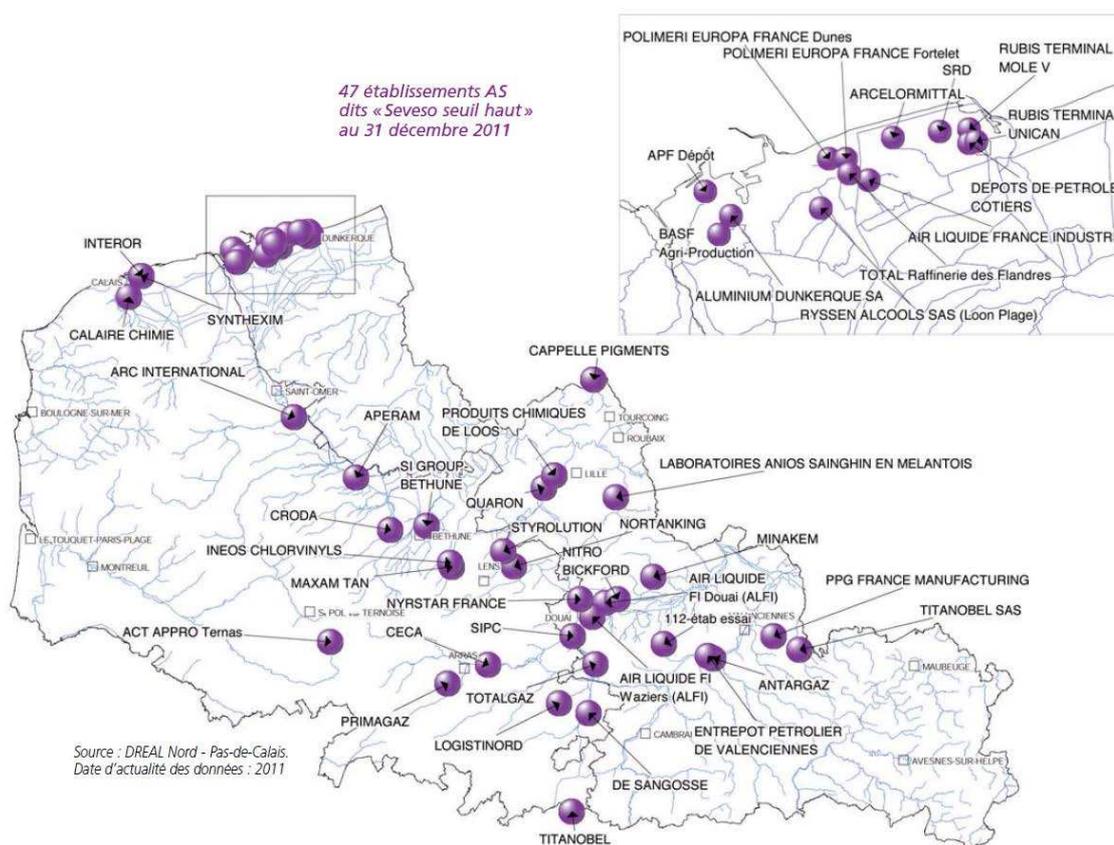


Figure 7 : Etablissements industriels classés SEVESO seuil haut dans le Nord Pas-de-Calais et en insert à Dunkerque (DREAL Nord Pas-de-Calais, 2012)

Figure 8 : Installations industrielles dans la zone industrialo-portuaires de Gravelines, Grand-Fort-Philippe et Dunkerque (Extrait de la carte Trame Verte et Bleue, facteurs d'influence, Région Nord Pas-de-Calais, 2007)

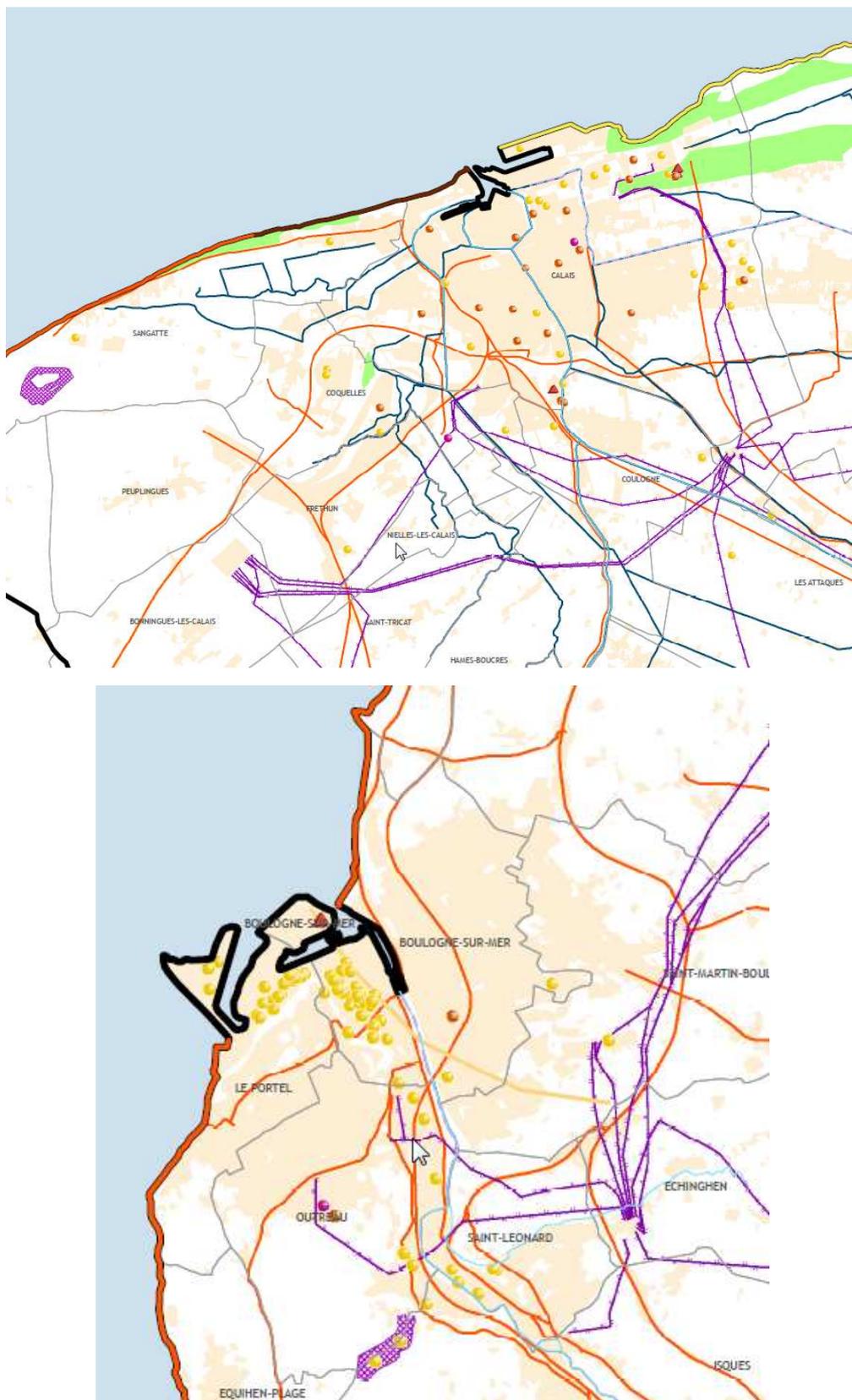


Figure 9 : Installations industrielles et installations classées SEVESO dans les zones industrialo-portuaires de Calais (en haut) et de Boulogne-sur-Mer (en bas) (Extrait de la carte Trame Verte et Bleue, facteurs d'influence, Région Nord Pas-de-Calais, 2007)

Les enjeux commerciaux

La détermination des enjeux commerciaux en lien avec l'aléa submersion marine a été réalisée via l'interrogation et le croisement de bases de données par un Système d'Information Géographique (S.I.G.) tel que résumé dans le Tableau ci-dessous. Ces résultats sont reportés dans un Tableau de synthèse dans le diagnostic par bassin de risques.

Les zones d'activités commerciales sont signalées sur les cartes par un pictogramme représentant le sigle Euro, hormis celles qui sont situées dans le centre des villes.

Tableau 13 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux commerciaux associés à l'aléa submersion marine

Enjeux	Base de données	Analyse réalisée
Surface et proportion des emprises commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion T100 en 2013 (Ha)	Occupation du sol 2009, Base de données Sigale Nord Pas-de-Calais	Calcul de la surface et de la proportion des emprises commerciales contenues dans l'emprise de l'aléa submersion marine

Les aéroports sont considérés comme des infrastructures commerciales (même si ils constituent aussi un moteur du tourisme). Un pictogramme « avion » est signalé sur les cartes lorsque leur emprise se situe à l'intérieur de l'emprise de l'aléa submersion.

Les enjeux portuaires

La détermination des enjeux portuaires en lien avec l'aléa submersion marine a été réalisée via l'interrogation et le croisement de bases de données par un Système d'Information Géographique (S.I.G.) tel que résumé dans le Tableau ci-dessous. Ces résultats sont reportés dans un Tableau de synthèse dans le diagnostic par bassin de risques.

Tableau 14 : Données utilisées et analyse réalisée pour déterminer les enjeux associés à l'aléa submersion marine

Enjeux	Base de données	Analyse réalisée
Surface et proportion des emprises portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion T100 en 2013 (Ha)	Occupation du sol 2009, Base de données Sigale Nord Pas-de-Calais	Calcul de la surface et de la proportion des emprises portuaires contenues dans l'emprise de l'aléa submersion marine

Les ports sont représentés sur les cartes par un pictogramme représentant un navire, un voilier et/ou un poisson en fonction des activités commerciales, de plaisance ou de pêche de chaque port.

2.3.4 Patrimoine environnemental et paysager

Enjeux environnementaux

Le grand nombre de désignations environnementales en général et pour certains sites sur le territoire Nord Pas-de-Calais est tel que leur superposition sur une même carte peut la rendre rapidement illisible.

De plus, la surface d'une zone réglementée et le nombre de désignations ne dénotant pas forcément la portée réglementaire ou la sensibilité écologique attachée à un site, il a été décidé de représenter les sites protégés avec un pictogramme variant en couleur, en fonction de la sensibilité environnementale de chaque site. Le pictogramme retenu est un « oiseau ».

Les sites protégés sont tout d'abord classés selon qu'ils ont une sensibilité forte, moyenne ou faible du point de vue de la portée de chaque désignation (protection foncière, protection réglementaire et législative et/ou qualité écologique inventoriée) et des mesures de gestion et/ou de conservation. Ainsi les sites protégés sous la désignation Natura 2000 auront obligatoirement une sensibilité forte quel que soit le nombre de désignations à sensibilité moyenne ou faible dont ils bénéficient aussi.

A chaque classe est appliquée une taille de pictogramme comme présentées dans le Tableau 15 ci-dessous :

Les sites protégés deviennent des enjeux environnementaux face aux aléas littoraux lorsque :

- ceux-ci sont contenus dans la zone d'aléa submersion
- ceux-ci sont contenus entre le trait de côte à la limite externe de l'aléa érosion dans les terres.

Tableau 15 : Classifications des sites protégés en fonction de leur sensibilité environnementale

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE - protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE - autre
Réserve Naturelle Nationale	Sites classés	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 et 2)
Réserve Naturelle Régionale	Arrêtés préfectoraux de protection de biotope	ZICO
Réserves biologiques	RAMSAR	Sites inscrits
Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux)	Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres	Parc Naturel Régional
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Cette méthode de classification des enjeux environnementaux permet ainsi aux gestionnaires du littoral d'apprécier rapidement l'importance des enjeux environnementaux considérés.

Le Schéma Régional de Cohérence Ecologie – Trame Verte et Bleu (SRCE–TVB)

La Schéma Régional de Cohérence Ecologie - Trame Verte et Bleue régionale (TVB), en cours d'élaboration, traduit la volonté de la Région Nord Pas-de-Calais de reconstituer une infrastructure naturelle multifonctionnelle (écologique, ludique et paysagère) et d'apporter sa contribution à la constitution du réseau écologique paneuropéen et ainsi de respecter ses engagements européens. Cet outil d'aménagement du territoire constitue un réseau des continuités écologiques terrestres et aquatiques. Il vise à préserver les services rendus par la biodiversité, à enrayer sa perte en maintenant et restaurant ces capacités d'évolution et à la remise en bon état des continuités écologiques. Il constitue un engagement majeur pour intégrer la biodiversité dans les politiques publiques.

Les trois axes de travail identifiés sont les suivants :

- les cœurs de nature qui concentrent la biodiversité régionale
- les corridors biologiques qui ont pour fonction de relier les cœurs de nature afin de permettre les flux indispensables de déplacement des espèces
- les espaces à renaturer, secteurs qui ont été identifiés pour y mener des actions de restauration de la biodiversité.

Dans le cadre de cette trame, la totalité du littoral du Nord Pas-de-Calais qui est non artificialisé par des ouvrages portuaires ou de protection du littoral est ainsi classé comme Cœur de nature comme le montre la carte ci-dessous.

Compte tenu de son omniprésence, la TVB a été classée comme un enjeu faible, de façon à ce qu'elle ne tire pas vers le haut toutes les classes de sensibilité.

Continuité écologique des cours d'eau

La directive cadre sur l'eau du 23 octobre 2000 fixe aux Etats membres un objectif général de non dégradation et d'atteinte du bon état des cours d'eau à l'échéance de 2015. Outre les plans de gestion du saumon, de l'anguille et de l'esturgeon, la France s'est engagée dans la mise en place d'une trame verte et bleue, outil d'aménagement du territoire visant à restaurer des continuités écologiques pour les milieux terrestres et les milieux aquatiques et préserver ainsi la biodiversité (voir paragraphe ci-dessus).

La restauration de la continuité écologique des cours d'eau est un élément essentiel de la lutte pour la reconquête de la biodiversité aquatique. Elle se définit par la circulation des espèces et le bon déroulement du transport des sédiments. Elle a une dimension amont-aval, impactée par les ouvrages transversaux comme les seuils et barrages, et une dimension latérale, impactée par les ouvrages longitudinaux comme les digues et les protections de berges. Un plan d'actions pour la restauration de la continuité écologique des cours d'eau a été annoncé le 13 novembre 2009.

L'arrêté préfectoral en date du 2 juillet 2012 fixe la liste des cours d'eau parties de cours d'eau ou canaux mentionnées au 1° du I de l'article L214 -17 du code de l'environnement, sur lesquels aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages, s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique (com. pers. DREAL, 2014).

L'arrêté préfectoral en date du 2 juillet 2012 fixe la liste des parties de cours d'eau ou canaux tels que définis au 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement sur lesquels tout ouvrage doit être géré, entretenu et équipé selon les règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou à défaut l'exploitant, pour assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs dans un délai de 5 ans, ceci étant

entendu que ces sédiments alimenteront des plages en amont et donc une meilleure protection du littoral.

Le tableau ci-dessous présente les principaux cours d'eau ou canaux et ouvrages mentionnés au 1° et 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement.

Tableau 16 : principaux cours d'eau, canaux et ouvrages mentionnés au 1° et 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement

	Principaux cours d'eau, canaux et ouvrages	Limite Aval à la mer	Mentionné au 1° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement → pas de construction de nouveaux ouvrages si obstacle à la continuité écologique	Mentionné au 2° du I de l'article L214-17 du code de l'environnement → ouvrage doit être géré pour assurer le transport sédimentaire et la circulation des poissons
BR 1	L'Authie	Mer	X	X
BR 3	La Canche	Mer	X	X
BR 5	La Liane	Mer (Barrage Marguet à Boulogne inclus)	X	X
BR 6	Wimereux	Mer	X	X
BR 6	Slack	Mer	X	X
BR 9	Bassin Carnot	Mer		X
BR 9	Canal de Calais	Mer	X	X
BR 11	Aa canalisée	Mer (Ecluse 63 et 63 bis à Gravelines incluses)	X	X

Enjeux paysagers

Les enjeux paysagers s'expriment au travers de la réglementation relative aux Sites classés et aux Sites inscrits (intérêts paysager, scientifique, historique, archéologique, légendaire ou pittoresque) et des 3 grands paysages littoraux définis dans le cadre des Atlas des paysages de la région Nord Pas-de-Calais : les Paysages des dunes de la mer du Nord, les Paysages des falaises d'Opale et les Paysages des dunes et estuaires d'Opale (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

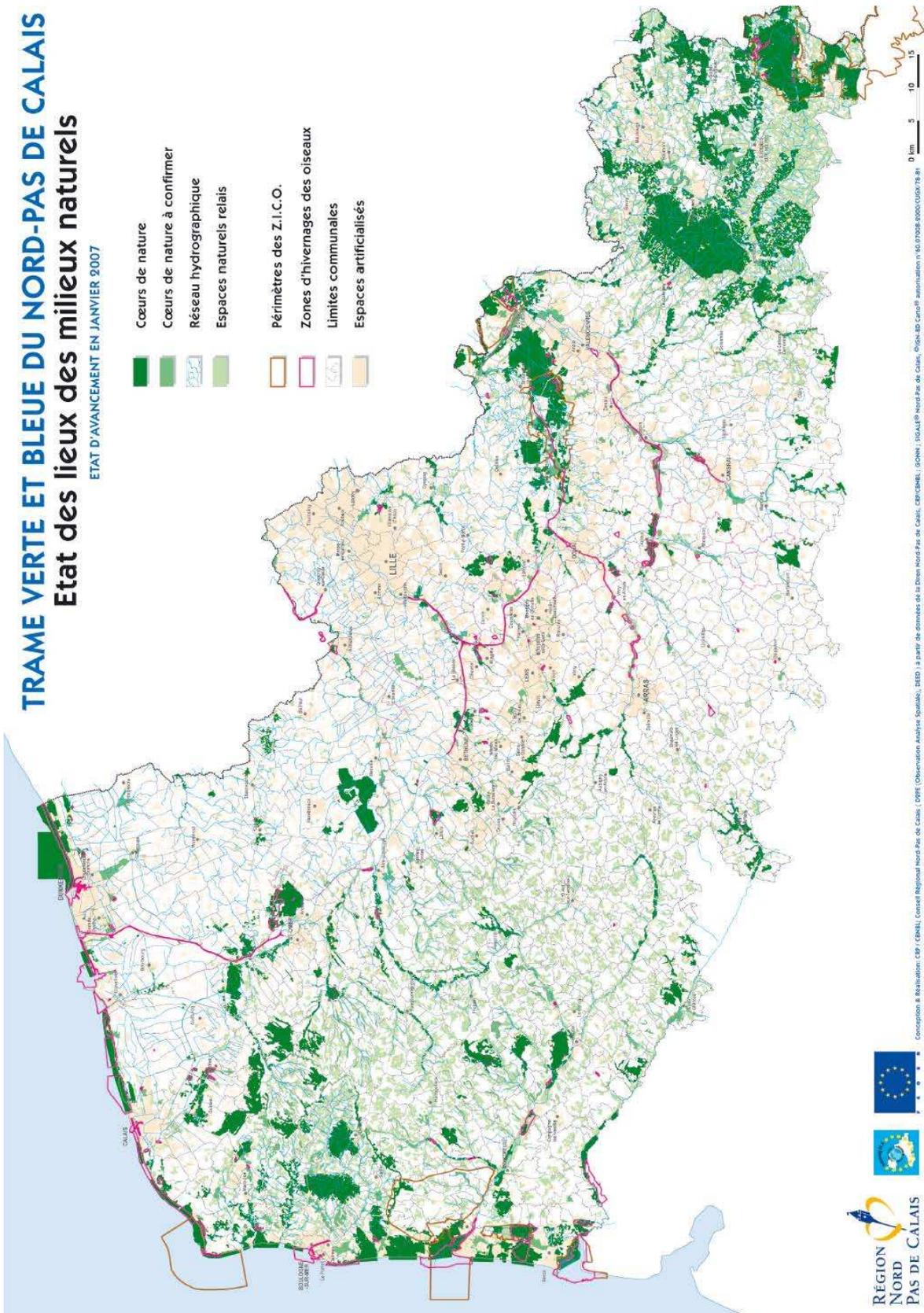


Figure 10 : Trame Verte et Bleue du Nord Pas-de-Calais : Cœur de nature le long du littoral (Région Nord Pas-de-Calais, 2007)

3 Présentation des informations/données

3.1 Conventions

3.1.1 Paramètres physiques des sites

Les directions données dans l'état des connaissances ci-dessous sont par convention :

- celles d'où viennent les vagues
- celles d'où arrive le vent
- celles où porte le courant

La dérive littorale est un courant parallèle à la côte généré sous l'action des houles atteignant la côte de manière oblique. La dérive littorale est un des agents qui assure le transport des sédiments le long des côtes. Des obstacles perpendiculaires au trait de côte peuvent constituer un obstacle à ce transport et les sédiments restent ainsi accumulés en amont de l'obstacle. On parle ainsi d'accumulation amont-dérive. La conséquence de cette accumulation est la sous-alimentation en sédiment de la côte située en aval de l'obstacle, on parle ainsi d'érosion aval-dérive.

3.2 Altimétrie et Planimétrie

Les coordonnées planimétriques qui sont utilisées dans le cadre de cette étude sont rattachées à la projection plane Lambert 93.

Les cotes altimétriques sont exprimées en cotes terrestres rapportées au système IGN69 de manière à pouvoir comparer rapidement le niveau de la mer avec la cote d'arase des ouvrages et avec le niveau de l'arrière-pays potentiellement à risque de submersion.

De manière ponctuelle (en particulier lors de la présentation des cartes bathymétriques), il pourra être fait référence aux cotes marines rattachées au zéro hydrographique, correspondant au niveau des plus basses mers (0 m CM). La correspondance entre le zéro hydrographique et le zéro IGN69 le long du littoral est indiquée dans le Tableau suivant.

Tableau 17 : Correspondance entre le zéro hydrographique (0m CM) et le zéro altimétrique de référence (0m m IGN69)

Zones	Zéro hydrographique (0mCM) / Zéro altimétrique de référence (0m IGN 69)
D'Ault (Picardie) au Gris-Nez	-4,388
Du Gris-Nez au phare de Walde (Marck)	-3,455
Du phare de Walde à la frontière belge	-2,693

Le fond de plan correspond à une photographie aérienne orthorectifiée de 2009 fournie par le Plateforme Publique de l'information géographique (PPige) du Nord Pas-de-Calais (2013).

3.3 Représentation cartographique

Le trait de côte représenté sur les cartes a été digitalisé à partir de la photographie aérienne orthorectifiée d'Aérodats de 2009 servant de fond de plan aux cartes, hormis pour les sites suivants, pour lesquels des traits de côte provenant de relevés topographiques de résolution centimétrique plus récents ont été fournis par le LOG de l'ULCO :

- Entre la Grande Dune et le Bec du Perroquet dans la Baie d'Authie (relevé de 2012)
- Platier d'Oye (relevé de 2013)
- L'Est dunkerquois entre Leffrinckoucke et Bray-Dunes (relevé de 2010)

3.4 Lecture parallèle du diagnostic écrit et des cartes

Le diagnostic écrit s'appuie sur les cartes contenues dans le carnet de cartes afin d'illustrer les propos exprimés dans le texte et situer les communes et autres lieux dits.

De la même façon, les cartes par bassin de risque ne pouvant contenir toutes les informations, le lecteur pourra trouver plus d'informations et des descriptions détaillées dans le diagnostic écrit.

La lecture de ces deux documents doit donc se faire de manière conjointe, les deux documents pris individuellement ne pouvant se suffire à eux-mêmes.

Deux cartes supplémentaires d'ensemble ont été réalisées pour les bassins de risques BR 3 et BR 13 afin de pouvoir y visualiser l'aléa submersion marine dans son ensemble. Afin d'en faciliter la lecture, seuls l'aléa submersion, le nom, la taille des communes et le nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion ainsi les ouvrages de protection y sont représentés.

Chapitre 4 - Etat des connaissances à l'échelle régionale

1 Morphologie côtière

Le littoral de la Côte d'Opale s'étend sur 140km entre la Baie d'Authie et la frontière belge. Morphologiquement parlant, on distingue trois grands ensembles (Chaverot, 2006) :

- La plaine maritime picarde, qui se situe entre la Baie d'Authie et jusqu'au sud d'Equihen Plage, est caractérisée par une plaine humide bordée à l'Est par des paléo-falaises et à l'ouest par des massifs dunaires d'une largeur pouvant atteindre 3.5km. Au premier cordon dunaire succède une zone basse de pannes humides puis un second cordon dunaire plus ou moins fixé par un couvert forestier. On distingue ensuite une vaste plaine humide, les Bas-Champs, laquelle est bordée à l'Est par les paléo-falaises. La côte est interrompue par l'Estuaire de la Baie d'Authie et l'Estuaire de la Canche.

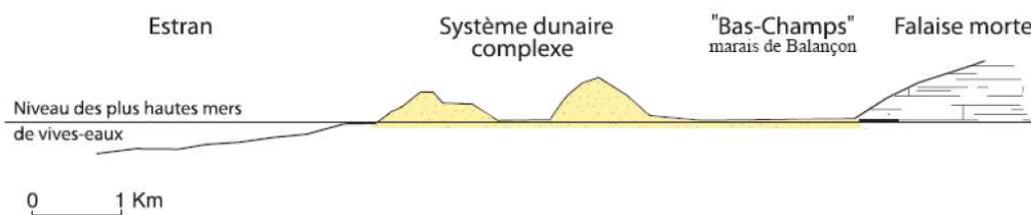


Figure 11 : Coupe topographique caractéristique de la plaine maritime picarde (Chaverot, 2006).

- Les falaises du Boulonnais qui s'étendent d'Equihen-Plage jusqu'à Sangatte sont caractérisées par trois faciès géologiques distincts :
 - Des falaises jurassiques entre Equihen-Plage et le Cap Gris-Nez qui s'élèvent à plus d'une trentaine de mètres par rapport au niveau de l'estran,
 - Des falaises du Crétacé entre Wissant et l'ouest de Sangatte qui s'élèvent à plus de 100m de haut. Ce sont les falaises du Cap Blanc-Nez,
 - Des falaises du Pléistocène qui succèdent aux falaises du Cap Blanc-Nez jusqu'à Sangatte et qui atteignent 20-30 m tout au plus.

Ces falaises sont parfois entrecoupées de massifs dunaires comme entre Wimereux et Ambleteuse avec les dunes de la Slack ou dans la baie de Wissant.

- La plaine maritime flamande entre Sangatte et la frontière belge, fondée sur l'ancien delta de l'Aa, a été drainée et poldérisée au cours des siècles. L'arrière-pays est donc constitué par des terrains d'altitude inférieure aux plus hautes mers de vives eaux, qui sont, en bordure de côte, seulement séparés de la plage par un unique cordon dunaire quand le littoral n'a pas été artificialisé. Un réseau de canaux et de watergangs (fossés, rivières) de 1500 km de long permet d'évacuer vers la mer les eaux de ruissellement et de rivières provenant des

bassins versants des Collines de l'Artois à l'Ouest et de la Flandre Intérieure à l'Est par l'intermédiaire de portes à la mer et de stations de pompage.

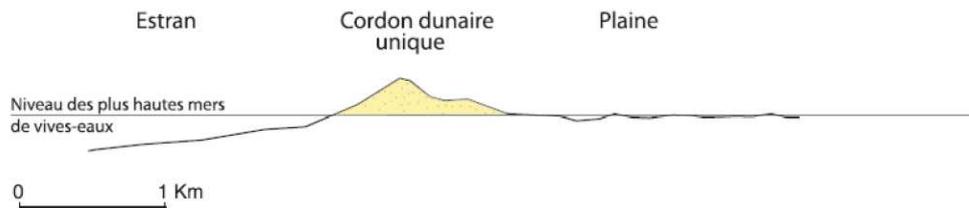


Figure 12 : Coupe topographique caractéristique de la plaine maritime flamande (Chaverot, 2006)

Caractérisé par un fort marnage, le littoral de la Côte d'Opale présente des largeurs d'estrans importantes à marée basse qui varient de 1000m au niveau de Berck à 600m à Boulogne-sur-Mer sur la façade manche et qui sont comprises entre 300 et 1500m sur la façade Mer du Nord. A marée basse, la partie découverte de l'estran révèle une alternance de crêtes et de creux parallèles au rivage appelés respectivement barres et bâches.

Environ 40% du littoral est artificialisé par des ouvrages de protection ou des digues portuaires qui se concentrent pour une grande partie sur la façade Mer du Nord le long de la plaine maritime flamande. Comparativement, environ 20 % du littoral Pas-de-Calais est artificialisé contre 75 % du littoral Nord (Meur-Férec, 1995). Les dunes, quant à elles, comptent pour 45% du littoral et les falaises pour 15% (SMCO, 2003).

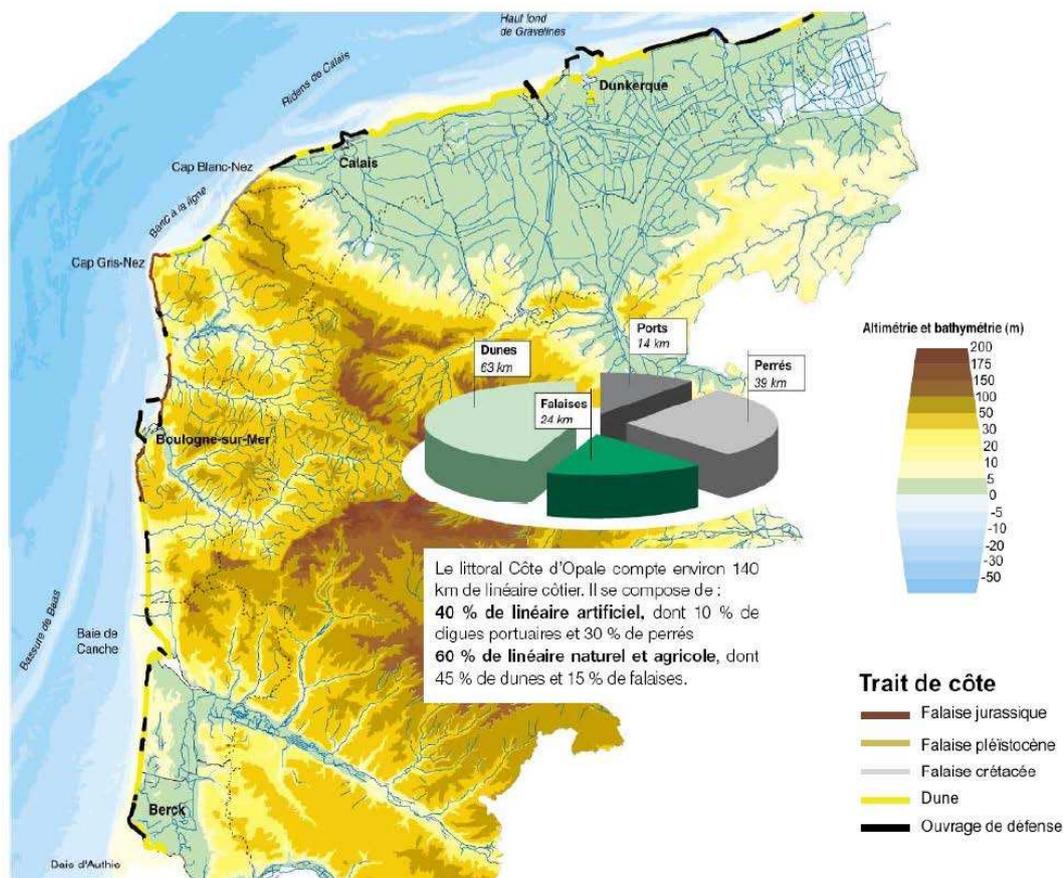


Figure 13 : Géographie physique de la Côte d'Opale, source Plan Littoral d'Actions pour la Gestion de l'Erosion (PLAGE) (SMCO, 2003).

2 Les fonds marins et la dynamique sédimentaire régionale

La Côte d'Opale s'ouvre sur la Manche à l'Ouest et sur la Mer du Nord sur sa façade nord. Ces deux mers sont délimitées par le détroit du Nord-Pas-de-Calais, goulot d'étranglement de 35km de large entre les côtes françaises et les côtes britanniques où la profondeur maximale ne dépasse pas 65m comme le montre la Figure 14 ci-dessous.

La couverture sédimentaire est composée de nombreux bancs sableux orientés plus ou moins parallèlement aux côtes qui recouvrent un pavage de sédiments plus grossiers (graviers, galets, blocs). La présence, la morphologie ainsi que l'orientation de ces bancs de part et d'autres du détroit résultent d'un fort hydrodynamisme lié au resserrement des côtes françaises et britanniques, de la dominance des courants de marée de flot, qui portent vers l'Est Nord-Est, et à l'action des houles provenant en majorité du secteur ouest-sud-ouest. Cela induit un transport résiduel des sédiments dirigé du sud vers le nord sur la façade maritime ouest et de l'ouest vers l'est sur la façade maritime nord (Chaverot *et al*, 2008 ; Aernouts, 2005). On dénombre trois bancs sableux principaux le long de la façade littorale picarde et une grande quantité le long de la façade nord, les bancs augmentant progressivement en nombre et en taille à mesure que l'on s'approche de la frontière belge (DIREN Nord Pas-de-Calais, 2007).

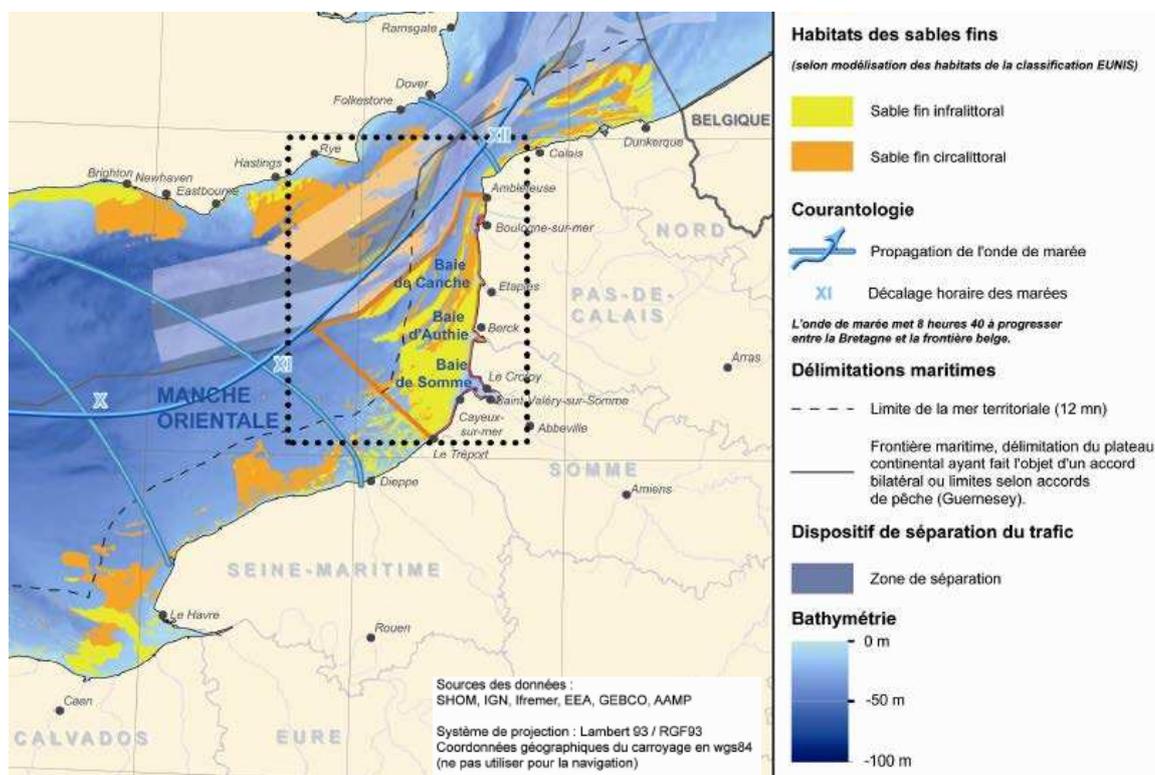


Figure 14 : Extrait de la carte « Manche Orientale, secteur d'études du parc naturel marin à l'ouvert des estuaires de la Somme, de l'Authie et de la Canche » montrant la nature des fonds sableux et la bathymétrie (Agence des aires marines protégées, 2014).

Au niveau de l'avant côte, les bancs sableux pré-littoraux peuvent induire un changement de direction du transport de sédiment. Sous l'action des houles de tempête et des courants de marée, certains de ces bancs migrent progressivement vers la côte. C'est le cas du Ridens de la rade à l'Est de Calais (Tresca, 2013 ; Héquette & Aernouts, 2010 ; Chaverot *et al*, 2008).

Des études récentes ont montré que la dynamique morpho-sédimentaire de ces bancs avait une influence non négligeable sur les phénomènes d'érosion et d'accumulation à la côte. Il semblerait que cela soit notamment le cas du Banc à la Ligne en Baie de Wissant et du Banc de Hills situé entre Dunkerque et la frontière belge (Aernouts et Héquette, 2006 ; Maspataud *et al*, 2013)

Les bancs pré-littoraux, lorsqu'ils s'accolent à la côte, comme c'est le cas à l'est de Calais, constituent des stocks de sables important qui participent à la dynamique sédimentaire littorale (Héquette et Aernouts, 2010).

La taille des sédiments sur les plages est comprise entre $0,2 \text{ mm} < d_{50} > 0,385 \text{ mm}$ entre Berck et Wimereux, ce qui correspond à des sables fins à moyens (IDRA, 2013 ; Artelia, 2009 ; DHI /Ecoplage, 2007). Au nord de Wimereux, les plages présentent deux modes granulométriques, des sables fins à moyens qui sont recouverts par des bermes de sédiments plus grossiers (graviers, galets) majoritairement situés en haut de plage et dont la taille progresse à mesure que l'on remonte vers le nord. Dans la baie de Wissant et à partir de Sangatte jusqu'à Bray-dunes, les plages sont à nouveau recouvertes de sables fins à moyens. Les sédiments sont fins dans les estuaires et les plateformes des Hemmes de Marck et d'Oye.

3 Conditions météo-océanographiques

3.1 Les niveaux d'eau

3.1.1 La marée

La région Nord Pas-de-Calais est soumise à un régime de marée macrotidale sur la façade Manche qui devient macrotidale à mésotidale sur la façade Mer du Nord à mesure que l'on se dirige vers l'Est. Le régime est de type semi-diurne avec deux pleines mers et deux basses mers par jour (SHOM, 2013 ; Héquette & Aernouts, 2010).

En marée de vives eaux (Coefficient 95), le marnage atteint 5,6m à Dunkerque, 6.4 m à Calais, 7,7m à Boulogne-sur-Mer, 8m à Hardelot Plage et 8,5m en Baie d'Authie (SHOM, 2013).

Tableau 18 : Niveaux de marée le long de la Côte d'Opale exprimé par rapport au 0 NGF (SHOM, 2013)

Niveau de la mer (m IGN)	Pleine Mer de Mortes Eaux moyenne PMME	Pleine Mer de Vives Eaux moyenne PMVE	Plus Haute Mer Astronomique PMHA
Berck	3,52	5,32	6,16
Le Touquet - Etaples	3,37	5,17	5,86
Boulogne-sur-Mer	2,82	4,47	5,10
Wissant	3,10	4,55	5,17
Calais	2,60	3,85	4,44
Gravelines	2,66	3,81	4,27
Dunkerque Est	2,31	3,36	3,79

3.1.2 Les niveaux d'eau extrêmes

On définit la notion de niveaux extrêmes par la conjonction de niveaux de marée plus ou moins élevés associés à une surcote qui peut trouver son origine dans plusieurs phénomènes :

- La diminution de la pression atmosphérique lors du passage d'épisodes tempétueux : une baisse de la pression atmosphérique de 1 hectopascal se traduit par une hausse temporaire du niveau d'eau de 1 cm
- L'action des vents forts et persistants, les vents d'afflux, sur la masse d'eau lors des tempêtes peut générer une accumulation des masses d'eau vers le littoral

Localement, à la côte, le déferlement continu des vagues de tempêtes peut entraîner une accumulation de la masse d'eau contre le rivage qui peut provoquer une surélévation conséquente du niveau moyen qu'on nomme surcote de déferlement (setup).

Les surcotes à Dunkerque ont été récemment actualisées par Maspataud et al (2012) à 1,80 m, 2,15 m et 2,25 m pour des conditions des conditions de tempêtes décennale, cinquantennale et centennale respectivement.

La surcote maximum qui a été mesurée à Dunkerque lors de la tempête Xaver qui a eu lieu dans la nuit du 5 au 6 Décembre 2013 établit un nouveau record : à basse mer, le niveau de la mer mesuré était 2,40 m au-dessus du niveau de marée prédit. La hauteur d'eau maximale a ainsi atteint un niveau de 4,75m IGN alors que la marée était basse à ce moment-là (SHOM, 2013). Si la marée avait été haute, le niveau d'eau aurait atteint 5,76 m IGN.

Aux niveaux extrêmes de tempête, il faut ajouter les surcotes liées à l'augmentation du niveau de la mer due au changement climatique qui sont préconisées par la circulaire de 11 Juillet 2007 et par l'ONERC, c'est-à-dire +0,20m immédiatement en 2013 et +0,60m en 2100.

Le tableau ci-dessous présente quelques-uns des niveaux d'eau extrêmes qui ont été considérés pour la modélisation des submersions marines effectué par DHI dans le cadre de la préparation de la caractérisation de l'aléa submersion sur la côte d'opale (2013a) d'après les données du CETMEF/SHOM.

Tableau 19 : Niveaux extrêmes définis dans le cadre de la caractérisation de l'aléa submersion marine pour quelques sites du littoral Côte d'Opale (d'après DHI, 2013a).

Site	Niveau d'eau extrême (m IGN)		
	Période de retour centennale	Période de retour centennale en 2013	Période de retour centennale en 2100
Berck	6,30	6,50	6,90
Boulogne-sur-Mer	5,74	5,94	6,34
Wimereux	5,70	5,90	6,20
Sangatte	5,20	5,40	5,60
Calais	5,04	5,24	5,64
Oye-Plage	4,80	5,00	5,40
Dunkerque	4,70	4,90	5,30
Bray-Dunes	4,70	4,90	5,30

Une surcote de déferlement a été rajoutée aux niveaux extrêmes ci-dessus qui varient de +0,08 à +0,49m selon les sites pour les sites sur lesquels un déferlement a lieu.

Une étude récente a montré qu'il existe une relation statistiquement significative entre les surcotes et la marée à l'échelle de la Manche (Haigh *et al*, 2010). Les analyses réalisées à partir des enregistrements de marée de 18 ports sur les deux rives de la Manche ont en effet révélé que les pics de surcotes ont tendance à se produire plusieurs heures avant la pleine mer, cette interaction entre les surcotes et la marée s'accroissant d'Ouest en Est dans la Manche.

A Dunkerque, par exemple, les surcotes maximales se produisent généralement entre 2 et 4 heures avant la marée haute. Bien que ce phénomène ne soit pas encore entièrement expliqué, ces résultats ont des implications majeures en matière de prévision des risques littoraux, les risques de submersion marine étant atténués en raison de ce décalage dans le temps entre le moment des surcotes maximum et celui de la haute mer.

3.2 Le vent

Les vents proviennent essentiellement du secteur SSO à OSO avec des vents dominants provenant essentiellement du sud-ouest sur les deux façades maritimes et sont associés aux systèmes dépressionnaires nord-atlantique qui remontent la Manche. Il existe un régime secondaire de vent provenant du secteur N à ENE associés aux masses d'air provenant de la Mer du Nord.

La Figure 15 ci-dessous montre les roses des vents au Touquet et à Dunkerque.

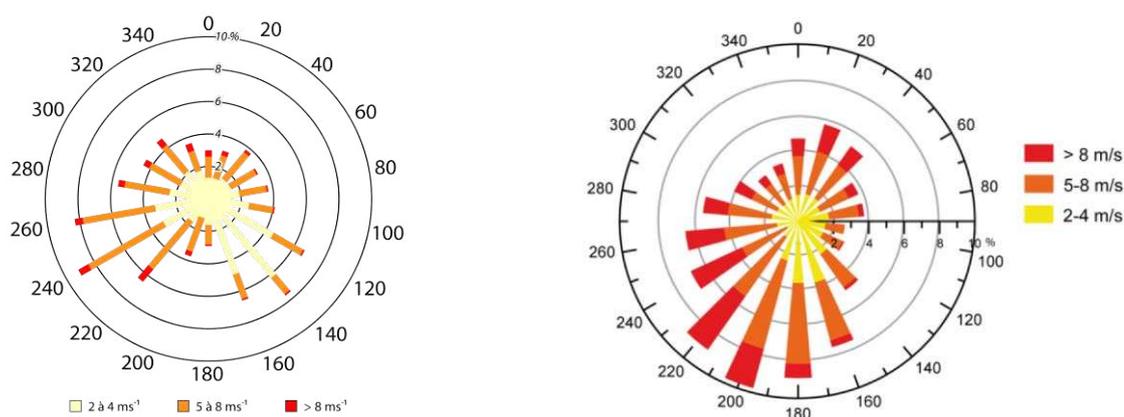


Figure 15 : Roses des vents au Touquet (ULCO-LOG, 2013) et à Dunkerque (Maspataud, 2011 d'après des données de Météo-France 1981-1990).

A Dunkerque, les vents de 5 à 8 m/s représentent 45,2% des observations et proviennent majoritairement du sud-ouest. Les vents plus forts (> à 8 m/s) représentent 17,5% des observations, les vents > à 12 m/s étant inférieurs à 3,6% (ULCO, 2013).

Le vent est à l'origine des vagues et il peut aussi induire des surcotes lors des épisodes tempétueux. Le vent est aussi responsable de la déflation du sable sur les plages, de son transport sur l'estran et de l'alimentation des dunes. Il joue donc un rôle fondamental sur la dynamique morphosédimentaire des côtes sableuses de la Côte d'Opale.

3.3 Les conditions de houles et de mer du vent

Les houles qui atteignent la Côte d'Opale sont issues de la Manche et se propagent en mer du nord et proviennent majoritairement du sud-ouest en raison de la prépondérance des vents dans cette direction : ces houles sont courtes et ont une période moyenne comprise entre 5 et 7s. La hauteur significative des houles au large ne dépasse pas 1m dans plus de 50% des cas

et 2m dans 8% des cas mais peut dépasser 5m en conditions de tempête, associée à des houles longues de période de 12s (Maspataud, 2011). Ceci est dû à la combinaison d'un fetch limitée en Manche c'est-à-dire d'une étendue de mer limitée sur laquelle le vent peut souffler, de faibles profondeurs mais aussi de la présence de grands bancs qui participent à la dissipation de l'énergie de la houle par réfraction. Un régime de vagues provenant de la mer du Nord prévaut lors de conditions de vent de secteurs nord avec des vagues de secteur NO à NE sur la façade maritime flamande (Maspataud, 2011 ; Aernouts & Héquette, 2006).

A la côte, la hauteur des vagues est largement atténuée lors de leur propagation au-dessus des bancs pré-littoraux. Près de 80% du temps les vagues sont alors inférieures à 1,2m.

Sur la façade maritime picarde, elles sont légèrement réfractées et abordent avec une direction OSO (Levoy *et al*, 1998 ; Spika, 1998).

Sur la façade maritime flamande, elles tendent à prendre une direction N à NO suite à leur réfraction sur les hauts fonds (Maspataud, 2011 ; Aernouts & Héquette, 2006).

Dans les estuaires d'Authie et de La Canche, les conditions de houle sont largement atténuées par les nombreux bancs sableux situés à l'embouchure. Les houles diffractées par les flèches sableuses de Routhiauville et du Touquet atteignent les rives nord des estuaires de l'Authie et de la Canche respectivement. Les hauteurs de vagues sont peu élevées mais peuvent avoir une influence non négligeable sur la morphologie côtière dans le cas où celles-ci sont combinées avec des niveaux marins élevés (Dobroniak, 2002).

Les vagues atteignant le fond des estuaires sont limitées par la profondeur des schorres et sont donc très faibles (Socotec, 2012).

A noter que des houlographes ont été installés au large de la Côte d'Opale dans le cadre du réseau Candhis du CEREMA :

- La Bouée Vergoyer a été installée au large de la façade Manche entre janvier 2010 et mai 2013.
- La Bouée Ruytingen a été installée au large de la façade Mer du Nord entre décembre 2009 et Février 2010.
- La Bouée Calais a été installée au large de la façade Mer du Nord entre mai 2012 et octobre 2012.

Les statistiques issues des mesures sont disponibles en ligne à cette adresse : <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>.

4 Les conséquences du changement climatique sur le littoral Nord Pas-de-Calais

4.1 L'augmentation du niveau de la mer

L'augmentation du niveau de la mer, conséquence du changement climatique est due, entre autres, à l'expansion thermique de l'eau des océans et à la fonte des glaciers continentaux et de montagne.

Aujourd'hui, cette augmentation globale est avérée avec, en 2013, une augmentation de 1,5 mm/an moyennée sur plusieurs dizaines d'années de mesures de niveaux d'eau par les marégraphes répartis sur l'ensemble du globe et vérifiées par les avancées récentes en altimétrie satellite (IPCC/GIECC, 2013).

L'élévation du niveau de la mer mesurée par altimétrie satellitaire sur les deux dernières décennies a mis en évidence des rythmes d'élévation de plus de 3 mm/an (Rahmstorf *et al*, 2012), ce qui pourrait suggérer une accélération de l'élévation du niveau de la mer.

Par contre, l'augmentation varie d'une région à l'autre et elle est aussi plus rapide depuis deux décennies. Dans la région Manche/Mer du Nord, l'augmentation du niveau de la mer a été de 1.8 mm/an pour Dunkerque entre 1957 et 2007 (Héquette, 2010), de 1,9 mm/an entre 1945 et 2007 à Ostende en Belgique (Communication Conférence CERCLE Décembre 2013 par A. Héquette) et de 1,7 mm/an à Portsmouth en Angleterre de 1967 à 2007 (Haigh *et al*, 2009).

Les mesures confirment l'augmentation de la vitesse de hausse du niveau marin depuis 1990, le rythme d'élévation du niveau marin dépassant 4 mm/an à Nieuwpoort et à Ostende pour la période 1990-2007 (Héquette, 2010).

Ces rythmes sont cohérents avec les projections d'augmentation du niveau de la mer pour le 21^{ème} siècle c'est-à-dire de 4 à 5mm/an (Observatoire du Climat NPdC, 2012).

Wahl *et al* (2013) ont montré que le rythme d'élévation du niveau de la mer a été plus rapide en Mer du Nord comparativement à la Manche pendant les dernières décennies, sans que cela ne puisse être attribué à des mouvements de la croûte terrestre.

Le Tableau 20 ci-dessous montre les rythmes d'élévation du niveau de la mer (après correction des ajustements glacio-isostatiques) pendant différentes périodes depuis la fin du 19^{ème} siècle (Wahl *et al*, 2013).

Tableau 20 : Comparaison des rythmes d'élévation du niveau de la mer au niveau de la Mer du Nord, de la Manche et au niveau global en mm/an (d'après Wahl *et al*, 2013 et Church et White, 2011)

	1880-2009	1900-2009	1950-2009	1980-2009	1993-2009
Global	1.54 ± 0.06	1.63 ± 0.07	1.80 ± 0.11	2.09 ± 0.31	2.80 ± 0.47
Manche	1.19 ± 0.12	1.19 ± 0.15	1.19 ± 0.26	1.28 ± 0.60	1.32 ± 1.11
Mer du Nord	1.53 ± 0.08	1.54 ± 0.11	1.62 ± 0.29	2.07 ± 0.74	4.00 ± 1.53
Mer du Nord intérieure	1.59 ± 0.09	1.60 ± 0.11	1.71 ± 0.31	2.23 ± 0.84	4.59 ± 1.82

A l'horizon 2100, le GIEC prévoit une augmentation globale du niveau de la mer variant entre 0,30 et 1m selon les scénarios envisagés (GIEC, 2013), ce qui est cohérent avec les niveaux retenus par la circulaire du 11 Juillet 2007 post-Xynthia qui préconise l'addition de 60 cm au niveau marin extrême en 2100 pour l'évaluation des impacts sur le littoral français.

DHI dans sa prise en compte du changement climatique dans l'étude du phénomène de submersion marine à l'échelle du littoral de la Côte d'Opale en 2100 a retenu la valeur de +60cm, qui reprend les recommandations de cette circulaire qui correspond à l'hypothèse pessimiste (hypothèse optimiste : 0,40 m / hypothèse extrême : 1 m) (DHI, 2013a ; ONERC, février 2010). D'après la circulaire du 11 Juillet 2007 toujours, une surcote de +0,20m est à appliquer aux niveaux actuels afin de prendre en compte l'augmentation du niveau de la mer passé.

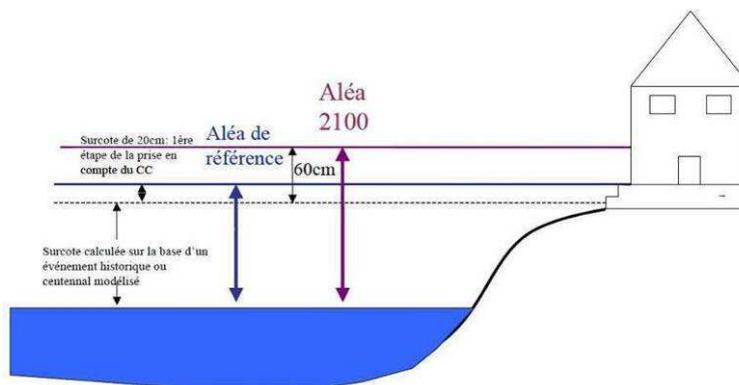


Figure 16 : Niveaux marins à prendre en compte dans le cadre des PPRL en France

4.2 Les variations dans l'intensité et la direction des houles

A l'heure actuelle, il n'y a pas de consensus sur la potentielle augmentation de la hauteur des vagues comme conséquence directe du changement climatique. Le gouvernement britannique préconise de provisionner une augmentation de 10% de la hauteur des vagues dans le dimensionnement des ouvrages portuaires et de protections côtières (DEFRA, 2007).

Par contre l'augmentation avérée du niveau des mers permettra aux vagues d'atteindre des profondeurs d'eau plus importantes plus proche de la côte sans avoir été atténuées par les phénomènes de friction, réfraction, shoaling et déferlement qui touchent/modifient les vagues lors de leur propagation vers le rivage par suite de la diminution des hauteurs d'eau. Le déferlement aura donc lieu plus proche du trait de côte actuel avec des hauteurs de vagues plus importantes et donc avec une énergie inhérente capable de provoquer des dégâts plus importants. Le projet SAO POLO, un projet mené par le CETMEF/MEDDE, visant entre autres à définir des stratégies d'adaptation des ouvrages de protection marine a retenu l'hypothèse que la modification du climat de houle à l'ouvrage serait due uniquement à la hausse du niveau moyen (MEDDE, 2012).

Une des conséquences du changement climatique pourrait être un changement du régime des vents dominants et plus particulièrement de leur direction qui aura donc pour conséquence de changer la direction de propagation des mers de vents. A la côte, le courant de dérive littorale, agent de transport des sédiments le long de la côte, dont le régime et la direction sont directement liés à ceux des houles pourrait redistribuer de manière plus ou moins importante les stocks de sables le long de la côte, aggravant l'érosion à certains endroits ou y remédiant, ou érodant des secteurs auparavant en accrétion.

Un changement de direction des houles aurait pour conséquence de remodeler le littoral par réajustement des stocks sédimentaires le long du littoral en conséquence de la variation d'intensité et de régime de la dérive sédimentaire et, plus grave de son changement de direction.

4.3 Les variations de la fréquence et de la magnitude des tempêtes et des surcotes

4.3.1 Variations de la magnitude, durée et fréquence des tempêtes

Le changement climatique aurait pour conséquence une augmentation du nombre de tempêtes et de leur magnitude.

Les études menées ces dernières années sur la tendance du régime des tempêtes ne montrent pas de tendance claire d'augmentation de ces phénomènes en Région Nord Pas-de-Calais (EDF-LNH, 2000 & Météo France, 2004 In Artelia, 2009).

Plus récemment, Chaverot *et al* (2008), ont observé que les épisodes de tempêtes à Dunkerque ont été plus forts, plus nombreux et plus longs entre 1956 et 1962 et entre 1972 et 1977 sur une période d'étude allant de 1956 à 2000 confirmant une variabilité décennale, mais pas de tendance claire de l'augmentation du régime des tempêtes à long-terme pouvant être imputée au réchauffement climatique. Cela a été confirmé par Maspataud (2011) pour la période 1956-2010, qui a aussi démontré une diminution des vents forts à Dunkerque depuis le début des années 1990, comme présenté dans la figure ci-dessous.

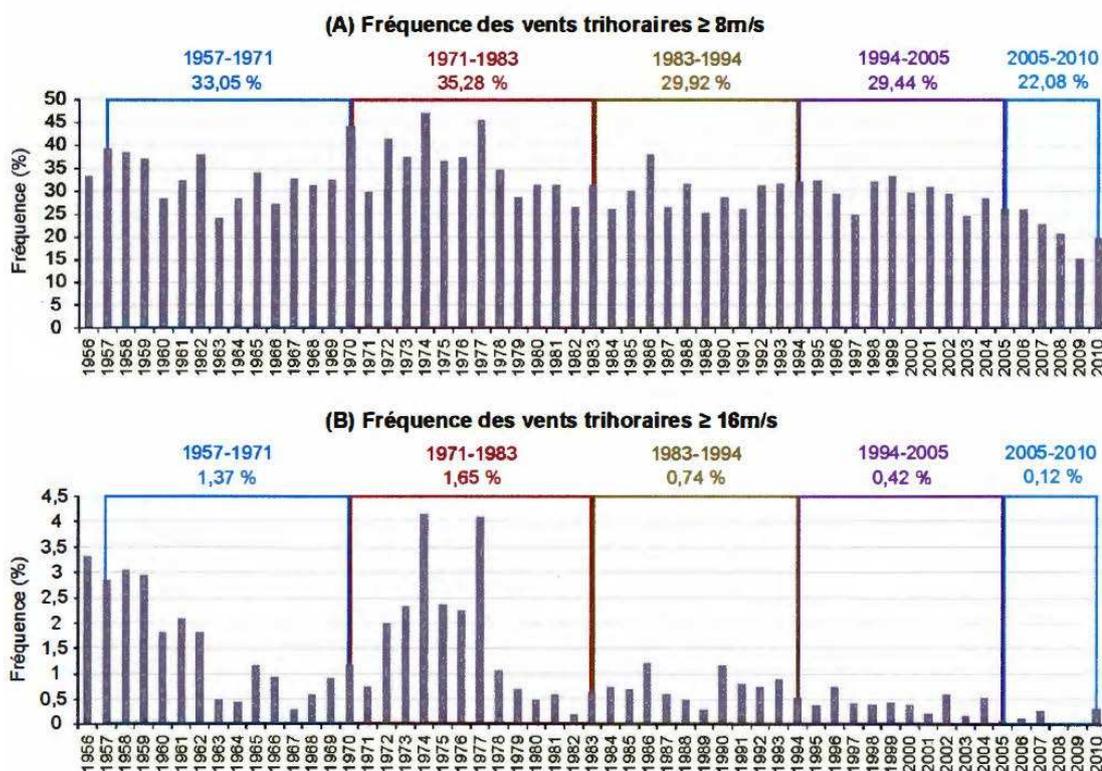


Figure 17 : fréquence annuelle et par période des vents trihoraires $\geq 8\text{m/s}$ et à $\geq 16\text{m/s}$ à Dunkerque (Maspataud, 2011)

4.3.2 Augmentation de la magnitude des surcotes

Les études menées sur les surcotes le long des côtes françaises de la Manche montre une tendance à l'accroissement des surcotes maximales annuelles. Pour les principaux ports du Nord Pas-de-Calais, les évolutions calculées sont les suivantes :

Tableau 21 : Accroissement des surcotes dans le Nord Pas-de-Calais (adapté d'après Pirazzoli et al, 2005 In Artelia, 2009)

	Boulogne-sur-Mer	Calais	Dunkerque
Surcote instantanées horaire maximale annuelle	+ 3,4 mm/an	+ 2,7 mm/an	+ 3,3 mm/an
Durée cumulée des surcotes instantanées supérieures à 0.80m	+0,14 heure/an	+0,28 heure/an	+0,30 heure/an
Augmentation de la magnitude des surcotes en 2100	32 cm	26 cm	31 cm

4.3.3 Impact sur la dynamique sédimentaire côtière et sur l'évolution du trait de côte

Parmi les impacts que pourrait avoir le changement climatique sur la mobilité du trait de côte et les submersions marines, on retient (CETMEF, 2007) :

- Un charriage de sédiments plus importants à l'embouchure des fleuves lié à des crues plus fortes elles-mêmes liées à l'augmentation des précipitations
- Une mise en mouvement des sédiments situés en haut de plage plus importante liée à un déferlement des vagues qui se ferait plus haut sur l'estran à cause de l'augmentation du niveau de la mer
- Une érosion du pied des falaises et des pieds de dune plus importante toujours liée à l'augmentation du niveau moyen de la mer.

4.3.4 Augmentation du risque de saturation des Wateringues

En sus du risque de saturation des wateringues lié à l'augmentation de la fréquence et de la violence des épisodes pluvieux s'ajoute le risque lié à l'augmentation du niveau de la mer qui pourrait à terme réduire voire empêcher les possibilités d'évacuation gravitaire naturelle à la mer. Dans l'hypothèse de l'augmentation de la fréquence des tempêtes et donc des surcotes marines associées, qui, comme on l'a vu plus haut, sont statistiquement corrélées avec les marées basses, les fenêtres d'ouverture des portes à la mer pourraient à terme être réduites, nécessitant de fait de recourir de plus en plus souvent au pompage des eaux vers la mer (IWW, 2012, Communication Conférence CERCLE Novembre 2013 par S. Vanhée). Une description du territoire et du fonctionnement des wateringues est fournie en Annexe 5 : Les Wateringues.

5 L'usage et l'occupation des sols

5.1 Le département du Nord

Dans le département du Nord, le taux d'artificialisation des communes littorales est deux fois supérieur à celui de la moyenne des communes littorales françaises. Cette artificialisation liée à la présence des ports de Dunkerque et de Grand Fort Philippe et à la concentration, en bords de mer, des industries et des stations balnéaires s'est faite au dépend des espaces naturels et agricoles.

Le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD), 3^{ème} port français pour le trafic global classé au 7^{ème} port du Range Nord Européen qui s'étend du Havre à Hambourg, est le principal moteur de l'économie locale. La circonscription du port s'étend sur 7000 ha se situant sur 10 communes (Dunkerque, St-Pol-sur-Mer, Gravelines, Fort-Mardyck, Grande-Synthe, Mardyck, Loon-Plage, Craywick, St-George-sur-l'Aa et Bourbourg).

Bray-dunes est la station balnéaire la plus importante du point de vue du taux de fonction touristique qu'elle dégage (Boulogne, 2011).

La Figure 18 ci-dessous présente la répartition entre les secteurs artificialisés, à vocation agricoles, les zones semi-naturelles et les zones humides.

Occupation du sol des communes littorales du département du Nord en 2006

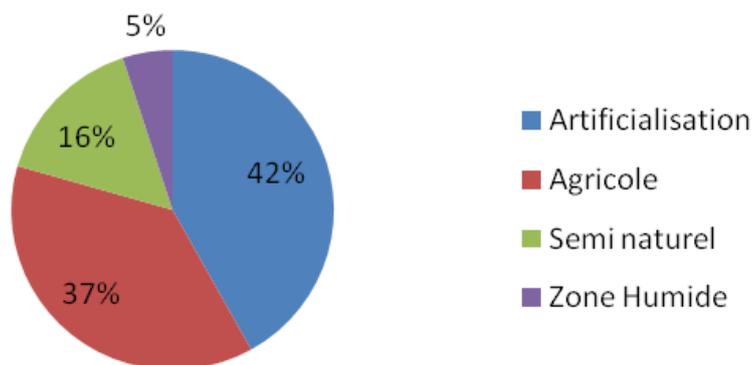


Figure 18 : Occupation des sols des communes littorales du département du Nord en 2006 (Boulogne, 2011 d'après UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2006 / ©IGN, BD TOPO)

Les portions de côtes « naturelles » qui subsistent entre les secteurs artificialisés s'étendent sur 7 km sur les 35 km du linéaire côtier du département du Nord. La

Figure 19 ci-dessous présente les différents sites protégés du département.

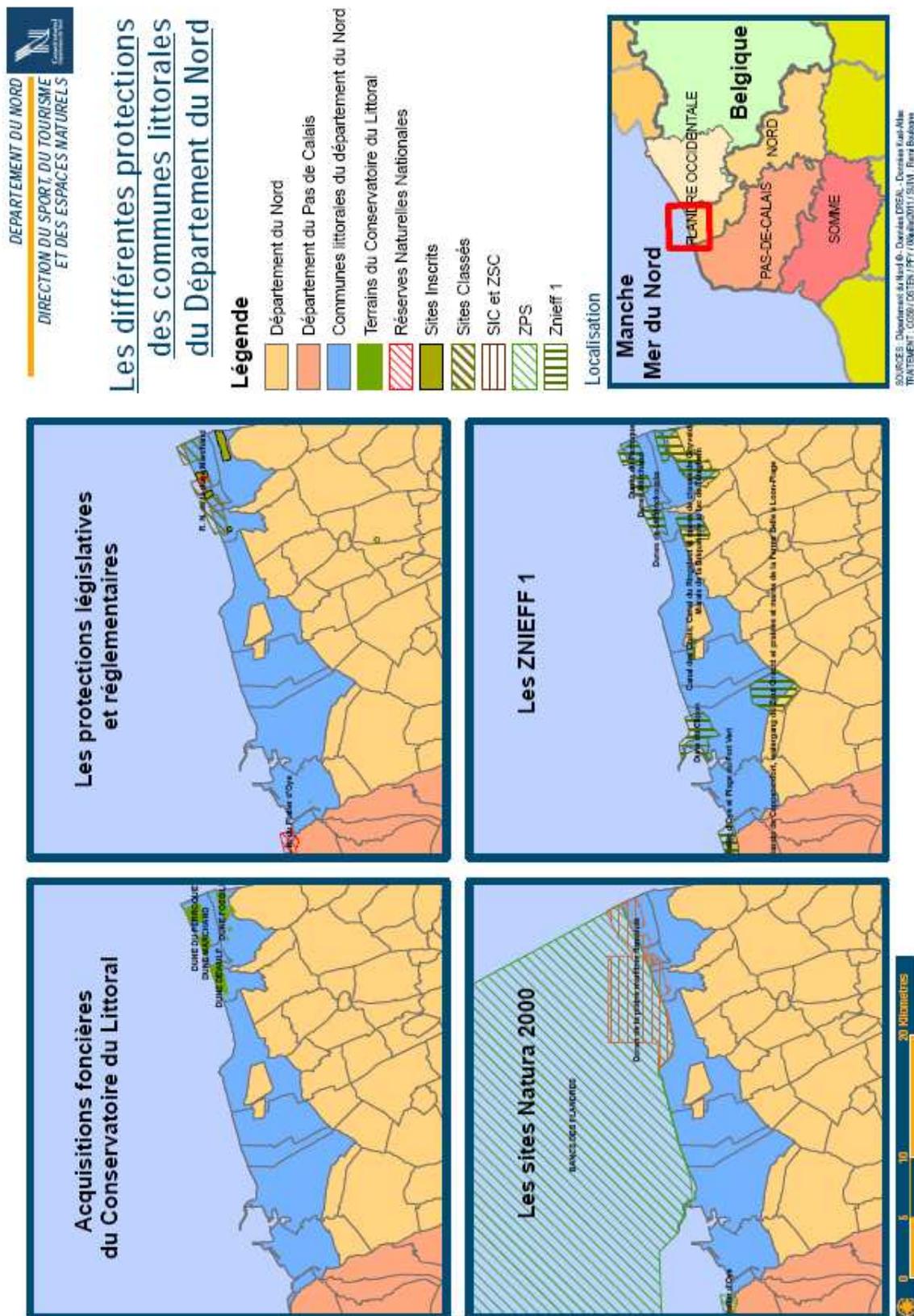


Figure 19 : Les différentes protections des communes littorales du département du Nord (Boulogne, 2011)

5.2 Le département du Pas-de-Calais

Le taux d'artificialisation des communes littorales du département du Pas-de-Calais est de 25%, ce qui est 6% supérieur à celui de la moyenne des communes littorales françaises. Sur les 105 km de linéaire côtier, seulement 10 km est artificialisé.

Les espaces agricoles constituent plus de la moitié de l'occupation des sols du département alors que les espaces semi-naturels représentent 20 % du territoire. Ces espaces semi-naturels sont soumis à de fortes pressions en lien avec l'urbanisation, notamment liée au développement d'habitats de loisirs diffus, avec le développement des complexes portuaires (Port de Calais) et l'érosion marine. Les différents sites protégés du département sont présentés dans la

Figure 19 ci-dessous.

Le tourisme est une activité importante pour les communes littorales, certains villages en bord de mer ayant été créés spécifiquement pour devenir des stations balnéaires (Merlimont-Plage extension balnéaire de la commune de Merlimont, Sainte-Cécile Plage extension balnéaire de la commune de Camiers, etc).

Leur taux de fonction touristique est 4 fois supérieur à celui de la moyenne française même si il reste inférieur à la moyenne des communes littorales françaises.

Parmi les communes ayant une forte attractivité touristique on note le Touquet, Boulogne-sur-Mer, Berck et Wissant.

La Figure 20 ci-dessous présente la répartition entre les secteurs artificialisés, à vocation agricoles, les zones semi-naturelles et les zones humides.

Occupation du sol des communes littorales du département du Pas de Calais en 2006

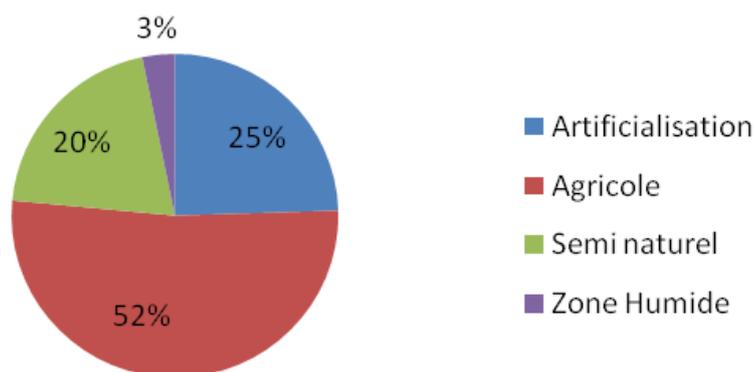


Figure 20 : Occupation des sols des communes littorales du département du Pas-de-Calais en 2006 (Boulogne, 2011 d'après UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2006 / ©IGN, BD)

Les différentes protections des communes littorales du Département du Pas de Calais (1/2)

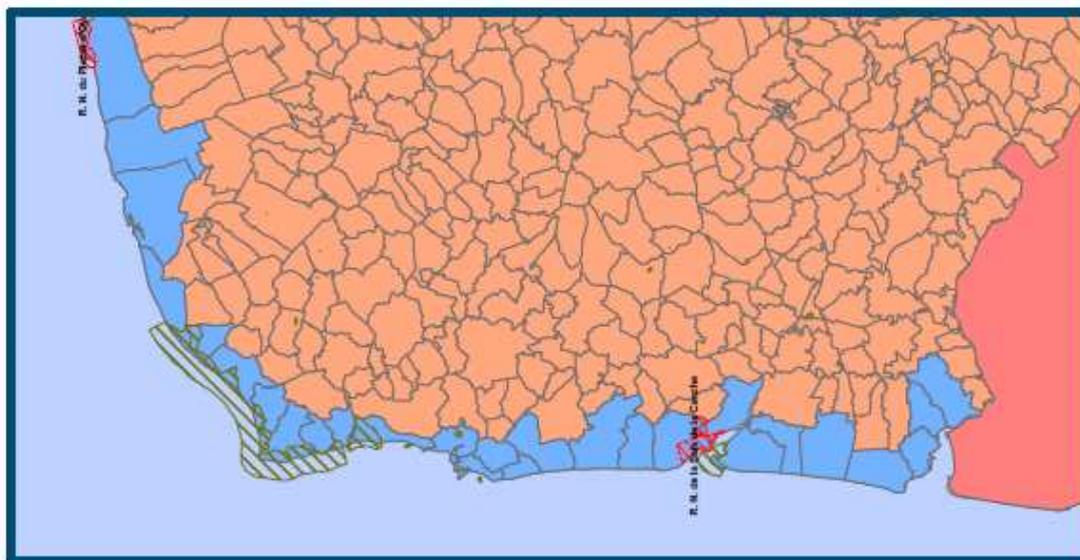
Légende

-  Département du Nord
-  Département du Pas de Calais
-  Département de la Somme
-  Département de la Seine Maritime
-  Communes littorales
-  Terrains du Conservatoire du Littoral
-  Réserves Naturelles Nationales
-  Sites Inscrits
-  Sites Classés

Localisation



SOURCES : Département du Nord © : Données DREAL - Données Nul Atlas
TRAITEMENT : CCSD / DSTE / PFF / 08/04/2011 / SAUT / René Boulogne



Les différentes protections des communes littorales du Département du Pas de Calais (2/2)

Légende

-  Département du Nord
-  Département du Pas de Calais
-  Département de la Somme
-  Communes littorales
-  OGS
-  PNR
-  Zico
-  ZPS
-  SIC et ZSC

Localisation



SOURCES : Département du Nord & Services DSEMA - Données Etat-Mer
TRAITEMENT : CG2S / CG2EN / PFF / 06/04/2011 / SUNI - René Bouillon



Figure 21 : Les différentes protections des communes littorales du département du Pas-de-Calais (Boulogne, 2011)

Chapitre 5 - Aléas littoraux, risques et enjeux par bassins de risques

1 BR 1 – La Baie d’Authie

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR1-1 et BR1-2 qui concernent le bassin de risque de la Baie d’Authie afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

1.1 Description du site

Le bassin de risque de la Baie d’Authie, est caractérisé par un faciès estuarien typique des départements de la Somme et du Pas-de-Calais et appartient à l’ensemble des 3 estuaires dits « picards » avec les estuaires de la Somme et de la Canche. S’ouvrant sur une façade littorale d’orientation Nord-Sud, la Baie d’Authie fait face à la Manche orientale. Ce bassin est soumis à des forçages météorologiques et hydrauliques naturels d’origines marine et estuarienne.

Les limites cohérentes du bassin de risque comprennent la rive sud de l’estuaire toutefois le lit de l’Authie constitue la limite administrative entre les régions Nord Pas-de Calais et Picardie et donc seule la rive nord de l’estuaire est prise en compte dans la description de ce bassin de risque bien que la dynamique de la rive nord dépende de l’évolution de la pointe sableuse de Routhiauville sur la rive sud.

Le bassin s’étend, du sud vers le nord, sur les communes de Conchil-le-Temple, Waben, Groffliers et Berck sur environ 11km. La limite sud est située au niveau du Pont à Cailloux qui constitue la limite du domaine public maritime en amont de la rivière Authie. La Pointe du Haut-Banc, au démarrage des ouvrages de protections de la ville de Berck, et plus précisément au niveau de l’épi 16/17, constitue la limite nord de ce bassin. Cette zone marque en effet la limite entre une zone naturelle peu anthropisée et la partie urbanisée de Berck, ainsi qu’un net changement d’orientation du littoral et le passage de conditions estuariennes à marines.

Ce bassin présente une variété de paysages littoraux (cordon dunaire, dune grise végétalisée, mollière, slikke vaseuse, polder, etc) et abrite une richesse écologique et paysagère importante pour la région tant du point de vue environnemental, comme en témoigne le nombre de désignations, que touristique et donc socio-économique.

Certaines zones ont fait l’objet d’ouvrages de protection pour, dans un premier temps, gagner sur la mer des terres arables, puis dans un second temps, pour prévenir du risque de submersion marine. C’est le cas de la rive nord au fond de la baie. Différents ouvrages de protection ont aussi été mis en place au cours du temps dans la partie Nord-Ouest de l’estuaire, au niveau de l’Anse des Sternes, pour pallier à l’érosion du cordon dunaire.

Les terres situées en arrière des ouvrages de protection ont une altimétrie inférieure au niveau des pleines mers de vive-eau, ce qui rend ce bassin de risque particulièrement vulnérable aux ruptures des ouvrages de protections et donc à la submersion marine.

1.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

La Baie d'Authie présente une grande diversité d'environnements morfo-sédimentaires : des bancs d'embouchure sableux formant un delta, un vaste estran sableux avec alternance de barres et de bâches, une zone de divagation du chenal de l'Authie, une étendue de schorres inondée uniquement en marée de vive-eau et couverte d'une végétation halophile dense (ou mollières), des slikkes vaseuses dans les faibles profondeurs à l'abri des houles, un massif dunaire plus ou moins végétalisé et une zone de polders (Artelia, 2009).

Le delta externe est séparé de l'estuaire interne par le banc sableux de Routhiauville partant de la rive sud.

On observe deux faciès morphosédimentaires distincts le long de la rive nord de l'estuaire :

- Une zone de schorres au fond de la baie, adossée à l'est à la digue de rencloture de la Mollière, qui protège une zone poldérisée, et au nord le versant latéral du massif dunaire. L'interface entre la zone de schorres et le massif dunaire et la digue de rencloture est marquée par la présence d'un sentier côtier sur toute la zone. Cette étendue de schorre est inondée uniquement en pleine mer de vive-eau et recouverte d'une végétation halophile dense, parsemée de micro-chenaux (criches) et de mares creusées et utilisées par les chasseurs de gibiers d'eau (Socotec, 2012).
- un cordon dunaire à partir du Bec du Perroquet (ou Pointe de la Rochelle) jusqu'à la Pointe du Haut-Banc au nord. Le long de cette façade, on distingue encore deux secteurs ayant des caractéristiques morphologiques et une dynamique propres :
 - Le Bec du Perroquet est le résultat de la progradation d'une flèche sableuse vers le sud-est. Cette avancée, marquée par la présence de cordons de dunes bordières successives devant lesquelles on constate la présence d'un cordon de dunes embryonnaires en formation, constitue le contre-poulier ou poulier secondaire de l'estuaire (Dobroniak & Anthony, 2002 ; Socotec, 2012 ; Artelia, 2009).
 - La zone entre le Bec du Perroquet et la Pointe du Haut-Banc, globalement marquée par l'érosion marine présente un estran étroit, des falaises dunaires d'érosion très marquées, une couverture végétale inégale et de nombreux siffle-vents, caoudeyres (cuvette de déflation) et pourrières (couloirs de déflation). Le secteur nord, constituant l'Anse des Sternes, est fortement artificialisé par des systèmes de protection destinés à éloigner le lit de l'Authie du rivage et réduire l'érosion de l'estran et du cordon dunaire (Dobroniak & Anthony, 2002 ; Moitel, 2012 ; Artelia, 2009).



Figure 22 : Falaise d'érosion et dégradation du boisement dunaire dans l'Anse du Bois des Sapins (Egis, Novembre 2013).

Le bassin de risque BR1 appartient à l'unité sédimentaire UG 1 délimitée au sud par la baie d'Authie et au nord par la baie de la Canche.

Parmi les agents participant à l'hydrodynamisme complexe de la baie, on distingue :

- les courants de marée dont la dissymétrie, au profit du flot, est favorable à la pénétration des sédiments à l'intérieur de l'estuaire (Dobroniak & Anthony, 2002).
- le courant de dérive littorale, généré sous l'action des houles, participe à l'engraissement de la rive sud de la baie avec la progression vers le nord de la flèche sableuse de Routhiauville (poulier) qui se traduit par l'érosion de la rive nord de l'estuaire au niveau de la Pointe du Haut-Banc et de l'Anse des Sternes (musoir). A l'intérieur de la baie, les courants de flot portant vers le sud-est, favorisent l'érosion dans cette zone et le transport et l'accumulation des sédiments vers l'intérieur de la Baie : on assiste au recyclage des sables du cordon dunaire de la rive nord-ouest en faveur de la progression du Bec du Perroquet directement au sud (Dobroniak & Anthony, 2002).
- la formation de plusieurs chenaux de l'Authie au gré des courants fluviaux, de marées et de dérive littorale. On distingue ainsi un chenal de vidange principal longeant la rive nord de l'estuaire contre la plage du Bois de Sapins et contre la digue submersible, construite à cet effet pour détourner le lit de l'Authie de l'Anse des Sternes, et un couloir secondaire longeant la face interne de la Pointe de Routhiauville (IDRA Environnement, 2013).

1.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans la Baie d'Authie, on compte trois types d'ouvrages de protection :

- Des cordons dunaires, dans la partie nord de la baie
- Des ouvrages de protection en dur (digue en béton bitumineux/maçonnée, digue et épis en enrochements au nord-ouest de la baie)
- Des talus naturels (digues de rencloture, digue de 1^{er} et de 2nd rang), tous situés au fond de la Baie d'Authie

On compte aussi des ouvrages à la mer et notamment la Porte du Fliers.

1.3.1 Les cordons dunaires

Tableau 22 : Type et état des cordons dunaires dans le BR1

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Cordon dunaire de la Baie d'Authie	Cordon dunaire Altitude variant entre 10 et 30m IGN , Largeur variant entre 20m (camping du Halloy) et 500m (ALFA, 2010)	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	Erosion gravitaire du versant amont, corps de dune étroit, couverture végétale dégradée, brèche → recul d'au moins 10m à la suite de la tempête Xaver

Dans la classification VSC, le Chemin Delesalle qui constitue un chemin d'accès aux piétons et véhicules à partir de Groffliers est classé comme un « aménagement ayant entraîné la création d'une brèche » et a un IE de 2.

1.3.2 Les ouvrages de protections en dur

Les nombreux ouvrages de défense au nord-ouest de la Baie d'Authie présentent, pour la plupart, des signes apparents de dommages et vieillissement.

Tableau 23 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR1

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Anse des Sternes	Digue submersible en béton bitumineux /maçonnée	IE 1 ₂₀₁₁ (IEm)	- Défaut de profil en long associé à une fissuration longitudinale, un affaissement en crête et une apparition de brèches du revêtement mettant à jour le matériau de remblai - Pied de l'ouvrage déchaussé → Formation de trous et matériaux projetés dans la digue submersible lors de la tempête Xaver
Anse des sternes et Anse du Bois des Sapins	Digue en enrochements	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	Défaut de profil en long
	Digue en enrochements (Camping du Halloy)	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
Anse des Sternes	Epis en enrochements (x 3)	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	Défaut de profil en long et enrochements déplacés et entraînés hors des limites de l'épure de l'ouvrage
	Epis en fascinage bois(x 3) et un épi mixte	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	Entretiens réguliers des fascinages assurés par deux agents de la CCOS
Anse des Sternes – Pointe du Haut Banc	Digue en enrochements	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	Affaissement en crête
	Digue en béton bitumineux		Ouverture des joints sans altération du revêtement

1.3.3 Les talus naturels

Tableau 24 : Type et état des talus naturels dans le BR1

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue des Enclos de 1^{er} rang	Talus naturel (terre végétalisée)	IE 4 2013 (IEm)	- Seul un des accès présente un IE de 2 (raisons non définies) Mais côte d'arase en dessous du niveau centennal en 2013 localement (Sogreah, 2009)
Digue des Enclos de 2nd rang	Talus naturel (terre végétalisée)	IE 4 2013 (IEm)	
Digue de la Mollière	Talus naturel (matériau crayeux)	IE 2 2012 (IEm)	- Erosion du talus (risque d'instabilité lié à des pentes d'ouvrages trop fortes, instabilité géotechnique liée un gradient hydraulique trop bas) - Récession en pied associée à une fissuration dans le talus - Côte d'arase en dessous du niveau centennal en 2013 localement (Sogreah, 2009)

Digue de la Mollière

Les observations réalisées par le SCSOH de la DREAL le 03/05/2011 ont montrées un affouillement prononcé et une érosion importante en pied de talus sur le linéaire de digue situé le plus à l'Ouest. Le diagnostic réalisé par la DREAL considère que la portion la plus à l'ouest a un indice mécanique de 1 sur 580m et un indice d'état mécanique de 2 sur 650m. De plus, de nombreuses galeries d'animaux fouisseurs ont été recensées sur cette portion de l'ouvrage. L'ouvrage présente aussi en un point une hauteur inférieure au niveau centennal en 2100 (incluant une surcote afin de prendre en compte l'augmentation du niveau de la mer liée au changement climatique), ce qui induit à cette échéance un risque de surverse.

LE SCSOH a donc exigé la réalisation d'une VTA (Visite Technique Approfondie) concernant les défauts de profils (irrégularité, pentes) et la stabilité globale de l'ouvrage. Ont aussi été préconisés le rechargement de la digue sur la portion en recul, le fauchage de la végétation (arbre et arbuste), la mise en place de moyen de prévention contre les animaux fouisseurs, l'évacuation d'eau, le confortement et le désenvasement du clapet anti-retour défectueux.

Une étude de danger a été réalisée en Avril 2012 par le bureau d'étude SOCOTEC pour le Conservatoire du Littoral (2012), propriétaire de l'ouvrage. Cette étude conclut sur les différents scénarios de défaillance susceptible d'affecter la digue de la Mollière :

- Rupture par érosion interne dans le corps de la digue ou dans la fondation
- Rupture pas surverse

Un dossier des ouvrages a ensuite été réalisé toujours par Socotec en Juin 2012 pour le CELRL. Cette étude, requalifie l'indice d'état mécanique de l'ouvrage à 2 ce qui est concordant avec l'étude VSC réalisée par la DDTM 62, et préconise les interventions suivantes :

- Le renforcement du talus extérieur côté mer sur 950m (cordon d'enrochements ou rechargement en matériau sablo-graveleux, cette dernière mesure nécessitant plus d'entretien),
- Le renforcement du talus intérieur côté terre sur 400m (cordon d'enrochements ou rechargement en matériau sablo-graveleux, cette dernière mesure nécessitant plus d'entretien),
- La taille de la végétation ligneuse afin de limiter les infiltrations d'eau,

- Le comblement des terriers multiples et profonds creusés par les animaux fouisseurs.

La digue de la Mollière ainsi que la digue des Enclos ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral de classement (classe C) depuis le 05/10/2011 au regard de la réglementation relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques. Une étude de danger a aussi été réalisée pour la digue de la Mollière.

1.3.4 Les ouvrages à la mer

Tableau 25 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR1

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Porte du Fliers	Porte automatique avec 2 vantaux en aluminium	Non accessible	Risque de défaillance liée au vieillissement de l'ouvrage et à la densité de végétation recouvrant l'ouvrage
Exutoires digue des Enclos (x 4)	Ouvrages en béton avec clapet anti retour métallique	IE 4 ₂₀₁₃	
Exutoire digue de la Mollière	Ouvrage en béton avec clapet anti retour métallique	Mauvais état	Envasement important et présence d'un fontis (effondrement du sol en surface) dans l'exutoire

Porte du Fliers

Le SCSOH de la DREAL, lors de sa visite du 09/03/2011, a effectué plusieurs observations : corrosion des armatures métalliques de vannes, notamment sur les batardeaux, végétation trop présente sur l'ouvrage, joints de maçonnerie défectueux et corrosion de la poutre métallique devant les portes busquées. En conséquence, le SCSOH a préconisé le désherbage total de la végétation, le rejointement de la maçonnerie et la rénovation profonde voir le remplacement complet des vannes. Des travaux de rénovations d'urgence ont été recommandés à l'Association Syndicale en charge de l'ouvrage. Ces observations ont précédence sur les observations réalisées dans le cadre de l'étude VSC de la DDTM qui sont plus anciennes et qui avait attribué un IE d'ouvrage de 3.



Figure 23 : Porte du Fliers à Waben (DDTM 62, 2013)

Cet ouvrage fait l'objet d'un arrêté préfectoral de classement (classe C) depuis le 05/10/2011 au regard de la réglementation relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques.

1.4 Caractérisation des aléas littoraux

1.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côte passée et récente

La migration naturelle de l'embouchure et du lit de l'Authie vers le nord depuis plusieurs siècles du fait de la progression du poulier vers le nord sous l'action de la dérive se manifeste par une érosion importante de la plage et du cordon dunaire entre la Pointe du Haut-Banc et le Bec du Perroquet. Les courants de marée et fluviaux qui y sont canalisés exacerbent ce phénomène.

Les actions anthropiques ne sont pas en reste. La construction d'ouvrages de protection en dur notamment, même si elle a permis de stabiliser un temps le recul de la dune, n'a pas complètement stoppé l'érosion sur la partie protégée et a reporté l'érosion en aval des protections. Les activités de loisirs telles que la pratique de la "luge des sables", la chasse ou le piétinement excessif sont aussi responsables de la fragilisation des zones déjà dégradées.

La photographie aérienne d'Aérodats de 2009 montre la progression récente du chenal au niveau de l'extrémité sud-est de la digue submergée et le risque de contournement de celle-ci semble imminent (IDRA Environnement, 2013 ; Socotec, 2012 ; Moitel, 2012 ; Artelia, 2009).

Des reculs importants du pied de dunes sont actuellement observés lors des fortes tempêtes : un recul du pied de dune d'une dizaine de mètres a pu être notamment observé lors de la tempête Xaver qui a eu lieu dans la nuit du 5 au 6 décembre 2013 (com. pers. DDTM 62, 2013).

Inversement, le fond de l'estuaire est caractérisé par un processus historique de comblement, et bénéficie de l'apport des matériaux érodés du cordon dunaire, l'influence des agents marins étant plus importante que celle des agents fluviaux (Dobroniak et Anthony, 2002 ; Dobroniak, 2005). Ce processus de comblement a été favorisé par les actions de poldérisation des rives amont entreprises depuis le Moyen-âge (IDRA Environnement, 2013 ; Moitel, 2012 ; Artelia, 2009). L'ancienne digue Barrois, construite afin de contrôler les divagations du chenal de l'Authie et qui n'est plus visible aujourd'hui, pourrait avoir eu une influence positive sur l'évolution du schorre sur la rive nord (Socotec, 2012).

On note que la partie interne de l'estuaire à partir du Bec du Perroquet a un bilan sédimentaire positif (flèche sableuse du Bec du Perroquet incluse) alors que la façade externe de l'estuaire montre un bilan sédimentaire négatif comme le montre la Figure 24 ci-après.



Figure 24 : Evolution du trait de côte entre 1947 et 2009 sur la rive nord de la baie d'Authie au niveau de, du sud vers le nord, le Bec du Perroquet, l'Anse du Bois des Sapins, la Grande Dune et l'Anse des Sternes (LOG-ULCO, 2013)

Le Tableau 26 fait état de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 26 : Evolution du trait de côte passée et récente et fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans (d'après Dobroniak, 2005¹ ; Artelia, 2009² ; LOG-ULCO, 2013³ ; IDRA, 2013⁴)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte sur le long terme	Evolution du trait de côte récente	Rythme d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Banc et Pointe de Routhiauville	Progression		+ 6m/an au début du 20ème siècle ²	N/A
Bec du Perroquet	Progression, engraissement de l'estran et formation de dunes embryonnaires		+7 à +11,6 m/an (2005-2012) ³	N/A
			+19 m/an (1997-2004) ²	
			+11m/an (1947-2000) ¹	
		Erosion récente de la façade exposée du poulier interne	-3,3 à -7,5 m/an (2005-2012) ³	Entre -30 à -75 mètres
			-3 à -5 m/an (1997-2006) ²	
Anse du Bois des Sapins	Recul, arasement du cordon dunaire avec perte d'altitude de 2 m	Accélération depuis décembre 2013 et quasi disparition du cordon	- 5,5 à -6,8m/an (2005-2012) ³	Entre -55 et -130 mètres
			-12m/an (2008-2013) ⁴	
			-3,5 m/an (1947-2009) ³	
			Sud de l'anse : - 8 à -12 m/an Bois des Sapins : -12 à -13m/an (1997-2004) ²	
Grand Dune	Recul Progression à l'intérieur des terres (ensevelissement de la panne et du boisement)		- 2 m/an (2005-2012) ³	Entre -10 et -20 mètres
			-3,4 m/an (1947-2009) ³	
			Nord : -1 à -2 m/an (1971-1982) ²	
Anse des Sternes	Recul du cordon	Diminution du rythme de recul sur les 10 dernières années	-7.5 m/an vers le nord et -4.5m/an vers l'est (1947-2000) ¹	Entre -20 et -40 mètres
			- 5,6 m/an (1947-2009) ³	
			-3,3 m/an (2000-2009) ³	
			Nord-ouest : -5m/an (1935-1997) et -1 à -5m/an (1997-2004) (nord-ouest) ²	
			Sud-est : - 12m/an (1971-1982) et -2 à -4 m/an (1997-2004) ²	

L'aléa érosion

L'aléa érosion concerne la rive nord-ouest de la Baie d'Authie, le reste de la baie étant en processus de colmatage.

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b), et ramenée à une échéance de 10 ans (2024) pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied de la dune pourrait varier entre -5,5 et -11m environ au niveau de la Grande Dune. Cela implique une évolution du trait de côte beaucoup plus lente que les recherches récentes de l'ULCO ne laissent présager avec un recul ramené à une échéance de 10 ans entre -10 et -20 mètres (LOG ULCO, 2013).

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b), et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude, montre que le recul du pied de la dune pourrait varier entre -6,5 et -35 mètres environ au niveau de l'Anse du Bois des Sapins. Cela implique une évolution du trait de côte beaucoup plus lente que les recherches récentes de l'ULCO et les résultats de l'étude Artelia ne laissent présager (Artelia, 2009 ; LOG ULCO, 2013). Ceci peut s'expliquer par le fait que la détermination de l'évolution du trait de côte effectuée par DHI est basée sur une approche géomorphologique. Les études récentes révèlent une nette accélération de l'érosion sur le court terme, liée aux divagations du chenal de l'Authie. Si une telle érosion se poursuit dans le futur proche, cela pourrait aboutir à un recul ramené à une échéance de 10 ans entre **-55 et -130 mètres**.

Cela laisse présager un **recul sévère** pour cette zone à l'échéance 10 ans.

Au niveau de l'Anse des Sternes, le recul du trait de côte à l'échéance 10 ans ne serait que de l'ordre de -5,5 à -28m d'après DHI (2013b) alors que les rythmes de recul passés, bien que montrant un ralentissement apparent lié à la protection du cordon dunaire avec un cordon d'enrochement, sont de l'ordre de -2 à -4m/an selon les sources, soit un recul de l'ordre de **-20 à -40 mètres** lorsque ramené à une échéance future de 10 ans. Ces résultats sont cohérents avec les recherches de Dobroniak (2005) qui sur la période 1947-2000 a pu inférer des rythmes de recul dans l'Anse des Sternes de -7.5 m/an vers le nord et -4,5m/an vers l'est.

Cela laisse présager à un **recul très fort** pour cette zone à l'échéance 10 ans.

L'abaissement du niveau de plage

Les variations du niveau de l'estran et de la plage ont été étudiées par Sogreah (2009) pour l'ensemble de la Baie d'Authie. Un abaissement du niveau de l'estran de l'ordre de -20 000 m³/an dans l'Anse des Sternes et de -10 000 à -15 000 m³/an dans l'Anse du Bois des Sapins a été observé entre 1996 et 2007. Plus récemment, IDRA Environnement a conclu à l'abaissement de l'estran entre la Pointe du Haut Banc et Le Bec du Perroquet de l'ordre de -386 060 m³ d'après deux levés topographiques entre Février 2012 et Février 2013.

Il est probable que cette tendance à l'abaissement se poursuive à une échéance de 10 ans.

1.4.2 L'aléa submersion

L'étude de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique réalisée par DHI (2013a) a retenu deux modes de submersion pouvant affecter le bassin de risque de la Baie d'Authie : la rupture du cordon dunaire et la défaillance de l'ouvrage à la mer de la porte du Fliers. Concernant la rupture du cordon dunaire, deux brèches ont été simulées, l'une au niveau de l'Anse du Bois des Sapins, l'autre au niveau du chemin Delesalle qui est une voie d'accès creusée au travers du cordon dunaire.

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« L'onde de submersion provenant de la rupture de l'ouvrage de la Madelon se propage relativement lentement vers le Nord, en remontant le cours du Fliers.

L'emprise de l'inondation pour le scénario centennal est contenue à l'Est par la D940, jusqu'à Waben. Au Nord, dans un premier temps l'inondation se propage librement en fonction de la topographie du site. L'extension de l'inondation est limitée par la pénétrante Est de Berck. L'emprise de l'inondation côté Ouest reste contenue au Sud-Ouest du boulevard de Paris et la route d'Abbeville, au Sud de Berck. ».

Selon Artelia (2009) et Socotec (2012), la faible altitude sur certains secteurs de la crête de la digue anti-submersion de la Mollière (entre +5 et 6m IGN) conduit à la possibilité de submersion par débordement ou franchissement des ouvrages et à l'inondation des terrains de faibles altitudes en arrière à court-terme. A moyen-long terme et considérant une augmentation du niveau de la mer et des surcotes, la probabilité de submersion via la digue de la Mollière et la digue des Enclos devient plus forte pour ces zones, l'altitude moyenne de la crête de ces ouvrages étant comprise entre +6 et +7m IGN.

Le risque de submersion via le débordement et/ou le franchissement de digues de la Mollière et de la digue des Enclos à long terme c'est-à-dire prenant en compte l'augmentation du niveau de la mer en 2100 n'a pas été simulé par DHI. L'aléa submersion résultant d'une défaillance au niveau de la Porte du Fliers et qui aurait pour conséquence la submersion des terres situées en arrière de ces digues, est en effet le plus pénalisant du point de vue de l'étendue des terrains submergés et c'est ce scénario qui a donc été modélisé. Le risque de submersion aux niveaux des digues anti-submersion de la Mollière et des Enclos n'en reste pas moins plausible à long-terme.

Bien que retenu dans les scénarios de submersion de DHI, la rupture du cordon dunaire au niveau du chemin Delesalle n'a pas entraîné d'incursion des eaux dans l'arrière-pays. L'aléa submersion marine à ce niveau peut donc être considéré comme inexistant.

Les zones d'aléa très fort, fort, moyen et faible sont représentées spatialement sur les cartes BR1-1 et BR1-2 ce qui permet de figurer l'ampleur de la submersion dans les terres.

1.5 Les Enjeux

1.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de populations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie. Il n'y a donc pas d'enjeu lié à la sécurité des personnes associé à l'aléa érosion à l'échéance 10 ans.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion s'étend du sud vers le nord sur les communes de Conchil-le-Temple, Waben, Groffliers, Verthon et Berck. Le nombre d'habitants qui pourrait être potentiellement exposés à l'aléa submersion par commune est résumé dans le Tableau 27.

Tableau 27 : Nombre d'habitants dans la commune et nombre d'habitants affectés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)

Commune	Nombre d'habitants dans la commune	Fourchette du nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion centennal
Conchil-le-Temple	1061	1-5
Waben	436	10-35
Groffliers	1513	150-220
Berck	15 783	0
Verton	2352	1-5

Les populations de Groffliers, Waben et Verton et Conchil-le-Temple pourraient être affectées par l'aléa submersion marine, et ce, dans des proportions plus importantes pour Groffliers que pour les autres communes du bassin de risque puisque entre 150 et 220 personnes pourraient être touchées.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de zones urbanisées ou d'habitations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie. Il n'y a donc pas d'enjeu en lien avec le bâti exposé à l'aléa érosion à 10 ans.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Le Tableau 28 fait état de la surface du tissu urbain potentiellement affecté par l'aléa submersion dans le bassin de risque de la baie d'Authie.

Tableau 28 : Surface et proportion de l'habitat dense et continu affecté par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 1 - Baie d'Authie	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Habitat dense	908	29	3
Habitat diffus		4	0,5

Pour l'aléa centennal, les eaux atteignent les limites urbanisées des communes de Berck (au sud), Waben et Verton et entourent la ville de Groffliers et y pénètrent sur certaines zones.

Il y a donc un enjeu associé au bâti en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie.

1.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Les activités pouvant périlcliter du fait de l'aléa érosion sont celles qui font un usage récréatif de la plage et des dunes : promenade pédestre (1 sentier) et à cheval (2 sentiers en plus du GR), observation des oiseaux, pêche à la ligne et pêche à pied amateur et professionnelle, etc... En effet, la diminution de la largeur effective de l'estran liée à son abaissement pourrait réduire le temps que peuvent y passer les utilisateurs de la plage, quand ce n'est pas les arbres effondrés sur la plage qui barrent le passage.

De plus, la qualité paysagère de la partie sud-ouest de la baie est fortement altérée du fait de l'érosion (falaise d'érosion, végétation et arbres déracinées, amas de débris végétaux, etc).

Le camping du Halloy a été récemment protégé par une nouvelle digue en enrochements. Cependant d'après le recul prédit à une échéance 10 ans dans l'Anse des Sternes, entre -20 et -40 mètres, le camping pourrait pâtir du recul du trait de côte en cas de contournement de la digue en enrochements. Dans le cas où l'abaissement de l'estran se poursuit dans l'Anse des Sternes, ce cordon d'enrochements pourrait être soumis à un affouillement en pied qui pourrait causer une potentielle déstabilisation de l'ouvrage.



Figure 25 : Digue en enrochements au niveau du Camping du Halloy et cordon d'enrochements existant en arrière-plan (DDTM 62, 2013)

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Les bateaux mouillés / stockés dans le Port de la Madelon pourraient être endommagés en cas de submersion due à une défaillance de la Porte du Fliers. Il en est de même pour les huttes servant à la chasse à la hutte et « à la botte » qui sont situées dans les mollières sur le Domaine Public Maritime.

On compte trois campings à Groffliers. Deux sont bien en dehors de la zone couverte par l'aléa submersion, le troisième, le Camping-Caravaning de la Mollière est atteint par la submersion dans sa partie sud-est.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie.

1.5.3 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental et paysager dans le bassin de risque de la Baie d'Authie

On recense dans la littérature 70 à 80 habitats dans le bassin de risque de la Baie d'Authie, qui sont considérés comme rares au niveau régional et souvent remarquables du fait de certaines associations d'invertébrés et de différents types de végétations et compte tenu de la faible représentation en surface des habitats littoraux à l'échelle régionale (Artelia, 2009).

Le Tableau 29 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque de la baie d'Authie.

Tableau 29 : Liste des sites protégés en Baie d'Authie et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE - protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE - autre
2 sites Natura 2000 - «Baie de la Canche et couloir des trois estuaires » (habitat) - «Estuaire, dunes de l'Authie, Mollières de Berck et prairies humides arrière-littorales» (habitat)	2 sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres 218 ha confiés en gestion au syndicat mixte EDEN62 (119ha de massif dunaire de l'anse des Sternes et des 99 ha du polder de Groffliers qui comprend également l'extrémité sud du massif dunaire).	4 sites ZNIEFF 1 - « Mollières de Berck » - « Bocage et prairies humides de Verton » - « Rive Nord de la Baie d'Authie » - « Complexe humide arrière littoral de Waben et Conchil-le-Temple »
		1 site ZICO (Oiseaux) « Estuaires Picards : Baie de Somme et de l'Authie »
		Trame Verte et Bleue (TVB) - Cœur de nature maritime de type Dunes et estrans sableux - à proximité de 2 corridors écologiques de type « Rivière » et « Dunes »

La Baie d'Authie fait de plus partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des Dunes et Estuaires d'Opale » pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence de 2 sites Natura 2000, de 2 sites du Conservatoire du Littoral et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, ZICO, TVB), la Baie d'Authie constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion à une échéance de 10 ans affectera la plage et le cordon dunaire de l'Anse des Sternes, de la Grande Dune, de l'Anse du Bois des Sapins et de la face externe du Bec du Perroquet qui sont protégés pour leur richesse floristique et faunistique.

L'aléa érosion affectera directement les habitats et espèces dunaires et de la plage en entraînant la disparition d'une partie ceux-ci au fur et à mesure du recul du trait de côte. Les

habitats directement exposés sont les dunes blanches bordières plus ou moins fixées, suivies par les dunes grises et dunes arbustives marquées par l'argousier, ainsi que les boisements dunaires.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

Les sites protégés suivants pourraient être touchés par l'aléa submersion :

- Les mollières de Berck
- Le bocage et les prairies humides à l'ouest de Verton
- Le complexe humide arrière littoral à l'ouest de Waben et de Conchil-le-Temple
- Le cordon dunaire de la Baie d'Authie, et particulièrement l'arrière de la grande dune et le boisement dunaire de l'Anse du Bois des Sapins

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie.

1.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Dans le cas où le recul se poursuit aux rythmes actuels et que le cordon dunaire est complètement érodé au niveau de l'Anse du Bois des Sapins, des champs situés en arrière pourraient être atteints par le recul.

La progression du cordon dunaire à l'intérieur des terres, qui est en partie liée au recul du trait de côte, avec le saupoudrage et l'ensevelissement des terrains agricoles que cela induit est signalée depuis longtemps comme un problème par les agriculteurs concernés : la plantation de sapins sur la dune a été réalisée pour limiter le déplacement des dunes (fixation douce du trait de côte) mais n'a pas permis aux dunes de se renouveler dans le secteur arrière littoral (com. pers. DREAL, 2014).

- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie à une échéance de 10 ans.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Le Tableau 30 fait état de la surface et de la proportion de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie d'Authie.

Tableau 30 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 1 - Baie d'Authie	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Cultures	908	309	34
Prairies		467	51

- Le Tableau 31 fait état de la surface et de la proportion des zones industrielles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque de la baie d'Authie.

Tableau 31 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 1 - Baie d'Authie	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones industrielles	908	1,2	0,1

On constate qu'il y a un enjeu économique en lien avec l'aléa submersion marine dans le bassin de risque de la Baie d'Authie. Cet enjeu est significatif pour les terres agricoles.

1.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

On peut citer les retours d'expérience suivants sur les mesures de gestion passées :

- Le rechargement en matériau crayeux de la Digue de la Mollière tel qu'il a été effectué en 1992 sur 400m a complètement disparu depuis (dissolution en présence d'eau et raideur de la pente trop importante, sujet à terriers creusés par les animaux fouisseurs) (Socotec, 2012) et paraît donc inapproprié pour cette zone.
- La surenchère dans la mise en place d'ouvrages de protection : le système de protection triple digue submersible / épis / protection en enrochements le long de la dune (1957-1992) a pour effet de casser la houle, de détourner les courants de marée/fluviaux et de maintenir le trait de côte dans une certaine mesure. La dune a en effet continué à s'éroder derrière la protection en enrochement qui ne permet pas à celle-ci de se reconstruire (pas de déflation éolienne possible et peu d'apports de sédiments par les agents marins pour permettre une accumulation en pied de dune) (voir Figure 26). Le cordon dunaire est un système de protection passif qui ne peut pas remplir sa fonction de système de protection. Le maintien du trait de côte de cette portion s'est fait au dépend de l'accélération de l'érosion de la plage de l'Anse du Bois des Sapins (SMCO, 2003).



Figure 26 : Anse des Sternes et Pointe du Haut-Banc au fond – cette photo illustre le recul du cordon dunaire derrière le cordon d’enrochements (Egis, Novembre 2013)

- Les protections environnementales en Baie d’Authie n’empêchent pas certaines activités humaines de faire des dégâts sur ces sites malgré leur gestion, rendant les mesures de protection annexes dites douces moins efficaces. C’est le cas des activités suivantes (Artelia, 2009) :
 - Piétinement de la végétation dunaire hors sentiers balisés (randonnée et activité équestre dans les dunes)
 - « Luges des sables » dans les dunes,
 - Cueillette de la salicorne et lilas de mer

Les actions/mesures de gestion mises en œuvre récemment sont listées ci-dessous (com. pers, SMCO, 2013) :

- Le Conservatoire du littoral est intervenu sur les dunes de la Baie d’Authie en plantant des oyats en 2009.
- En 2011, la Communauté de Communes Opale Sud (CCOS) est intervenue pour un rechargement en sable (5000m³) des siffles vents de l’Anse bois des Sapins et pour la pose de ganivelles en pied de dunes.

Les études réalisées récemment sont listées ci-dessous :

- Modélisation numérique et expertise sur les processus naturels de la Baie dans son ensemble par SOGREAH entre 2000 et 2003 pour le Conseil Général.
- Lors de sa prise de compétence en matière de défense contre la mer, la CCOS a réalisé au cours des années 2009-2010 une première étude intitulée « Diagnostic et étude d’opportunité et de faisabilité pour l’aménagement de la rive nord de l’Authie » qui a été réalisée par Sogreah. Un diagnostic à l’échelle de la rive nord de l’Authie, des actions à entreprendre à court, moyen et long terme ont été présentés dans une grille multicritères. La proposition de recul stratégique avec la construction d’une digue arrière littorale a notamment été étudiée à ce titre. Pour apporter une réponse de court terme à l’érosion très forte que connaît la dune au niveau du bois de sapin, la CCOS a recruté le bureau d’étude IDRA Environnement fin 2012 pour faire des propositions techniques.
- Réalisation d’une Etude de Danger de la digue de la Mollière (SOCOTEC, 2012)
- Réalisation du DOCOB du site Natura 2000 n°9 (Dunes de l’Authie) entre 2010 et 2013
- Plan d’orientation de la gestion de la baie d’Authie et Plan d’orientation de gestion des dunes de l’Authie par le CELRL en 2010 et 2011 respectivement.

- Etude d'impact pour le projet d'implantation de 4 épis au lieu-dit « Bec du Perroquet » par CREOCEAN pour le CCOS en 2008 -2009. Il n'a p été donné de suite à ce projet car l'étude d'impact n'a pas confirmé l'efficacité de ce dispositif.

Parmi les études en cours, on peut citer :

- PAPI d'intention à l'échelle des estuaires de la Somme, de la Bresle et d'Authie en cours (labellisation prévue en Juin 2015).
- AVP / PRO / DCE / Dossier « Loi sur l'eau » en vue de la protection du cordon dunaire de la rive nord de l'estuaire de l'Authie par éloignement du cours de l'Authie incluant un modèle hydrodynamique et sédimentaire afin de tester cette solution. Cette étude fait suite à l'étude d'IDRA Environnement (2013) préconisant le rechargement en sable de la plage de l'Anse du Bois des Sapins et du chenal de flot sur une distance de 800m afin d'inciter l'Authie à emprunter le chenal situé plus au sud. Le sable serait prélevé sur la face interne et la pointe de la flèche de Routhiauville, ce qui participerait à l'élargissement du chenal de jusant et forcerait les courants de marée dans cette zone et permettrait l'ouverture de la baie.



Figure 27 : Profil en travers schématique de la Baie d'Authie de l'Anse du Bois des Sapins jusqu'à la Pointe de Routhiauville (IDRA Environnement, 2013)

Parmi les travaux réalisés, on peut citer :

- Les travaux d'entretiens de la Porte du Fliers par l'association syndicale autorisée de la vallée de l'Airon sud (com. pers. DREAL, 2014)

Parmi les travaux prévus, on peut citer :

- Le rechargement en sable de la plage de l'Anse du Bois des Sapins et du chenal de flot le volume de sable requis varie entre 350,000 et 550,000m³ selon la solution choisie pour un montant de 3.5 à 5.5M€ respectivement (IDRA Environnement, 2013).
- Le projet de renforcement de la digue de la Mollière par le Conservatoire du Littoral

Le Tableau 32 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR1 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 32 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR1 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE en 2003	Lieu	Mesures entreprises à la suite du PLAGE
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Tout le littoral	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS)
<p>Milieu naturel accueillant de l'urbanisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité des ouvrages - Evaluer les risques et évaluer la pertinence et la nature d'interventions pour limiter les franchissements - Entretenir 	Ouvrages en Baie d'Authie	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Inspection des ouvrages classés au regard de la réglementation relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques par la DREAL - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - Renforcement digue de la Mollière (à venir) - Entretien de la Porte du Fliers - Construction d'une digue en enrochement devant le camping du Halloy
<p>Milieu naturel accueillant de l'urbanisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour limiter le recul du trait de côte - Evaluer les risques et évaluer la pertinence et la nature d'interventions pour limiter les franchissements, rupture de dunes et submersion - Entretenir la stabilité des ouvrages 	Dunes en Baie d'Authie	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Séries d'études pour améliorer la connaissance des processus naturels en baie d'Authie - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - Etudes de faisabilité pour la protection de la rive nord de la baie d'Authie et Plan de gestion (dont l'étude du recul stratégique) - Mesures de gestion douce pour limiter le recul du trait de côte par le CCOS et le CELRL - Rechargement de l'Anse du Bois des Sapins (à venir)

2 BR2 – Berck- Le Touquet

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR2-1 à BR2-4 qui concernent le bassin de risque Berck-Le-Touquet afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

2.1 Description du site

Le bassin de risque Berck–Le Touquet est caractérisé par un linéaire de 17km légèrement orienté Sud Sud-Ouest - Nord Nord-Est, limité au sud par la Baie d'Authie et au nord par l'estuaire de la Canche. La côte sableuse est bordée par un cordon dunaire double et entrecoupée de stations balnéaires, avec, du sud vers le Nord, Berck, Merlimont, Cucq / Stella plage et Le Touquet. Les cordons dunaires représentent un linéaire de 10,3 km et les zones urbanisées un linéaire de 6,7km environ

La limite sud débute au niveau de la Pointe du Haut-Banc, au démarrage des défenses côtières de la ville de Berck, c'est-à-dire à partir de l'épi 16/17. Cette zone marque en effet la limite entre la Baie d'Authie, zone naturelle peu anthropisée et la partie urbanisée de Berck, ainsi qu'un net changement d'orientation du littoral et le passage de conditions estuariennes à marines. Au Nord, la pointe du Touquet constitue la limite nord de ce bassin de risque.

2.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

La morphologie de la côte, qui est conditionnée par le fort marnage, se présente sous la forme d'un vaste estran sableux marqué par une alternance de barres et de bâches dans les parties centrales et inférieures de l'espace intertidal (Anthony *et al*, 2004). Les zones de surf, de déferlement, de swash, et de déflation éolienne migrent donc sur l'ensemble de l'espace intertidal pendant chaque cycle de marée.

La largeur de l'estran à basse mer varie ainsi entre 1000 à 1500m à Berck, elle est d'environ 800m à Merlimont et diminue ensuite progressivement en remontant vers Le Touquet. La pente de l'estran est faible de 1% et d'environ 2.5% en haut de plage.

Le cordon dunaire est régulièrement entrecoupé d'exutoires naturels et d'un grand nombre de blockhaus encore perchés dans les dunes ou effondrés sur la plage.

L'estran est bordé par deux alignements dunaires parallèles au trait de côte séparés par une vaste dépression, la plaine interdunaire. Ces vastes champs de dunes peuvent s'étendre quelques kilomètres derrière le premier cordon et sont densément végétalisés.

Le bassin de risque BR2 appartient à l'unité sédimentaire US 1 délimitée au sud par la baie d'Authie et au nord par la baie de la Canche.

La dérive littorale, courant généré par l'action des vagues sur le littoral et agent de transport des sables, est dirigée du Sud vers le Nord. Le sable érodé et transporté le long de cette portion de côte est piégé au niveau de la flèche sableuse du Touquet sur la rive sud de l'estuaire de la Canche.

Les vents dominants perpendiculaires au trait de côte alimentent les cordons dunaires en sable, pourvu qu'une bande de sable sec suffisamment large soit disponible. Les cordons dunaires en retour constituent un stock de sable qui va permettre de rééquilibrer les pertes subies au niveau

de l'estran pendant les tempêtes en alimentant les barres qui vont en retour jouer le rôle de brise lames naturels.

Seules les tempêtes survenant pendant des marées de pleine mer de vive eau peuvent atteindre le pied de la dune et l'éroder (Battiau-Queney, 2013).

2.3 Le type et l'état des ouvrages

2.3.1 Les cordons dunaires

Les cordons dunaires de ce bassin de risque ont des dimensions suffisantes pour éviter leurs ruptures et leurs franchissements lors des tempêtes majeures (SMCO, 2003).

Dunes de Berck

Tableau 33 : Type et état du cordon dunaire de Berck dans le BR2

Ouvrages	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Portion devant la rue du Docteur Calot	Cordon dunaire	IE 1 ₂₀₁₁ (IEm)	Corps de dunes étroit et absence de couverture végétale

Portion Berck- Merlimont

Aucune étude VSC n'a été entreprise pour cette portion de côte.

Malgré la présence de quelques siffle-vents, on peut estimer que ce cordon dunaire a une bonne capacité de résilience, du moins jusqu'à présent, et présente un bon état général.

Portion Merlimont - Stella-plage/Cucq

Aucune étude VSC n'a été entreprise pour cette portion de côte.

Malgré la présence de quelques siffle-vents, on peut estimer que ce cordon dunaire a également une bonne capacité de résilience, du moins jusqu'à présent, et un bon état général, du moins sur le secteur central.

A l'extrémité de la ville, on note de même un décrochement du trait de côte et le mauvais état du cordon (cordon moins haut, moins végétalisé, nombreux siffle-vents et cheminements (Observation Egis Ports, 2013).

Dunes de Cucq -Stella plage

Tableau 34 : Type et état des cordons dunaires de part et d'autre de Cucq -Stella plage dans le BR2

Ouvrages	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Portion sud	Cordon dunaire	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	- Erosion gravitaire, couverture végétale très dégradée, proximité avec les infrastructures (route, maisons, campings) - Plages d'envol, pannes, cheminements sauvages → Recul observé à la suite de la tempête Xaver (com. pers. DDTM 62).
Portion nord	Cordon dunaire	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	

Portion Stella-plage/Cucq - le Touquet : Dunes de Mayville

Malgré la présence de quelques siffle-vents, on peut estimer que ce cordon dunaire a une bonne capacité de résilience, du moins jusqu'à présent, et présente un bon état général.

Dunes du Touquet

Tableau 35 : Type et état des cordons dunaires du Touquet dans le BR2

Ouvrages	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Dunes au sud du Touquet	Cordon dunaire (protégé par une digue en enrochements)	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	- Erosion marquée du versant amont de la dune devant la Thalassothérapie - Présence rapprochée du pied du versant aval de la dune de la route en arrière → Recul observé à la suite de la tempête Xaver (com. pers. DDTM 62).
Cordon dunaire de la Flèche du Touquet	Cordon dunaire	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	-Présence rapprochée du pied du versant aval de la dune de la route en arrière

2.3.2 Les ouvrages de protection en dur

Sur cette côte, les ouvrages de protections en dur sont tous potentiellement soumis aux phénomènes de vieillissement et de contournement. Face à de violentes tempêtes, seuls les perrés au sud de Berck Plage et dans une moindre mesure celui du Touquet-Paris-Plage seraient susceptibles d'être franchis (SMCO, 2003). Les volumes impliqués ne sont probablement pas susceptible de provoquer une submersion de ces zones mais les ouvrages pourraient être endommagés.

Ouvrages de protection de Berck

Tableau 36 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Berck

Ouvrages	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue promenade de Berck	Digue en enrochements	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	- Affaissement en crête, glissement localisé, fracturation des blocs, variation de pente
	Perré en béton bitumineux / maçonnerie ou béton armé		- Ouverture des joints sans altération du revêtement, disjointoiement
Epis	Epi en enrochements (x3)	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	- Enrochements déplacés et entraînés hors des limites de l'épure, variation de pente, défaut de profil en long, discontinuité de la ligne d'épi
	Epi en enrochements (x4)	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	- Ensablement partiel
	Epi en béton bitumineux renforcé en pied par des enrochements (épi 16/17)	IE 1 ₂₀₁₁ (IEm)	- Défaut de profil en long avec affaissement et apparition du matériau de remblai - Eléments de l'écran para fouille fortement dégradés présentant un défaut d'alignement - Pied de l'ouvrage ensablé
Brise- lames et épis en pieux bois	Epis (x3) et brise lame (x4)	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	
Protection du Cordon dunaire au Nord de Berck	Digue en enrochements	Non accessible	- Enrochements actuellement totalement ensablés sauf un court linéaire en extrémité nord du talus

Ouvrages de protection de Merlimont

Sur le secteur nord de la ville de Merlimont, on note la tentative de protection du cordon formé devant la protection en enrochement protégeant les dernières habitations avec des ganivelles, fascines et bottes de paille rondes. Ces protections douces y sont très endommagées ou ont complètement disparu et la dune est entaillée en falaise vive d'au moins 2 mètres de hauteur ce qui laisse à penser que cette zone est en érosion.

Des travaux d'urgence sont prévus sur la promenade de Merlimont depuis fin décembre 2013 et l'accès y est interdit sur une portion de 200m. Les dégradations observées seraient liées au ruissellement des eaux dues aux fortes pluies récentes, qui auraient entraîné un affaissement du sable sous la digue, et à l'érosion marine (Voix du Nord, 2014). Cela laisse présager un potentiel déclassement de l'indice d'état d'ouvrage de 2 à 1.

Tableau 37 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Merlimont

Ouvrages	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue promenade de Merlimont	Digue en enrochements	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	- Enrochements partiellement ensablés
	Perré en béton bitumineux / maçonnerie ou béton armé	IE 1 ₂₀₁₁ (IEm)	- Fissuration liée à la résurgence de la nappe phréatique, déplacement de la structure, fissures de flexion, dégradation structurelle du béton → enrochements visibles devant le mur encastré, dégradation structurelle du béton du talus protégé devant le poste de secours à la suite de la tempête Xaver (com. pers. DDTM 62)
Epi en enrochements	Epi en enrochements (x4)	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	- Enrochements déplacés et entraînés hors des limites de l'épure, variation de penture
	Epi en enrochements (x2)	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	- Discontinuité dans l'alignement
Protection du Cordon dunaire au Nord de Merlimont	Digue en enrochements	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	- Enrochements partiellement ensablés

Ouvrages de protection de Cucq /Stella Plage**Tableau 38 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Cucq /Stella Plage**

Ouvrages	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Promenade de Stella Plage	Perré béton armé	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	- Défauts de parement (fissuration superficielle)
Protection du Cordon dunaire au Nord de Stella-plage	Digue en enrochements	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	- Enrochements ensablés mais abaissement du haut de l'estran

Ouvrages de protection du Touquet**Tableau 39 : Type et état des ouvrages de protection en dur au Touquet**

Ouvrages	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Promenade du Touquet	Perré béton armé et maçonnerie	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	- Disjointement, la majeure partie de l'ouvrage n'est pas visible car ayant été comblée pour réaliser des parkings
	Digue en enrochements	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	- Défaut de profil en long en crête ou en versant, variation de penture

2.4 Caractérisation des aléas

2.4.1 L'aléa érosion

Evolution du trait de côte passée et récente

Les systèmes dunaires de ce bassin de risque sont très résilients, c'est-à-dire que le sable érodé en hiver réalimente le haut de plage et la dune par les agents marins et éoliens en été, et le trait de côte est quasi stable ou en léger recul depuis 60 ans (cas des portions Berck-Merlimont et Cucq / Stella-Plage-le Touquet (Battiau-Queney, 2013).

Selon les années et les conditions de tempêtes, on observe des accumulations importantes de sable devant les perrés et sur les promenades de Berck, Merlimont, Stella-plage et Le Touquet ou au contraire un affouillement de l'ouvrage (cela a nécessité l'ajout de protection de pied en enrochements à Merlimont). De manière générale, le niveau de plage s'est abaissé devant les perrés de ces communes par rapport à celui au droit des dunes (Battiau-Queney, 2013). Localement, des observations indiquent un recul du trait de côte en arrière du perré protégeant la thalassothérapie au sud du Touquet-Paris-Plage (SMCO, 2003).

Le Tableau 40 fait état des de l'évolution passée et récente du trait de côte le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 40 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b¹ ; Gaillot et Chaverot, 2001²).

Lieu-dit	Evolution du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Berck-Merlimont	Stabilité voire légère avancée du trait de côte depuis 10 ans mais léger recul sur une échelle plus longue ¹	- 0.4 m/an avec un maximum de -0,9m/an (+/- 0,27m/an) (1934-2006) ¹	Entre -4 et -9 mètres
Merlimont – Stella-Plage (Cucq)	Stabilité	- 0.1 à -0.2 m/an (+/- 0,27m/an) (1934-2006) ¹	Entre -1 et -2 mètres
Stella-Plage (Cucq) - Le Touquet	Accrétion ou quasi stabilité / très faible recul au nord ¹	-0,2 et -0,3m/an localement sur 300m au sud du Touquet (+/- 0,14 m/an) (1955-1998) +0,2 à +0,5m/an ou stabilité sur le reste de la côte (+/- 0,14 m/an) (1955-1998) ²	Entre -2 et -3 mètres localement sur 300m au sud du Touquet
Pointe du Touquet	Progadation vers l'Ouest plutôt que vers le Nord, formation de dunes embryonnaires ¹		

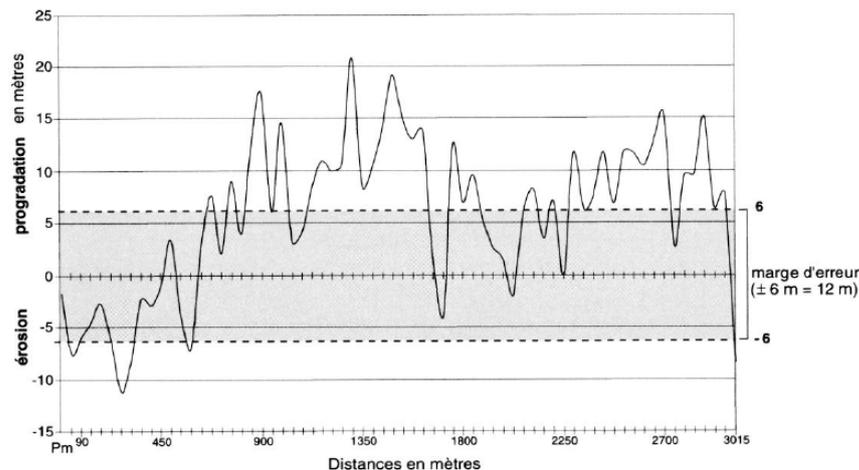


Figure 28 : Evolution du trait de côte entre Stella-Plage et le Touquet entre 1955-1998 (Gaillot & Chaverot, 2001)

L'aléa érosion

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied de la dune pourrait varier entre :

- Entre Berck et Merlimont : Entre -4 mètres et -9 mètres
- Entre Merlimont et Stella-plage : -1 et -2 mètres

Peu d'études existent sur ce secteur pour comparer ces projections.

On peut donc considérer que le recul à dix ans pourrait se situer entre **-4 et -9 mètres** entre Berck et Merlimont et peut être considéré comme **moyen** sur ce secteur

Entre Merlimont et Stella-Plage, le recul peut donc être considéré comme **moyen**.

La stabilité ou accrétion entre Stella-plage et le Touquet est confirmé par l'étude de Gaillot et Chaverot (2011), mis à part sur un secteur de 600m au sud du Touquet pour lequel des reculs de **-2 à -3 mètres** pourraient survenir localement à une échéance de 10 ans. On conclura donc à un recul du trait de côte **moyen** sur ce secteur.

De manière générale, les portions de littoral naturelles entre Berck et Le Touquet-Paris-Plage ne sont actuellement soumises à un risque d'érosion majeur mais les espaces de transition avec les pôles urbains protégés sont à surveiller car il existe un risque de contournement des ouvrages de protection en dur.

L'abaissement du niveau de plage

Le niveau des plages devant les digues/perrés de Merlimont, de Stella-Plage montre une tendance à l'abaissement sur le long-terme comme le suggère l'étude réalisée par Ecoplage et DHI (2007). Il n'existe pas d'étude quantifiant ce phénomène mais d'après les profils topographiques réalisés par la DDTM 62, cet abaissement serait faible et non applicable à tous les profils (certains profils montrent une certaine stabilité voir une légère accrétion).

Il est probable que cette tendance légère à l'abaissement du niveau de plage se poursuive à une échéance de 10 ans.

2.4.2 L'aléa submersion

L'étude de l'aléa submersion réalisé par DHI dans le cadre de l'étude de caractérisation de l'aléa submersion marine (2013a) n'a retenu aucun site sur cette portion pour la simulation de l'aléa submersion. Les justifications expliquant de cette décision sont exposées ci-dessous :

■ Berck

« Le franchissement du perré de Berck a été relevé en 1912, 1923 et en 1990. Le perré de Berck est relativement élevé, la cote de la crête de l'ouvrage se situe à 12,75 m IGN 69 au Nord et à 10,5 m IGN 69 au Sud. Pour l'évènement centennal, la revanche de l'ouvrage est trop importante pour permettre des franchissements par paquets de mer. Ce site n'est donc pas retenu pour la modélisation. »

■ Merlimont

« La topographie étant actuellement assez haute, ce site n'a pas été retenu pour la modélisation de rupture du cordon dunaire. Les dunes sont en effet situées environ 7 m au-dessus du niveau centennal. Le perré est quant à lui situé environ 3 m au-dessus de ce même niveau (cote comprise entre 10 et 11 m IGN69). »

■ Stella-plage

« Aucune tempête historique n'a été identifiée sur ce site ; le perré y est relativement haut (3,70 m au-dessus du niveau centennal), rendant son franchissement impossible. »

■ Le Touquet-plage

« Aucune tempête historique n'a été identifiée sur ce site ; le perré y est relativement haut (cote comprise entre 10 et 11 m IGN69, soit 3,70 m au-dessus du niveau centennal), rendant son franchissement peu probable. »

Hormis le perré de Merlimont qui a vu son état se dégrader ces derniers mois et qui requiert des travaux d'urgence, l'état des ouvrages étant relativement bon sur cette portion du littoral, on peut considérer qu'il n'y a pas de risques imminents et qu'il n'y a donc pas d'aléa submersion marine pour le bassin de risque Berck – le Touquet.

2.5 Les Enjeux

2.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Le recul du trait de côte sur cette zone pourrait déstabiliser les blockhaus encore perchés sur les dunes tout le long de ce secteur, et ainsi créer des risques pour la sécurité du public en cas de basculement (SMCO, 2003). Il est cependant difficile de déterminer si ce phénomène se produira à une échéance de 10 ans.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Berck-Le Touquet et donc aucun enjeu associé lié à la sécurité des personnes.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Aucune habitation n'est concernée par l'aléa érosion à une échéance de 10 ans sur ce secteur et il n'y a donc aucun enjeu associé à l'habitat dense et diffus sur ce territoire. Les nombreux hôpitaux situés le long de la côte à Berck sont soit protégés soit suffisamment éloignés de la côte pour être atteint par le recul à une échéance de 10 ans.

Le centre de Thalassothérapie du Touquet est perché sur la dune et seulement protégé par un cordon d'enrochements. La partie sud du centre de Thalassothérapie n'est par contre pas protégée et un recul pourrait avoir lieu dans cette zone et contourner le cordon en enrochements. Cependant le recul sur ce secteur étant faible, il semble peu probable que le centre de Thalassothérapie soit impacté par le recul du trait de côte à une échéance 10 ans.



Figure 29 : Centre de thalassothérapie du Touquet protégé par un cordon dunaire et un cordon d'enrochements (Egis, Novembre 2013)

Par contre, un abaissement du niveau de l'estran pourrait conduire au déchaussement des ouvrages de protection, ce qui aurait pour conséquence la déstabilisation des infrastructures urbaines en surplomb ou en arrière. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement des plages pourrait impacter l'activité touristique à une échéance de 10 ans.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Berck-Le Touquet et donc aucun enjeu n'est associé à l'habitat dense et diffus.

2.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Berck, Merlimont, Stella-Plage et le Touquet forment un pôle d'accueil touristique très important pour la côte d'Opale. Ces quatre stations balnéaires possèdent donc de nombreuses installations en lien avec les activités balnéaires et nautiques situées en bordure de côte.

Tableau 41 : Activités ou infrastructures en lien avec le tourisme balnéaire et nautique situées en bordure de côte dans le bassin de risque Berck-Le Touquet.

Lieu-dit	Campings	Club nautiques / Ecole de voile	Cabine de plages	Autres
Berck	6	2	Oui	
Merlimont		1	Oui	
Stella-Plage (Cucq)	1	1		
Le Touquet		1	Oui	Centre de Thalassothérapie et complexe aquatique

La plage est aussi un lieu de promenade pédestre et à cheval (GR). Trois parcours pédestres dédiés (dont un pour personne à mobilité réduite) et des panneaux d'information sur l'environnement ont été mis en place dans le cadre de la création du Parc de l'estuaire de la Canche - Côte d'Opale dont fait partie le massif dunaire de la pointe du Touquet.

L'abaissement du niveau de l'estran au niveau des fronts de mer de Berck, Merlimont, Stella-Plage et du Touquet pourrait conduire au déchaussement des infrastructures touristiques directement situées sur la plage, comme c'est le cas pour le centre aquatique Aqualud du Touquet, ainsi que des ouvrages de protections les protégeant. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement des plages pourrait impacter les infrastructures touristiques à une échéance de 10 ans.

L'abaissement du niveau de l'estran pourrait conduire à la diminution de la surface sèche de plage utilisable par les estivants. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement des plages pourrait impacter l'activité touristique à une échéance de 10 ans.

Le centre nautique au sud de Merlimont pourrait être impacté par un recul du trait de côte (déstabilisation des hangars couverts) car il est seulement protégé par un talus de sable et se situe à l'extrémité du cordon en enrochements mais et il est difficile d'estimer si cela se produira à une échéance de 10 ans.

Il y a donc de potentiels enjeux touristiques en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Berck-Le Touquet.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Berck-Le Touquet et donc aucun enjeu touristique associé.

2.5.3 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque Berck – Le Touquet

Le nombre et la qualité des désignations environnementales dont bénéficie le bassin de risque Berck-Le Touquet en font un site d'exception du point de vue de la protection et de la gestion des habitats et des espèces estuariennes et dunaires.

Le Tableau 42 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque Berck-Le Touquet.

Tableau 42 : Liste des sites protégés dans le BR2 – Berck-Le Touquet et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE - protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE - autre
1 site Réserve Naturelle Nationale - Réserve Biologique Domaniale de Merlimont (gestion par l'Office nationale des Forêts (450ha)	Sites classés - 1 Site classé de la Pointe du Touquet	2 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 et 2) - « Dunes de Merlimont » - « Dunes de Stella-Plage »
3 sites Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Baie de la Canche et couloir des trois estuaires » (habitat) - « Dunes et marais arrière-littoraux de la Plaine Maritime Picarde » (habitat) - « Dunes de Merlimont » (Oiseaux)	3 Sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres 3 Sites - « Dunes de Berck » - « Dunes de Stella-plage » - « Dunes de Mayville »	1 site Parc Naturel marin - « Parc Naturel Marin des Estuaires Picards et de la Mer d'Opale »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR2 Berck-Le Touquet fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des Dunes et Estuaires d'Opale » pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence de 3 sites Natura 2000, de 3 sites du Conservatoire du Littoral et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, ZICO, TVB), le bassin de risque Berck-Le Touquet constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion affecte et pourrait affecter à une échéance de 10 ans de plus en plus les habitats et espèces dunaires des plages et des dunes de Merlimont, Berck, Stella-Plage, Mayville et de la Pointe du Touquet en entraînant une disparition partielle de ceux-ci. Cette perte pourra être

compensée dans le cas où le système dune –plage reste résilient. Les habitats directement exposés sont les dunes bordières blanches et embryonnaires plus ou moins fixées par la végétation, suivies par les dunes à fourrés et les dunes grises à Tortula au niveau des dunes de Berck. Au niveau des dunes de Stella-Merlimont, les habitats menacés sont ceux des dunes bordières à oyats puis à argousiers et les pelouses des dunes grises (Eden 62, 2014).

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Berck - Le Touquet.

La Réserve Biologique Domaniale de Merlimont est la seule réserve en France où on laisse les processus naturels s'exprimer, il n'y a donc dans ce contexte pas d'enjeux environnementaux.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Berck-Le Touquet et donc aucun enjeu en lien avec le patrimoine environnemental associé.

2.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Aucune activité agricole n'est directement concernée par l'aléa érosion dans le bassin de risque de Berck-Le Touquet à une échéance de 10 ans.
- Il n'y a pas de zones portuaires ou industrielles concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Berck-Le Touquet à une échéance de 10 ans.
- Concernant les enjeux commerciaux, on peut noter les problèmes de saupoudrage et d'ensevelissement du parking de l'hôpital Calot au nord de Berck qui posent des problèmes opérationnels.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Berck-Le Touquet et donc aucun enjeu en lien avec les activités économiques associées.

2.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

On peut citer les retours d'expérience suivants sur les mesures de gestion passées mises en œuvre :

- Parmi les mesures de gestion / actions entreprises ces dernières années par le Conservatoire du Littoral, on peut citer (com. pers, SMCO, 2014) :
 - En 2009, la destruction de l'usine des dunes de Berck
 - En 2012, l'installation de clôture et la plantation d'oyats devant les dunes de Berck et la pose de ganivelles par Eden 62
 - En 2012, la plantation d'oyats dans les dunes de Stella-Merlimont pour fixer les dunes vers l'intérieur et la pose de ganivelles par Eden 62
 - En 2013, la plantation d'oyats dans les dunes de Stella-Merlimont
- Les ouvrages expérimentaux (épis et brise lames constitués par des pieux de bois verticaux espacés de moins d'1m) mis en place au nord de Berck Plage et qui montraient une

stabilisation encourageante au moment de l'écriture du PLAGE, semblent avoir stabilisé le trait de côte.



Figure 30 : Epis et brise-lames expérimentaux au Nord de Berck (Egis, Novembre 2013)

- La mesure de gestion consistant à « Laisser-faire » la nature sur la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont gérée par l'Office Nationale des Forêts a permis de ne pas bloquer les échanges de sable entre la dune et la plage permettant l'alternance entre érosion en hiver (microfalaise de retrait) et accrétion en été (bourrelet d'accumulation en pied de dune) et donc favoriser une bonne résilience du cordon face aux conditions météo-marines. Seul un ramassage des macrodéchets est effectué et on note la présence de panneaux d'interdiction d'entrer dans les dunes (Battiau-Queney, 2013).
- La Commune du Touquet pose des ganivelles chaque hiver en haut de plage pour capter du sable en haut de plage.
- Des ganivelles et une interdiction d'accès aux cavaliers ont été mises en place au niveau de du large siffle-vent, voie d'accès pour les promeneurs situé juste au sud du Touquet (Observation Egis Ports, 2013).
- L'Enduro du Touquet, course de motos et de quad ayant historiquement eu lieu sur la plage et dans les dunes du Touquet, évitera les dunes du Touquet cette année, des modifications de tracé ayant eu lieu afin de pérenniser la course et de respecter l'environnement (site internet de l'Enduropale du Touquet, 2014).

Parmi les études entreprises ces dernières années, on peut citer :

- Réflexion par la Communauté des Communes Mers et Terres d'Opale pour remédier à l'abaissement du haut de plage de Merlimont, Stella-Plage et du Touquet. Une étude de faisabilité menée par DHI/Ecoplage (2007) a préconisé le rechargement et remodelage du haut de plage à partir de sable prélevé sur les barres intertidales à hauteur de 43 800 m³, 62 900 m³ et 34 000 m³ à Merlimont, Stella-Plage et au Touquet respectivement avec en sus la mise en place du système Ecoplage (drainage de la plage pour faciliter le dépôt du sable) sur une distance de 500m en face du complexe de thalassothérapie au Touquet. L'installation d'un système Ecoplage à Merlimont a finalement aussi été retenue incluant la destruction de 5 épis (sur 6) en enrochements, leur inefficacité pour accumuler du sédiment ayant été observé (Département du Pas-de-Calais, 2012).
- Etude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait de côte en 2005 par le SMCO concernant entre autres l'usine de Berck.



Figure 31 : Panneau d’interdiction d’accès au niveau de la Réserve Biologique Domaniale de Merlimont (à gauche) et ganivelles et interdiction d’accès aux cavaliers au niveau d’un large siffle-vent au sud du Touquet (Egis, Novembre 2013)

Parmi les travaux en cours/futurs, on peut citer

- Les travaux d’urgence de réfection du perré de Merlimont
- L’installation du système Ecoplage à Merlimont est prévue pour Février 2014 ainsi que la destruction de 5 épis en enrochements sur 6, le sixième épi ne pouvant être détruit puisqu’il abrite une canalisation de déversoir d’orage (Com. pers. PMCO, 2014).

Le Tableau 43 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR2 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 43 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR2 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
Pôle urbain : - Expertiser l'efficacité des perrés, - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir les ouvrages	- Berck - Merlimont - Stella-Plage - Le Touquet	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Travaux d'urgence de réfection du perré de Merlimont (en cours)
Pôle urbain : - Suivre l'évolution de la plage - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention	- Berck - Merlimont - Stella-Plage - Le Touquet	- Etude de faisabilité pour la gestion des plages de Merlimont, Stella-Plage et du Touquet – Etude du système Ecoplage - Installation du système Ecoplage à Merlimont et destruction des épis
Milieu naturel accueillant de des aménagements : - Planifier la destruction puis détruire les blockhaus/ bâtiments instables - Entretenir	Usines des dunes à Berck	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Destruction de l'usine des dunes au nord de Berck (précédant une étude d'impact par le SMCO)
Transition des pôles urbains et milieux naturels : - Intervenir pour limiter le recul du trait de côte - Expertiser les phénomènes et les risques de contournement	- Sud perré de Merlimont - Sud perré de Berck - Nord perré de Merlimont - Sud perré de Stella Plage - Nord perré de Stella - Sud perré Thalassothérapie - Dunes nord de Berck - Dunes nord du Touquet	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Mesures de gestion douces d'entretien des dunes au sud du Touquet, au nord de Berck, et entre Stella et Merlimont - Arrêt de l'Enduro dans les dunes du Touquet
Milieu naturel : - Laisser évoluer - Suivre l'évolution	Dunes de Merlimont Dunes Merlimont – Stella Dunes sud du Touquet	- Intervention avec mesures de gestion douce au niveau des dunes de Stella-Merlimont

3 BR3 – Estuaire de la Canche

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR3-1 à BR3-4 qui concernent le bassin de risque Estuaire de La Canche afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

3.1 Description du site

Le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche est caractérisé par un faciès estuarien typique et des forçages naturels d'origine marine et fluviale. Il comprend les communes du Touquet et d'Étaples en bordure des rives sud et nord de l'estuaire et les communes de Saint Josse et Cucq à l'intérieur des terres.

Ce bassin est délimité au sud par la Pointe du Touquet au changement d'orientation du littoral de SSO–NNE à NO-SE, qui constitue la transition entre un littoral soumis à des forçages d'origine marine à un littoral soumis à des conditions estuariennes.

La limite Nord de ce bassin se situe au niveau de la Pointe de Lornel, au niveau des enrochements protégeant le Camping des Dunes (Camiers). Cette limite marque le changement d'orientation de la côte de NNO–SSE à une orientation N-S et marque la transition entre des conditions estuariennes à complètement marines.

Le bassin de risque BR3 démarre à la limite entre les deux unités sédimentaires US1, qui débute au niveau de la baie d'Authie et US2 et qui se termine au nord du Port de Boulogne-sur-Mer.

3.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

L'estuaire de la Canche présente une grande variété d'environnements morphosédimentaires : des bancs d'embouchure sableux formant un delta, un estran sableux avec alternance de barres et bâches, une zone de divagation du chenal de la Canche, des étendues de schorres végétalisés (ou mollières), des slikkes vaseuses, des cordons dunaires plus ou moins végétalisés et enfin des polders.

Le delta externe est séparé de l'estuaire interne par la flèche sableuse du Touquet enracinée sur la rive sud.

Deux paysages distincts peuvent être observés :

- La partie interne de l'estuaire, caractérisé par des étendues de schorres (mollières) qui sont inondées uniquement en Pleine Mer de Vives Eaux (PMVE) et recouverts d'une végétation halophile dense, surfaces parsemées de criches et de mares creusées et utilisées par les chasseurs de gibiers d'eau. Des digues de rencloture ont été construites au cours des derniers siècles afin de gagner des terrains sur la mer : la dernière a été construite en 1924 pour créer l'hippodrome et l'aéroport du Touquet (Battiau-Queney, 2013).
- L'embouchure est caractérisée par de larges estrans sableux bordés par des cordons dunaires : la Pointe du Touquet au Sud et, du Sud vers le Nord sur la rive nord, les dunes de Ply de Camiers, du Feu des Dunes de Camiers et les Garenne de Lornel. Ce secteur est artificialisé par un système d'épis plus ou moins longs destinés à éloigner le lit de la Canche de la rive nord.

- L'estuaire est caractérisé par un processus historique de comblement comme en témoigne la progression des étendues de schorres depuis plus d'un siècle. Ce comblement est favorisé la progression du banc du Pilori vers le nord et par les actions de poldérisation entreprise depuis le Moyen-âge (Battiau-Queney, 2013).

La dérive littorale, dirigée du Sud vers le Nord au niveau de la ville du Touquet, alimente la flèche sableuse du Touquet sur la rive sud de l'estuaire de la Canche (poulier).

A l'intérieur de la Baie, la houle diffractée par le Banc du Pilori vient taper contre la face nord du cordon dunaire de la pointe du Touquet dont l'action érosive est renforcée par les courants de flot qui se sont rapproché de la rive sud depuis la prolongation de la digue de rencloture de la rive nord à la fin des années 80 (Battiau-Queney, 2013 ; Le Coadou, 2011).

A l'intérieur de la Baie, au niveau de la rive nord, les courants prennent une direction NNO–SSE sous l'influence des houles diffractées et du courant de flot ce qui favorise l'érosion dans cette zone et le transport et l'accumulation des sédiments vers l'intérieur de la Baie. Preuve en est la flèche, ou contre-poulier, qui s'est formée au niveau de Feu des Dunes de Camiers (Le Coadou, 2011).

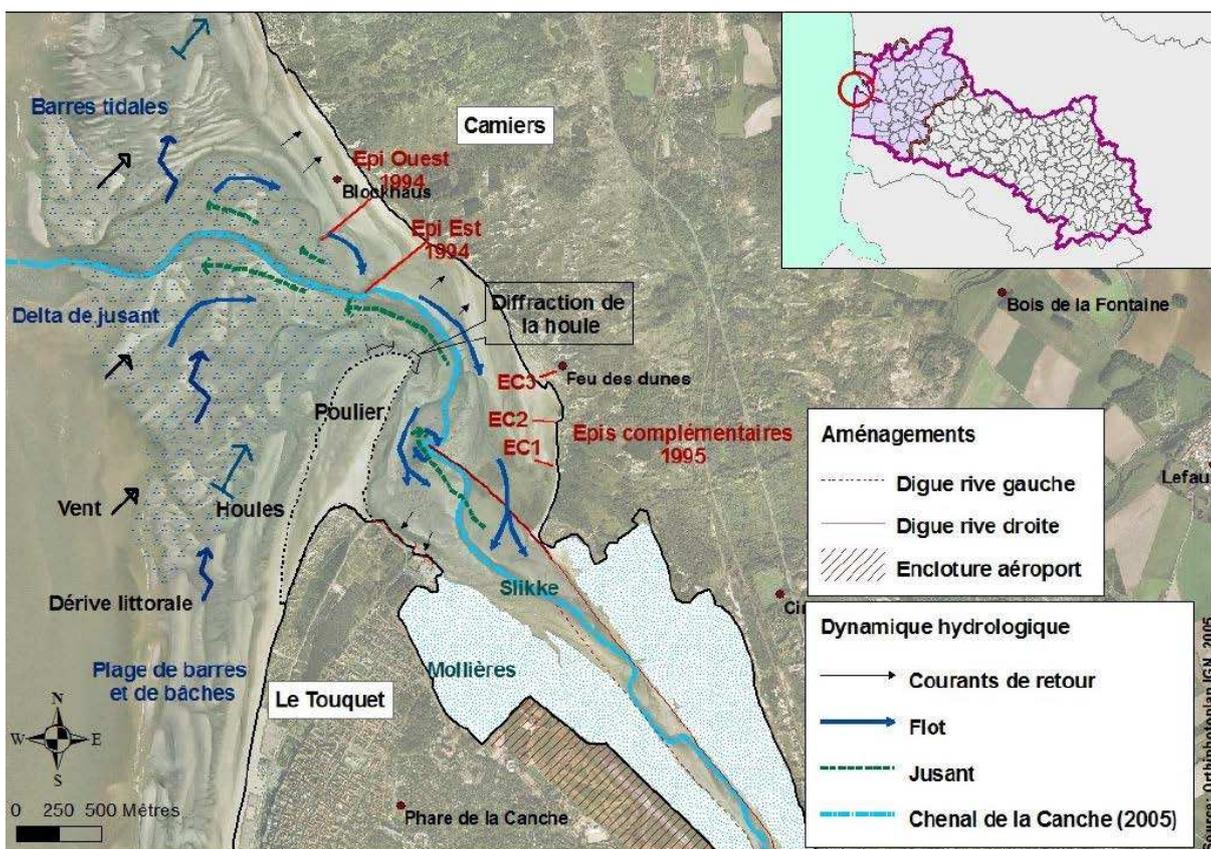


Figure 32 : Morphologie et fonctionnement de l'estuaire de la Canche (Le Coadou, 2011)

3.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans la baie de la Canche, on compte trois types d'ouvrages de protection

- Des cordons dunaires, au niveau de la Pointe du Touquet et dans la partie nord-ouest de la baie

- Des ouvrages de protections en dur au niveau de la ville d'Étaples et dans la Baie.
- Des talus naturels (digues de rencloture, digues de 1^{er} et de 2nd rang), de part et d'autres de l'estuaire et en fond de baie

On compte aussi un grand nombre d'ouvrages à la mer et notamment des portes à la mer, des exutoires etc.

3.3.1 Les cordons dunaires

Cordon dunaire de Saint Gabriel (Ply de Camiers, Feu des dunes de Camiers, Garennes du Lornel)

Tableau 44 : Type et état des cordons dunaires dans le BR3

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Dunes de Saint Gabriel – Camiers (secteur centre et sud)	Cordon dunaire	IE 2 _{2011,2013} (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - présence d'érosion gravitaire et de microfalaises en pied - affleurement du substrat, présence de résurgence de la nappe, vestiges militaires mis à découvert - présence de dunes embryonnaires localement

3.3.2 Les ouvrages de protection en dur

Tableau 45 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR3

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Berges sud de la Canche directement derrière la Pointe du Touquet	Digue en enrochements	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	Chute de blocs en pied de talus, variation de pente
Protection du bassin du Centre Nautique	Perré en béton armé ou maçonnerie	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	Disjointement caractérisant un vieillissement des matériaux, avec ou sans végétation pouvant devenir déstabilisante → disjointements et lacunes (pierres) au niveau du bassin du CNT à la suite de la tempête Xaver
Berges sud de la Canche à l'Est du centre nautique	Digue en enrochements naturels, rideau de palplanches métalliques et perré en béton	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	Inclinaison anormale du parement vers la mer, encadrée par des fractures au niveau des joints de construction ou reprise de bétonnage caractérisant un déversement
Digue Billet	Perré en maçonnerie ou béton et talus naturel	IE 4 ₂₀₁₂ (IEm)	- Fissurations superficielles du béton - Aménagement ayant entraîné la création d'une brèche (1 exutoire, 12 tuyaux) (IE 2)
Digue submersible du Touquet –rive sud	Digue en enrochements	Pas d'inspection	
Digue submersible de Camiers – rive nord	Partie interne - Digue en enrochements	Pas d'inspection	
	Partie externe - Digue en enrochements	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	Enrochements déplacés hors des limites de l'épure de l'ouvrage, pied de l'ouvrage ensablé
Epis de Camiers	Epis en enrochements (x 4)	IE 4 ₂₀₁₂ (IEm)	
	Epi en enrochements le plus au sud (x 1)	IE 3 ₂₀₁₂ (IEm)	Enrochements déplacés hors des limites de l'épure de l'ouvrage

3.3.3 Les talus naturels

Tableau 46 : Type et état des talus naturels dans le BR3

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue d'encloture du Touquet	Talus naturel	IE 3 ₂₀₁₂ (IEm)	- Cavités dans le talus - Présence d'aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (6 tuyaux) (IE 2)
Digue d'encloture de l'aéroport	Talus naturel	IE 3 ₂₀₁₂ (IEm)	-Défaut de profil en long en crête, affaissement en crête - Présence d'aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (2 tuyaux) (IE 2)
Digue du Nempont 1^{er} rang	Talus naturel	IE 4 ₂₀₁₂ (IEm)	Aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (3 ouvrages d'art) (IE 2)
Digue du Nempont 2nd rang	Talus naturel	IE 4 ₂₀₁₂ (IEm)	
Digue de Saint Josse	Talus naturel	IE 4 ₂₀₁₂ (IEm)	Aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (3 ouvrages d'art) (IE 2)
Digue d'encloture d'Étaples	Talus naturel	IE 3 ₂₀₁₀ (IEm)	Variation de pente, végétalisation arbustive envahissante et anormale pouvant devenir déstabilisante

Les digues de l'aéroport, du Nempont et Billet ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages (com. pers. DREAL, 2014).

Digue de l'aéroport

Les observations effectuées par le SHSOH de la DREAL le 26/04/2011 sur le linéaire de la digue d'encloture de l'aéroport sont cohérentes avec les évaluations de la méthode VSC (30/05/2012) : des défauts de profil en long et des affaissements en crête sans autre manifestation ont été repérés. De plus, l'ouvrage nécessiterait un désherbage total, l'implantation d'un couvert herbacé homogène et une prévention contre les animaux fouisseurs.

Digue du Nempont (1^{er} rang seulement)

La DREAL a réalisé plusieurs observations lors de la visite du 17/05/2011, qui n'apparaissent pas dans la notation VSC faite le 31/05/2012, notamment un profil très irrégulier de l'ouvrage, de fortes pentes au niveau du talus extérieur et l'utilisation de matériaux meubles sujets à l'érosion (sable). Il a aussi été noté l'abondance de végétation ligneuse susceptible de créer des renards hydrauliques en cas de crue et un nombre élevé de galeries dues à des animaux fouisseurs. En conséquence, il avait été demandé d'assurer le rechargement en matériaux des tronçons fragilisés, la mise en place d'un pied de protection avec implantation de végétation herbacée, la mise en place d'une prévention contre les animaux fouisseurs, et le fauchage de l'intégralité de l'ouvrage.

La notation VSC ayant été effectuée un an après l'inspection réalisée par la DREAL, il convient de vérifier si des travaux ont été effectués.

3.3.4 Les ouvrages à la mer

Tableau 47 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR3

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Ouvrages hydraulique de la digue d'enclosure du Touquet	Exutoire (x 2)	IE 3 ₂₀₁₂ (IEm) IE 4 ₂₀₁₂ (IEm)	- Grille de protection descellée
Exutoire de la digue d'enclosure de l'aéroport	Ouvrage en béton avec clapet anti retour métallique (x 7)	IE 4 ₂₀₁₂ (IEm)	- 2 exutoires envasés
Portes à la mer de la digue de Saint Josse	Portes à la mer de la Grande Tringue : portes busquées en béton armé, acier non protégé et polyester armé moulé	IE 3 ₂₀₁₂ (IEm)	- Détérioration des joints, manque une plaque de polyester sur l'une des portes (acier visible)

Les évaluations effectuées par le SCSOH par la DREAL le 26/04/2011 sur le linéaire de la digue d'enclosure de l'aéroport diffèrent légèrement avec les évaluations de la méthode VSC (30/05/2012) : la plupart des exutoires sont envasés et les exutoires n°3, 4, 5 et 7 nécessitent des travaux de confortement puisqu'il a été repéré des dépôts de matériaux derrière le mur de soutènement.

La porte à la mer de la digue de Saint Josse a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages (com. pers. DREAL, 2014).

3.4 Caractérisation des aléas

3.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côte passée et récente

Le poulcier de la Pointe du Touquet et le Banc du Pilori en travers de l'embouchure de l'estuaire ont tendance à progresser vers le nord-ouest sous l'action de la dérive littorale. Ce phénomène a été accentué par la plantation d'oyat dans les dunes qui ont permis leur stabilisation mais aussi par des prélèvements de sables effectués sur le banc du Pilori (Battiau-Queney, 2013)

On note aussi la présence de dunes embryonnaires au niveau du contre-poulcier au niveau du Feu des dunes de Camiers, ce qui implique une zone plutôt en accrétion.

La rive sud de l'estuaire directement derrière la Pointe du Touquet subit aussi une érosion intense depuis les années 90 seulement ralenti par les ouvrages de protection mis en place (Battiau-Queney, 2008 ; Le Coadou, 2011).

Néanmoins, la migration naturelle de l'embouchure et du lit de la Canche vers le nord depuis plusieurs siècles ont entraîné un recul important du trait de côte de la rive nord depuis au moins le 18^{ème} siècle. La construction d'épis de contrôle du lit du chenal a permis le redressement du chenal mais n'a pas permis l'arrêt du développement du contre-poulier puisque celui-ci est passé au-delà de l'épi le plus au nord (Le Coadou, 2011). On note donc une tendance à l'érosion malgré l'engraissement local favorisé par les épis (Battiau-Queney, 2013 ; ULCO-LOG, 2013).

Le Tableau 48 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 48 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; ULCO-LOG, 2013 ² ; Chabaan et al, 2012 ³)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Pointe du Touquet et Banc du Pilon	Progression		N/A
Rive sud de l'estuaire directement derrière la Pointe du Touquet	Fort recul	- 0,9 à -1,4 m/an (1963 – 2009) ²	Entre -9 et -14 mètres
Cordon dunaire de la rive nord – secteur Nord	Fort recul	- 1,8 à 2m/an (1930-2006) ¹	Entre -18 et -26 mètres
		- 2,6 m/an (1963-2009) ²	
Cordon dunaire de la rive nord – secteur Sud (sud des 2 épis)	Alternance entre érosion et accrétion selon les secteurs et les périodes → secteur dynamique	- 1,8 à 2m/an (1930-2006) ¹	Jusqu'à -24 mètres
		Entre -2,4 m/an à +5m/an (1963-2009) ²	
		-1,3 m/an (+/-0,17m/an) (1947-2005) ³	

L'aléa érosion à l'échéance de 10 ans

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied des dunes de Camiers varierait entre **-18 à -26 mètres** pour le secteur nord. Le secteur sud est très dynamique et l'on observe selon les périodes et les secteurs des zones en accrétion et en érosion. Le recul pourrait atteindre jusqu'à **-24 mètres**.

D'après ces résultats on peut considérer que le recul est **très fort** pour le cordon dunaire de Camiers dans le bassin de risque Estuaire de la Canche et il est **fort** au niveau de la rive sud de l'estuaire derrière la Pointe du Touquet.

L'abaissement du niveau de plage

Tout laisse à penser que le niveau de l'estran devant la digue en enrochement de la route de la Corniche et le club nautique situés en arrière de la Pointe du Touquet subit une tendance à l'abaissement sur le long-terme bien qu'il n'existe pas d'étude quantifiant ce phénomène.

Il est probable que cette tendance à l'abaissement se poursuive à une échéance de 10 ans.

3.4.2 L'aléa submersion

L'étude de caractérisation de l'aléa submersion marine pour une période de retour centennale et l'aléa submersion pour une période de retour centennale incluant le changement climatique, réalisée par DHI (2013a), a retenu deux modes de submersion pouvant affecter le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Sur la rive nord, c'est le débordement des berges qui a été simulé.

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Les inondations à Etaples n'appellent pas de remarque particulière. L'eau se propage sans obstacle jusqu'à ce que le niveau d'eau baisse et que l'eau se retire. L'inondation atteint la voie ferrée au Nord-Ouest de la ville. Pour l'aléa T100, les débordements du lit majeur sont très limités, [...]. A noter l'inondation pour les deux scénarios d'occurrence centennale l'inondation de la parcelle située sur la D939 entre l'usine et la ferme d'Hilbert. »

Sur la rive sud, ce sont des ruptures de digues et d'ouvrage qui ont été simulées :

- 2 brèches sur la digue du Touquet
- la rupture de l'ouvrage de la Grande Tringue
- 1 brèche sur la digue de Saint-Josse

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Ces diverses simulations sur ce site permettent de tenir compte de la variabilité des inondations en fonction de l'emplacement des brèches, dans la mesure où les brèches peuvent apparaître en des points quelconques de la digue. Les résultats sont alors obtenus séparément pour toutes les positions de brèches simulées. Les cartographies (représentent) les hauteurs, vitesses et aléa maximum obtenus quelle que soit la position de la brèche considérée.

L'inondation se propage du lit de la Canche vers le Sud. Le secteur concerné par l'aléa fort, qui inclue l'aéroport et le quartier Bellevue, est inondé en 1h après l'ouverture de la brèche dans la digue. La voie ferrée, qui forme une digue orientée Nord-Sud au milieu des champs, bloque les écoulements de part et d'autre, jusqu'au niveau de la D143 (des échanges Est-Ouest peuvent se faire au Sud lorsque les écoulements arrivent à ce niveau).

Sur la zone Est, les écoulements sont bloqués le long de la route des Estuaires, hormis en un point bas [...] au Nord où l'eau commence à passer 1h30 après l'ouverture des brèches, permettant l'inondation des premières parcelles de terrain à l'Est de cette route. »

Les zones d'aléas très forts, forts, moyens et faibles sont représentées spatialement sur les cartes BR3-1 à BR3-4 ce qui permet de visualiser l'ampleur de la submersion dans les terres.

3.5 Les Enjeux

3.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de populations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Estuaire de la Canche. Il n'y a donc pas d'enjeu lié à la sécurité des personnes associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Ce territoire est marqué par une forte densité urbaine et la présence de nombreux équipements en bord de côte, notamment touristiques.

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion s'étend du sud vers le nord sur les communes de Cucq, Saint-Josse, Le Touquet et Etaples. Le nombre d'habitants qui pourrait être potentiellement exposé à l'aléa submersion par commune est reporté dans le tableau suivant :

Tableau 49 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)

Commune	Nombre d'habitants dans la commune	Nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion centennial
Cucq	5167	130-190
Saint Josse	1 224	35-75
Le Touquet	4785	180-240
Etaples	11491	240-310

Toutes les communes de ce bassin de risque pourraient voir leur population affectée par l'aléa submersion marine.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de L'Estuaire de la Canche.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Une partie de la route en corniche derrière le cordon dunaire de la Pointe du Touquet a déjà été en partie détruite par l'érosion, là où elle dessine un coude à angle droit. La deuxième voie, encore en service, est maintenant réservée aux piétons et cyclistes mais pourrait si le recul se poursuit au même rythme être complètement détruite à une échéance 10 ans. L'abaissement de l'estran devant le club nautique pourrait potentiellement déstabiliser les ouvrages de protection et indirectement les infrastructures du club nautique situées au-dessus.

Il y a donc un enjeu associé au bâti dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Le Tableau 50 fait état de la surface du tissu urbain potentiellement affecté par l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Tableau 50 : Surface de l'habitat dense et continu touché par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 3- Estuaire de la Canche	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Habitat dense	1265	120	9
Habitat diffus		13	1

Parmi le bâti touché par l'aléa submersion, hors tissu urbain, on note l'aéroport du Touquet.

Il y a donc un enjeu associé au bâti en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

3.5.2 Enjeux touristiques

Etaples et le Touquet forment des pôles d'accueil touristique très importants pour la Côte d'Opale et notamment pour ce qui est de leur fonction nautique avec le club nautique du Touquet et le port de plaisance d'Etaples.

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

En sus de l'érosion de la route en corniche en rive sud de l'estuaire mentionnée ci-dessus qui obligerait à un réaménagement du chemin piéton, l'aléa érosion, important au niveau de la rive nord pourrait avoir pour conséquence la diminution de la largeur de l'estran avec comme conséquence la réduction temporelle des usages par les utilisateurs du littoral (promeneurs, cavaliers, pêcheurs, etc). Trois parcours pédestres dédiés (dont un pour personne à mobilité réduite) et des panneaux d'information sur l'environnement ont été mis en place dans le cadre de la création du Parc de l'estuaire de la Canche - Côte d'Opale.

Un abaissement de l'estran plus à l'ouest au niveau du club nautique du Touquet pourrait conduire à l'affouillement et au déchaussement des ouvrages de protection du club et ainsi, affecter indirectement les infrastructures touristiques directement situées en surplomb et en arrière. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement de l'estran à ce niveau pourrait impacter les activités du centre nautique à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Les infrastructures du Port de plaisance d'Etaples pourraient être endommagées en cas de débordement à Etaples, 0,4 hectare étant compris à l'intérieur de l'aléa submersion.

Les activités et infrastructures touristiques (restaurants, etc) situées en front de mer d'Étaples pourraient être impactées par la submersion, et cela pourrait, hormis les dégâts matériels potentiels, avoir un impact sur la fréquentation et donc sur les revenus lié au tourisme.

Il en est de même pour les huttes servant à la chasse à la hutte et « à la botte » qui sont situées dans les mollières sur le Domaine Public Maritime. L'inondation de l'aéroport du Touquet et de l'hippodrome pourrait aussi avoir des conséquences néfastes sur la fréquentation de la station balnéaire.

Le labyrinthe du Touquet situé dans la commune de Saint Josse est compris dans l'emprise de l'aléa submersion.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

3.5.3 Enjeux environnementaux et paysagers

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque Estuaire de La Canche

Le nombre et la qualité des protections environnementales dont bénéficie le bassin de risque Estuaire de la Canche en font un site d'exception du point de vue de la protection et de la gestion des habitats et des espèces estuariennes et dunaires.

Le Tableau 51 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Tableau 51 : Liste des sites protégés dans l'Estuaire de la Canche et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE - protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE - autre
<p>4 sites Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux)</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Estuaire de la Canche, dunes picardes plaquées sur l'ancienne falaise, forêt d'Hardelot et falaise d'Equihen » (habitat) - « Baie de Canche et couloir des trois estuaires » (habitat) - « Estuaire de la Canche » (oiseaux) - « Marais de Balançon » 	<p>1 site Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Les Garennes de Lornel » 	<p>6 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 et 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Dunes de Camiers et Baie de Canche » - « Le communal de Merlimont » - « Prairies humides de la Grande Tringue » - « Marais de Cucq-Villiers » - « Prairies humides péri-urbaines de Cucq » - « La Basse Vallée de la Canche et ses versants en aval d'Hesdin »
<p>1 site Réserve Naturelle Nationale</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Baie de la Canche » 	<p>Site classé 1 site</p> <ul style="list-style-type: none"> « Pointe du Touquet » 	<p>2 sites ZICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Estuaire de la Canche » - « Marais de Balançon et de Villiers »
		<p>Sites inscrits 2 sites</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Marais Arrière littoraux » - « Dunes d'Étaples »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR3 Estuaire de la Canche fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des Dunes et Estuaires d'Opale » pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

La Baie de la Canche est une Réserve Naturelle Nationale, la Pointe du Touquet est un site classé, la présence de cinq sites Natura 2000, d'un site du Conservatoire du Littoral et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, ZICO, TVB), font du bassin de risque Estuaire de la Canche un territoire à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion pourrait affecter directement les habitats et espèces dunaires et de la plage de la rive nord de la Baie de la Canche en entraînant une disparition partielle de ceux-ci. Les habitats directement exposés sont les nouveaux habitats de dunes embryonnaires, les dunes blanches bordières plus ou moins fixées, suivies par les dunes grises et dunes arbustives marquées par l'argousier, ainsi que les boisements dunaires.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

Les sites protégés suivants pourraient être touchés par l'aléa submersion, comme suit :

- Le Bocage et les prairies humides de la Grande Tringue et de Cucq
- Le Marais de Cucq-Villiers
- Le communal de Merlimont
- La Basse Vallée de la Canche et ses versants en aval d'Hesdin

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

3.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Aucune activité agricole n'est directement concernée par l'aléa érosion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche à une échéance de 10 ans.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche à une échéance de 10 ans.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Le Tableau 52 fait état de la surface et de la proportion de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Tableau 52 : Surface des terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 3 - Estuaire de la Canche	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Cultures	1265	663	52
Prairies		194	15

- Le Tableau 53 fait état de la surface et de la proportion des zones industrielles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Tableau 53 : Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 3 - Estuaire de la Canche	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones industrielles	1265	10	0,8

- Le Tableau 54 fait état de la surface et de la proportion des zones commerciales qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Tableau 54 : Surface et Proportion des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 3 - Estuaire de la Canche	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones commerciales	1265	2	0,1

- Le Tableau 55 fait état de la surface et de la proportion de l'aéroport qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche.

Tableau 55 : Surface et proportion de l'aéroport potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 3 - Estuaire de la Canche	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface de l'aéroport potentiellement affectée par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion de l'aéroport potentiellement affectée par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Aéroport	1265	85	7

On constate qu'il y a un enjeu économique en lien avec l'aléa submersion marine dans le bassin de risque de l'Estuaire de la Canche qui est notamment significatif pour les enjeux agricoles et pour l'aéroport.

3.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

On peut citer les retours d'expérience suivants sur les mesures de gestion passées :

- Le rechargement en sable ainsi que la pose de fascines et de ganivelles sur la face nord de la Pointe du Touquet pour protéger la Route de la Corniche (construite en 1961) et y piéger le sable, ont tous échoués. Des enrochements mis en place en 2002 ont dû être démantelés en 2004. Le rétrécissement forcé de la route ont conduit à l'utilisation d'une seule voie pendant un temps et à l'interdiction de stationner sur son côté nord puis les autorités ont dû se soumettre à sa fermeture et à sa transformation en promenade partagée pour piétons et cyclistes en 2009 (Battiau-Queney, 2008 & 2013). La municipalité a posé des enrochements au niveau du cercle nautique en 2008. Le long de la route de la corniche, des enrochements étaient prévus mais la nouvelle municipalité a arrêté ces travaux.



Figure 33 : Erosion de la route en corniche directement à l'est de la Pointe du Touquet (Battiau-Queney, 2008)

Parmi les études passées, on peut citer :

- L'étude de l'historique de la gestion du trait de côte dans l'estuaire de la Canche et gestion du risque d'inondation dans la basse vallée de la Canche – Aide à la préfiguration de contrat de baie de Canche (Le Coadou, 2011)
- Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Canche, approuvé en octobre 2011

Parmi les actions et études en cours, on peut citer :

- Mise en place d'un Contrat de Baie de Canche par Symcéa (2013), outil contractuel permettant aux différents acteurs de la baie et de son bassin versant de définir de manière globale et concertée, un programme d'actions sur 5 ans visant à améliorer la gestion de l'eau du territoire concerné. Dans ce cadre, les actions/étude suivantes ont été programmées :
 - L'étude du fonctionnement hydrosédimentaire de l'estuaire de la Canche (2013-2018)
 - L'étude danger sur les ouvrages de protection contre la submersion marine (2013-2014)
 - La cartographie des dunes, leur état de conservation et les causes de leurs dégradations (2014)
- Etude de danger des digues de l'aéroport, du Touquet, Billet, Nempont et de la porte à la mer de la grande Tringue sous la maîtrise d'ouvrage de la Communauté de Communes Mer et Terre d'Opale (com. pers. DREAL, 2014)

Le Tableau 56 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR3 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 56 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR3 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
<p>Pôle urbain</p> <p>→ Le Touquet (rive interne) et Etaples non pris en compte à l'époque du PLAGE</p>	Estuaire de la Canche Le Touquet Etaples	<p>- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62</p> <p>- Inspection des ouvrages classés au regard de la réglementation relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques par la DREAL</p> <p>- Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL</p> <p>- Etudes de danger des digues de l'aéroport, du Touquet, Billet, Nempont et de la porte à la mer de la grande Tringue</p> <p>- Etudes des processus naturels et mise en place d'un programme d'action pour une meilleure gestion de l'Estuaire de la Canche et améliorer la connaissance des processus naturels</p>
<p>Milieu naturel accueillant de l'urbanisation</p> <p>→ Ouvrages à la mer du Touquet (rive interne) et d'Etaples non pris en compte à l'époque du PLAGE</p>	Ouvrage à la mer	- Inspection des ouvrages classés au regard de la réglementation relative à la sécurité des ouvrages hydrauliques par la DREAL
<p>Milieu naturel accueillant des aménagements :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité du perré - Evaluer la pertinence de planifier un retrait stratégique et un ré-aménagement 	<ul style="list-style-type: none"> - Pointe du Touquet - Cercle nautique 	<ul style="list-style-type: none"> - Pose d'encochements puis démantèlement puis fermeture de la Route en Corniche aux voitures face à l'exacerbation de l'érosion et aménagement d'un sentier pour piétons et cyclistes - Pose d'encochement au niveau de cercle nautique
<p>Transition des pôles urbains et milieux naturels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expertiser le phénomène et les risques de contournement - Suivre l'évolution de la plage et des dunes - Planifier le recul stratégique du camping et des encochements 	Sud perré de St-Gabriel	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62
<p>Milieu naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laisser évoluer - Suivre l'évolution 	Pointe de Lornel	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62

4 BR4 - Camiers – Hardelot Plage

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR4-1 à BR4-4 qui concernent le bassin de risque Camiers - Hardelot-Plage afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

4.1 Description du site

Le bassin de risque Camiers – Hardelot-Plage est caractérisé par un linéaire de 11km orienté nord-sud et limité au sud par l'estuaire de la Canche et au nord par le début des falaises du Boulonnais. La côté basse sableuse est bordée par un massif dunaire entrecoupée de deux stations balnéaires, avec, du sud vers le Nord, Sainte-Cécile Plage (Camiers) et Hardelot Plage.

La limite sud de ce bassin se situe au niveau de la Pointe de Lornel et plus précisément au niveau des enrochements protégeant le Camping des Dunes. Cette limite marque le changement d'orientation de la côte de NNO-SSE à une orientation Nord-Sud et marque la transition entre des conditions estuariennes de la baie de la Canche à maritimes.

Au nord, la limite de ce bassin se situe naturellement à la transition entre les Dunes d'Ecault et les falaises d'Equihen.

Le bassin de risque BR4 est compris dans l'unité sédimentaire UG2 qui démarre au niveau de l'estuaire de la Canche et qui se termine au nord du port de Boulogne-sur-Mer.

4.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

La morphologie de la côte, qui est conditionnée par un fort marnage, se présente sous la forme d'un vaste estran sableux marqué par une alternance de barres et de bâches dans les parties centrales et inférieures de l'espace intertidal. Les zones de surf, de déferlement, de swash, et d'activité éolienne migrent donc sur l'ensemble de l'espace intertidal pendant chaque cycle de marée.

La largeur de l'estran est d'environ 600m à Hardelot-plage. La pente de l'estran est faible de l'ordre de 1% et d'environ 2 à 2.5% en haut de plage.

La situation géomorphologique au nord de la Canche varie de celle au sud en cela que le plateau crayeux est plus proche de la côte si bien que le massif dunaire est plaqué à la falaise morte (Eden 62, 2014).

Une plaine humide est encore présente entre le cordon et le plateau crayeux entre Sainte Cécile Plage et Hardelot, alors qu'au nord d'Hardelot, la zone de marais maritime a complètement disparu. Au premier cordon dunaire succède donc ce que l'on appelle des dunes plaquées recouvrant les falaises de grès jurassique.

La nature du cordon bordier varie aussi entre le nord et le sud d'Hardelot : au sud, sur le secteur des dunes du Mont Saint Frioux et des dunes du Chevalier Sansot, celui-ci se limite à une falaise sableuse dans laquelle sont intercalées des paléosols qui dépasse rarement 10m IGN tandis qu'au nord, les dunes d'Ecault atteignent jusqu'à 20m IGN et sont plus mobiles,

colonisées par l'oyat et sont souvent précédées de dunes embryonnaires (Battiau-Queney *et al*, 2006).

Entre Sainte Cécile-Plage et Hardelot-Plage, on trouve de nombreux secteurs en accumulation au niveau des débouchées de ruisseaux.

L'ensemble des massifs dunaires est densément végétalisé, en partie grâce à l'intervention des propriétaires des dunes (SMCO, 2003) excepté au nord d'Hardelot où les dunes sont très dégradées et présentent de nombreuses caoudeyres.

Au sud d'Hardelot-Plage et le long de la partie méridionale de la digue en enrochements, une des conséquences de la proximité du plateau crayeux est l'émergence de l'aquifère au contact de la dune et de l'estran. Cela entraîne l'humidification plus ou moins continue de pans entiers du haut de la plage sur une largeur variant entre 60m et 200m et le ruissellement d'eau plus ou moins riches en oxydes de fer (le haut de plage prend une couleur rouille). La déflation éolienne responsable de l'alimentation en sable des dunes et de leur mobilité est ici plus difficile puisque le sable est constamment mouillé, ce qui explique l'absence de dunes embryonnaires sur ce secteur. On note en outre des affleurements de tourbe dans ce même secteur, ceci limitant également la déflation éolienne (Battiau-Queney *et al*, 2006).

L'humidité du sable observée par endroit sur le haut de la plage de Sante Cécile pourrait aussi être liée à une résurgence de la nappe à cet endroit. (DHI / Ecoplage, 2007).

La dérive littorale est dirigée du Sud vers le Nord sur tout le secteur.

Au nord d'Hardelot, la configuration de l'estran permet aux vents dominants d'alimenter les cordons dunaires en sable, pourvu qu'une bande de sable sec suffisamment large soit disponible. Le cordon dunaire constitue alors un stock de sable qui va permettre de rééquilibrer les pertes subies au niveau de l'estran pendant les tempêtes d'hiver. Durant ces tempêtes, le sable du haut de plage et du cordon dunaire est en effet emporté dans la partie inférieure de l'estran et va alimenter les barres intertidales, qui vont en retour jouer le rôle de brise lames naturels.



Figure 34 : Résurgence de la nappe phréatique devant la digue en enrochements et au sud d'Hardelot-Plage (Egis, Décembre 2013)

4.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans le bassin de risque BR 4 Camiers – Hardelot-Plage, on compte deux types d'ouvrages de protection

- Des cordons dunaires,
- Des ouvrages de protections au sud de Sainte-Cécile Plage et sur toute la façade d'Hardelot plage.

4.3.1 Les cordons dunaires

Cordons dunaires adjacents ou derrière les fronts de mer artificialisés**Tableau 57 : Type et état des cordons dunaires dans le BR4**

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Dunes de Saint Gabriel - Camiers	Cordon Dunaire de second rang (protégé par une digue en enrochements)	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	- Présence d'un camping avec aménagement de chemins, présence de cheminements sauvages
Dunes de Sainte Cécile Plage - Camiers	Cordon Dunaire	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	- Cordon dunaire étroit - Présence de cheminements sauvages - Présence rapprochée d'infrastructures (habitation) - Epis bois, clôtures et racines des infrastructures de bordure ensablées - 2 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche
Dunes d'Hardelot (portion de 200m au sud)	Cordon Dunaire	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	- Présence de résurgences de nappes

Dunes d'Hardelot (entre les enrochements et le ruisseau de la Becque)

Aucune étude VSC n'a été entreprise pour cette portion de côte.

Ce cordon a subi un recul de plusieurs mètres lors de la tempête Xaver.

Dunes du Mont Saint Frieux

Aucune étude VSC n'a été entreprise pour cette portion de côte.

On peut estimer que l'état de ce cordon dunaire est bon malgré une tendance générale au recul.

Dunes du Chevalier Sansot

Aucune étude VSC n'a été entreprise pour cette portion de côte.

On peut estimer que l'état de ce cordon dunaire est bon malgré une tendance générale au recul.

Dunes d'Ecault

Aucune étude VSC n'a été entreprise pour cette portion de côte.

Malgré la présence de quelques siffle-vents, on peut estimer que l'état de ce cordon dunaire est bon malgré une tendance générale au recul du front dunaire.

4.3.2 Les ouvrages de protection en dur

Tableau 58 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR4

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Sud de Sainte-Cécile Plage	Digue en enrochement	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	- Absence localisée d'enrochements - Variation de penture → effondrement de la partie supérieure du talus en enrochements et géotextile et remblais apparents à la suite de la tempête Xaver
Perré de Sainte Cécile Plage	Perré en béton et maçonnerie	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
Brise-lames et épis en pieux bois	Brise-lames (x2) et Epis (x3)	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	- Pieux ensablés
Hardelot Plage	Digue Enrochement (6,3 à 8,8m IGN)	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	-Variation de penture, affaissement en crête - Présence de résurgences de nappes, sommet du pied visible → absence localisé d'enrochements et présence de cavités en partie supérieure du talus à la suite de la tempête Xaver
	Digue en maçonnerie (9 à 10,1m IGN)	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	

Dans la classification VSC, trois points, qui semblent correspondre aux deux chemins d'accès bétonnés à la plage de Sainte Cécile, ont été classés comme des « aménagements ayant entraîné la création d'une brèche » et ont un IE de 2.

4.4 Caractérisation des aléas

4.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côte passée et récente

Le Tableau 59 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 59 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b¹ ; Chaverot, 2006² ; calculé d'après Tresca, 2006³, Chabaan et al, 2012⁴)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte sur le long terme	Evolution récente du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Sainte Cécile Plage (Camiers) – secteur sud entre le camping et le lotissement	Recul élevé dans le passé avant la mise en place des enrochements	Plus de recul possible, abaissement de l'estran	-1,8 à -2m/an (1930-2006) ¹	Plus de recul possible → présence d'enrochements
			-2,4 m/an (1963-2009) ²	
Sainte Cécile Plage (Camiers) – secteur nord non protégé	Recul		-0,41 m/an (+/-0,17m/an) (1947-2005) ⁴	Entre -1,5 et -5,5 mètres ¹
Dune du Mont Saint Frieux	Recul		-0,25 à -0,4m/an (1930-2006) ¹	Entre -2,5 à -10 mètres
			> -1,1m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	
			-0,41 m/an (+/-0,17m/an) (1947-2005) ⁴	
Dunes du Chevalier Sansot	Recul		-0,4 à -0,6m/an (1930-2006) ¹	Entre -4 à -10 mètres
			> -1,1m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	
			-1,0 m/an (1963-2000) ³	
			-0,41 m/an (+/-0,17m/an) (1947-2005) ⁴	
Hardelot Plage	Recul au niveau du secteur sud dans le passé avant la mise en place des enrochements	Plus de recul possible, abaissement de l'estran	-0,4m/an au niveau des enrochements (1930-2006) ¹	Plus de recul possible → présence d'enrochements
			-0,41 m/an (+/-0,17m/an) (1947-2005) ⁴	
Dune d'Ecault	Recul		-0,4 à -0,8m/an (1930-2006) ¹	Entre -3,5 à -10 mètres
			> -1 m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	
			-0,35 m/an (1963-2000) ³	
			-0,46 m/an (+/-0,17m/an) (1947-2005) ⁴	

L'aléa érosion à l'échéance de 10 ans

On note que l'évolution du trait de côte déterminée sur une longue période est moins importante que celle déterminée sur une période plus réduite. Cela s'explique par une alternance entre les périodes d'érosion et les périodes d'accrétion ou de stabilité du trait de côte sur cette façade littorale. La tendance générale n'en reste pas moins à l'érosion.

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied de la dune pourrait être de :

- Sud de Sainte Cécile-Plage entre le camping et le lotissement : -17 mètres au niveau des enrochements protégeant le camping des dunes diminuant progressivement pour atteindre - 5,5 mètres devant le lotissement sud de Sainte-Cécile Plage (DHI, 2013b).

Au vu de la présence d'un cordon d'enrochement sur cette section, on considère que le recul sera nul à une échéance de 10 ans.

- Sur le front de mer de Sainte Cécile Plage : entre **-1,5 à -5,5 mètres** (DHI, 2013b), les maximums se situant au nord du parking et des deux embouchures de rivières se jetant sur la plage - celles-ci se comportent comme les estuaires de l'Authie et de la Canche sous l'effet de la dérive littorale, c'est-à-dire qu'on assiste à la migration de la rive sud vers le nord (poulier) et à l'érosion de la rive nord (musoir). Ceci est cohérent avec les résultats de Chabaan *et al* (2012).

- Dunes du Mont Saint-Frieux : entre -1 à -6 mètres (DHI, 2013b)

Cela est légèrement inférieur aux rythmes d'érosion déterminés par Chaverot (2006) qui ramenés à l'échéance 10 ans, induisent un recul supérieur à 10 mètres sur ce secteur. On conclura à un recul probable variant entre **-2,5 et -10 mètres** à l'échéance 10 ans, afin d'englober les résultats de recul de DHI (2013b) et de Chabaan *et al* (2012) qui sont plus faibles mais qui ont été établis sur une plus longue période.

- Dunes du Chevalier Sansot : entre -1 à -6 mètres (DHI, 2013b)

Cela est inférieur aux rythmes d'érosion déterminés par Chaverot (2006) et Tresca (2006) qui ramenés à l'échéance 10 ans, induisent un recul supérieur et égal à 10 mètres respectivement sur ce secteur. On conclura à un recul probable variant entre **-4 et -10 mètres** à l'échéance 10 ans, afin d'englober les résultats de recul de DHI (2013b) et de Chabaan *et al* (2012) qui sont plus faibles mais qui ont été établis sur une plus longue période.

- Dunes d'Ecault : entre -1 à -8 mètres (DHI, 2013b)

Cela est inférieur aux rythmes d'érosion déterminés par Chaverot (2006) qui ramenés à l'échéance 10 ans, induisent un recul supérieur à 10 mètres sur ce secteur.

Par contre si on considère les rythmes d'érosion moyens déterminés par Tresca (2006), le recul serait de l'ordre de 3,5 mètres sur ce secteur, ce qui corrobore les résultats de DHI. On conclura à un recul probable variant entre **-3,5 et -10 mètres** à l'échéance 10 ans, afin d'englober les résultats de recul de DHI (2013b) et de Chabaan *et al* (2012) qui sont plus faibles mais qui ont été établis sur une plus longue période.

Les recherches du laboratoire LOG de l'ULCO confirment les résultats obtenus par Chaverot (2006) et Tresca (2006) (pour le secteur au sud d'Hardelot seulement pour ce dernier) et montre que le trait de côte est globalement en érosion entre Sainte Cécile Plage et Hardelot-Plage et entre Hardelot-Plage et Equihen plage avec un recul globalement supérieur à 40 mètres (≈ -1 m/an) avec des pics de reculs à -65 mètres ($- 1,75$ m/an) sur la période 1963 à 2000 (Figure 35).

D'après ces résultats on peut considérer que l'aléa érosion n'existe plus pour le secteur du camping au sud de Sainte Cécile Plage, et que le recul est **moyen** pour le front de mer de Sainte Cécile et pour les dunes du Mont Saint Frieux, du Chevalier Sansot et d'Ecault.

La capacité de régénération de la falaise sableuse et de formation de dunes embryonnaires au niveau des Dunes du Mont St Frieux et du Chevalier Sansot étant faible du fait de l'humidité

quasi-constante du haut de plage, le recul du trait de côte semble irréversible sur ce secteur à court terme (Battiau-Queney *et al*, 2006).

EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE ENTRE ÉQUIHEN PLAGE ET SAINTE CÉCILE DE 1963 ET 2000

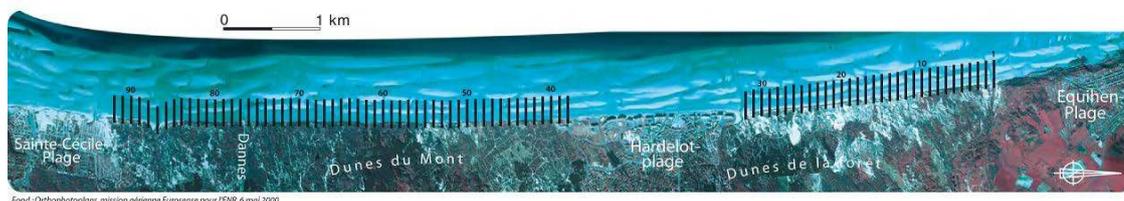
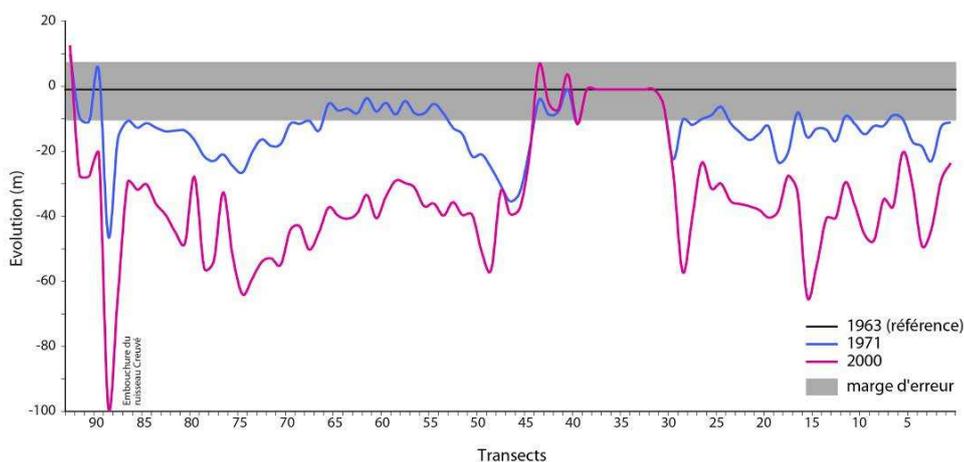


Figure 35 : Evolution du trait de côte entre Sainte Cécile-Plage et Equihen-Plage entre 1963 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)

L'abaissement du niveau de plage

Le niveau des plages devant les digues/perrés du Camping de la Mer (Camiers), Sainte Cécile Plage et Hardelot-Plage semblent s'abaisser sur le long-terme comme le suggère l'étude réalisée par Ecoplage et DHI (2007) ainsi que les profils topographiques relevés par la DDTM 62. Malheureusement, il n'existe pas d'étude quantifiant ce phénomène. Il est probable que cette tendance à l'abaissement se poursuive à une échéance de 10 ans.

4.4.2 L'aléa submersion

Aucun site sur ce bassin de risque n'a été retenu dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion réalisée par DHI (2013a). Concernant Hardelot-plage, la justification suivante a été avancée :

« Aucune tempête historique n'a été identifiée sur ce site ; le perré y est relativement haut (environ 10 m IGN69, soit localement 2 m au-dessus du niveau décennal, 4 m ailleurs), rendant son franchissement impossible. »

Par contre la côte d'arase de la digue en enrochement varie de 6,3 à 8,8m IGN soit seulement 30cm à 2.8m au-dessus du niveau centennal. Les sections les plus basses pourraient donc être franchissables lors des tempêtes combinées à un niveau d'eau extrême. Cependant, le niveau du terrain en arrière atteint 10m IGN compte tenu de la présence d'un bourrelet dunaire adjacent aux enrochements et la submersion résultant des franchissements devrait donc être limitée et n'affecterait aucun bien.

La côte d'arase du perré en enrochement de Sainte-Cécile plage se situe à 8,17m IGN. Cet ouvrage pourrait donc être franchissable lors des tempêtes ayant lieu lors d'une marée de fort coefficient mais la submersion marine en décaulant ne devrait affecter que des zones limitées car le niveau des terrains en arrière remonte assez rapidement derrière le perré.

4.5 Les Enjeux

4.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de populations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque de Camiers - Hardelot-Plage. Il n'y a donc pas d'enjeu lié à la sécurité des personnes associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Camiers - Hardelot-Plage et donc aucun enjeu lié à la sécurité des personnes associé.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

A Sainte-Cécile Plage, le recul du trait de côte et l'abaissement du niveau de plage pourrait entraîner la déstabilisation de deux immeubles, du parking et du poste de secours à une échéance de 10 ans.



Figure 36 : Front de mer de Sainte Cécile-Plage au niveau du centre de secours et de la rampe –on distingue l'immeuble situé directement en front de mer (DDTM 62, 2013)

L'abaissement du niveau de l'estran au niveau du front de mer de Hardelot-Plage pourrait induire un affouillement du pied des ouvrages de protections pouvant mener à leur déstabilisation, ce qui menacerait les infrastructures situées en surplomb. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement des plages pourrait impacter les infrastructures touristiques à une échéance de 10 ans.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Camiers-Hardelot-Plage et donc aucun enjeu en lien avec les zones urbanisées associées.

4.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Ce territoire est marqué par une faible densité urbaine qui devient forte en été, et par la présence d'équipements touristiques en front de mer.

Sainte Cécile-Plage et Hardelot-Plage sont des stations balnéaires réputées. Elles accueillent un public tourné vers le tourisme vert qui s'appuie sur la présence de sites naturels d'exception.

Hardelot-Plage possède un centre nautique en bordure de plage. La plage est aussi un lieu de promenade pédestre et à cheval (GR). Il existe deux campings à Sainte Cécile Plage, celui au nord, le camping de la Mer, donne directement sur la plage alors que le Camping des Dunes au sud est situé juste derrière le trait de côte sur les dunes mais est protégé par un cordon d'enrochements.

Le niveau de plage stable mais particulièrement bas à Hardelot Plage, interdit l'utilisation de la plage à marée haute. L'absence de sable sec à marée basse dans la partie méridionale de la station balnéaire et au sud des enrochements rend ces zones peu attractives pour les usagers de la plage (Battiau-Queney *et al*, 2006).

L'abaissement du niveau de l'estran au niveau du front de mer de Hardelot-Plage pourrait induire un affouillement des ouvrages pouvant mener à leur déstabilisation, ce qui menacerait les infrastructures touristiques situées en surplomb, tel que le club nautique, le centre de secours, les cabines de plage ou la promenade. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement des plages pourrait impacter les infrastructures touristiques à une échéance de 10 ans.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion dans le bassin de risque Camiers-Hardelot-Plage et donc aucun enjeu en lien avec les activités touristiques.

4.5.3 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque Camiers- Hardelot-Plage

Les désignations environnementales dont bénéficie le bassin de risque Camiers- Hardelot-Plage en font un site d'exception du point de vue de la protection et de la gestion des habitats et des espèces dunaires.

Tableau 60 : Liste des sites protégés dans le BR4 – Camiers - Hardelo-Plage et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE - autre
1 site Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Estuaire de la Canche, dunes picardes plaquées sur l'ancienne falaise, forêt d'Hardelot et falaise d'Equihen » (habitat)	2 sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres - « Mont Maint Frieux » - « Dunes d'Ecault »	3 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 et 2) - « Dunes de Dannes et du Mont St-Frieux » - « Dunes d'Ecault et de Condette » - « Dunes de Camiers et Baie de Canche »
		1 site Parc Naturel Régional - « Parc Naturel Régional des caps et marais d'Opale »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR4 Camiers-Hardelot fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des Dunes et Estuaires d'Opale » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence d'un site Natura 2000, de 2 sites du Conservatoire du Littoral et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, PNR, TVB), le bassin de risque Camiers-Hardelot-Plage constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion affecte et pourrait affecter de plus en plus les habitats et espèces dunaires des plages et des dunes du Mont St-Frieux, des dunes du Chevalier Sansot et des dunes d'Ecault en entraînant la disparition progressive des dunes embryonnaires (pour les dunes d'Ecault seulement), les dunes blanches à oyats, les dunes grises à mousses et lichens etc. (Eden 62, 2014). Cette perte pourra être compensée pour les dunes d'Ecault si le système reste suffisamment résilient.

Pour les dunes du Mont-Saint-Frieux et du Chevalier Sansot, la capacité de régénération de la falaise sableuse et la formation de dunes embryonnaires est limitée du fait de l'humidité quasi-constante du haut de plage, (Battiau-Queney *et al*, 2006).

4.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

On peut citer les retours d'expérience suivants sur les mesures de gestion passées :

- L'orthophoto de 2009 (Aerodata 2009) permet de distinguer trois décrochements successifs de la digue en enrochements au sud de Sainte Cécile-Plage qui laissent à penser que cette digue a été prolongée au fur et à mesure pour pallier à l'augmentation du recul du trait de côte à l'extrémité de l'ouvrage intervenant post-construction. On observe un quatrième décrochement du trait de côte au sud de la digue. Cette succession d'ouvrages est une illustration des problèmes qui peuvent se poser avec la construction d'ouvrages de défense qui induisent un recul à leur extrémité, ce qui nécessite la mise en place de nouveaux aménagements au fur et à mesure du déplacement le long de la côte de la zone en érosion.
- Des murets ont été mis en place au niveau de l'esplanade de Sainte-Cécile Plage par la CCMTO pour éviter que le sable ne se dépose sur l'esplanade et ne soit pollué ; le sable accumulé est rechargé sur le haut de plage (com. pers SMCO, 2014).
- Les épis expérimentaux mis en place au nord de Sainte Cécile Plage semblent être efficaces pour retenir le sable en haut de plage comme l'illustre la photo ci-dessous.



Figure 37 : Epi expérimentaux en haut de plage à Sainte-Cécile-Plage (DDTM 62, 2013)

- Des ganivelles ont été posées le long du perré d'Hardelot-Plage pour favoriser l'ensablement du pied. Il semblerait que cette mesure ait fonctionné pendant un temps. Il n'y a aujourd'hui plus de trace de ces installations, ce qui laisse à penser que celles-ci ont été déracinées, emportées par les flots ou enlevées par le gestionnaire (Battiau-Queney *et al*, 2006).

Parmi les études réalisées / actions mises en œuvre, on peut citer :

- Etude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait de côte en 2005 par le SMCO concernant entre autres l'observatoire du Mont Saint-Frieux.
- Expertise géomorphologique de la plage de Neufchatel-Hardelot par l'Université de Lille commandé par la Mairie en 2006 (Battiau-Queney Y., Malaterre G., Tresca A., 2006)

- Un suivi photographique du haut de plage est effectué par Eden 62 pour le Conservatoire du Littoral au niveau des dunes du Mont Saint-Frieux (2 fois par an à la fin de l'hiver et de l'été) et des dunes du Chevalier Sansot et d'Ecault (2 fois par an à la fin de l'hiver et de l'été et de façon plus opportuniste après les tempêtes). Aucun recul notable n'a été observé au niveau des dunes du Mont Saint-Frieux et aucune mesure de gestion n'a été mise en œuvre au cours des dix dernières années. Au niveau des dunes du Chevalier Sansot et d'Ecault, une trêve dans l'érosion marine a été observée depuis environ 15 ans et l'ancien talus d'érosion est cicatrisé (com. pers Eden 62, 2014).

Parmi les études en cours, on compte :

- Réflexion en cours par la CCMTO pour remédier à l'abaissement du haut de plage à Sainte-Cécile Plage. Une étude de faisabilité menée par DHI/Ecoplage a préconisé le rechargement et remodelage du haut de plage à partir de sable prélevé sur les barres intertidales d'un volume à hauteur de 81,000 m³ (2007).

Le Tableau 61 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGÉ pour le BR4 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 61 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR4 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
Pôle urbain : - Contrôler la stabilité du perré - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir les ouvrages	- St Cecile Plage - Ste Cécile Plage Sud - Hardelot Plage	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62
Pôle urbain : - Suivre l'évolution de la plage - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention	- Front de mer de Ste Cécile Plage - Hardelot-Plage	- Etude de faisabilité pour la gestion des plages de Ste Cécile Plage – Etude du système Ecoplage - Mise en place de ganivelles le long du perré pour retenir le sable - Expertise géomorphologique de la plage de Neufchatel-Hardelot par l'Univ de Lille pour la Mairie de Neufchâtel-Hardelot
Milieu naturel accueillant de des aménagements : - Planifier la destruction puis détruire les blockhaus/ bâtiments instables - Entretien	- Observatoire du Mt St Frieux	- Etude d'impact de l'observatoire du Mont Saint-Frieux sur l'évolution du trait de côte (SMCO, 2005)
Transition des pôles urbains et milieux naturels : - Intervenir pour limiter le recul du trait de côte - Expertiser les phénomènes et les risques de contournement	- Camping de St Gabriel - Sud de St Gabriel - Sud perré Hardelot Plage - Nord perré Hardelot Plage - Dunes Nord de Ste Cécile	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Mise en place d'épis expérimentaux au nord de Ste Cécile qui semblent être efficaces pour retenir le sable
Milieu naturel : - Laisser évoluer - Suivre l'évolution	- Dunes du Mt St Frieux - Dunes du Chevalier Sansot - Dunes d'Ecault	- Suivi photographique effectuée par CELRL

5 BR5 – Equihen-Plage – Boulogne sur-Mer Nord

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR5-1 et BR5-2 qui concernent le bassin de risque Equihen-Plage – Boulogne-sur-Mer Nord afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

5.1 Description du site

Le bassin de risque BR5 – Equihen-Plage – Boulogne-sur Mer nord marque la transition avec les côtes basses sableuses et le début des falaises du Boulonnais. Il s'étend sur 10 km jusqu'à la limite entre les unités sédimentaires 2 et 3 au Nord de Boulogne-sur-Mer au niveau de la Pointe de la Crèche. Le port de Boulogne-sur-Mer qui s'étend à plus d'1,5km en mer constitue un obstacle important au transport des sédiments vers le nord.

Ce bassin de risque est caractérisé par des côtes à falaises mais on trouve néanmoins des plages d'accumulation en amont-dérive du port de Boulogne au niveau du Portel et à l'intérieur du port de Boulogne-sur-Mer.

5.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

Les falaises allant d'Equihen au Portel puis celles au niveau de la Pointe de la Crèche, sont des falaises jurassiques dont l'altitude de la corniche varie entre 20 et 50 mètres. Elles sont constituées d'une alternance d'argile, de calcaire et de grès et présentent un replat sur le versant. En pied de falaise sont présents des platiers avec blocs épars en alternance avec de nombreux blocs formant une protection naturelle temporaire. Une configuration analogue est observée à la Pointe de la Crèche (accumulation de matériaux en pied de falaise).

Le long des secteurs à falaise, les plages sont moins larges mais restent marquées par une alternance de barres et bâches dans les parties centrales et inférieures de l'espace intertidal.

Un ouvrage de protection au niveau de la falaise sud d'Equihen protège une plateforme à mi-hauteur entre la plage et le haut de la corniche, où se situent la base nautique et un parking et d'où on peut atteindre la plage via deux accès opposés.

Au Portel, un ouvrage consolide la falaise au sud de l'anse formée par la digue sud du port. Des dunes plaquées contre la falaise morte s'étalent au centre et au nord de l'anse (DDTM 62, 2007).

Aucune information n'a pu être trouvée pour définir l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire sur ce secteur. On peut néanmoins présager d'une certaine continuité par rapport aux secteurs plus au sud : courant de marée et dérive littorale dirigés vers le nord et transport sédimentaire résiduel vers le nord, action des agents marins sur le pied de falaise et transport des matériaux érodés.

5.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans le bassin de risque BR5 - Equihen-Plage – Boulogne-sur-Mer Nord, on compte trois types d'ouvrages de protection

- Des falaises,
- Des ouvrages de protections en dur au Portel et à Boulogne-sur-Mer,

- Un ouvrage à la mer à l'intérieur du port de Boulogne-sur-Mer.

5.3.1 Les falaises

Les falaises sont des ouvrages de protection naturels contre la submersion marine. Sur ce secteur, la hauteur des falaises est telle qu'elle rend la submersion des terres situées en arrière improbable.

A noter que sur ce secteur, la descente à Nathalie, rampe en béton qui permet l'accès à la plage depuis la ville d'Equihen-Plage, est interdite d'accès pour cause d'effondrements (IE =1). Les quatre autres accès (escalier en bois ou rampe en béton) à la plage depuis la falaise ont un Indice d'état mécanique IE 4.

5.3.2 Les cordons dunaires

Tableau 62 : Type et état des cordons dunaires dans le BR5

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Cordon dunaire plaqué sur la falaise du Portel	Cordon dunaire	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	- Couverture végétale très dégradée Mais ensablement des enrochements en pied de talus et des clôtures caractérisant un engraissement du talus, dunes embryonnaires

5.3.3 Les ouvrages de protections en dur

Tableau 63 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR5

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue d'Equihen	Digue en maçonnerie et en enrochements	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	- variation de pente, glissement localisé au niveau des enrochements
Epi d'Equihen	Epi en enrochements	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	
Digue du Portel	Digue en maçonnerie ou en béton armé bordé d'enrochements	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	-affouillement, matériau de remblai à découvert -cavités dans la maçonnerie -fissuration longitudinale en haut de versant associé à une variation de pente (rejet) -affaissement localisé de la maçonnerie associé à une désorganisation, et disjointement.
	Digue en enrochement protégeant le cordon dunaire	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
Epi	Epi en béton	IE 1 ₂₀₁₃ (IEu)	- Usage : panneau d'interdiction
Digue du Port de Boulogne-sur-Mer	Perré en béton renforcé par des enrochements		

5.3.4 Les ouvrages à la mer

Ouvrage du Marguet de la Liane

L'ouvrage du Marguet de la liane a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages hydrauliques en date du 23 mai 2012 (com. pers. DREAL 2014).

L'ouvrage du Marguet de la Liane est un ouvrage de maçonnerie de pierre et de béton qui constitue l'entrée vers le troisième bassin de plaisance du port de Boulogne-sur-Mer en amont de la rivière la Liane. Cet ouvrage, qui est composé principalement de quatre bajoyers : deux attenants aux rives et deux en partie centrale de l'ouvrage, est dans un état globalement satisfaisant même si quelques désordres ont été constatés lors de la visite commandité par la DREAL : il a notamment été observé un déjointoyage plus ou moins prononcé, la présence de végétation et la lixiviation de pierre et du béton par endroits. La partie supérieur du radier aval est très détériorée : absence de certaines pierres et érosion des éléments de maçonnerie, sans pour autant que cela ne remette en cause la stabilité de l'ouvrage.

Les bouchures mobiles de la passe Ouest (qui permet le passage des navires du bassin de plaisance) sont dans un bon état général : seule une légère corrosion des axes des vannes plates a été observée. La passe centrale est composée de deux vannes levantes métalliques, qui présentent toutes deux un bon état général hormis un léger défaut d'étanchéité. La passe Est (qui permet l'évacuation des eaux de la Liane) est composée d'une vanne inférieure et supérieure qui présentent un bon état général. Toutefois, une corrosion avancée des glissières des vantaux a été constatée.

5.4 Caractérisation des aléas

5.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côté passée et récente

A Equihen Plage et entre Equihen Plage et le Portel, l'érosion du pied de la falaise et de la corniche, plus rapide que prévu, ainsi que l'instabilité potentielle de la corniche et du versant, induisent un risque non négligeable pour la sécurité des personnes et la destruction potentielle des habitations et infrastructures situées en corniche (DDTM 62, 2007).

La falaise du Portel est entièrement carapaçonnée de béton (versant et corniche) et de bitume (en pied) et intégrée dans le tissu urbain. Aucun recul n'est donc possible. Néanmoins, la nature des matériaux, la présence d'un accident géologique, l'absence de renseignement précis sur la structure interne et le drainage de la carapace ainsi que les déformations ponctuelles de celle-ci incitent à la prudence (DDTM 62, 2007).

Bien que considérée comme une falaise morte, la corniche au sud de Boulogne continue d'évoluer et le risque de glissement potentiel est présent et a même été observé dans le passé lors de travaux d'aménagement du carrefour de Châtillon.

La présence d'une faille à la jonction avec la falaise du Portel concentre le ruissellement d'eau et déstabilise l'ensemble qui subit un léger recul en ce point (DDTM 62, 2007).

Bien que considérée comme une falaise morte car elle n'est plus en contact avec les agents naturels marins (remblaiement, urbanisation, protection des digues du port), le versant et la corniche de la falaise au niveau du Boulevard Sainte Beuve dans la rade du Port de Boulogne

continue d'évoluer sous l'action de facteurs continentaux naturels et sont considérés comme potentiellement instables (DDTM 62, 2007).

Ce secteur entre le Perré de Boulogne et la Pointe de la Crèche, est situé à l'intérieur de la rade de Boulogne et est relativement protégé de l'action marine. Cependant la falaise est sujette à des éboulements (DDTM 62, 2007).

Le Tableau 64 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 64 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DDTM 62, 2007 ¹).

Lieu-dit	Evolution du trait de côte	Rythme d'évolution passé	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Equihen Plage (ville)	Recul plus important que prévu depuis 2007 Glissement par fluage	<-0.1m/an ¹	> -6,5 mètres ¹
Equihen Plage – Cap d'Alprech	Recul Glissement par fluage	Entre < -0.1m/an et -0,25m /an (et jusqu'à -0,6m/an en pied de falaise) ¹	< -6,5 mètres ¹
Cap d'Alprech – le Portel	Recul Glissement plan, écroulements et éboulements rocheux	Entre <-0.1 m/an et -0,4m /an ¹	< - 6,5 mètres ¹
Défences du Portel – Ancien HoverPort	Léger recul sur 250 m puis stabilité précaire Glissements rotationnels	Pas d'informations dans le PPRL	< -4 mètres ¹
Rade du Port de Boulogne-sur mer – Pointe de la Crèche (Digue Nord)	Falaise morte sur 650m puis falaise morte à stabilité précaire sur 850m (glissement rotationnel et écroulement / éboulements) puis recul (glissement et écroulement)	Pas d'informations dans le PPRL	< -6 mètres ¹

L'aléa érosion

Le recul des falaises étant considéré comme irréversible l'aléa érosion est considéré comme **fort** sur tout le secteur hormis pour les sites protégés du Portel et de Boulogne-sur-Mer. D'après le PPRL des Falaises du Boulonnais (DDTM 62, 2007), le recul du trait de côte à l'échéance 10 ans pourrait être supérieur à 6,5 mètres entre Equihen-plage et le Portel :

- Equihen Plage : -1,7 et -6,5 mètres
- Equihen-Plage – le Portel : entre -3 et -6,5 mètres (ancien site du Motocross -6,5m ; Cap d'Alprech entre -4,7 et -6,2 mètres)
- Le Portel : -1,7 et -3,8 mètres
- Boulogne, Bd Ste Beuve – Pointe de la Crèche : -1,7 et -6 mètres

On sait d'ores et déjà que le recul a été sous-estimé pour les falaises d'Equihen puisque que le recul du trait de côte a été plus rapide que prévu, le recul pour ce site doit donc être considéré comme **> -6,5 mètres** à l'échéance 10 ans.

L'abaissement du niveau de plage

Il n'existe aucune étude ou indication permettant d'estimer si un abaissement du niveau de plage s'est produit devant le perré d'Equihen-Plage. Par contre les profils topographiques relevés par la DDTM 62 indique un abaissement au sud de l'épi du Portel.

Il est probable que cette tendance à l'abaissement se poursuive sur ce secteur à une échéance de 10 ans.

5.4.2 L'aléa submersion

Aucun site sur ce bassin de risque n'a été retenu dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion réalisée par DHI (2013a). Concernant Boulogne-sur-Mer, la justification suivante a été avancée :

« L'étude VSC et l'analyse topographique n'ont pas fait apparaître de risque de débordement. »

5.5 Les enjeux

Il n'y a pas d'aléa submersion marine dans le bassin de risque Equihen-Plage – Boulogne-sur-Mer Nord et donc aucun enjeu associé sur ce territoire. Les enjeux décrits ci-dessous concernent donc seulement l'aléa érosion à une échéance 10 ans.

5.5.1 Enjeux urbains et humains

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Comme sur tout le littoral des falaises du Boulonnais, le recul des falaises présente un risque pour la population lié aux éboulements, effondrements et chutes de pierre.

Dans le cas où le recul de la falaise se poursuit à un rythme soutenu, un risque pourrait exister pour les habitants des maisons situées en bord de corniche. La mise à jour du rythme de recul de la falaise d'Equihen étant en cours dans le cadre de la révision du PPRL des falaises du Boulonnais, il est difficile d'estimer si le recul de la falaise pourrait impacter de nouvelles habitations et leurs habitants à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque d'Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Neuf propriétés situées sur la corniche de la falaise à Equihen-plage sont actuellement concernées par une procédure d'acquisition amiable de biens immobiliers par le fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs en vue de leur démolition (DDTM 62, 2013) (Figure 38). Dans le cas où le recul se poursuit à un rythme soutenu, c'est la rue du Battez, une partie de la rue du Cap-Horn et l'impasse du Bout Joyeux puis plusieurs dizaines de propriétés qui pourraient subir le même sort dans les années à venir.

La mise à jour du rythme de recul de la falaise d'Equihen étant en cours dans le cadre de la révision du PPRL des falaises du Boulonnais, il est difficile d'estimer si le recul de la falaise

pourrait impacter de nouvelles habitations et infrastructures routières à une échéance de 10 ans.

Au nord de la ville, la station d'épuration et son parking se trouve à proximité de la corniche de la falaise. Le parking pourrait être affecté par le recul de la falaise à une échéance de 10 ans.

Dans la rade de Boulogne, entre le Boulevard Sainte-Beuve et la corniche de la falaise, un parking pourrait être affecté par le recul de la falaise à une échéance 10 ans.

Il y a donc un enjeu entre l'habitat dense et l'aléa érosion dans le bassin de risque d'Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord.



Figure 38 : Habitations situées en bord de falaise à Equihen-Plage (Egis, Novembre 2013)

5.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Les terrains entre Equihen-plage et le Portel fournissent des sites favorables à la pratique du parapente. Il semble cependant improbable que le recul du trait de côte puisse affecter cette activité à une échéance de 10 ans.

Entre la ville d'Equihen Plage et le cap d'Alprech, le terrain de moto-cross pourrait être affecté par le recul de la falaise à une échéance de 10 ans.

Le phare du Cap d'Alprech et les bâtiments alentour, le Fort d'Alprech ainsi que l'extrémité de la piste de décollage de l'aérodrome semble suffisamment loin de la corniche (>50m) et ne semblent apparemment pas à risque à une échéance de 10 ans.

Le recul du trait de côte est susceptible de faire disparaître quelques emplacements locatifs du camping Domaine Le Phare situé au sud du Portel ainsi que des infrastructures du camping dans le cas où le recul se révèle plus fort que prévu.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque d'Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord.

5.5.3 Enjeux environnementaux

Les protections dont bénéficie le bassin de risque Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord en font un site d'exception du point de vue de la protection et de la gestion des habitats et des sites à falaises.

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque BR5 – Equihen-Plage – Boulogne-sur-Mer Nord

Le Tableau 65 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord.

Tableau 65 : Liste des sites protégés dans le BR5 – Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
1 site Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Estuaire de la Canche, dunes picardes plaquées sur l'ancienne falaise, forêt d'Hardelot et falaise d'Equihen » (habitat)	Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres - « Dunes d'Ecault » - « Cap d'Alprech » - « Pointe de la Crèche »	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 ou 2) - « Falaises d'Equihen » - « Pointe de la Crèche et falaise entre Boulogne-sur-Mer et Wimereux »
		1 site Parc Naturel Régional - « Parc Naturel Régional des caps et marais d'Opale »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR5 Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des falaises d'Opale » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence d'un site Natura 2000, de 3 sites du Conservatoire du Littoral et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, PNR, TVB), le bassin de risque Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Le recul de la falaise affectera directement les habitats et espèces de la falaise en entraînant une disparition définitive de ceux-ci.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord.

5.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- L'aléa érosion pourrait entraîner une perte de terrains agricoles entre Equihen-Plage et le Portel. Les terrains concernés sont essentiellement des prairies à une échéance de 10 ans ; les terres cultivées étant localisées plus en arrière. On note aussi la présence de pelouses et de terrains en friches non cultivés sur cette portion. Au niveau de la pointe de la Crèche ce sont essentiellement des pelouses qui sont situées en bordure de corniches ; les prairies et terres cultivées étant localisées plus en arrière.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu économique et plus précisément agricole en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Equihen-Plage - Boulogne-sur-Mer Nord.

5.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

Parmi les actions mises en œuvre, on peut citer :

- Le recul du sentier littoral tel que préconisé par le PLAGE
- En 2013, l'EPF du Nord-Pas-de-Calais a acheté à l'amiable 9 parcelles situées sur la corniche de la falaise et à risque d'érosion (EPF, 2013).

Parmi les études effectuées, on peut citer :

- Le Plan de Prévention des risques des Falaises du Boulonnais par la DDTM 62 en 2007.

Parmi les études prévues, on peut citer :

- Une étude du recul des falaises dans le cadre de la révision de la caractérisation de l'aléa érosion du PPRL des falaises du Boulonnais (com. pers. DDTM 62).
- L'étude de danger de l'ouvrage du Marguet de la Liane porté par la région Nord Pas-de-Calais

Le Tableau 66 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR5 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 66 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR5 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
<p>Pôle urbain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité des terrains et du perré (pour Boulogne) - Suivre l'évolution de la falaise - Développer puis mettre en œuvre une gestion des eaux alternatives - Evaluer la pertinence et la nature de l'intervention et intervenir pour entretenir la stabilité du perré - Intervenir pour limiter le recul de la falaise - Planifier un recul stratégique 	<ul style="list-style-type: none"> - Equihen-Plage - Nord de Boulogne-sur-Mer 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - PPRL Falaise du Boulonnais par la DDTM 62 en 2007 et révision du recul des falaises en cours - Rachat à l'amiable de 9 parcelles situées sur la Corniche d'Equihen par EPF NPdC en 2013
<p>Transition des pôles urbains et milieux naturels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité des terrains - Suivre l'évolution de la falaise - Développer puis mettre en œuvre une gestion des eaux alternatives - Intervenir pour limiter le recul de la falaise - Evaluer la pertinence d'un recul stratégique des biens 	<ul style="list-style-type: none"> - Parking d'Equihen - Camping Sud du Portel - Nord d'Equihen 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Fermeture du chemin d'accès à la plage (Descente de Nathalie)
<p>Milieu naturel accueillant de l'urbanisation /des aménagements :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour limiter le recul du trait de côte - Suivre l'évolution de la falaise et la taille/ position des éboulements - Evaluer la pertinence d'un recul stratégique des biens (phare) - Planifier le déplacement et déplacer de l'aménagement instable (motocross) 	<ul style="list-style-type: none"> - Phase du Cap d'Alprech - Motocross d'Equihen 	<p>(Le motocross a fermé mais pour des raisons de nuisances sonores pour les riverains)</p>
<p>Milieu naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laisser évoluer - Suivre l'évolution 	<p>Falaise d'Equihen et Alprech</p>	<ul style="list-style-type: none"> - PPRL Falaise du Boulonnais par la DDTM 62 en 2007 et révision du recul des falaises en cours

6 BR6 – Wimereux – Cap Gris-Nez

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR6-1 et BR6-4 qui concernent le bassin de risque Wimereux - Cap Gris-Nez afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

6.1 Description du site

Le bassin de risque Wimereux - Cap Gris-Nez est caractérisé par un linéaire de 15.5km orienté légèrement SSE-NNO et comprend les communes de Wimereux, Ambleteuse, Audresselles et Audinghen. Ce bassin est constitué de côtes à falaises entrecoupées par des petites baies où se sont formées des massifs dunaires : le massif de la Slack entre Wimereux et Ambleteuse au niveau du débouché de la rivière La Slack, un massif de dunes grises entre Ambleteuse et Audresselles et celui de Wimereux qui a laissé place progressivement à la station balnéaire de Wimereux (Meur-Férec *et al*, 2004).

Sa limite sud est constituée par la transition entre les unités sédimentaires 2 et 3 et au nord par le Cap Gris-Nez, au niveau de la transition entre les falaises et le massif dunaire de la Baraque Fricot à Tardinghen.

Le Cap Gris-Nez constitue la transition entre la façade Manche orientée nord-sud et la façade Mer du Nord orientée OSO-ENE, et ne constitue pas un obstacle morphologique au transit des sédiments vers le nord-ouest. La portion rocheuse entre le Cap Gris-Nez et la Pointe de la Courte de Dune, orientée OSO-ENE, est incluse dans le bassin de risque BR6 car il est soumis au même type d'aléa érosion (recul des falaises) même si celle-ci est soumise à des forçages météo-océaniques typiques de la Mer du Nord (contrairement au reste du BR soumis à des forçages typiques de la Manche).

6.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

Les falaises allant de la Pointe de la Crèche au sud de Wimereux jusqu'à la Pointe de la Courte Dune à l'Est du Cap Gris-Nez sont des falaises jurassiques dont l'altitude de la corniche varie entre 20 et 40 mètres, excepté entre Ambleteuse et Audresselles où la hauteur de la falaise est modeste et est surmonté par des dunes. Elles sont constituées d'une alternance de sables, d'argile, de calcaire et de grès. Des grès durs en pied de falaise forment un platier rocheux devant les fronts de mer d'Ambleteuse et d'Audresselles, platiers dont la présence se généralise au nord d'Audresselles (DDTM 62, 2007). On note ainsi la présence d'un platier de 550m de large devant le Cran aux œufs, de 800m devant la Pointe du Nid de Corbet et de 1600m devant la Pointe de la Courte Dune (Pierre, 2006).

Ailleurs, on note la présence de blocs épars en pied de falaise, qui proviennent de l'effondrement de la corniche supérieure de la falaise en encorbellement. Ces blocs jouent le rôle de brise lame naturel. La superposition de matériaux divers mène à une variété de typologie de mouvements : on assiste selon les secteurs à des éboulements et écroulements, des chutes de pierres, des glissements et des coulées (DDTM 62, 2007).

Les fronts de mer de Wimereux, Ambleteuse, Audresselles et Tardinghen sont protégés par des perrés ou des digues en béton ou maçonnés. Au nord de Wimereux et d'Audresselles, des

digues en enrochement ont été construites pour empêcher le recul de la falaise, ce qui n'a pas empêché le recul de la corniche de se poursuivre.

Entre la Pointe au Oies et le débouché de la rivière la Slack au sud d'Ambleteuse, les falaises laissent la place à un secteur sableux, les dunes de la Slack, excepté dans la partie sud de la baie où on note la présence d'un affleurement rocheux.

Sur les secteurs à falaise, les plages sont moins larges, de l'ordre de 325 m au niveau d'Audresselles diminuant à 150m au niveau du cap Gris-Nez (Pierre, 2006). On note la présence de plages de poche recouvrant les platiers rocheux entre Audresselles et le Cran aux Œufs et au niveau de Cran Poulet et Cran Mademoiselle.

Les sables fins laissent place à des matériaux plus grossiers à mesure que l'on remonte vers le nord. On trouve ainsi des accumulations de galets en haut de plage et sous la forme de bermes de marée qui recouvrent des sables plus grossiers (Pierre, 2006).



Figure 39 : Platier rocheux devant la digue d'Ambleteuse (gauche) et accumulation de galets en haut de plage à Audresselles (droite) (Egis, Decembre, 2013)

Le transit sédimentaire s'effectue du sud vers le nord sous l'action des courants de marée et de la dérive littorale comme en témoigne les accumulations de sédiments dans les parties aval des baies (Pierre, 2006).

La base de la falaise est située au-dessus des marées de vives eaux entre +6 et +8m IGN et ainsi n'est pas attaquée par les vagues en conditions normales (Pierre, 2006).

Le matériel érodé se retrouvant en pied de falaise est soit transporté offshore (sédiment fins issus des couches argileuses), soit transporté par les courants longitudinaux ou stocké sur la plage où il sert à réapprovisionner la plage (sables issus des grès sableux), soit il sert à constituer une protection naturelle devant le pied de falaise (blocs calcaire) (Pierre, 2006).

6.3 Le type et l'état des ouvrages

6.3.1 Les falaises

Les falaises sont des ouvrages de protection naturels contre la submersion marine. Sur ce secteur, la hauteur des falaises est telle qu'elle rend la submersion des terres situées en arrière peu probable.

6.3.2 Les cordons dunaires

Malgré un recul du secteur sud et centre de la Baie, le massif dunaire de la Slack peut être considéré en bon état.

6.3.3 Les ouvrages de protections en dur

Tableau 67 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Wimereux dans le BR6

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Promenade de Wimereux	Perré en maçonnerie ou béton (sud)	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Portion en ruine - Cavités dans la maçonnerie, éclatement du parement en crête, fissures, lacunes sur la partie sud - Disjointements avec végétation pouvant devenir déstabilisante, éclats au niveau des joints → cavités dans le mur poids en maçonnerie, éclatements des joints du perré, déchaussement du pied sur le haut de l'estran et en particulier des escaliers, disjointement du talus protégé en maçonnerie à la suite de la tempête Xaver
	Digue en béton armé (centre)	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation superficielle du parement - Disjointement et fissuration au niveau de la reprise de bétonnage - Affouillement des palplanches
	Digue en enrochements (nord)	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Absence localisée d'enrochements, variation de pente → absence localisée d'enrochements et cavité profonde à la suite de la tempête Xaver
Berges de Wimereux	Digue maçonnée	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Disjointement, talus recouvert par de la terre et de la végétation, palplanches découvertes (au niveau du 1^{er} pont en aval du viaduc), lacunes près de l'embouchure
Epi et brise-lame de Wimereux	Epi (x1) et brise-lame (x1) en enrochements	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Blocs déplacés entraînés hors de limites de l'épure de l'ouvrage
	Epi en béton	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Disjointement et lacunes au niveau de la base

Plusieurs accès (x4) localisés au niveau de l'accès aux berges ont un IE 1 lié à l'absence de mains de fer. Un de ces accès montre aussi des palplanches saillantes.

Tableau 68 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Ambleteuse dans le BR6

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Perré d'Ambleteuse	Talus naturel et digue en enrochements (nord)	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	- Défaut de profil en long en crête associé à un affaissement en crête, anse d'érosion caractérisant un glissement localisé → érosion du talus nord en terre à la suite de la tempête Xaver
	Digue en béton armé, maçonnerie et béton bitumineux	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	- Cavités avec perte de matériaux dans la maçonnerie - Disjointement, résurgences d'eau à travers le talus → Trou et cavités dans le perré, pied déchaussé au niveau de la descente à bateaux nord et cavités à la suite de la tempête Xaver
	Digue en enrochements, maçonnerie et béton armé (Sud)	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	- En ruine, palplanches en bois apparentes, effondrement, fissuration - Défaut de profil en long en crête, variation de pente, atterrissement de blocs en pied de talus, géotextile apparent → chute du talus protégé en maçonnerie à la suite de la tempête Xaver

L'accès 5, une rampe en béton armé présente des affouillements et un déchaussement du pied de l'ouvrage et a un IEm de 2.

Tableau 69 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Audresselles dans le BR6

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Perré d'Audresselles	Digue en béton, béton armé ou en maçonnerie, ou mur poids en béton en alternance, surmontée par endroits par un talus naturel ou protégé par des enrochements	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	- Disjointement, lacunes, chute d'un bloc à l'extrémité nord, affouillement en pied - Pied de l'ouvrage déchaussé, partie basse du talus en maçonnerie présentant un disjointement et des lacunes - Ravinement du talus sommital déstabilisant la végétation - Résurgence d'eau à travers la digue - Lacunes en pied d'ouvrage → effondrement du talus nord en enrochements, éclatement au niveau du perré à la suite de la tempête Xaver
	Talus naturel	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	- Eboulements, présence d'une ruine de mur en maçonnerie au pied de l'ouvrage

Tableau 70 : Type et état des ouvrages de protection en dur à Audinghen dans le BR6

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Perré de la Sirène - Audinghen	Perré en maçonnerie bordé par un cordon d'encrochements	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - défaut de profil en long associé à des fractures biaises du parement avec désalignement des joints, bombement sans autre manifestation - variation de pente des encrochements → armatures en ferraille apparentes au niveau de la descente à bateaux à la suite de la tempête Xaver

6.3.4 Les ouvrages à la mer

Tableau 71 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR6

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Ecluse Marmin de la Slack	Portes busquées en maçonnerie, béton armé et acier non protégé	IE 1 ₂₀₁₃ (IEu)	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradations superficielles du parement en béton armé : fissures, épaufrures et éclats avec armatures apparentes corrodées. - Usage : absence de garde-corps en partie supérieure de la dalle (accessible au public) - Ne se referme pas à marée haute (com. pers. Conseil Régional NPdC, 2014)

Cet ouvrage a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages hydrauliques en date du 23/11/2011.

6.4 Caractérisation des aléas

6.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côte passée et récente

Les recherches de Pierre (2006) sur l'évolution du trait de côte entre Audresselles et la Pointe de la Courte Dune ont démontré que, sur le moyen terme, la stabilité des falaises était plus fortement liée à la morphologie et la dynamique de la plateforme en pied de falaise, qu'à la nature des matériaux et à l'épaisseur des affleurements constituant la falaise ou qu'aux conditions météorologiques. La largeur, l'épaisseur et la forte pente des platiers rocheux, des affleurements rocheux ou des plages d'accumulation de sédiments selon les sites protègent le pied de la falaise. Ainsi, le recul de la falaise est plus important à Cran mademoiselle et Cran Poulet où des extractions de galets ont eu lieu entre 1885 et 1945, réduisant la hauteur de la jonction entre l'estran et le pied de falaise et augmentant de ce fait la capacité d'abrasion des vagues sur celui-ci.

Le Tableau 72 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 72 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DDTM 62, 2007¹ ; DHI, 2013b² ; LOG-ULCO, 2013³ ; Pierre et Lahousse, 2005⁴ ; Chaverot, 2006⁵ ; DDTM 62 / Commune de Wimereux, 2013⁶).

Lieu-dit	Evolution du trait de côte sur le long terme	Evolution récente du trait de côte	Rythme d'évolution passé	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Pointe de la Crèche - Wimereux	Recul Glissement rotationnel et écoulement / éboulements rocheux		Entre <-0.1 à -0,8m/an ¹	Entre -2,5 et -11m mètres ¹
Wimereux – Dunes de la Slack	Recul plus important que prévu en 2007 Glissement, glissement plan, coulée et écoulement et éboulement		Entre <-0.1m/an et -0,6m /an ¹	Entre -2 et -11m ⁶ pour les falaises au nord de Wimereux (jusqu'au stade) et entre -1 et -6m au-delà ¹
			Entre 0,05 et 1m/an ⁶	
Dunes de la Slack – secteur Sud	Recul au sud et au centre de la baie, progression au nord surtout avant 1971	Stabilité au nord	-0,8 m/an (+/-0,27m/an) (1930-2006) ²	Jusqu'à -17 mètres ³
			~ -1,7 m/an (1949-2000) ³	
			> -1m/an (1963-2000) ⁵	
Pointe Rocheuse dans les dunes de la Slack	Recul		Entre > -0,6m /an ¹	Entre -5 et -6 mètres ^{1,5}
			-0,5 m/an (+/-0,25m/an) (1963-2000) ⁵	
Dunes de la Slack – secteur centre	Recul		-0,8 m/an (+/-0,27m/an) (1930-2006) ²	Jusqu'à -10 mètres ³
			Centre baie : ~ -1m/an (1949-2000) ³	
Dunes de la Slack – secteur Nord	progression au nord surtout avant 1971	Stabilité au nord	Nord : > +0,38 m/an (+/- 0,25 m/an) (1963-2000) ⁵	N/A
Rive Nord de la Slack à Ambleteuse	Léger recul	Stabilité récente (2000-2009)	-0,05m/an (+/-0,27m/an) ²	Entre -1,7 et -4 mètres ²
Ambleteuse - Audresselles	Recul Falaise meuble, glissement par fluage		Entre -0.28 m/an et -0,45m /an ¹	Entre -3 et -4,5 mètres ¹
			-0,3 m/an (+/-0,27m/an) (1930-2006) ²	
Audresselles – Cran aux Œufs (Audinghen)	Recul Ecoulement et éboulement au niveau d'Audresselles et glissement plan et coulée ensuite		Entre -0,12 m/an et -0,47m /an ¹	Entre -3 et -12 mètres ¹
Cran aux Oeufs – Cap Gris-Nez (Pointe de la Courte Dune)	Recul Glissement, glissement plan, coulée puis zones avec masses rocheuses en encorbellement		Entre 0 m/an et -0,43m /an ¹	Inférieur à -1 mètre ⁴
			- 0,08 m/an (1939-2003) ⁴	

L'aléa érosion à l'échéance de 10 ans

Le recul des falaises étant considéré comme irréversible l'aléa érosion est considéré comme **fort** sur tout le secteur hormis au niveau des perrés de Wimereux, d'Ambleteuse et d'Audresselles et des dunes de la Slack.

D'après le PPRL des Falaises du Boulonnais (DDTM 62, 2007), le recul du trait de côte des côtes à falaise à l'échéance 10 ans pourrait atteindre en moyenne entre -1,2 et -12 mètres entre la Pointe de la Crèche et le Cap Gris-Nez (Pointe de la Courte Dune). Pour le secteur entre le Cran aux œufs et le Cap Gris-Nez, les travaux de Pierre et Lahousse (2005) ont montré que le rythme de recul était inférieur à 0,1 m/an, ce qui laisse présager un recul inférieur à 1 mètre dans ce secteur. C'est donc bien en deçà de ce qui a été prédit dans le cadre du PPRL.

Entre Wimereux et les dunes de la Slack, on sait d'ores et déjà que le recul prédit dans le PPRL a été sous-estimé (com. pers. PMCO, 2013), l'aléa érosion pour ce site devant être considéré comme entre **-2 et -11 mètres** pour les premières habitations sur la falaise au nord de Wimereux jusqu'au stade de football et entre **-1 et -6 mètres** au-delà. Le recul y est donc fort pour les falaises immédiatement au nord de Wimereux et moyen ensuite à partir du stade de football.

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul de la dune de la Slack dans sa partie sud et centrale pourrait varier entre -2 et -9,5 mètres.

D'après les recherches du LOG de l'ULCO, le recul de la dune entre la Pointe aux Oies et la pointe rocheuse affleurant dans la baie aurait atteint une vitesse d'environ -1,7m/an dans le passé. Si on présume que ce taux se reproduit sur une échéance de 10 ans dans le futur, le recul dans cette zone pourrait atteindre **-17 mètres** et on peut considérer que le recul y est **fort**.

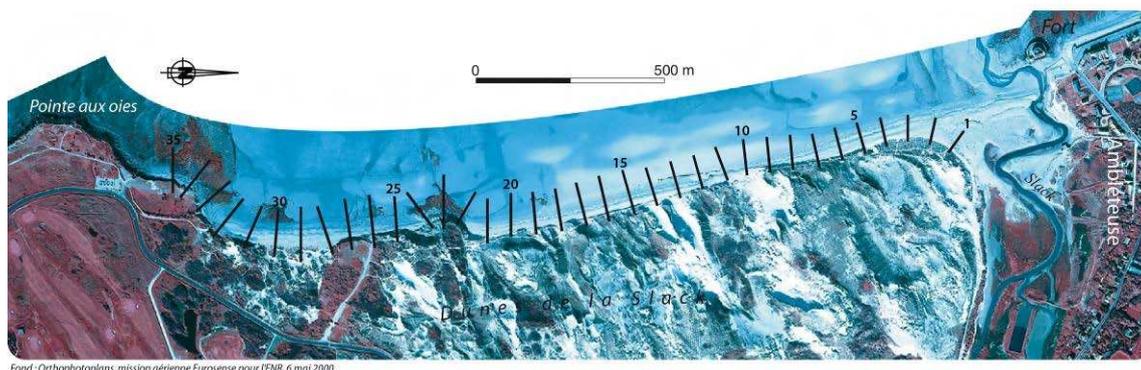
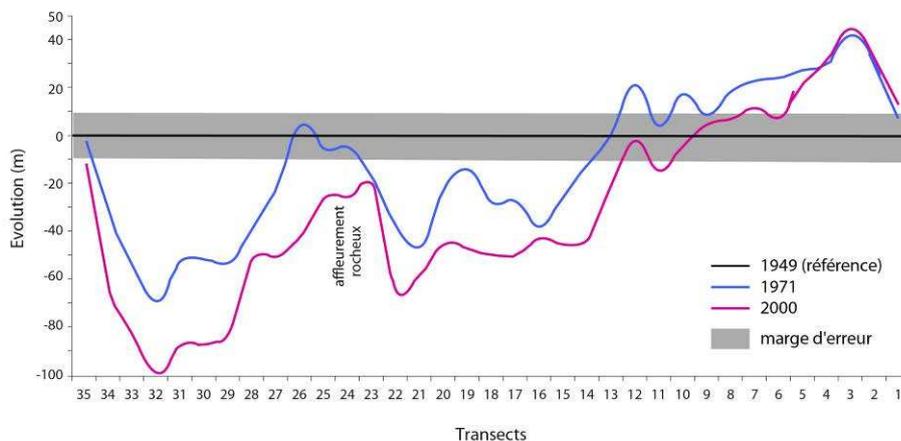
A centre de la baie, ce recul pourrait atteindre **-10 mètres** d'après les recherches du LOG de l'ULCO. Cela est du même ordre de grandeur que les résultats déduit de l'étude de DHI (2013b). On peut considérer que le recul y est **moyen**.

Sur la rive nord de la Slack à la limite d'Ambleteuse, l'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul pourrait varier entre **-1,7 et -4 mètres**.

Entre Ambleteuse et Audresselles, l'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul pourrait varier entre -0,5 et -4 mètres. Pour ce même secteur, le PPRL prédit un recul variant entre -2,8 et -4,5 mètres et donc légèrement supérieur. On considèrera que le recul prédit par le PPRL puisque l'étude de l'aléa a été complétée par des analyses géomorphologiques et hydrogéologiques en plus de l'étude diachronique du trait de côte et donc un recul compris entre **-3 et -4,5 mètres**. Le recul est donc **moyen** pour ce secteur. A noter que le trait de côte a reculé de plusieurs mètres au nord d'Ambleteuse à la suite de la tempête Xaver (com. pers. DDTM 62).

La figure ci-dessous provenant des recherches de l'ULCO confirme les résultats obtenus par DHI (2013b) et montre que le trait de côte est globalement en érosion dans le sud et le centre de la Baie de la Slack puis devient stable puis en progression au niveau de l'embouchure de la Rivière la Slack.

EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE LA SLACK ENTRE 1949 ET 2000



Fond : Orthophotoplans, mission aérienne Eurosense pour l'ENR, 6 mai 2009

Figure 40 : Evolution du trait de côte du massif dunaire de la Slack entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)

L'abaissement du niveau de plage

La roche est affleurante devant les perrés d'Ambleteuse (malgré un dépôt de sable ou de galet en haut de plage), d'Audresselles et devant le perré de la Sirène à Audinghen et l'abaissement du niveau de l'estran y sera donc limité dans le temps.

Les protections anti-affouillement sont visibles sur plusieurs dizaines de centimètres à Wimereux et Audresselles ce qui suggère que le niveau de sable devait être plus élevé au moment de leur construction bien qu'il n'existe pas d'étude pour infirmer cela. Des signes d'affouillement sont aussi visibles au niveau du Fort Mahon à Ambleteuse.

Il est probable que cette tendance à l'abaissement se poursuive à une échéance de 10 ans à Wimereux seulement puisque, la roche est affleurante ou sub-affleurante à Ambleteuse.

6.4.2 L'aléa submersion

L'étude des aléas submersion centennale réalisée par DHI (2013a), a retenu le franchissement par paquets de mer des perrés de Wimereux, Ambleteuse et Audresselles pour seul mode de submersion pouvant affecter le bassin de risque Wimereux - Cap-Gris-Nez. A noter que la défaillance observée actuellement sur l'écluse Marmin de la Slack pourrait mettre à risque la Basses Vallée de la Slack.

Wimereux

« Le franchissement du perré de Wimereux a été notamment observé lors des événements d'octobre 1961, novembre 1967 ou encore février 1990.

La géométrie de ce perré étant uniforme sur toute sa longueur, un unique profil transversal de la plage et de l'ouvrage a permis d'estimer le débit de franchissement. Le muret de couronnement a été intégré à la géométrie de l'ouvrage. Une surcote de déferlement est prise en compte sur ce site exposé à la houle. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Les inondations sur la partie Ouest de Wimereux sont majoritairement dues aux franchissements, qui n'affectent globalement que les premières rangées de maisons au plus près du front de mer.

Pour les deux aléas simulés, le niveau dans le cours d'eau est tel qu'il provoque un débordement sur les berges dans le secteur situé à l'Est de la voie SNCF. Pour l'aléa T100, l'inondation se limite globalement aux abords du lit majeur du cours d'eau. Pour l'aléa T100 à l'horizon 2100, les écoulements surversent la D233 (près de la voie ferrée et près du croisement avec la D433) et se propagent vers le Sud. »

Ambleteuse

« Le perré d'Ambleteuse a subi des franchissements de la mer à plusieurs reprises, notamment durant les tempêtes d'octobre 1958 ou février 1990.

Du fait de la variation de géométrie d'une extrémité à l'autre de ce perré, quatre profils transversaux distincts de la plage et de l'ouvrage ont été utilisés pour estimer le débit de franchissement. Une surcote de déferlement est prise en compte sur ce site exposé à la houle. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Sur le perré, les franchissements sont très faibles et ne provoquent pas d'inondation au-delà du front de mer, à part au Nord de la zone où les inondations affectent les premières rangées de maison au plus près de la digue et notamment le Hameau de la Plage. Les inondations dans le secteur proche de la Slack sont contrôlées par le débordement de la mer depuis le lit du cours d'eau. Certains de ces secteurs habités présentent en effet une topographie inférieure au niveau marin centennal, et peuvent donc être submergés par débordement.

Pour les deux scénarios simulés, les inondations provoquées par le débordement de la Slack restent limitées au Sud de la rue de Fort et de la rue de l'Ecluse. »

Audresselles

« Le perré d'Audresselles est sujet au franchissement, qui a notamment eu lieu lors des tempêtes de février 1990 et janvier 2007.

La géométrie de ce perré n'étant pas uniforme sur toute sa longueur, quatre profils transversaux de la plage et de l'ouvrage ont permis d'estimer les débits de franchissement. Une surcote de déferlement est prise en compte sur ce site exposé à la houle. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Les inondations sur la partie Nord de la zone urbanisée restent limitées au front de mer, l'écoulement est stoppé par la topographie plus élevée au niveau de la rue Gustave Danquin. Au Sud, les inondations se propagent au-delà du front de mer pour rejoindre le ruisseau de la Manchue.

Ces inondations sont uniquement dues au franchissement, et non au débordement depuis le lit du cours d'eau, comme en atteste la cartographie ci-après de l'événement centennal, sur laquelle les vecteurs indiquent les directions d'écoulement. »

Audinghen

« Le franchissement du perré d'Audinghen a été observé durant l'événement de janvier 1978. Néanmoins ce perré présente une étendue très limitée, qui ne justifie pas l'emploi d'un modèle numérique. De plus la topographie du site, qui s'élève rapidement en s'éloignant de la mer, empêche les paquets de mer de pénétrer vers l'intérieur des terres. Ce site n'est donc pas retenu pour la modélisation. »

Les zones d'aléas très forts, forts, moyens et faibles sont représentées spatialement sur les cartes BR6-1 à BR6-4 ce qui permet de visualiser l'ampleur de la submersion dans les terres.

6.5 Les Enjeux

6.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Comme sur tout le littoral des falaises du Boulonnais, le recul des falaises présente un risque pour la population lié aux éboulements, effondrements et chutes de pierres.

Dans le cas où le recul de la falaise se poursuit à un rythme soutenu, un risque pourrait exister pour les habitants des maisons situées en bord de corniche de la falaise au nord de Wimereux, d'Audresselles ainsi qu'au Cran aux Œufs (DDTM 62, 2013 ; Pierre, 2006). La mise à jour du rythme de recul de la falaise de Wimereux étant en cours dans le cadre de la révision du PPRL des falaises du Boulonnais, il est difficile d'estimer si le recul de la falaise pourrait impacter de nouvelles habitations et leurs habitants à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de Wimereux-Cap Gris-Nez.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion s'étend du sud vers le nord et concerne les communes de Wimereux, Ambleteuse et Audresselles. Le nombre d'habitants qui pourrait être potentiellement exposé à l'aléa submersion par commune est reporté dans le tableau suivant :

Tableau 73 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, BD Topo IGN 2011, INSEE 2011)

Commune	Nombre d'habitants dans la commune	Fourchette du nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion centennial
Wimereux	7443	65-115
Ambleteuse	1883	1-10
Audresselles	714	30-40

Les populations de Wimereux, Audresselles et dans une moindre mesure Ambleteuse, pourraient être affectées par l'aléa submersion marine.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Wimereux – Cap Gris-Nez.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Au sud de Wimereux un lotissement et plus particulièrement deux propriétés sont situées à moins de 20m de la corniche. Le mur de protection en pied de falaise étant en partie en ruine à cet endroit, le pied de falaise pourrait subir les assauts de la mer. Le recul prédit varierait entre - 2,5 et -11m à cet endroit. Il n'y a donc pas de risque pour ces habitations à une échéance de 10 ans mais cette zone est à surveiller dans le cas où le recul s'accélérerait.

Les bâtiments de l'Université de Lille 1 et de l'ULCO (station marine et laboratoire LOG) situés immédiatement au nord sont à plus de 40m de la corniche de la falaise et sont hors d'atteinte à une échéance de 10 ans. Cependant, le perré maçonné étant en mauvais état, sa capacité à empêcher l'érosion de la falaise pourrait être compromise dans le cas où celui-ci défaille.

Cinq propriétés situées sur la corniche de la falaise nord de Wimereux ont fait l'objet d'une procédure d'acquisition amiable de biens immobiliers par le fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs et ont été démolies fin 2013 / début 2014 (DDTM 62, 2013). Leurs fondations vont être conservées pour favoriser la stabilité de cette partie de la falaise. Le terrain de foot situé un peu plus au Nord a aussi été fermé et les ateliers municipaux adjacents vont être déménagés prochainement (com. pers. PMCO, 2013).

La mise à jour du rythme de recul de la falaise de Wimereux étant en cours dans le cadre de la révision du PPRL des falaises du Boulonnais, il est difficile d'estimer si le recul de la falaise pourrait impacter de nouvelles habitations et infrastructures routières à une échéance de 10

ans. Cependant un suivi topographique de la corniche effectué entre 2002 et 2013 montre que le recul a varié entre 0,05 et -1,1 m/an sur cette période et selon les zones ce qui laisse présager d'un recul inférieur ou égal à 11m à l'échéance 10 ans.

Les autres propriétés alentours et le stade situés plus en arrière semblent donc hors d'atteinte à une échéance de 10 ans (situé entre 20 et 50m plus loin). Le recul sur cette zone est cependant à surveiller dans le cas où celui-ci s'accélérait.

Au nord d'Ambleteuse, la protection du talus naturel par des enrochements placés pêle-mêle en pied de talus, pourra retarder le recul mais pas l'empêcher. Toutefois, à une échéance de 10 ans et au vu des reculs prédits sur cette zone, entre -3 et -4,5m/an il semblerait que les propriétés situées derrière le talus soient hors d'atteinte. Le recul est cependant à surveiller sur cette zone.

Au nord d'Audresselles, plusieurs propriétés sont à environs une dizaine de mètres de la corniche et sont donc potentiellement à risque sur cette zone à une échéance de 10 ans.



Figure 41 : Propriétés en arrière de la corniche de la falaise au nord de Wimereux (gauche) (Egis, Décembre 2013) et au nord d'Audresselles (DDTM62, 2013)

Trois propriétés au Cran aux Œufs, Audinghen, sont à moins d'une dizaine de mètres de la corniche et sont donc potentiellement à risque sur cette zone à une échéance de 10 ans.

Au niveau du Cap Gris-Nez, le recul à une échéance de 10 ans ne devrait pas dépasser 1 mètre et le sémaphore est hors d'atteinte. La stabilité des points de vue situés en bordure de corniche est à surveiller.

Deux propriétés situées en bord de corniche sur la falaise à l'Ouest du Sodit (Audinghen) sont à risque à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu en lien avec l'habitat dense et diffus associé à l'aléa érosion dans le bassin de risque de Wimereux – Cap Gris-Nez.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Le Tableau 74 fait état de la surface du tissu urbain potentiellement affecté par l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Wimereux – Cap Gris-Nez.

Tableau 74 : Surface de l'habitat dense et continu touchée par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)

BR 6- Wimereux Cap Gris-Nez	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Habitat dense	13	6	46
Habitat diffus		0,1	0,7

Pour l'aléa centennal, le perré des Wimereux est franchi par les vagues et les eaux qui pénètrent à l'intérieur de la rivière induisent un débordement des berges de part et d'autres de la voie SNCF.

A Ambleteuse, le franchissement du perré est localisé au Nord de la ville et ne touche que les premières rangées d'habitations. Au sud le débordement de la Slack induit une inondation de secteurs habités mais qui reste limitée au sud de la rue du Fort et la rue de l'Ecluse.

A Audresselles, le franchissement du perré induit des inondations dans le secteur nord, qui restent limitées au front de mer, alors que dans le secteur sud, la submersion s'étend à l'intérieur de la ville et rejoint le ruisseau de la Manchue.

Il y a donc un enjeu urbain en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de Wimereux – Cap Gris-Nez.

6.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Comme sur tout le littoral des falaises du Boulonnais, le recul des falaises présente un risque pour la population lié aux éboulements, effondrements et chute de pierre, et ce d'autant plus que ce site est très fréquenté par les touristes. Le G.R. 120 qui longe la falaise est déplacé vers l'intérieur des terres au fur et à mesure que la corniche recule (Pierre, 2006).

Le golf situé juste au sud du massif dunaire de la Slack ainsi que la route et un parking qui se rapprochent de la corniche à cet endroit sont vraisemblablement hors d'atteinte à une échéance de 10 ans.

Les fronts de mer de Wimereux et Ambleteuse sont protégés par une digue et aucun recul n'est possible. Par contre l'abaissement du niveau de l'estran au niveau de la digue de Wimereux pourrait conduire au déchaussement de la digue et ainsi, affecter indirectement les infrastructures touristiques directement situées en surplomb (promenade, centre de secours, etc.)

L'abaissement de la plage de l'estran devant le Fort Mahon à Ambleteuse pourrait à terme entraîner un affouillement du pied de l'ouvrage et une déstabilisation de l'ensemble, ce qui pourrait avoir un impact sur l'attraction des touristes pour ce lieu. La Figure 42 ci-dessous montre que l'affouillement a déjà commencé sur une dizaine de centimètre avec l'érosion du substrat sous-jacent. Il est cependant difficile d'estimer si cet affouillement naissant pourrait se poursuivre et avoir des conséquences à une échéance de 10 ans.

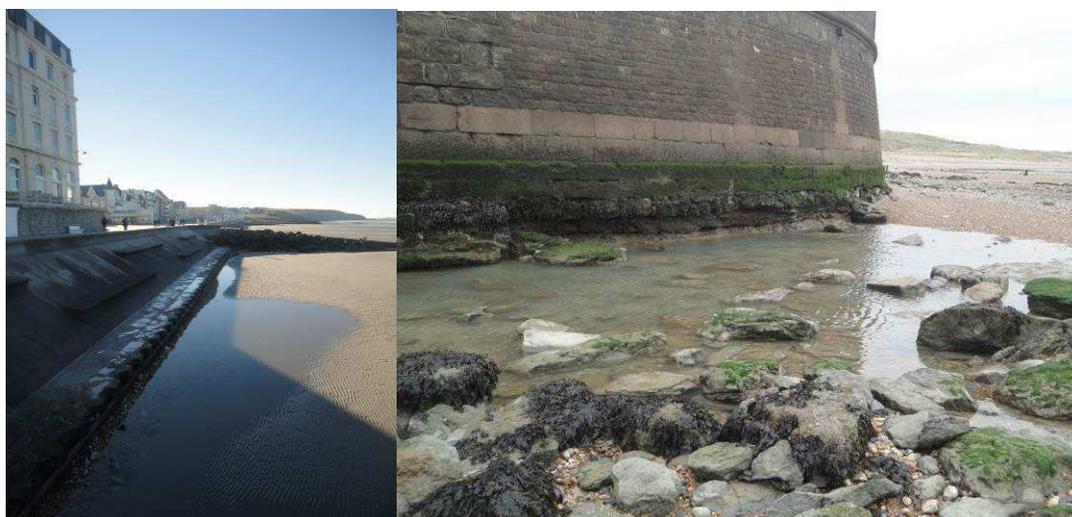


Figure 42 : Abaissement de l'estran devant le perré de Wimereux (palplanches visibles et mare d'eau) et affouillement du pied du Fort Mahon à Ambleteuse (Egis Ports, Décembre 2013)

Les mesures prises ces dernières années ou infrastructures mises en place pour améliorer le cadre touristique dans le cadre de l'Opération Grand Site des Deux Caps porté par le CG62 pourrait pâtir du recul des falaises.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de Wimereux – Cap Gris-Nez.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Les activités et infrastructures touristiques (restaurants, club nautique de Wimereux, cabines...) situées en front de mer de Wimereux et Audresselles pourraient être impactées par la submersion, et cela pourrait, hormis les dégâts matériels potentiels, avoir un impact sur la fréquentation et donc sur les revenus lié au tourisme.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de Wimereux – Cap Gris-Nez.

6.5.3 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque BR 6 – Wimereux – Cap Gris-Nez

Le Tableau 75 fait état des protections environnementales dont bénéficie le bassin de risque Wimereux – Cap Gris-Nez.

Tableau 75 : Liste des sites protégés dans le BR6 – Wimereux-Cap Gris-Nez et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE - autre
<p>3 sites Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux)</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Falaises et dunes de Wimereux, estuaire et basse vallée de la Slack, Garenne et Communal d'Ambleteuse » (habitat) - « Cap Gris-Nez » (habitat) - « Falaises du Cran aux Oeufs et du Cap Gris-Nez, Dunes du Chatelet, Marais de Tardinghen et Dunes de Wissant » (habitat) 	<p>3 sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Baie de la Slack » - « Pointe de la Crèche » - « Cap Gris-Nez » 	<p>6 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 ou 2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Pointe de la Crèche et falaise entre Boulogne-sur-Mer et Wimereux » - « Dunes de la Slack, Pointe aux Oies et Pointe de la Rochette » - « Estuaire de la Slack » - « Garenne d'Ambleteuse » - « Cap Gris-Nez et falaise au Nord d'Audresselles » - « Dunes du Chatelet et marais de Tardinghen »
	<p>Site classé 3 sites</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Dune de la Slack pointe aux oies » - « Site des caps Blanc Nez Cap Gris Nez Baies Wissant dunes de la Manchue et DPM » - « Anse du Cap Gris-Nez » 	<p>1 site Parc Naturel Régional</p> <ul style="list-style-type: none"> - « Parc Naturel Régional des caps et marais d'Opale »
		<p>ZICO</p> <ul style="list-style-type: none"> « Site du Cap Gris-Nez »
		<p>Site inscrit</p> <ul style="list-style-type: none"> « Cap Blanc-Nez et Cap Gris-Nez »
		<p>Trame Verte et Bleue (TVB)</p>

Le BR6 Wimereux-cap Gris-Nez fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des Falaises d'Opale » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

A noter la présence du Fort Mahon (aussi appelé Fort Vauban) d'Ambleteuse au nord de l'embouchure de la Slack en bord de mer qui est un site classé pour son intérêt pittoresque, historique et architectural (fortification côtière du XVIIème siècle).

Du fait de la présence de 3 sites Natura 2000, de 3 sites du Conservatoire du Littoral, de 3 sites classés et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, PNR, sites inscrits, TVB), le bassin de risque Wimereux-cap Gris-Nez constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion

L'aléa érosion à une échéance de 10 ans affectera la plage et les dunes de la Slack qui sont protégés pour leur richesse floristique et faunistique.

L'aléa érosion affectera directement les habitats et espèces dunaires en entraînant une disparition partielle de ceux-ci. Les habitats directement exposés sont les dunes blanches bordières plus ou moins fixées.

Le recul de la falaise affectera directement les habitats et espèces de la falaise en entraînant une disparition totale de ceux-ci.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Wimereux-cap Gris-Nez.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

L'aléa submersion pourrait toucher principalement des zones urbanisées et il n'y a donc pas d'enjeu environnemental majeur en lien avec l'aléa submersion.

6.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Le secteur entre Audresselles et la Pointe de la Courte Dune étant principalement dédié aux activités agricoles, en majorité des cultures et quelques prairies (Pierre, 2006), le recul de la falaise sur ce secteur pourrait entraîner une perte de terrains agricoles à une échéance de 10 ans. Au niveau du Cap Gris-Nez et entre la Pointe de la Crèche et Audresselles, ce sont majoritairement des pelouses non cultivées qui se trouvent en bord de falaise.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Wimereux-cap Gris-Nez à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu économique et plus précisément agricole en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Wimereux-cap Gris-Nez.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Le Tableau 76 fait état de la surface et de la proportion de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Wimereux-Cap Gris-Nez.

Tableau 76 : Surface de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 6 – Wimereux – Cap Gris-Nez	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Prairies	13	0,02	0,1

- Le Tableau 77 fait état de la surface et de la proportion des zones industrielles qui pourraient être potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Wimereux-Cap Gris-Nez.

Tableau 77 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 6 – Wimereux – Cap Gris-Nez	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones industrielles	13	0,1	0,8

Il y a donc un enjeu économique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Wimereux- Cap-Gris-Nez, même si celui-ci n'est pas significatif.

6.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

Parmi les mesures de gestion actions entreprises, on peut citer :

- L'Opération Grand Site des Deux Caps porté par le CG62, qui a permis depuis 2006 de restaurer les sites majeurs et préserver les milieux naturels, de mettre en valeur plusieurs monuments, contribuer à l'amélioration de la qualité de l'offre touristique, à organiser une gestion du site efficace et un nettoyage des sites (réhabilitation et destruction de ruines de guerres, mise en sécurité du public, résorption de décharge sauvage). Dans le BR6, l'Opération Grand Site des Deux Caps a permis entre autres (Site internet Les 2 Caps, 2014) :
 - La requalification de l'estuaire et des abords du fort Mahon
 - L'aménagement d'une aire d'accueil au Cap Gris-Nez, la restauration écologique du Site et la création d'un cheminement piéton depuis Framzelle
- Entre 2000 et 2012, l'EPF du Nord-Pas-de-Calais a acheté à l'amiable 5 parcelles situées sur la corniche de la falaise nord de Wimereux. Depuis 2001, un suivi annuel de la crête de la falaise nord est assuré par la commune (EPF, 2013).

Parmi les mesures de gestions entreprises ces dernières années par le Conservatoire du Littoral au niveau du massif dunaire de la Slack, on peut citer (com. pers. PMCO, 2014) :

- Le fascinage à plat de zones découvertes par la végétation en 2009 et 2011
- La plantation d'oyats en 2013

Parmi les études réalisées on peut citer (com. pers. PMCO, 2014) :

- L'étude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait de côte en 2005 par le SMCO, concernant entre autres Wimereux et le nord du Cap de la Crèche.
- L'étude de danger de l'écluse Marmin de la Slack portée par la 6^{ème} section des wateringues.

Le Tableau 78 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR6 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 78 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR6 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
<p>Pôle urbain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité du perré - Suivre l'évolution de la plage - Prévenir les conséquences de la submersion - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir la stabilité du perré et suivre la stabilité du perré 	<ul style="list-style-type: none"> - Wimereux - Audresselles - Ambleteuse 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - Etude de danger de l'écluse Marmin de la Slack
<p>Transition des pôles urbains et milieux naturels - jonction falaise / perré</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité des terrains - Planifier le recul stratégique des habitations menacées à très court terme - Suivre l'évolution de la falaise - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention pour limiter le recul - Développer puis mettre en œuvre une gestion des eaux alternatives - Intervenir pour limiter le recul de la falaise - Planifier et mettre en œuvre le recul stratégique des biens 	<ul style="list-style-type: none"> - Falaise Nord de Wimereux - Sud de Wimereux - Nord perré d'Ambleteuse - Cran du Noirda 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi annuel du recul de la corniche de la falaise nord de Wimereux depuis 2001 - Rachat à l'amiable de 5 parcelles situées sur la Corniche de la falaise nord de Wimereux par EPF NPdC entre 2000 et 2012
<p>Milieu naturel /urbanisé ou avec Aménagement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler et expertiser la stabilité des terrains - Intervenir pour limiter le recul du trait de côte - Suivre l'évolution de la falaise et la taille/ position des éboulements - Planifier et mettre en œuvre le retrait stratégique des habitations menacées à court terme 	<ul style="list-style-type: none"> - Cap Gris-Nez - Boulogne-sur-Mer à la Pointe de la Crèche 	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement dans le cadre de l'Opération Grand Site des Deux Caps
<p>Milieu naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laisser évoluer et suivre l'évolution (dunes) - Planifier le déplacement du chemin de randonnée et la destruction des blockhaus instables puis mettre en œuvre, et suivre l'évolution et relever la taille /position des éboulements 	<ul style="list-style-type: none"> - Dunes de la Slack - Pointe Crèche – Pointe aux Oies - Cran du Noirda – Cap Blanc-Nez 	<ul style="list-style-type: none"> - mesures de gestion douces dans les dunes de la Slack - PPRL Falaise du Boulonnais par la DDTM 62 en 2007 et révision du recul des falaises en cours - Etude d'impact des blockhaus à Wimereux et au nord du Cap de la Crèche (SMCO, 2005)

7 BR7 – Baie de Wissant

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément à la carte BR 7 qui concerne le bassin de risque de la Baie de Wissant afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

7.1 Description du site

Le bassin de risque de la Baie de Wissant s'étend sur 9km depuis la transition entre la Pointe de la Courte Dune et le cordon dunaire de la Baraque Fricot jusqu'à la transition Dunes d'Amont/ Falaises du Cap Blanc-Nez (la limite morphosédimentaire est en réalité constituée par le Cap Gris-Nez dont les matériaux provenant de l'érosion des falaises fournissent un apport en sédiments pour la baie). Il comprend de l'ouest vers l'est les communes de Tardinghen et Wissant.

Cette portion de côte est constituée par un cordon dunaire simple qui protège des terres en dessous du niveau des plus hautes mers et qui est interrompu une seule fois par le perré de Wissant ainsi que par des falaises recouvertes par les dunes à l'est de Wissant.

7.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

La morphologie de la côte, qui est conditionnée par un fort marnage, se présente sous la forme d'un vaste estran sableux d'une largeur moyenne de 400 à 500m (800m en marée de vives-eaux) en pente douce (0,6 à 1%).

La plage à l'ouest de Wissant est bordée par un unique cordon dunaire dont la largeur est comprise entre 100 et 350m et dont les sommets varient entre 3 à 18m de haut. On distingue d'Ouest en Est, les dunes de la Baraque Fricot, les dunes du Châtelet et les dunes d'Aval qui sont situées à l'Ouest de Wissant.

La baie de Wissant est le siège de forts courants de marée à cause du resserrement des côtes françaises et britanniques au niveau du Cap Gris-Nez. La résultante de ces courants orientée vers le nord-est ainsi que le courant de dérive littoral généré par des houles d'incidence NNW, induisent un transport sédimentaire résiduel vers le nord-est (Sedrati et Anthony, 2007). Cela contribue à l'accumulation de sédiments dans la partie Est de la baie au dépend du centre et l'Ouest de la baie.

7.3 Le type et l'état des ouvrages

7.3.1 Les cordons dunaires

Dune de la Baraque Fricot

Les dunes de la baraque Fricot ont subi un recul régulier depuis une soixantaine d'années qui s'est légèrement accéléré depuis une quarantaine d'années. Ces dunes présentent des falaises d'érosion importante. Considérant la faible largeur du corps de dune on peut considérer que ce cordon dunaire est en mauvais état.

Tableau 79 : Type et état des cordons dunaires dans le BR 7

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Dune du Chatelet et d'Aval	Cordon dunaire	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - présence de micro falaises en pied, de siffle vent, d'érosion gravitaire, affleurement du substrat et corps de dune étroite - présence rapprochée au pied de versant d'infrastructures sensibles (routes, habitations, zones de stationnement) - présence de cheminements sauvages et de plages d'envol - affleurement du substrat sur le haut de l'estran <p>→ Recul de 2m et chute du Blockhaus de la dune d'Aval, chute d'une construction et menace de chute de chalets au niveau de la dune du Châtelet à Tardinghen à la suite de la tempête Xaver</p>

Dunes d'Amont

Les dunes d'Amont ont progressé depuis une cinquantaine d'année avec la formation d'une dune bordière et de dunes embryonnaires. Même si cette tendance à l'accrétion a ralenti ces dernières années, et semble s'être même inversée et que le front de dune est maintenant entaillé en falaise, on peut considérer qu'elles sont en bon état.

7.3.2 Les ouvrages de protection en dur

Tableau 80 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR 7

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Promenade de Wissant	Digue en enrochements alternée avec digue en béton armé renforcée par des enrochements en pied	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Variation de pente associée sur une portion de la digue béton à une fracturation longitudinale à mi-hauteur du talus - Affleurement du cordon d'enrochement en pied de digue, pied de la digue béton déchaussé avec palplanche apparente <p>→ projection d'enrochement sur la digue, escalier en bois à la limite ouest du perré en partie arraché à la suite de la tempête Xaver</p>
	Mur antichar en béton armé	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
	Digue en enrochements - les Sirènes (nord)	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - Variation de pente, rochers instables <p>→ déchaussement d'un chalet, descente à bateau et rampe d'accès piéton endommagées à l'Est du perré à la suite de la tempête Xaver</p>
Epi et brise-lame de Wissant	Epi (x3) et brise-lame (x3) en pieux bois	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	

Plusieurs accès (x4) ont un IE 1 (IEu 1) lié au dégraissement, à la présence d'eau ou à la présence d'enrochements en pied de l'ouvrage et à l'absence de mains de fer.

On note aussi que le ruisseau aux Anguilles à Tardinghen, un accès et le ruisseau busé d'Herlen au nord de Wissant ont entraîné la création d'une brèche.

7.4 Caractérisation des aléas

7.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côté passée et récente

Un recul du trait de côte a lieu à l'ouest de Wissant au niveau des dunes de la Baraque Fricot, des dunes du Châtelet et d'Aval. Des falaises d'érosion des fonds dunaires de 2 à 3m de haut y sont observables.

L'évolution des cordons dunaires à l'ouest et à l'est de Wissant reflète l'évolution de l'estran et des petits fonds avec un abaissement de ceux-ci dans les parties ouest et centrale de la baie, comme les affleurements de tourbe en témoignent, et leur engraissement dans la partie est de la baie.

L'érosion observée dans les parties ouest et centrale de la baie et l'accrétion dans la partie ouest seraient fortement liées aux variations morphodynamiques des petits fonds et notamment du Banc à la ligne, banc de 350m de large ancré au Cap Gris-Nez et qui s'étend sur 3,5km dans la baie (Aernouts & Héquette, 2006, Héquette et Ruz, 2006).

Le démaigrissement de ce banc, qui trouve son origine dans plusieurs causes (extraction de granulats sur le banc, diminution des apports de sédiment liée à la construction du Port de Boulogne-sur-Mer qui agit comme une barrière au passage des sédiments) (Aernouts & Héquette, 2006) aurait permis à des houles plus hautes d'atteindre et d'attaquer le rivage (Héquette *et al*, 2013).

Son déplacement progressif vers l'est pourrait aussi permettre aux courants de marée de s'engouffrer avec des vitesses supérieures dans la cuvette entre le rivage et le Banc à la Ligne, favorisant un transport longitudinal des sédiments vers l'Est (com. pers. ULCO, 2013).

A l'est de Wissant, les dunes d'Amont présentent une évolution contrastée avec la présence d'une dune bordière et de dunes embryonnaires dans leur partie Est, la partie la plus proche de Wissant étant maintenant sapée en falaise vive suite à des tempêtes récentes.

Le Tableau 81 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 81 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Chaverot, 2006 ² ; Aernouts & Héquette, 2006 ³)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte	Rythme d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Dune de la Baraque Fricot	Recul	-0,7m/an (autres sources citées -1 m/an) ¹	Entre -1,5 et -10 mètres
		> -0,85 m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	
		> -1m/an (+/-0,16m/an) (1949-2000) ³	
Dune du Châtelet	Recul	> - 4 m/an (1930-2006) (autres sources citées > -2m/an) ¹	Entre -10 et -40 mètres
		> -3,1 m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	
		-0,5 à -3,5m/an (+/-0,16m/an) (1949-2000) ³	
Dune d'Aval	Recul	> - 4 m/an (1930-2006) (autres sources citées -5m/an) ¹	Entre -30 et -50 mètres
		> -3,1 m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	
		- 4 à -5m/an (+/-0,16m/an) (1949-2000) ³	
Dune d'Amont	Tendance à l'accrétion même si léger recul ces dernières années	> +1,38 m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	N/A
		+1,3 à +1,8 m/an (1949-2000) ³	

Aléa érosion

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied de la dune pourrait atteindre :

- Dunes de la Baraque Fricot : -8 mètres
- Dunes du Chatelet : -40 mètres
- Dunes d'Aval : -40 mètres

D'Après les recherches de l'ULCO, le recul de la dune de la Baraque Fricot a atteint une vitesse de recul d'environ -1 m/an dans le passé, ce qui corrobore les résultats de DHI (2013b). Si on présume que ce taux se reproduit sur une échéance de 10 ans dans le futur, le recul dans cette zone pourrait atteindre -10 mètres.

D'après les recherches de l'ULCO, le recul des dunes du Châtelet a atteint une vitesse de recul de -3,5m/an dans le passé, ce qui est du même ordre de grandeur que ce qui a été déterminé par DHI (2013b) avec -4m/an. Si on présume que ce taux se reproduit sur une échéance de 10 ans dans le futur, le recul dans cette zone pourrait atteindre entre -40 mètres.

Au niveau de la dune d'Aval, les recherches de l'ULCO montrent des vitesses de reculs de l'ordre de -4 à -5m/an, ce qui est ce qui est du même ordre de grandeur que ce qui a été déterminé par DHI (2013b) avec -4m/an. Si on présume que ce taux se reproduit sur une échéance de 10 ans dans le futur, cela laisse entrevoir un recul dans cette zone de -40 à -50 mètres. On considèrera la fourchette supérieure c'est-à-dire un recul de - 50 mètres au vu de l'accélération du recul ces dernières années sur ce secteur.

On peut donc conclure que l'aléa érosion au niveau des dunes de la Baraque Fricot pourrait varier entre **-1,5 et -10m**. D'après ces résultats on peut considérer que le recul est **moyen** pour ce secteur.

A niveau des dunes du Chatelet, on conclura à un recul entre **-10 et -40 mètres** et donc à un recul **très fort** sur ce secteur.

Au niveau de la dune d'Aval, on conclura que le recul pourrait varier entre **-30 et -50 mètres**. D'après ces résultats on peut considérer que l'aléa érosion est **sévère** pour ce secteur.

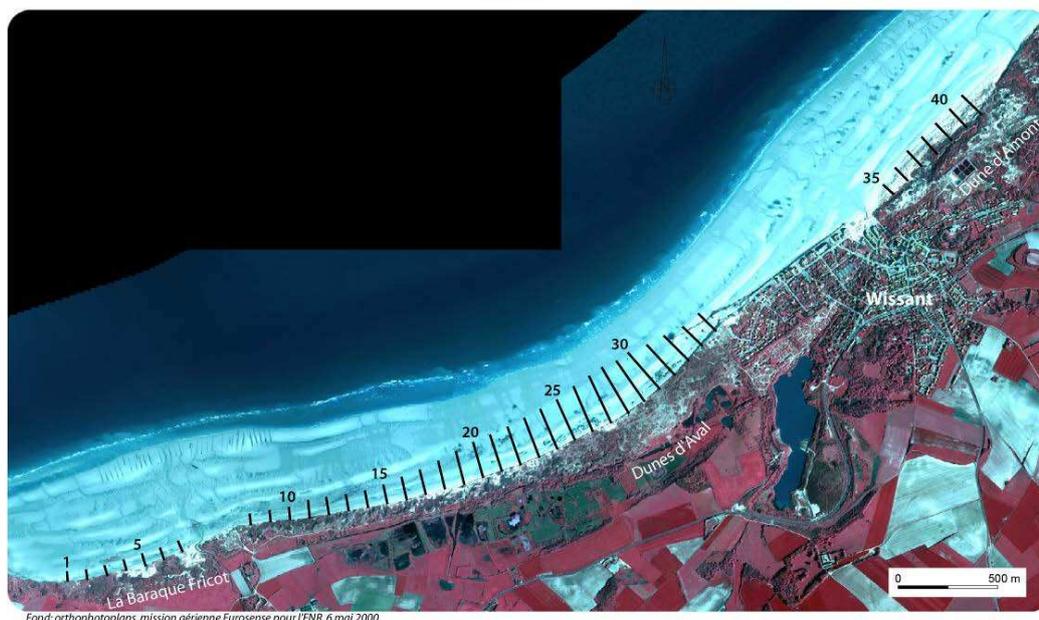
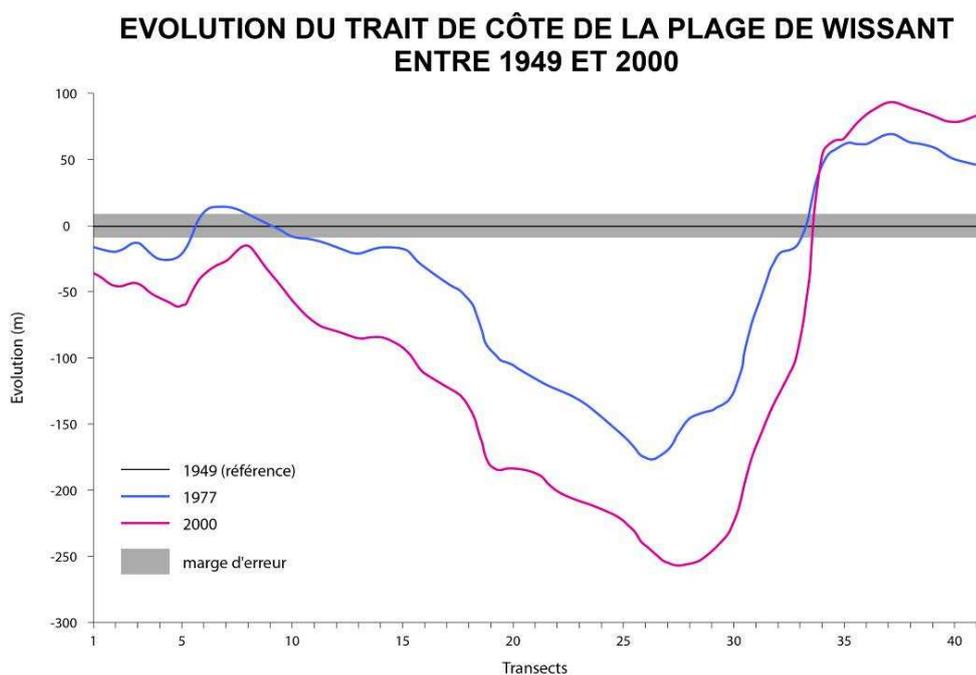


Figure 43 : Evolution du trait de côte dans la baie de Wissant entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)

L'abaissement du niveau de plage

Les variations du niveau de l'estran et de la plage devant le perré de Wissant ont été étudiées à de nombreuses reprises (CETMEF/ULCO, 2004, Sogreah, 2006 et Egis 2014). Ces études ont toutes montré un abaissement important du niveau de plage devant le perré.

Il est probable que cette tendance à l'abaissement se poursuive à une échéance de 10 ans.

7.4.2 L'aléa submersion

L'étude des aléas submersion centennale et submersion centennale incluant le changement climatique, réalisée par DHI (2013a), a retenu trois modes de submersion pouvant affecter le bassin de risque de la Baie de Wissant : la rupture du cordon dunaire et le débordement à Tardinghen et le franchissement de la digue de Wissant.

Wissant et Tardinghen

« La côte de la baie de Wissant est en forte érosion avec un recul de l'ordre de 4 à 5 m/an sur 76 ans (entre 1930 et 2006). Ce site a donc été identifié comme potentiellement submersible si la dune venait à disparaître suite à une forte tempête érosive. De plus, la tempête historique de février 1990 a déjà généré la formation d'une brèche dans le cordon dunaire de la dune d'Aval. Une brèche de 100 mètres a été retenue pour la modélisation, bien qu'une telle largeur n'ait à ce jour pas été observée sur cette dune.

En l'état actuel, l'exutoire du ruisseau des Anguilles est par ailleurs submersible pour l'événement centennal. Le débordement est donc combiné à la rupture du cordon dunaire.

Du fait de son exposition à la houle, ce site tient également compte de la surcote de déferlement. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« La propagation de l'inondation dans les marais s'effectue de manière continue. L'eau progresse globalement d'Ouest en Est, et le secteur concerné par l'aléa fort est inondé en 1h après l'ouverture de la brèche dans le cordon dunaire, pour l'événement centennal. 2h après l'ouverture de la brèche, l'inondation a atteint le maximum de son emprise et les vitesses d'écoulement sont très faibles. »

Wissant

« Le perré de Wissant est sujet au franchissement, notamment relevé lors des tempêtes de février 1990 et janvier 2007. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« La partie en béton lisse du perré de Wissant est relativement basse en comparaison des niveaux marins extrêmes locaux, puisqu'il n'est situé que 75 cm au-dessus du niveau centennal et 38 cm au-dessus du niveau centennal incluant le changement climatique. Ceci explique l'important débit calculé pour le franchissement du perré.

Une partie de ce débit de franchissement retourne néanmoins rapidement vers la mer en suivant la topographie du perré. Seule une partie de ce débit se propage donc au-delà du perré, en direction du plan d'eau, comme illustré ci-après pour l'événement centennal. L'ampleur de l'inondation présente peu de différences entre les deux aléas simulés, l'eau se propageant sur les terrains est stockée dans le plan d'eau. »

Les zones d'aléas très forts, forts, moyens et faibles sont représentées spatialement sur la carte BR7 ce qui permet de visualiser l'ampleur de la submersion dans les terres.

7.5 Les Enjeux

7.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Dans le cas où le recul du cordon dunaire se poursuit à un rythme soutenu, un risque pourrait exister pour les habitants des maisons isolées dans la dune du Châtelet et des premières habitations du lotissement situé en arrière de la dune d'Aval.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes associé à l'aléa érosion à 10 ans dans le BR7 – Baie de Wissant.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion concerne le marais de Tardinghen en arrière des dunes du Châtelet et d'Aval ainsi que la ville de Wissant. Le nombre d'habitants qui pourrait être potentiellement exposé à l'aléa submersion par commune est reporté dans le Tableau suivant :

Tableau 82 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)

Commune	Nombre d'habitants dans la commune	Fourchette du nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion centennal
Tardinghen	161	0
Wissant	1056	1-20

Entre 1 et 20 personnes pourraient être affectées par l'aléa submersion à Wissant. Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Le recul de la dune du Châtelet pourrait, à une échéance de 10 ans, atteindre et menacer une dizaine d'habitations et chalets isolés situés en arrière. Lors de la tempête Xaver, une construction a chuté et d'autres chalets menacent de chuter depuis (com. pers. DDTM 62).



Figure 44 : Habitation en arrière et chalet en surplomb du cordon dunaire du Châtelet à Tardinghen à la suite de la tempête Xaver (DDTM 62, 2013)

Le recul de la dune d'Aval immédiatement à l'Ouest du perré de Wissant pourrait à une échéance de 10 ans atteindre le lotissement situé en arrière et menacer les habitations les plus proches du trait de côte. Il y a donc un enjeu urbain associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Lors des dernières tempêtes de l'hiver 2013-2014 le recul a atteint la limite du parking des Oyats (AmisdeWissant.com, 2013). A une échéance de 10 ans, il est probable que ce parking soit détruit de moitié voire entièrement.

Le recul récent au niveau de la dune d'Amont pourrait, à une échéance de 10 ans, atteindre et menacer les chalets situés immédiatement au nord-est de Wissant comme le montre la figure ci-dessous.



Figure 45 : Chalets perchés sur la dune d'Amont à l'extrémité nord-ouest de Wissant (DDTM 62, 2013)

Il y a donc un enjeu associé à l'habitat principalement diffus en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Le Tableau 83 fait état de la surface du tissu urbain potentiellement affecté par l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

Tableau 83 : Surface de l'habitat dense et continu touché par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 7 – Baie de Wissant	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Habitat dense	76	8	11
Habitat diffus		0,1	0,1

Pour l'aléa centennal, le franchissement du perré entraîne l'inondation de la promenade de Wissant dans ses parties nord et centrale et se propage ensuite à l'intérieur de la ville sur une centaine de mètres pour finir sa course au niveau du plan d'eau.

Il y a donc un enjeu urbain en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

7.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Seul le sentier côtier aménagé dans le marais de Tardinghen pourrait pâtir de l'aléa érosion sur le secteur des dunes de la baraque Fricot, du Châtelet et d'Aval. De plus, la qualité paysagère de ce secteur, qui est un des facteurs d'attraction touristique, est fortement altérée du fait de l'érosion (falaise d'érosion, végétation déracinée, amas de débris végétaux, etc).

Le front de mer de Wissant est protégé par une digue et aucun recul n'est possible. Par contre l'abaissement du niveau de l'estran au niveau de la digue de Wissant pourrait conduire au déchaussement de la digue et ainsi, affecter indirectement les infrastructures touristiques directement situées en surplomb comme c'est le cas pour la promenade, la rampe d'accès à la mer et le centre de secours.

L'abaissement du niveau de l'estran en face de la digue pourrait de plus conduire à la diminution encore plus grande de la surface sèche de plage utilisable par les usagers de la plage à une échéance de 10 ans (Héquette et Ruz, 2006).

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

En sus des activités commerciales situées dans le centre-ville (restaurants, hôtels, magasins, etc.) en lien avec le tourisme, le camping La Source pourrait être affecté par l'aléa submersion.

Les huttes de chasse situées dans le Marais de Tardinghen (domaine privé) pourraient aussi être endommagées lors du phénomène de submersion.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

7.5.3 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque Baie de Wissant

Le Tableau 84 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque de la Baie de Wissant.

Tableau 84 : Liste des sites protégés dans le BR7 – Baie de Wissant et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
2 sites Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Cap Gris-Nez » (habitat) - « Falaises du Cran aux Oeufs et du Cap Gris-Nez, Dunes du Chatelet, Marais de Tardinghen et Dunes de Wissant » (habitat)	1 site du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres - « Baie de Wissant »	2 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 ou 2) - « Dune d'Amont » - « Dunes du Chatelet et marais de Tardinghen »
	Site classé 1 site - « Site des caps Blanc Nez Cap Gris Nez Baies Wissant dunes de la Manchue et DPM »	Parc Naturel Régional - « Parc Naturel Régional des caps et marais d'Opale »
		Site inscrit 1 site « Cap Blanc-Nez et Cap Gris-Nez »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR7 Baie de Wissant fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des Falaises d'Opale » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence de 2 sites Natura 2000, d'un site du Conservatoire du Littoral, d'un site classé et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, PNR, site inscrit TVB), la Baie de Wissant constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion à une échéance de 10 ans affectera les plages et les dunes de la Baraque Fricot, du Châtelet et d'Aval qui sont protégés pour leur richesse floristique et faunistique.

L'aléa érosion affectera directement les habitats et espèces dunaires et des plages en entraînant une disparition partielle de ceux-ci. Les habitats directement exposés sont les dunes blanches bordières plus ou moins fixées, suivies par les dunes grises et dunes arbustives marquées par l'argousier.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

L'aléa submersion pourrait affecter les habitats dunaires de la Baie de Wissant ainsi que ceux du Marais de Tardinghen.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

7.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Aucune activité agricole n'est directement concernée par l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant à une échéance de 10 ans.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales (hormis celles en lien avec le tourisme – voir ci-dessus) concerné par l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant à une échéance de 10 ans.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Le Tableau 85 fait état de la surface et de la proportion de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Baie de Wissant.

Tableau 85 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 7- Baie de Wissant	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Cultures	76	3	4
Prairies		15	20

- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa submersion marine dans le bassin de risque de la Baie de Wissant à une échéance de 10 ans.

On constate qu'il y a un enjeu agricole en lien avec l'aléa submersion marine dans le bassin de risque de la Baie de Wissant même si celui-ci est relativement faible au vue de la surface affectée.

7.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

On peut citer les retours d'expérience suivants sur les mesures mises en œuvre :

- L'étude de l'efficacité des fascines comme mesure de gestion du trait de côte a été étudié par l'ULCO entre Mai 1998 et Janvier 1999 dans la baie de Wissant. Les fascines ont été érigées au pied de la dune sur une zone de 100m de long à une altitude correspondant au niveau des plus hautes marées. Après avoir accumulé du sable pendant l'été suivant leur

installation, la première tempête de l'hiver a d'abord érodé le sable qui s'était accumulé en pied de dunes pendant l'été, puis les fascines ont été progressivement détruites lors des tempêtes qui ont suivi. Ces structures n'ont donc pas démontré leur efficacité pour piéger le sable dans un contexte de bilan sédimentaire général négatif qui est celui de la baie de Wissant (Ruz et Anthony, 2008).

Parmi les mesures de gestion / actions mises en œuvre, on peut citer (com. pers. PMCO, 2014):

- La procédure en cours de rachat de 3 parcelles par la commune de Tardinghen.
- La pose de ganivelles en Mai et leur retrait en Automne par le Conservatoire du littoral devant le front dunaire de Wissant il y a quelques années (Héquette et Ruz, 2006)
- L'organisation de la fréquentation des dunes par Eden 62 en 2004
- En 2013, la commune a fait détruire les blockhaus et le mur de l'Atlantique (côté ouest) en face de la dune d'Aval et a installé un dispositif expérimental par la mise en place de 3 épis et de 3 brise-lames en pieux de bois (avant cela, 2006, la commune avait financé la mise en place de casiers éoliens au niveau de la dune d'Aval).
- Les travaux de réhabilitation de la digue de Wissant suite à sa destruction partielle en 2001-2002 puis en 2007.
- L'Opération Grand Site des Deux Caps porté par le CG62, qui a permis depuis 2006 de restaurer les sites majeurs et préserver les milieux naturels, de mettre en valeur plusieurs monuments, contribuer à l'amélioration de la qualité de l'offre touristique, à organiser une gestion du site efficace et un nettoyage des sites (réhabilitation et destruction de ruines de guerres, mise en sécurité du public, résorption de décharge sauvage). Dans le BR7 à Tardinghen - Châtelet, L'Opération Grand Site des Deux Caps a permis entre autres (Site internet Les 2 Caps, 2014) :
 - L'aménagement d'une nouvelle aire d'accueil à proximité de l'église et sentier d'interprétation
 - La restauration des milieux dégradés
 - Le réaménagement de la nouvelle aire d'accueil du Châtelet
 - La création de cheminements
 - La renaturation de l'ancien parking du Châtelet

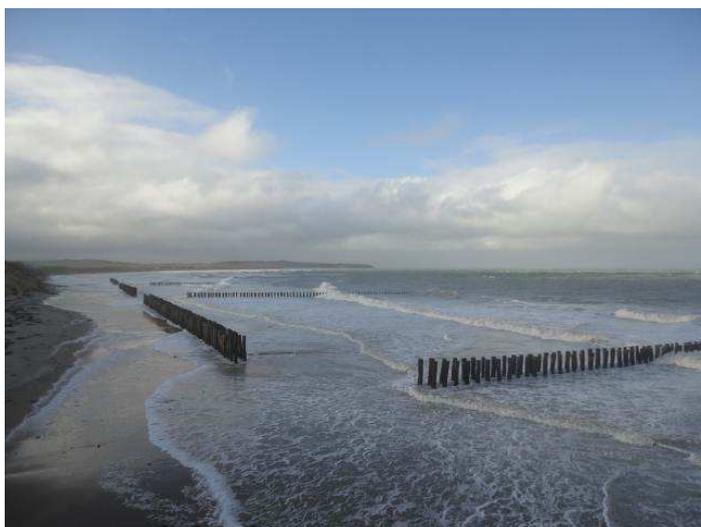


Figure 46 : Epis et brise-lame expérimentaux devant la dune d'Aval (Egis, Novembre 2013)

Parmi les études réalisées on peut citer :

- Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine, CETMEF/ULCO en 2004 pour de la Communauté de Communes de la Terre des deux Caps (CCT2C)
- Etude de Requalification du site de la Baie de Wissant, Réensablement de la partie centrale, Sogreah, 2006, pour la Communauté de Communes de la Terre des 2 Caps et le SMCO.

Parmi les études en cours, on peut citer :

- L'étude de faisabilité pour le ré-ensablement de la partie centrale de la Baie de Wissant, Egis, 2014 pour le SMCO.
- L'étude de conception des travaux de reconstruction du perré de Wissant par Artelia portée par la commune de Wissant : remplacement de la digue existante sur les secteurs Est et central par une digue en enrochements en pente plus douce

Parmi les travaux à venir, on peut citer les travaux de reconstruction du perré de Wissant courant 2014 et la destruction du parking dans la dune d'Aval par le Conservatoire du Littoral.

Le Tableau 86 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR7 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 86 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR7 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
<p>Pôle urbain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité du perré - Suivre l'évolution de la plage - Prévenir les conséquences de la submersion - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir la stabilité du perré et suivre la stabilité du perré 	- Wissant	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - Travaux de réhabilitation de la digue de Wissant suite à sa destruction partielle en 2001-2002 puis en 2007 - Etude de conception des travaux de reconstruction du perré de Wissant et travaux en 2014 - Etudes des conditions de sites et études de faisabilité pour le réensablement de la partie centrale de la Baie
<p>Transition des pôles urbains et milieux naturels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité des terrains - Intervenir pour stabiliser (Aval) ou limiter (Amont) la position du trait de côte - Expertiser les phénomènes et les risques de contournement - Définir l'orientation et les mesures de gestion - Poursuivre / adapter l'intervention et le suivi 	- Dune d'Aval - Dunes d'Amont	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes des conditions de sites et études de faisabilité pour le réensablement de la partie centrale de la Baie - Mesures de gestion douces – celles placées en haut de plage n'ont pas démontré leur efficacité - Destruction du Mur de l'Atlantique et blockhaus devant la dune d'Aval et installation d'épis et brises lames expérimentaux en 2013 - Destruction du parking des Oyats à venir
<p>Milieu naturel /urbanisé ou avec Aménagement</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour atténuer le recul du trait de côte - Poursuivre / adapter l'intervention et le suivi 	- Dunes du Châtelet - Dunes de la Baraque Fricot	<ul style="list-style-type: none"> - Procédure en cours de rachat de 3 parcelles par la commune de Tardinghen - Mesures de gestion douces – celles placées en haut de plage n'ont pas démontré leur efficacité - Aménagement et restauration dans le cadre de l'opération Grand Site des Deux Caps

8 BR8 – Cap Blanc-Nez

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément à la carte BR8 qui concerne le bassin de risque du Cap Blanc-Nez afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

8.1 Description du site

Le bassin de risque des falaises calcaires du Cap Blanc-Nez s'étend sur 6km depuis l'extrémité Est des Dunes d'Amont au niveau du village de Strouanne à l'Ouest jusqu'au perré de Sangatte à l'Est.

Hormis une rampe d'accès à la mer au Cran d'Escalles, ce secteur n'est pas artificialisé.

8.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

Les falaises du Cap Blanc-Nez sont constituées de deux faciès distincts : des falaises du Crétacé entre Strouanne et le cimetière allemand et des falaises du Pléistocène s'étendant sur 1km entre le cimetière allemand et Sangatte. Les premières, constituées de craies et de marnes, ont une altitude qui varie entre 10 et 120m IGN de haut alors que les deuxièmes, constituées de matériaux meubles récents, ont une altitude moins élevée inférieure à 30 m IGN (DDTM 62, 2007, Pierre et Lahousse, 2004 et 2006).

La largeur de l'estran est de 520m en moyenne avec un minimum au niveau du Cap de 370m. Le pied de la falaise n'est pas atteint par les plus hautes mers de vives eaux en conditions météorologiques normales, excepté au niveau des Crupes, du Cap Blanc-Nez et du Fond du Guet. Ainsi, la laisse de pleine mer de vives eaux se situe entre 1 et 30 mètres du pied de falaise entre Strouanne et le Petit Blanc-Nez et à environ 10 mètres entre le Cran d'Escalles et le Fond du Guet en fonction de la largeur de la berme de galet adossé à la falaise. La largeur de la plateforme en pied de falaise réduit la taille des vagues et l'abrasion marine en pied de falaise même en conditions de tempêtes (Pierre et Lahousse, 2006).



Figure 47 : Falaises du Cap Blanc-Nez au niveau du cran d'Escalles – on distingue la berme de galet en pied de falaise (Egis, Novembre, 2013)

Le transit sédimentaire s'effectue vers le Nord-est sous l'action des courants de marée et de la dérive littorale. Le matériel érodé se retrouvant en pied de falaise est soit transporté vers le large (sédiments fins issus des marnes), soit transporté par les courants longitudinaux ou stocké sur la plage où il sert à réapprovisionner la plage, soit il sert à constituer une protection naturelle devant le pied de falaise (blocs calcaire) (Pierre, 2006).

8.3 Le type et l'état des ouvrages

8.3.1 Les falaises

Les falaises sont des ouvrages de protection naturels contre la submersion marine. Sur ce secteur, la hauteur des falaises est telle qu'elle rend la submersion des terres situées en arrière improbable.

8.4 Caractérisation des aléas

8.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côte passée et récente

Au niveau des falaises du Cap Blanc-Nez, les processus marins n'ont pas une action érosive directe et ce sont les processus continentaux qui sont responsables de l'instabilité de la falaise en lien avec la topographie de l'arrière de la falaise et la structure de la falaise (hauteur, type de matériaux et géométrie des affleurements).

On distingue trois rythmes d'évolution distincts le long de ce secteur :

- Un recul régulier au niveau des falaises de Strouannes, entre les Crupes et le Cran d'Escalles et au niveau des falaises de Sangatte où l'infiltration combinée au ruissellement des eaux continentales érode progressivement les matériaux via les phénomènes de ravinements, coulées et des chutes de pierres peu importantes.
- Un recul irrégulier entre le Cran d'Escalles et le Fond du Guet, où les fortes pentes bien drainées en arrière de la falaise peuvent entraîner un ruissellement important au dépend de l'infiltration, menant à des écroulements et éboulements plus importants.
- De fortes valeurs de reculs instantanées sur des sections courtes au niveau du cap Blanc-Nez et du Cran Saint Pô, lié pour l'un à la hauteur de la falaise et pour l'autre à la topographie de l'arrière de la falaise en lien avec les fluctuations de la nappe phréatique.

Le Tableau 87 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 87 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DDTM 62, 2007 ¹ ; Pierre & Lahousse, 2004 ² ; Pierre & Lahousse, 2006³)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte	Rythme d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Strouanne (Est de Wissant)	Recul réguliers ³	-0.1 à -0,3 m/an ¹	Entre -1,5 et -3,5 mètres
	Glissement rotationnels ¹ Eroulements, coulées, tassements de pans de craies ²	-0,20 m/an (1939-2002) ²	
Petit Blanc Nez	Recul irrégulier ³ Recul fort par pan entier sur un court secteur à Cran Saint Pô ³ Eroulement et éboulement rocheux ³	- 0,14m/an et jusqu'à - 0,33 m/an à Cran St Pô (1939-2002) ³	
Les Crupes	Recul réguliers ³ Eroulement et éboulement de terres ³	-0,21 m/an (1939-2002) ²	
Cap Blanc-Nez	Recul irrégulier par pan entier (jusqu'à-40m) ³ Eroulement et éboulement rocheux ^{1,3}	-0,1 à 0,85 m/an ¹	
		- 0,14 m/an (1939-2002 ou 1944-2002 selon les sites), maximum de 0,25m/an au niveau du cap ³	
A l'ouest du cimetière allemand	Recul réguliers ³ Eroulement et éboulement de terres et de roches ³	-0,21 m/an (1939-2002) ²	
Falaise de Sangatte	Recul régulier lié au ruissellement ³	- 0,25m/an ¹	
	Eboulements et ravinements (sols fins) ^{1,2}	- 0,29 m/an (1944-2002) ²	

Aléa érosion à l'échéance de 10 ans

Le recul des falaises étant considéré comme irréversible l'aléa érosion est considéré comme **fort** sur tout le secteur. D'après les recherches récentes sur le recul des falaises du cap Blanc-Nez par Pierre et Lahousse (2006), le recul du trait de côte à l'échéance 10 ans pourrait atteindre entre **-1,5 et -3,5 mètres** sur tout le secteur, ce qui est bien inférieur à ce qui a été prédit dans le cadre du PPRL.

8.4.2 L'aléa submersion

L'étude des aléas submersion centennale et submersion centennale incluant le changement climatique, réalisée par DHI (2013a), n'a retenu aucun site sur ce bassin de risque.

8.4.3 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Il n'y a pas d'aléa submersion marine dans le bassin de risque Cap Blanc-Nez et donc aucun enjeu associé sur ce territoire. Les enjeux décrits ci-dessous concernent donc seulement l'aléa érosion à une échéance de 10 ans.

8.4.4 Enjeux urbains et humains

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Comme sur tout le littoral des falaises du Boulonnais, le recul des falaises présente un risque pour la population lié aux éboulements, effondrements et chute de pierre, et ce d'autant plus que ce site est très fréquenté par les touristes. On compte jusqu'à un million de visiteur par an.

Dans le cas où le recul de la falaise se poursuit, un risque pourrait exister pour les habitants des maisons en bordure de corniche au hameau de Strouanne même s'il est faible. Le recul est donc à surveiller attentivement.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque du Cap Blanc-Nez.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Une dizaine de propriétés du hameau de Strouanne se trouvent en bordure de falaise ou juste derrière le sentier qui borde la falaise. A une échéance de 10 ans, ce sentier pourrait progressivement disparaître avec le recul du trait de la falaise. Il en est de même des terrains des quelques propriétés bordant la falaise qui subiraient également cette érosion sans pour autant que les habitations soient atteintes. Ceci est néanmoins à surveiller.

La ferme du Cran St Pô semble être suffisamment éloignée et n'est pas menacé à une échelle de 10 ans.

Il y a donc un enjeu en lien avec le bâti en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Cap-Blanc-Nez.

8.4.5 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

La fréquentation du site que cela soit au niveau de la plage via la rampe d'accès au Cran d'Escalles ou en corniche (Monument à la mémoire de la patrouille de Douvres, Cimetière Allemand) pourrait pâtir du danger lié au recul de la falaise. Plutôt que de restreindre l'accès au site, les mesures de gestion du risque adoptées ont mis l'accent la prévention via l'information du public (Pierre et Lahousse, 2006).

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque du Cap Blanc-Nez.

8.4.6 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque BR8 - Cap Blanc-Nez

Le Tableau 88 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque du Cap Blanc-Nez.

Tableau 88 : Liste des sites protégés du Cap-Blanc-Nez et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
2 sites Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Falaises et pelouses du Cap Blanc Nez, du Mont d'Hubert, des Noires Mottes, du Fond de la Forge et du Mont de Couples » (habitat) - « Cap Gris-Nez » (habitat)	2 sites du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres - « Petit Blanc-Nez » - « Cap Blanc-Nez »	1 site Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 ou 2) - « Cap Blanc Nez, Mont d'Hubert, Mont Vasseur et Fond de la Forge »
	Site classé 1 site - « Site des caps Blanc Nez Cap Gris Nez Baies Wissant dunes de la Manchue et DPM »	Parc Naturel Régional - « Parc Naturel Régional des caps et marais d'Opale »
		Site inscrit 1 site « Cap Blanc-Nez et Cap Gris-Nez »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR8- Cap Blanc-Nez fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des Falaises d'Opale » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence de 2 sites Natura 2000, de 2 sites du Conservatoire du Littoral, 1 site classé et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, PNR, site inscrit, TVB), les falaises du Cap Blanc-Nez constituent un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion

Le recul de la falaise affectera directement les habitats et espèces de la falaise en entraînant une disparition totale de ceux-ci.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque du Cap Blanc-Nez.

8.4.7 Enjeux économiques

- Le secteur des falaises du Cap Blanc-Nez étant principalement dévoué aux activités agricoles, cultures et prairies confondues, le recul de la falaise sur ce secteur pourrait entraîner une perte de terrains agricoles à une échéance de 10 ans.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque du Cap Blanc-Nez à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu économique et plus précisément agricole en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Cap Blanc-Nez.

8.5 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGÉ

On peut citer les retours d'expérience suivants sur les mesures mises en œuvre :

- Parmi les actions ou mesures de gestion, il y a eu un recul du chemin de randonnée et la mise en place de clôtures entre le Cran d'Escalles et le Blanc-Nez (com. pers, CEREMA 2014). Plutôt que de restreindre l'accès au site, les mesures de gestion du risque adoptée ont mis l'accent la prévention via l'information du public (Pierre et Lahousse, 2006).

Parmi les mesures de gestion / actions mises en œuvre, on peut citer (com. pers. PMCO, 2014) :

- L'Opération Grand Site des Deux Caps porté par le CG62, qui a permis depuis 2006 de restaurer les sites majeurs et préserver les milieux naturels, de mettre en valeur plusieurs monuments, contribuer à l'amélioration de la qualité de l'offre touristique, à organiser une gestion du site efficace et un nettoyage des sites (réhabilitation et destruction de ruines de guerres, mise en sécurité du public, résorption de décharge sauvage). Dans le BR8, L'Opération Grand Site des Deux Caps a permis entre autres (Site internet Les 2 Caps, 2014) :

Site du Cap Blanc-Nez

- Le remodelage et la renaturation écologique avec création de boucles piétonnes de découverte
- La mise en sécurité des visiteurs au niveau de la RD 940
- La restauration écologique du secteur entre la Dover Patrol et le Cran d'Escalles
- La mise en place de dispositifs de protections des milieux naturels
- L'aménagement d'un chemin de découverte unique entre le Cran et la Dover Patrol

Le village d'Escalles

- La suppression du parking du Cran d'Escalles
- La renaturation écologique du Cran
- L'aménagement d'une aire d'accueil entre Escalles et Hautes Escalles
- L'aménagement d'une aire d'accueil aux abords ouest du village d'Escalles

Falaise de Sangatte

- La porte d'entrée Nord du Grand Site (aire d'accueil, équipements de découvertes et d'interprétation)
- L'aménagement d'une aire d'accueil au niveau du cimetière

Le Tableau 89 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGÉ pour le BR8 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 89 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR8 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
<p>Transition des pôles urbains et milieux naturels - jonction falaise / perré</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suivre l'évolution de la falaise et relever la taille/position des éboulements - Intervenir pour limiter le recul de la falaise - Planifier et mettre en œuvre le recul stratégique des biens 	- Sud de Sangatte	- Aménagements touristiques dans le cadre de l'Opération Grand Site des Deux Caps
<p>Milieu naturel /urbanisé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour atténuer le recul du trait de côte - Mettre en œuvre la technique alternative de gestion des eaux - Suivre l'évolution de la falaise et la taille/ position des éboulements 	- Strouanne	- PPRL Falaise du Boulonnais par la DDTM 62 en 2007 et révision du recul des falaises en cours
<p>Milieu naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laisser évoluer et suivre l'évolution - Planifier le déplacement du chemin de randonnée et la destruction des blockhaus instables puis mettre en œuvre, et suivre l'évolution et relever la taille /position des éboulements 	- Cran du Noirda – Cap Blanc-Nez	<ul style="list-style-type: none"> - PPRL Falaise du Boulonnais par la DDTM 62 en 2007 et révision du recul des falaises en cours - Recul du chemin entre le Cran d'Escalles et le Blanc-Nez - Nombreux aménagements et restaurations dans le cadre de l'Opération Grand Site des Deux Caps

9 BR9 – Sangatte – Calais

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR9-1 et BR9-2 qui concernent le bassin de risque Sangatte-Calais afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

9.1 Description du site

Le bassin de risque BR9 Sangatte-Calais s'étend à l'Est depuis le démarrage du perré de Sangatte jusqu'à la limite Est du Port de Calais au niveau de l'Hoverport. Cette portion de côte, est constituée par le perré de Sangatte puis par un cordon dunaire simple, les dunes de Fort Mahon, qui protègent le polder Sangatte / Coquelles de la submersion marine. Ce polder est lui-même enchâssé entre plusieurs talus de protection de second rang qui délimitent ainsi plusieurs casiers hydrauliques et permettant de s'opposer à l'expansion des eaux dans l'éventualité d'une potentielle submersion marine.

Les dunes du Fort Mahon laissent place à leur extrémité Est au perré de Blériot plage puis aux infrastructures portuaires de Calais sur environ 4 km.

9.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

La côte entre les falaises de Sangatte et le Port de Calais consiste en une large plage sableuse en pente douce marquée par une alternance de barres et de bâches dont la morphologie est typique de la région. La largeur de l'estran varie entre 500 et 800m.

Pratiquement tout ce secteur est caractérisé par la présence d'épis perpendiculaires au trait de côte constitués de pieux de bois espacés.

Le perré de Sangatte, construit au 16^{ème} siècle puis étendu au début du 20^{ème} siècle afin d'empêcher la création de nouvelles brèches dans le cordon dunaire et l'inondation des terres en arrière, s'étend sur 2,4 km avant de laisser place aux dunes du Fort Mahon. Un étroit cordon dunaire subsiste en surplomb du perré de Sangatte, mais celui-ci ne participe plus à la dynamique littorale. De nombreux chalets et habitations y ont été construits.



Figure 48 : Habitations et chalet, en surplomb de la dune, protégés par la digue de Sangatte (Egis, Hiver 2013-2014)

Les dunes de Fort Mahon s'étendent sur une distance de 3,2 km, sur une largeur variant entre 30 et 250 m. Leur altitude ne dépasse pas 15 m de haut (Ruz et al, 2005). Les dunes de Fort Mahon constituent une barrière naturelle protégeant les terrains bas en arrière dont le niveau se situe entre 0,5 à 1m en dessous des plus hautes marées de vives eaux. Celles-ci sont néanmoins plus élevées dans les parties centrale et à l'Ouest qu'à l'Est près de Blériot plage (Rufin-Solers *et al*, 2008).

Dans le secteur ouest des dunes du Fort Mahon, les dunes sont taillées en falaise avec paquets glissés et présentent un front instable. Le cordon à la transition avec le perré de Sangatte, bien que suffisamment élevé, est large d'une trentaine de mètre seulement et son recul pourrait à terme entraîner une brèche à ce niveau (Rufin-Solers *et al*, 2008).



Figure 49 : Transition entre le perré de Sangatte et les dunes du Fort Mahon (Safège, 2013)

Cependant c'est à la transition des dunes et du perré de Blériot Plage, où le cordon ne dépasse pas une altitude 6m IGN (Safège, 2013) que le risque de rupture du cordon semble prédominant. Ceci est lié à la présence d'un parking en arrière de la dune, le parking des Mouettes, qui encourage les cheminements et donc la dégradation de la végétation et la formation de siffle-vent et pannes d'envol.

Les petits-fonds dans ce secteur sont caractérisés par la présence de deux bancs sableux parallèles à la côte : le Ridens de Calais situé à une distance de 3-5km de la côte et le Ridens de la rade plus proche de la côte (Héquette et Aernouts, 2010).

En raison de l'orientation de la côte sur ce secteur, le front de mer est exposé à des vagues du NO, N et NE, avec donc le potentiel de générer un transport des sédiments à la côte dans les deux sens. L'asymétrie des courants de marée au profit du courant de flot, induit un transport des sédiments dirigé vers l'ENE. Cependant, la présence des bancs sableux dans les petits fonds complique la dynamique sédimentaire et le transport résiduel des sédiments peut aussi être dirigé vers l'OSO tout dépendant de la profondeur et de la position par rapport au banc (Augris *et al*, 1990 ; Héquette et Aernouts, 2010).dans les deux sens.

9.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans le bassin de risque BR 9 –Sangatte – Calais Port Ouest, on compte trois types d'ouvrages de protection

- un cordon dunaire de premier rang avec les dunes de Fort Mahon et de Blériot-plage et un cordon dunaire de second rang derrière les ouvrages de protection de Sangatte,
- Des ouvrages de protections en dur au niveau de la ville de Sangatte et de Blériot-Plage

- Des talus naturels dans les terres (digues de 2nd rang)

On compte aussi un grand nombre d'ouvrages à la mer et notamment des écluses, des stations de pompages et des exutoires etc.

9.3.1 Les cordons dunaires

Tableau 90 : Type et état des cordons dunaires dans le BR 9

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Dune de Sangatte	Cordon dunaire de second rang	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - présence de cheminements sauvages - présence rapprochée du pied de versant d'infrastructures sensibles
Dunes de Fort Mahon	Cordon dunaire	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - cordon dunaire étroit - présence de cheminements sauvages - présence rapprochée du pied de versant d'infrastructures sensibles <p>Mais aussi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - consolidation d'une brèche existante par la mise en place de sable et plantation d'oyats - présence de dunes embryonnaires

9.3.2 Les ouvrages de protection en dur

Tableau 91 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR 9

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Perré de Sangatte - falaise	Digue en maçonnerie ou béton armé avec talus naturel en second rang	IE 1 ₂₀₁₁ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - variation de penture, formation de cavités dans le corps du talus, ferrailage apparent - dégradation superficielle du parement en béton armé - disjoints avec ou sans végétation pouvant devenir déstabilisante - présence d'irrégularités sur le profil du talus naturel et cavités - pied de l'ouvrage recouvert par sable et galet <p>→ cavité importante dans la digue, démolition partielle à la suite de la tempête Xaver</p>
Perré de soutènement du site aquatique	Mur poids en maçonnerie ou en béton	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - altération des briques, fracture avec éclats au niveau des joints - défaut de profil en long associé à des fractures avec éclats au niveau des joints
Digue de Sangatte - Vam	Digue en béton et maçonnerie et talus naturel	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - ouverture des joints - joints non entretenus - pied du talus ensablé
	Mur de soutènement en maçonnerie en 3ème rang derrière le cordon dunaire	IE 2 (IEm)	bombement associé à une désorganisation profonde des joints de pose
Digue de Sangatte - sémaphore	Digue en béton non armé, maçonnerie et béton	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - apparition de brèche du revêtement et joints non entretenus - éclats en partie supérieure de digue
Epis et brise-lames de Sangatte et des dunes de Fort Mahon	Epi (x17) pieux bois	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	disparition localisée de pieux ou inclinaison anormale de quelques pieux
	Epi (x23) pieux bois	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	ligne d'épis ensablée
	Brise lame pieux bois (Sangatte)	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	présence de quelques vestiges apparents
	Brise lame pieux bois (Fort-Mahon)	IE 4 ₂₀₁₁ (IEm)	
Perré de Blériot-Plage	Digue en béton, maçonnerie ou enrochement naturels	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	affouillement de la portion de digue en béton
Port de Calais	<ul style="list-style-type: none"> - Digue ouest en mur bloc - Dignes est en enrochements avec mur de couronnement - Terre-plein protégé par des enrochements - Hoverport non protégé 	Pas d'information sur l'état des ouvrages dans la classification VSC DDTM 62	

Cinq accès (1, 4, 5, 8 et 11) sur le perré de Sangatte ont un indice d'ouvrage de 1 lié à l'absence de main de fer (IEu = 1).

Digue de Sangatte

Les observations faites par la DREAL lors de la visite d'inspection du 19/04/2011 semblent être en accord avec les évaluations observées dans la méthode VSC. Une comparaison tronçon par tronçon est rendue difficile par l'absence de plan montrant les différents découpage de manière précise. Toutefois, il est noté dans les deux méthodes la forte dégradation d'une portion de l'ouvrage située à l'ouest du débarcadère, où de nombreuses fissures et cavités apparaissent. De nombreux travaux de confortement sont à réaliser afin de stabiliser cette portion, qui encoure un risque de ruine à court terme sous l'action de la houle et des marées. Les mêmes observations ont été faites sur les autres portions de l'ouvrage.

Des désordres sont apparus lors de la tempête Xaver dans la nuit du 5 au 6 décembre 2013 : formation d'une brèche d'une trentaine de mètres (comblée par des enrochements et un géotextile dès le 6 décembre) ainsi que plusieurs brèches de faibles ampleurs.

9.3.3 Les talus naturels

Tableau 92 : Type et état des talus naturels dans le BR 9

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue Camin	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	Présence d'un aménagement (tuyau) ayant entraîné la création d'une brèche (IE 2)
Digue Royale de Sangatte	Talus naturel de second rang	IE 3 ₂₀₁₀ (IEm)	- végétation arbustive envahissante pouvant devenir déstabilisante, crête totalement inaccessible - versant non stabilisé côté hutte de chasse
Digue Mouron	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	Présence d'un aménagement (tuyau) ayant entraîné la création d'une brèche et d'une brèche naturelle sur 3M de large et 1,6m de haut (IE 2)
Digue de la RD 940	Talus naturel	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	Présence de deux aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (buse et dalot) (IE 2)
Digue du parc automobile (PA)	Talus naturel	Pas d'inspection	Présence d'un aménagement ayant entraîné la création d'une brèche (buse) (IE 2)
Digue Nieulay	Talus naturel	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	- présence de vestiges de guerre (blockhaus) intégrés dans le versant opposé à la digue royale - présence d'arbres sur le versant côté digue royale
Remblai A16	Talus naturel	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	- Présence d'aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (5 buses et 12 ouvrages d'arts) (IE 2)
A216	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	- présence d'aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (3 buses et 7 ouvrages d'arts) (IE 2)

L'ouvrage suivants n'apparaît pas dans la classification VSC mais a fait l'objet d'une inspection par le Service de Contrôle de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques (SCSOH) de la DREAL le 9 Mai 2012. Il a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité en date du 5 juin 2012.

Digue entre bassin Ouest et bassin des Chasses

La digue entre le bassin Ouest et le bassin des chasses se situe dans l'arrière-port Ouest de Calais. D'une longueur de 660 mètres, elle est composée d'un rideau de palplanche renforcé par des tirants horizontaux côté bassin Ouest, d'un corps de digue composé de terre et rendu étanche par un enrobé bitumineux en crête, et d'un talus naturel enherbé côté bassin des chasses.

La partie la plus au Nord de la digue présente des désordres pouvant impacter sa stabilité, notamment une corrosion importante par endroits du rideau de palplanche entraînant la formation de trous, ainsi que de nombreuses déformation dans sa partie basse. Des fuites de matériaux de remblais ont aussi été repérées. Le reste de l'ouvrage présente des désordres pouvant avoir un impact sur sa pérennité mais sans compromettre sa stabilité à court-terme : légers tassements des remblais en arrière, fuites de matériaux, corrosion des palplanches en zone d'embruns (certains trous), réparation de palplanches par mise en place de tôles soudées.

Le corps de l'ouvrage ne présente pas de désordres significatifs. Le talus enherbé côté bassin des chasses est lui aussi dans un bon état. Des actions d'entretien devront toutefois être entreprises afin de limiter la végétation arbustive. Une pente importante de talus a aussi été observée par endroits. Un diagnostic complet de l'ouvrage (stabilité, pérennité) doit être réalisé.

9.4 Les ouvrages à la mer

Les ouvrages suivants n'apparaissent pas dans la classification VSC mais ont fait l'objet d'inspection par le Service de Contrôle de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques (SCSOH) de la DREAL (mis à part l'Ecluse de 10m). Ils ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité en date du 5 juin 2012.

Ecluse du bassin Ouest

L'écluse du bassin Ouest, inspectée le 12 Avril 2012, est un ouvrage à porte busquée qui permet la circulation des navires entre le bassin Ouest et l'arrière-port. Il a pour fonction de maintenir un niveau d'eau minimal dans le bassin Ouest. C'est une écluse sans sas dont les bajoyers sont conçus d'une maçonnerie de pierre. Depuis 2007, les portes sont ouvertes de manière permanente, en effet les massifs d'ancrage et les vantaux sont défectueux (déchaussement des têtes d'ancrage). Les portes sont maintenues ouvertes par des câbles en acier fixés sur les bajoyers. Ce dispositif de fixation ne présente pas de problème de sécurité. Concernant le génie civil de l'ouvrage (bajoyer et radier), la restauration des têtes d'ancrage et des massifs d'appuis devrait commencer début 2013. La maçonnerie présente aussi un léger déjoints mais qui ne remet pas en cause la stabilité de l'ouvrage.

Un seuil sur glissière a donc été aménagé en amont des portes afin de maintenir un niveau d'eau minimal dans le bassin. Le système d'ancrage métallique du seuil sur glissière est corrodé par endroits.

Ecluse Carnot

L'écluse Carnot est une écluse à sas permettant de maintenir le niveau du bassin Carnot à un niveau proche de la marée haute. La visite d'inspection a eu lieu le 9 Mai 2012.

La porte amont est constituée de deux vantaux en acier qui ne présentent pas de désordres structurels. Un défaut d'étanchéité en pied a toutefois été observé. Les deux vantaux en acier de la porte aval présentent des dégradations sur leur partie supérieure suite à l'impact d'un navire. Aucun problème d'étanchéité n'a cependant été relevé et les dégâts observés ne remettent pas en cause la bonne gestion du niveau d'eau. Le mécanisme de fermeture des portes (crémaillère) a été inspecté et est en bon état.

Au niveau du génie civil de l'ouvrage (bajoyers et radiers maçonnés), aucun déjoints n'a pu être observé. Le radier n'a pas pu être inspecté visuellement. Aucune demande particulière n'a été formulée à l'issue de la visite.

Station de pompage de Marck

La station de pompage de Marck assure l'évacuation du canal de Marck vers la mer au travers du bassin Ravisse. La station comporte les ouvrages suivants : une station de pompage (3 pompes), une station équipée de 2 vannes afin de permettre l'écoulement gravitaire, 2 aqueducs d'évacuations (vers le bassin Ravisse) et un bâtiment technique d'exploitation.

Le génie civil de la station de pompage ne présente aucune dégradation (pile, voile, retour et radier). Les grilles et le dégrilleur automatiques ne présentent aucun dysfonctionnement.

Le génie civil de la station d'écoulement gravitaire est en bon état, seul quelques épaufrures de béton ont été constatées, qui mettent à nu la structure en acier qui a tendance à se corroder. Les deux vannes entraînées par des vérins hydrauliques sont dans un bon état de fonctionnement, et aucun défaut d'étanchéité n'a été observé.

L'inspection effectuée le 8 mars 2012 a par contre relevé un important dévers des palplanches sur la berge en rive gauche en amont de l'ouvrage dû à un exutoire pluvial de la ville de Calais. Ce désordre doit faire l'objet de travaux de restauration.

Station de pompage de Calais

La station de pompage de Calais est située à l'aval du canal de Calais et assure l'évacuation des eaux de celui-ci vers la mer (écoulement gravitaire ou pompage). Elle est constituée des ouvrages suivants : un aqueduc d'amenée se divisant en deux plus petits à proximité de l'exutoire, la station d'évacuation gravitaire (deux vannes par aqueduc), une station de pompage (deux pompes), et un bâtiment technique d'exploitation. Seuls l'embouchure et les exutoires des aqueducs ont pu être inspectés.

Deux fissures ont été observées sur l'aqueduc secondaire. Celles-ci ne sont pas préjudiciables à la structure pour le moment mais pourraient à terme entraîner un affaissement global de la partie haute de l'aqueduc et couper tout transit entre le canal et le bassin de l'arrière port. L'inspection de la station d'écoulement gravitaire a montré de légers défauts d'étanchéité sur deux des quatre vannes. Le génie civil de la station de pompage se trouve en bon état. Le radier n'est pas endommagé d'après les services d'exploitation de la station (radier en charge au moment de la visite). Les organes hydrauliques (deux pompes notamment), se trouvaient dans un certain état de vieillissement au moment de la visite (le 12 avril 2012) et font l'objet d'une expertise qui permettra de déterminer les travaux de restauration à entreprendre. Aucun désordre n'a été constaté au niveau des grilles à embâcles. Il a été recommandé l'installation

d'un fissuromètre afin de suivre l'évolution des deux fissures observées sur la partie haute de l'aqueduc.

Station de pompage et Ecluse de la Battellerie

L'ouvrage se compose de deux entités bien distinctes : la station de pompage des eaux du canal de Calais vers le canal Carnot (écoulement gravitaire ou pompage) et l'écluse qui permet le passage des navires.

La station de pompage se compose du sas de l'ancienne écluse, d'une unité de pompage et d'un bâtiment technique et d'exploitation. L'écluse comporte le sas entre ses deux bouchures mobiles ainsi que le poste de commande. L'inspection du génie civil de la station de pompage (deux bajoyers) effectué le 8 Mars 2012 n'a pas permis de relever de désordres notables si ce n'est une résurgence d'eau sur le bajoyer central qui peut témoigner d'un phénomène de lixiviation des pierres. Des opérations de rejointoiement de la maçonnerie sont aussi en cours, du fait du déplacement de l'ensemble de la structure de l'écluse vers l'amont. Une fissure importante au niveau du radier serait aussi présente, bien que celle-ci n'ait été observée visuellement. Au niveau des bouchures mobiles, un des vantaux aurait subi un affaissement d'après l'équipe d'exploitation bien qu'aucun autre mouvement n'ait été constaté depuis. Aucune dégradation du génie civil de l'unité de pompage n'a été remarquée.

Concernant l'écluse de la Battellerie, le génie civil (bajoyers) fait l'objet des mêmes observations que la station de pompage : il est noté un phénomène de lixiviation des pierres, des opérations de rejointoiement sont aussi en cours suite à la constatation d'un déplacement de l'ensemble de la structure vers l'amont. Toutefois, aucune fissure au niveau du radier n'a été repérée. Une des trois portes busquées (P2) fait l'objet de dégradations sévères, notamment un état médiocre du bois (amincissement des planches, trous constatés). L'étanchéité de la porte n'est donc plus assurée. Des problèmes d'ancrage de ces portes en rive droite et sur le bajoyer central avaient aussi été constatés (fissuration des pierres). Ces désordres ont été résolus par la mise en place de barres métalliques en crête de bajoyer et l'ancrage de celles-ci par des vis sur 2 mètres de profondeur. Le poste de commande n'a révélé aucune dégradation particulière. Il a été demandé la réalisation et la transmission d'une étude de stabilité et de renforcement du génie civil de l'ouvrage (en cours au moment de la visite).

Station de pompage des Pierrettes

La station de pompage des Pierrettes assure l'évacuation des eaux du chenal d'Asfeld par la mer au travers du bassin des chasses, par écoulement gravitaire ou par pompage. La station est composée des ouvrages suivants : un barrage sur le canal équipé de 4 vannes et d'une vanne de régularisation automatisée (écoulement gravitaire), un remblai en rive droite empêchant la communication des eaux du chenal avec celles du bassin, un ouvrage latéral de reprise des eaux en rives gauche (évacuation par pompage), un bâtiment d'exploitation, et un poste de commande. La visite d'inspection a eu lieu le 3 Juillet 2012.

La station d'évacuation gravitaire n'a pu être inspectée minutieusement faute d'accès. Aucune dégradation des vannes ou du génie civil n'ont toutefois été constatées. Le remblai en rive droite ne présente pas non plus de désordre particulier : pas d'affaissement mais la végétation arbustive présente n'a pas permis de relever la présence d'animaux fouisseurs. L'ouvrage latéral de reprise des eaux a été inspecté. Il avait déjà été constaté des dégradations de deux des trois vis d'Archimède de la station de pompage latérale. Ces vis font donc actuellement l'objet de rénovations. Aucun autre désordre n'a été observé.

Ecluse de 10m

L'écluse de 10 m se trouve dans l'arrière-port Ouest de Calais, sur une digue de 80 m environ qui sépare le bassin des chasses de l'avant-port et livre un passage à la route qui va de la ville à la plage. La digue ainsi que l'écluse ont été inspectées.

Le versant de la digue au droit de l'arrière port Ouest est un mur de quai maçonné, il présente quelques désordres mais qui ne compromettent pas à court terme sa stabilité : léger tassement des remblai arrière, quelques infiltrations d'eau et fissures. Le versant de la digue au droit du bassin des chasses est lui un perré à pierres sèches. L'état des pierres n'a pu être inspecté compte tenu de l'importante végétation arbustive qui s'y est développée. Toutefois, l'ouvrage ne présente aucun signe de désordres significatifs. Le corps de digue ne présente lui non plus aucun affaissement ou variation de pente. Il n'a toutefois pas été trouvé de note de calcul permettant d'assurer que l'exploitation de la digue ne compromet pas sa stabilité.

Le pertuis de 10 m semble présenter des désordres pouvant impacter sa stabilité : présences de larges et grandes fissures et traces d'infiltration d'eau, notamment au niveau des bajoyers. La maçonnerie n'est pas en bon état. Les fissures observées pourraient favoriser la création de renards hydrauliques à marée haute. Le radier n'a pas pu être inspecté.

Le pertuis se ferme au moyen de deux vantaux busquant contre la mer. L'inspection a révélé un bon état des portes elles-mêmes mais elles présentent tout de même des désordres pouvant impacter son fonctionnement, en particulier en terme de lutte contre la submersion marine : défaut d'étanchéité verticale entre les deux vantaux, descellement au niveau du gond supérieur sur chacune des portes et un défaut de niveau de 10 cm entre porte droite et porte gauche témoignant d'un mouvement d'ensemble de la structure. Le masque de sécurité et les équipements de mesure présentent un bon état général.

Ainsi, compte tenu des fissures des bajoyers et du défaut d'étanchéité constaté entre les deux vantaux, la SCOH estime que l'ouvrage ne peut remplir entièrement sa fonction d'ouvrage contre la submersion marine et demande l'identification rapide d'un propriétaire et d'un gestionnaire pérenne pour cette digue.

9.5 Caractérisation des aléas

9.5.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côté passée et récente

Les dunes du Fort Mahon sont stables ou en accrétion sur le long-terme. Il en est de même pour les secteurs à l'ouest et à l'est du Parking des Mouettes qui est stable. Par contre les dunes au niveau du parking sont en recul sur le long-terme.

Le Tableau 93 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 93 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b¹ ; Chaverot, 2006² ; ULCO-LOG, 2013³)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Dune du Fort Mahon	Stable à l'ouest Accrétion à l'est	Stable à l'Ouest sur 1250m ³ Entre +0,75 et +0,95m/an à l'est sur 750m (+/-0,37m/an) (1949-2000) ³	N/A
Blériot Plage	Recul	> - 0,3m/an (ouest et est) et -1 m/an (centre) (+/-0,27m/an) (1930-2006) (autres sources citées -0,4m/an) ¹ > -0,30 m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ² Stable à l'Ouest sur 1100m Entre -0,2 et -0,7 m/an au centre sur 1500m (+/-0,37m/an) Stable à l'Est sur 500m (1949-2000) ³	Entre -2 et -10 mètres

L'aléa érosion à l'échéance de 10 ans

Les secteurs Est et Ouest des dunes du Fort Mahon connaissent une stabilité relative sur le long terme comme le montre l'étude de DHI (2013b) et les recherches de l'ULCO (les résultats des deux études montrent en effet que les reculs / avancée observés sur ces deux secteurs se trouvent à l'intérieur de la marge d'erreur ce qui indique une stabilité du trait de côte (voir Figure 50).

D'après les recherches de l'ULCO, le recul des dunes de Blériot-Plage au niveau du parking a atteint un rythme de recul entre -0,2 et -0,7 m/an dans le passé, ce qui est du même ordre de grandeur que les résultats de de DHI (2013b). Si on présume que ce taux se reproduit sur une échéance de 10 ans dans le futur, le recul dans cette zone pourrait atteindre entre **-2 et -10 mètres**.

D'après ces résultats on peut considérer que le recul pourrait être **moyen** pour ce secteur à une échéance de 10 ans.

EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DE SANGATTE À BLÉRIOT-PLAGE ENTRE 1949 ET 2000

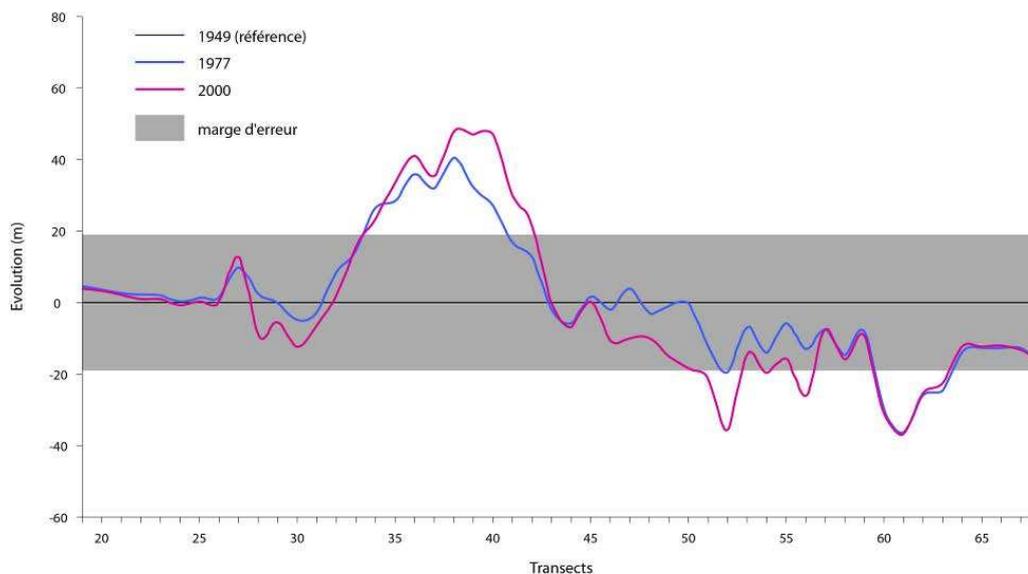


Figure 50 : Evolution du trait de côte entre Sangatte et Blériot-Plage entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)

L'abaissement du niveau de plage

Le niveau des plages devant les digues/perrés de Sangatte et de Blériot-Plage ne montre pas une tendance claire à l'abaissement sur le long-terme d'après les profils topographiques réalisés par la DDTM 62 (pas assez de données sur le long-terme).

Les observations effectuées par Egis sur place ont mis en évidence des signes d'abaissement et d'affouillement des murs de soutènement situé dans le secteur Ouest de Sangatte mais rien ne permet d'affirmer si l'abaissement observé est saisonnier et lié aux tempêtes d'hiver ou s'il constitue une tendance sur le long-terme.



Figure 51 : Signes d'abaissement de l'estran et de l'affouillement du mur de soutènement à l'ouest de la digue (Egis, Hiver 2013-2014)

Il n'est donc pas possible de conclure quand à une tendance à l'abaissement à une échéance de 10 ans.

9.5.2 L'aléa submersion

L'étude des aléas submersion centennale et submersion centennale incluant le changement climatique, réalisée par DHI (2013a), a retenu 3 modes de submersion pouvant affecter ce bassin de risque : la rupture du cordon dunaire et la rupture de la digue à Sangatte, une brèche dans le cordon dunaire à Blériot Plage et le débordement des quais et la rupture d'ouvrage dans le Port de Calais.

Sangatte – rupture de la digue

« L'analyse des données LIDAR a montré qu'il existait un point bas sur la digue de Sangatte. Bien que ce point n'ait pas été repéré dans l'étude VSC, l'hypothèse d'une brèche dans cet ouvrage a été retenue pour la modélisation. En effet, la digue de Sangatte a connu de nombreux événements occasionnant des submersions marines, notamment en 1953 où une brèche de 15 m de large a permis à la mer de submerger la route nationale par 40 cm d'eau et les champs à l'arrière.

La largeur de brèche retenue pour la modélisation est de 100 mètres. La surcote de déferlement est par ailleurs prise en compte.

Il est difficile de définir a priori où précisément la brèche sera susceptible de se produire sur l'ensemble de la digue. Aussi, trois positions de brèche distinctes ont été simulées sur ce secteur. Les résultats présentés sont alors une combinaison des résultats obtenus pour chacune des trois simulations. Ainsi les cartographies présentées sur ce secteur présentent les valeurs maximales de chaque paramètre étudié (hauteur, vitesse, aléa), quelle que soit la position de la brèche dont elles découlent. Par exemple un secteur en aléa faible pour une position de brèche, et non inondé pour les autres positions, est finalement classé en aléa faible. De même, un secteur classé en aléa fort pour une position, et aléa moyen pour les autres, est finalement classé en aléa fort.

Enfin compte tenu de la cote relativement élevée de la digue, le débordement par-dessus celle-ci n'est pas considéré. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Pour rappel, trois positions de brèches distinctes ont été étudiées pour la digue de Sangatte. Ces diverses positions permettent de tenir compte de la variabilité des inondations en fonction de l'emplacement des brèches, dans la mesure où les brèches peuvent apparaître en des points quelconques de la digue. Les résultats sont alors obtenus séparément pour les trois positions de brèches. Les cartographies présentées par la suite sont les hauteurs, vitesses et aléa maximum obtenus quelle que soit la position de la brèche considérée.

Dans un premier temps l'inondation se propage librement en suivant la topographie du site, sans rencontrer d'obstacle majeur. 45 minutes après l'apparition de la brèche, l'extension de l'inondation est contrainte par la digue Camin, et est déjà proche de l'extension maximale sur le secteur compris entre la mer et la digue. »

Sangatte – rupture du cordon dunaire

« En 1953, une brèche de 30 mètres dans le cordon dunaire a entraîné la submersion d'une vingtaine d'hectares de terre agricole. Depuis la dune s'est considérablement engraisée mais le risque existe encore immédiatement à l'Est de la digue de Sangatte où le cordon dunaire est le plus mince.

Compte tenu de la géographie du site et des caractéristiques historiques de la rupture du cordon dunaire, une brèche de 100 mètres a été retenue pour la modélisation, comme préconisé par la circulaire du 27 juillet 2011. Par ailleurs, la dune étant élevée, aucun débordement par-dessus la dune n'est modélisé.

Le site étant exposé à la houle, le niveau de la mer tiendra compte de la surcote de déferlement. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« La propagation de l'inondation pour l'événement centennal est limitée par la présence de la digue Royale au Sud. L'eau s'écoule alors en partie en direction de l'étang situé à l'Est de la brèche. Suite à l'ouverture de la brèche (et principalement son extrémité Ouest), une partie des écoulements se fait à l'Ouest de la digue de Camin, et se propage sur les terrains au Nord de la partie Est de la rue Rolls avec une hauteur très faible (centimétrique). L'aléa est faible à moyen, hormis aux abords de la brèche du fait des fortes vitesses d'écoulement. »

Blériot-Plage – Brèche du cordon dunaire

« L'analyse des données LIDAR ainsi que l'étude VSC ont montré qu'il existait un point bas dans le cordon dunaire correspondant à un chemin d'accès à la plage. Ce secteur a également subis des dégâts lors de la tempête de 1953.

Compte tenu de la géographie du site et des caractéristiques des ruptures de cordons dunaires historiques dans la région, une brèche de 100 mètres a été retenue pour la modélisation. Ce choix résulte donc des retours d'expériences concernant les dunes de la

région. Aucun débordement par-dessus la dune n'est pris en compte du fait de sa hauteur importante. Le niveau de la mer ici considéré tient compte de la surcote de déferlement. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Dans le cas du scénario d'occurrence centennale, l'inondation s'étend à partir du parking situé à l'extrémité de la rue de la mer. Elle se propage par le côté Ouest jusqu'à la rue du Fort Lapin, et par le côté Est où elle surverse par-dessus la D940 1h45 après la rupture du cordon dunaire et se propage sur le parking en rive gauche du canal des Pierrettes. L'inondation se propage également vers le sud jusqu'à l'encontre du remblai formé par la digue Mouron, les écoulements se font alors vers l'Ouest juste en dessous des quartiers Sud et vers le Sud le long de la digue. Les aléas sont globalement faibles sur toute l'emprise de l'inondation, exceptés sur le parking et les zones basses à l'Ouest de la digue Mouron. »

Calais – Débordement de quais portuaires et rupture d'Ouvrage

« L'analyse des données LIDAR a montré que les quais du port de Calais étaient potentiellement submersibles lors d'un événement de niveau marin extrême de période de retour supérieur à 100 ans. En 1953, la mer a baigné les quais et les terre-pleins ce qui a causé de nombreux affaissements de pavages et revêtements bitumeux.

Le débordement étudié se situant à l'intérieur des infrastructures portuaires, c'est-à-dire à l'abri de la houle, la surcote de déferlement n'est pas considérée pour ce site. Les événements historiques ont cependant montré qu'il pouvait exister une surcote dans les enceintes portuaires, sans qu'il n'y ait de déferlement de la houle. A l'heure actuelle, ce type de surcote est mal connu et ne peut être quantifié. Les statistiques sur les niveaux marins extrêmes étant issues des mesures de niveau effectuées dans des ports, on peut cependant considérer que les niveaux statistiques considérés tiennent compte de ce type de surcote.

D'autre part, l'écluse entre le Port d'échouage et le bassin des Chasses de l'Ouest appelée l'écluse de 10 mètres a déjà fait l'objet d'une défaillance par le passé, ce qui peut conduire à sa mise hors service. La porte de l'écluse a donc été supposée ouverte dans une modélisation de défaillance. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Le niveau d'eau au Sud du bassin des Chasses atteint la côte de l'ouvrage des Pierrettes 3 h avant la pleine mer. 2h15 avant la pleine-mer, l'eau déborde également par le sud du Bassin des Chasses, sur le parking, pour revenir dans le canal des Pierrettes de l'autre côté de l'écluse, comme le montre la figure ci-dessous avec les débits maximum du modèle 2D vers le 1D et inversement. Les débits du canal vers les terrains en 2D (en vert) sont localisés sur la portion de canal représentant le bassin des Chasses en aval de la station des Pierrettes (sur 5 m), et les premiers mètres en amont de la station. Rapidement, le niveau d'eau dans le canal des Pierrettes augmente de manière à ce que les débordements s'effectuent alors du modèle 1D vers le 2D (en rouge).

1h15 avant la pleine mer, les premiers débordements du canal des Pierrettes apparaissent au Nord de la voie ferrée, par les points bas des deux rives, puis en rive droite au Nord de l'Avenue Pierre de Coubertin et en rive gauche légèrement au Sud.

Les débordements au Nord restent localisés près du canal des Pierrettes, ceux en rive droite inondent la voie ferrée. Les débordements au Sud se propagent à l'Ouest jusqu'au remblai formé par une route, et à l'Est jusqu'à la voie ferrée. Sur cette zone au Nord de la voie ferrée, un important volume d'eau est stocké, d'où le classement en aléa fort pour la simulation T100. L'A16 forme un remblai bloquant les écoulements de part et d'autre. »

DHI (2013a) n'a pas retenu le site suivant pour la modélisation de l'aléa submersion pour la raison suivante :

■ Secteur Est des dunes de Sangatte

« Une rupture historique a eu lieu sur ce secteur, mais l'étude VSC n'a pas fait apparaître de risque dans l'état actuel. »

Cela est sûrement lié aux travaux protection et de restauration de l'avant dune de Sangatte mené par le Conservatoire du Littoral avec la participation du Service Maritime, du conseil régional et de la Mairie dès 1993.

Les zones d'aléas très forts, forts, moyens et faibles sont représentées spatialement sur les cartes BR9-1 à BR9-2 ce qui permet d'observer l'ampleur de la submersion dans les terres.

9.6 Les Enjeux

9.6.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de populations concernées directement par l'aléa érosion dans le bassin de risque de Sangatte – Calais puisque les chalets et habitations en front de mer sont protégés par une digue/un perré à Sangatte et à Blériot-Plage. Il n'y a donc pas d'enjeu lié à la sécurité des personnes associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion s'étend du sud vers le nord sur les communes de Sangatte, Coquelles et Calais. Le nombre d'habitants qui pourrait être potentiellement exposés à l'aléa submersion par commune est reporté dans le tableau suivant :

Tableau 94 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)

Commune	Nombre d'habitants dans la commune	Fourchette du nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion centennal
Sangatte	4654	1800-1900
Calais	74336	910-1040
Coquelles	2310	440-540

Entre 1800 et 1900 personnes à Sangatte, entre 910 et 1040 personnes à Calais et entre 440 et 540 personnes pourraient être touchées par la submersion marine via la rupture de digue ou du cordon dunaire à Sangatte ou Blériot-Plage et par débordement au-dessus des quais à Calais.

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Les fronts de mer de Sangatte et de Blériot-Plage sont protégés par une digue et aucun recul n'est possible. Il n'y a pas de zones urbanisées ou d'habitations concernées par l'aléa érosion à échéance 10 ans dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Par contre, l'abaissement du niveau de l'estran pourrait conduire à l'affouillement du pied et au déchaussement des digues et potentiellement mettre en danger les zones urbanisées qu'elles protègent. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement des plages pourrait à une échéance de 10 ans représenter un danger pour ces secteurs.

Les dunes au niveau du parking le plus à l'Ouest menant à la plage de Blériot Plage ont complètement disparu et le recul du trait de côte pourrait potentiellement déstabiliser et détruire une partie du parking à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu urbain associé au bâti en lien avec l'aléa érosion.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Le Tableau 95 fait état de la surface du tissu urbain potentiellement affecté par l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Tableau 95 : Surface de l'habitat dense et continu touchée par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 9 – Sangatte -Calais	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Habitat dense	668	93	14
Habitat diffus		5	0,8

Les zones urbanisées de Sangatte, Coquelles, Blériot-Plage et Calais sont touchées par l'aléa submersion marine.

Il y a donc un enjeu en lien avec les zones urbanisées associé à l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

9.6.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Sangatte et Blériot-Plage sont deux stations balnéaires réputées aux abords de Calais.

Il n'y a pas d'aléa érosion au niveau des dunes du Fort Mahon et donc aucun enjeu touristique associé.

Les dunes au niveau du parking le plus à l'Ouest menant à la plage de Blériot Plage ont complètement disparu et le recul du trait de côte pourrait potentiellement déstabiliser et détruire une partie du parking à une échéance de 10 ans. Attenant au parking se trouve un cimetière de la seconde guerre mondiale ainsi qu'une zone résidentielle dense.

L'abaissement du niveau de l'estran en face de la digue pourrait de plus conduire à la diminution de la surface sèche de plage utilisable par les usagers de la plage à une échéance de 10 ans et notamment réduire la surface utilisable pour l'installation des cabines de plages à Blériot-Plage.

Les fronts de mer de Sangatte et de Blériot-Plage sont protégés par une digue et aucun recul n'est possible. Par contre, l'abaissement du niveau de l'estran pourrait conduire au déchaussement de ces digues et ainsi, affecter indirectement la promenade, les chalets et autres infrastructures touristiques directement situées en surplomb. Il n'existe cependant pas d'étude quantifiant ce phénomène sur ce secteur et il est difficile d'estimer si l'abaissement des plages pourrait impacter l'activité touristique à une échéance de 10 ans.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

En sus des activités commerciales situées dans les centres villes de Sangatte et Blériot-Plage (restaurants, hôtels, magasins, etc.) en lien avec le tourisme, le camping Les Noires Mottes en arrière du perré de Sangatte pourrait être affecté par l'aléa submersion.

Le Fort Lapin, le camping du Fort lapin et le village vacances Les Argousiers situés entre les dunes du Fort Mahon et la D940 ne sont pas affectés par l'aléa submersion.

A noter que le Fort Nieulay, patrimoine historique de la ville est atteint par les eaux.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

9.6.3 Enjeux environnementaux

Sites protégés par la réglementation environnementale dans le bassin de risque BR9 – Sangatte-Calais

Le Tableau 96 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque Sangatte-Calais.

Tableau 96 : Liste des sites protégés dans le BR9 – Sangatte-Calais et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
	1 site du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres - « Dunes du Fort Mahon »	2 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 et 2) - « Dunes de Blériot-Plage » - « Prairies de la Ferme des Trois Sapins (Eurotunnel) »
		1 site Parc Naturel Régional - « Parc Naturel Régional des caps et marais d'Opale »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR9 – Sangatte-Calais fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des dunes de la mer du Nord » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence d'un site du Conservatoire du Littoral et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, PNR, TVB), le bassin de risque Sangatte-Calais constitue un site à sensibilité environnementale moyenne.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion à une échéance de 10 ans affectera le secteur Est de la plage et des dunes du Fort Mahon qui sont protégées pour leur richesse floristique et faunistique.

L'aléa érosion affectera directement les habitats et espèces dunaires et de la plage en entraînant une disparition partielle de ceux-ci. Les habitats directement exposés sont les dunes blanches bordières plus ou moins fixées, suivies par les dunes grises et dunes arbustives marquées par l'argousier.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Sangatte-Calais

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

Les sites protégés suivants pourraient être touchés par l'aléa submersion :

- Les Dunes du Fort Mahon
- Prairies de la Ferme des Trois Sapins (Eurotunnel)

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

9.6.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Aucune activité agricole n'est directement concernée par l'aléa érosion dans le bassin de risque Sangatte-Calais à une échéance de 10 ans.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Sangatte-Calais à une échéance de 10 ans.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Le Tableau 97 fait état de la surface et de la proportion de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Tableau 97 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 9 – Sangatte-Calais	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Cultures	668	215	32
Prairies		216	32

- Le Tableau 98 fait état de la surface et de la proportion des zones industrielles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Tableau 98 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 9 - Sangatte-Calais	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones industrielles	668	19	3

- Le Tableau 99 fait état de la surface et de la proportion des zones commerciales qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Tableau 99 : Surface de zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 9 - Sangatte-Calais	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones commerciales	668	12	2

On constate qu'il y a un enjeu économique en lien avec l'aléa submersion marine dans le bassin de risque Sangatte-Calais pour les zones agricoles, industrielles et commerciales.

- Le Tableau 100 fait état de la surface et de la proportion des zones portuaires qui pourraient être potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

Tableau 100 : Surface de zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 9 - Sangatte-Calais	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Emprise portuaire	668	8	1,1

On constate qu'il y a un enjeu économique en lien avec l'aléa submersion marine dans le bassin de risque Sangatte-Calais.

9.7 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

On peut aussi citer les retours d'expérience suivants sur les mesures de gestion passée :

- Le programme expérimental de protection et de restauration de l'avant dune de Sangatte mené par le Conservatoire du Littoral avec la participation du Service Maritime, du conseil régional et de la Mairie réalisé en 1993 s'est démontré être efficace d'après Deboudt qui en a fait l'étude en 1997 et l'est vraisemblablement toujours puisque cette zone connaît une relative stabilité sur le long-terme. Ce programme a fait l'objet des aménagements ou mesures suivantes (Deboudt, 1999) :
 - La mise en place de 3 épis de 100 m de long en rondins de bois, d'une digue en rondins de bois de 200m de long à la base du versant littoral de la dune, un dispositif expérimental

consistant en deux rangées de rondins de bois espacés d'un mètre sur 200m de long à 10m du pied de la dune

- Le rechargement en sable (comblement des formes de déflations éoliennes), le reprofilage et la phytostabilisation de la dune par la plantation d'oyats.
- La destruction des fortifications de la seconde guerre mondiale
- La mise en place d'un contrôle de la fréquentation par la construction d'un platelage entre l'arrière dune et la plage et la pose de clôture-ganivelles.

Parmi les actions mises en œuvre, on peut citer :

- La mise en place de ganivelles au niveau du parking des Mouettes pour éviter les cheminements à proximité des accès plage du sentier afin d'empêcher le piétinement et fixer le sable sur la dune (Safege, 2013).
- La mise en place de clôtures de ganivelles et de chemin d'accès à la plage par le Conservatoire du Littoral au niveau des dunes du Fort-Mahon en 2009 (com. pers PMCO, 2014).

Parmi les études réalisées / actions mises en œuvre, on peut citer :

- Etude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait de côte en 2005 par le SMCO concernant entre autres les blockhaus de Sangatte.
- Etude de danger de la digue de Sangatte réalisée par Safege pour la DDTM62
- Etude de danger des ouvrages hydrauliques du Port de Calais réalisée par la région Nord Pas-de-Calais
- Etudes de conception du projet de Calais Port 2015 par Artelia
- Programme d'actions de prévention des inondations à l'échelle du SAGE du delta de l'Aa : 2013- 2016

Parmi les travaux mis en œuvre on peut citer les travaux d'urgence de confortement de la digue Sangatte à la suite de la tempête Xaver.

Le Tableau 101 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR9 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 101 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR9 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
<p>Pôle urbain (Perré):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité du perré - Suivre l'évolution de la plage - Prévenir les conséquences de la submersion - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir la stabilité du perré et suivre la stabilité du perré 	- Sangatte - Plage de Calais	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - Programme d'actions de prévention des inondations à l'échelle du SAGE du delta de l'Aa : 2013- 2016 - Etude de danger de la digue de Sangatte - Etude de danger des ouvrages hydrauliques du Port de Calais - Travaux d'urgence sur la digue de Sangatte post-tempête Xaver en 2013
<p>Pôle urbain (Dune):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour conserver une position du trait de côte et une hauteur de dune acceptable - Suivre l'évolution de la plage - Définir et mettre en œuvre des mesures de gestion 	- Dune de Calais Hoverport	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62
<p>Transition des pôles urbains et milieux naturels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour stabiliser la position du trait de côte et des dunes - Poursuivre/ adapter l'intervention et le suivi - Expertiser les phénomènes et les risques de contournement - Définir l'orientation et les mesures de gestion 	- Dunes de Blériot-Plage - Dunes du Fort Mahon	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Mesures de gestion douces au niveau du parking des Mouettes à Blériot et dans les dunes du Fort Mahon
<p>Milieu naturel /urbanisé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour conserver une position du trait de côte et une hauteur de dune acceptable - Poursuivre/ adapter l'intervention et le suivi 	- Dunes du Fort Mahon et de Blériot	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Mesures de gestion douces au niveau du parking des Mouettes à Blériot et dans les dunes du Fort Mahon

10 BR10 – Fort-Vert – Oye-Plage

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément à la carte BR10-1 et BR 10-2 qui concerne le bassin de risque Fort Vert - Oye-Plage afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

10.1 Description du site

Le bassin de risque BR10 – Fort Vert - Oye-Plage s'étend de l'Hoverport de Calais jusqu'à l'anse de l'abri côtier exclue.

Cette portion de côte est protégée par un cordon dunaire double dans sa partie ouest, les dunes du Fort vert et par un cordon dunaire simple dans sa partie Est, les Hemmes de Marck puis les Hemmes d'Oyes.

10.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

Ce secteur est bordé par un cordon dunaire sur toute sa longueur : celui-ci est très large au niveau des dunes du Fort Vert, se rétrécit au niveau des Hemmes de Marck puis se rélargit dans une moindre mesure au niveau des Hemmes d'Oye.

L'édification d'un nouveau cordon dunaire au niveau des Dunes du Fort-Vert depuis la Seconde Guerre Mondiale s'est accompagnée par la formation de mares actuellement très prisées des chasseurs (SMCO, 2003). Dans la partie Est des dunes, plusieurs chenaux de remplissage ont été creusés afin d'alimenter les mares en eau. Les rives de certains de ces chenaux ont été renforcées par des enrochements placés pêle-mêle de chaque côté. Au niveau des Hemmes de Marck et d'Oye, cinq mares ont été creusées à même le front dunaire et endiguées avec le matériel sableux provenant de la plage.

La largeur de l'estran est d'environ 600m à l'Est de l'Hoverport de Calais, atteint 1500m devant les dunes du Fort vert (Héquette et Aernouts, 2010) et environ 800m plus à l'Est. La largeur de l'estran permet la mobilisation par le vent d'une grande quantité de sable ce qui est lié à la large surface de sable sec disponible à marée basse. Combinée à des vents forts du large (> 10m/s) et parallèles à la côte, ceci favorise le développement de lignes de dunes embryonnaires allongées le long de la côte, plutôt que le transfert et l'alimentation en sable du cordon dunaire en arrière. Ceci explique la largeur relativement faible des cordons dunaires le long de la côte, qui ne peuvent croître verticalement ou s'engraisser horizontalement vers l'intérieur des terres (Anthony et al, 2007).

En raison de l'orientation de la côte sur ce secteur, le front de mer est exposé à des vagues du NO, N et NE, avec donc le potentiel de générer un transport des sédiments à la côte dans les deux sens. L'asymétrie des courants de marée au profit du courant de flot, induit un transport des sédiments dirigé vers l'ENE. Cependant, dans la réalité, la présence des bancs sableux dans les petits fonds complique la dynamique sédimentaire et on assiste à un transport des sédiments dans les deux sens. L'extrémité Est du Ridens de la Rade qui a fusionné avec la côte au cours du 20ème siècle constitue une source de sable directe pour les côtes adjacentes (Héquette et Aernouts, 2010).

10.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans le bassin de risque BR10 – Fort Vert - Oye-Plage, on compte trois types d'ouvrages de protection :

- Le cordon dunaire des dunes du Fort Vert
- Le mur de l'Atlantique au niveau de l'Anse de l'abri côtier
- Des talus naturels dans les terres (digues de 2nd rang)

On compte par ailleurs un grand nombre d'ouvrages à la mer mineurs (buses, tuyau, dalots).

10.3.1 Les cordons dunaires

Tableau 102 : Type et état des cordons dunaires dans le BR10

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Dunes du Fort Vert	Cordon dunaire	IE 2 ₂₀₁₁ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - micro falaise en pied, érosion gravitaire caractérisant une érosion marquée du talus au niveau de la mare de chasse - corps de dune étroit - présence de siffle-vent et cheminements sauvages - présence rapprochée d'infrastructures et dégradation de la végétation - présence de 4 aménagements (2 accès, 1 tuyau et 1 brèche entretenue par les chasseurs) ayant entraîné la création d'une brèche et d'une brèche naturelle (IE 2) <p>Mais présence de dunes embryonnaires</p>

10.3.2 Les talus naturels

Tableau 103 : Type et état des talus naturels dans le BR10

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue Taaf Marck	Talus naturel de second rang	IE 3 ₂₀₁₀ (IEm)	- défaut de profil en long - présence de 5 aménagements (accès) ayant entraîné la création d'une brèche et de deux brèches naturelles (IE 2)
Digue royale de Marck	Talus naturel de second rang	IE 3 ₂₀₁₀ (IEm)	- présence de chemins agricoles tassant le talus, défaut de profil en long (deux dépressions) - présence de 4 aménagements (2 accès, 1 buse) ayant entraîné la création d'une brèche et de 3 brèches naturelles (IE 2)
Dunes fossiles de Marck	Talus naturel de second rang	Pas d'inspection VSC	Présence d'un aménagement ayant entraîné la création d'une brèche (accès) (IE 2)
Digue des Claines	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	Présence de 3 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (accès) (IE 2)
Digue de Terre-Neuve	Talus naturel de second rang	IE 3 ₂₀₁₀ (IEm)	- digue arasée, tassement de la crête - présence de 2 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (1 brèche - mare de chasse ? et 1 ouvrage d'art) (IE 2)
Rue de la Mer	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	

10.4 Caractérisation des aléas

10.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côté passée et récente

Héquette et Aernouts (2010) ont montré que la progression du trait de côte vers la mer qui a eu lieu tout au long du 20ème siècle au niveau des dunes du Fort Vert, serait lié à la progression du Ridens de la Rade vers l'Est, et vers la côte dans une moindre mesure, sous l'action des courants de marée et des vagues de tempête, aboutissant éventuellement au raccordement du banc à la côte. Ce phénomène, qui a abouti à la réduction de l'énergie des vagues à la côte et donc au développement de conditions dissipatives favorable, s'est traduit par l'augmentation de la largeur de l'estran et la progression du trait de côte via la création d'un nouveau cordon de dunes bordières.

Ce stock de sable dorénavant disponible pour être remobilisé par les vagues et les courants a sûrement bénéficié au secteur à l'Est car ce trait de côte a connu une progression ou relative stabilité depuis une cinquantaine d'années.

Le Tableau 104 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 104 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; ULCO- LOG, 2013 ²)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Dune du Fort Vert	Progression	+1 m/an entre Calais Hoverport et les dunes du Fort vert Entre +1,2 et 7,5m/an aux niveaux des dunes du Fort vert (+/- 0,4m/an) (1949-2000) ³	N/A
Hemmes de Marck et d'Oye	Progression	Entre +0,30 et +0,43 m/an sur 1700m Stable sur 2800m Entre +0,15 et +1m/an sur 4700m (+/- 0,15m/an) (1949-2000) ³	N/A

EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE ENTRE CALAIS ET LE FORT VERT ENTRE 1949 ET 2000

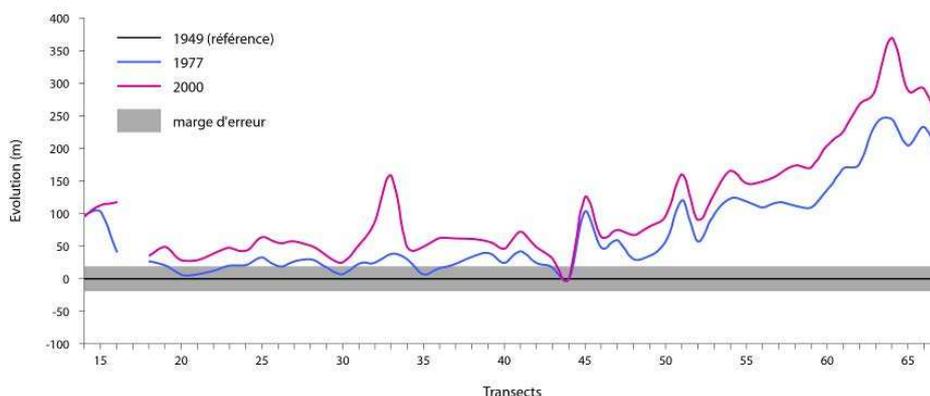


Figure 52 : Evolution du trait de côte entre Calais et les dunes du Fort Vert entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)

EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE ENTRE FORT VERT ET LE PLATIER D'OYE DE 1949 À 2000

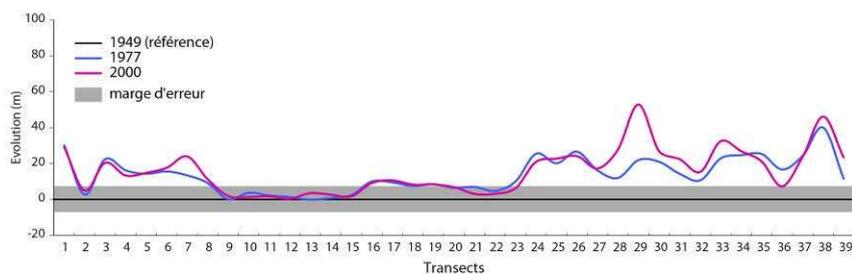


Figure 53 : Evolution du trait de côte entre les dunes du Fort vert et l’Anse de l’abri côtier entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d’après Héquette et Moses, 2009)

L’aléa érosion à l’échéance 10 ans

Il n’y a pas d’aléa érosion sur ce secteur.

10.4.2 L’aléa submersion

L’étude des aléas submersion centennale et submersion centennale incluant le changement climatique, réalisée par DHI (2013a), a retenu le débordement au niveau des dunes du Fort Vert pour seul mode de submersion pouvant affecter le bassin de risque Fort-Vert – Oye-Plage.

Dunes du Fort Vert - débordement

« L’analyse topographique effectuée à partir des données LIDAR a montré qu’il existait, pour des niveaux marins élevés, un risque de débordement sur les terres situées en retrait des marais.

Le site étant exposé à la houle, la modélisation est réalisée en considérant une surélévation du niveau de la mer due à la surcote de déferlement. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Pour les deux événements modélisés, la digue bordant les marais empêche l'entrée de la mer sur les terres, l'inondation reste en conséquence confinée à la zone des marais. Les hauteurs d'eau maximales sont élevées dans les petits bassins, et les vitesses maximales sont élevées entre les bassins, aboutissant à un aléa globalement fort dans la zone de marais à l'Est. L'aléa est plus faible sur le côté Ouest et au plus près de la digue. Pour l'aléa T100 à l'horizon 2100, l'inondation se propage davantage vers l'ouest des marais que pour l'aléa T100, et les écoulements vers le sud viennent se bloquer contre la digue. »

La digue bordant les marais se nomme digue Taaf.

Les zones d'aléas très forts, forts, moyens et faibles sont représentées spatialement sur la carte BR10-1 ce qui permet de visualiser l'ampleur de la submersion dans les terres.

Par contre, DHI (2013a) n'a pas retenu le site de Marck pour y modéliser une rupture d'ouvrage pour la raison suivante :

« Des dunes se sont formées en face de l'ouvrage depuis la tempête de février 1953, supprimant le risque de rupture de digue. »

10.5 Les Enjeux

Il n'y a pas d'aléa érosion dans le bassin de risque Fort-Vert – Oye-Plage est donc aucun enjeu associé.

10.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion sur la commune de Marck est localisé aux dunes du Fort-Vert et ne touche donc aucun habitant.

Il n'y a donc aucun enjeu lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Fort-Vert-Oye-Plage.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Il n'y a pas de bâti affecté par l'aléa submersion marine dans le bassin de risque Fort-Vert – Oye-Plage.

10.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Les huttes servant à la chasse à la hutte et « à la botte » qui sont situées dans les mollières sur le Domaine Public Maritime pourraient être endommagées en cas de submersion.

Hormis cela aucunes infrastructures et activités touristiques ne seront impactées par la submersion.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Fort-Vert – Oye-Plage.

10.5.3 Enjeux environnementaux

Sites protégés par la réglementation environnementale dans le bassin de risque BR 10 - Fort vert - Oye-Plage

Le

Tableau 105 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque Fort vert - Oye-Plage

Tableau 105 : Liste des sites protégés dans le BR 10 - Fort vert - Oye-Plage et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
	1 site du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres - « Fort Vert »	1 site Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 ou 2) - « Platier d'Oye et plage du Fort Vert »
	1 site Arrêté préfectoral de protection de biotope - « Dunes du "Fort Vert" (Marck en Calais)	Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR10 – Fort vert - Oye-Plage fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des dunes de la mer du Nord » » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence d'un site du Conservatoire du Littoral, d'un arrêté préfectoral de protection du biotope et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, TVB), le bassin de risque Fort vert - Oye-Plage constitue un site à sensibilité environnementale moyenne.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa érosion

Les dunes du Fort Vert pourraient être touchées par l'aléa submersion.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Fort vert - Oye-Plage.

10.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales ni d'activités agricoles concernées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Fort vert - Oye-Plage.

10.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

Aucune mesure de gestion ou action ou n'a été mise en œuvre dans le bassin de risque Fort vert – Oye-Plage à notre connaissance. La dynamique hydro-sédimentaire du bassin de risque Fort vert- Oye-Plage a été étudié dans le cadre des études de conception du projet Calais Port 2015.

Le Tableau 106 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR10 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 106 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR10 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
<p>Milieu naturel accueillant de des aménagements :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour augmenter l'altitude des dunes - Prévenir les conséquences de la submersion - Suivre l'évolution de plage et des dunes -Poursuivre et adapter l'intervention et le suivi 	<ul style="list-style-type: none"> - Dunes du Fort vert - Dunes des Hemmes de Mark - Ouest des dunes du Fort vert - Dunes des Hemmes d'Oye 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Etude de la dynamique hydro-sédimentaire du bassin de risque Fort vert- Oye-Plage dans le cadre des études de conception du projet Calais Port 2015.

11 BR11 – Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément à la carte BR11 qui concerne le bassin de risque Platier d'Oye - Port de Dunkerque Ouest afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

11.1 Description du site

Le bassin de risque BR11 – Platier d'Oye-Port de Dunkerque Ouest s'étend de l'Anse de l'abri côtier inclus jusqu'au Port de Dunkerque entre les deux jetées de l'avant-port ouest, qui constitue la limite entre les unités sédimentaires 3 et 4.

La portion de côte à l'ouest est constituée par un cordon dunaire simple, le platier d'Oye qui protège des terres en dessous du niveau des plus hautes mers. La côte est ensuite interrompue par l'embouchure de l'Aa canalisée par deux grandes jetées puis par la grande digue de l'avant-port Ouest de Dunkerque.

11.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

A l'Ouest du bassin de risque au niveau de l'anse de l'abri côtier, la côte effectue un décrochement vers l'intérieur des terres. Une zone de schorres s'y est développée, protégée par un cordon de dunes bordières déporté au centre de l'estran. Ce cordon de dunes est entrecoupé par des chenaux qui laissent entrer les eaux à marée haute. Dans la partie centrale du décrochement, le cordon dunaire est interrompu par un mur de protection, faisant initialement partie du Mur de l'Atlantique.

A l'ouest, le Platier d'Oye constitue une large plateforme sableuse qui s'est progressivement avancée en mer depuis le 19^{ème} siècle. Le Platier d'Oye est bordé par un cordon dunaire de 55m de large et d'altitude moyenne de 12 m IGN dont les extrémités Est et Ouest s'enroulent en flèches sableuses, témoignant d'un processus d'accumulation des sédiments vers l'Est et vers l'ouest, dans une moindre mesure, sous l'action des houles de NO, N et NE (Aubry et Ruz, 2008). A l'Est, la flèche sableuse protège une zone de mares de chasse et une zone de schorres qui sont inondées à marée haute. Le remplissage et la vidange des eaux se font via un chenal étroit qui s'écoule le long de la jetée de la rive gauche de l'Aa.

A l'est de l'embouchure de l'Aa, le perré de Gravelines puis cordon dunaire de Gravelines protège la ville et un camping.

Le cordon dunaire artificiel et le perré aquacole qui prend sa suite constitue la première ligne de défense de la centrale nucléaire de Gravelines.

L'estran au niveau du platier d'Oye est plus réduit et se caractérise par une alternance de barres et de bâches parallèles au trait de côte.



Figure 54 : Cordon dunaire de Gravelines et, en arrière-plan, le perré aquacole et la centrale nucléaire (DDTM 62, 2013).

11.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans le bassin de risque BR 11– Platier d'Oye-Port de Dunkerque Ouest, on compte trois types d'ouvrages de protection :

- Des cordons dunaires au niveau du Platier d'Oye et de la ville de Gravelines
- Des ouvrages de protections en dur au niveau des berges de l'Aa, de la ville de Gravelines et de l'exutoire de sa centrale nucléaire
- Des talus naturels dans les terres (digues de 2nd rang)

On compte aussi un grand nombre d'ouvrages à la mer et notamment des écluses au niveau du débouché de l'Aa et de ses affluents et des exutoires le long des talus naturels etc.

11.3.1 Les cordons dunaires

Tableau 107 : Type et état des cordons dunaires dans le BR11

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Platier d'Oye	Cordon dunaire	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - cordon dunaire étroit, présence de micro falaises en pied, d'érosion gravitaire et érosion éolienne en crête, présence de cheminements sauvages - présence rapprochée du pied de versant d'infrastructure sensible Mais aussi présence de dunes embryonnaires, fascines et ganivelles ensablées caractérisant un engraissement marqué du talus → recul du trait de côte de plusieurs mètres à la suite de la tempête Xaver
Cordon dunaire de Gravelines	Cordon dunaire	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	<ul style="list-style-type: none"> - présence de cheminements sauvages, de siffle-vents, de micro-falaises et érosion gravitaire - présence rapprochée du versant d'infrastructures - présence d'un aménagement ayant entraîné la création d'une brèche (accès) (IE 2)

11.3.2 Les ouvrages de protection en dur

Tableau 108 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR11

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Mur de l'Atlantique d'Oye-Plage	Mur poids en béton	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
Epis et brise lames Oye-Plage	Epi (x3) et brise lame (x1) (+ ganivelles) en pieux bois	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
	Epi (x7) en pieux bois (+ ganivelles)	IE 2 ₂₀₁₃ (IEu)	- disparition localisée de pieux, inclinaison anormale de quelques pieux, absence de balisage en extrémité -présence de clous
	Casiers à vents en pieux bois	IE 2 ₂₀₁₃ (IEu)	-présence de clous → clôtures et ganivelles déchaussées, pièges à sable et épis démunis de ganivelles, ferrailles mises à découvert sur l'estran, déchaussement d'un escalier en bois à la suite de la tempête Xaver
Grand-Fort Philippe, Berges de l'Aa - Rive gauche	Digue en maçonnerie, béton, béton bitumineux, béton non armé ou enrochements	IE 1 ₂₀₁₃ (IEm)	- glissement localisé et affaissement en crête - disjoitement, cavité dans la maçonnerie, affouillements - affaissement localisé de la maçonnerie associé à une désorganisation de la maçonnerie
Grand-Fort Philippe, Berges de l'Aa - Rive gauche, talus avant cale	Digue en maçonnerie et en béton non armé	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
Grand-Fort Philippe, digue Marchal	Digue en maçonnerie	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
Graveline, Berge de l'Aa, rive droite	Digue en maçonnerie, béton bitumineux et mur poids	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	-Défaut de profil en long associé avec un affaissement en crête, cavité - disjoitement, cavités dans la maçonnerie - lacunes (pierres), disjoitement, altération des pierres - végétation envahissante pouvant devenir déstabilisante
Perré de Gravelines	Digue en maçonnerie	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	Disjoitement
Perré aquacole	Digue en béton bitumineux	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	Disjoitement → fracturation des blocs d'enrochements à la suite de la tempête Xaver

Sur les 22 accès sur la digue des berges de l'Aa, rive gauche, quatre seulement ont un IE de 4, les autres ont IE de 1 (IEu) lié à l'absence de main de fer.

Sur les 5 accès de la digue des berges de l'Aa, rive droite, trois seulement ont un IE de 4, les autres ont IE de 1 (IEu) lié à l'absence de main de fer.

Sur les 4 accès du perré de Gravelines, 2 un IE de 4, les 2 autres ont IE de 1 (IEu) lié à l'absence de main de fer.

11.3.3 Les talus naturels

Tableau 109 : Type et état des talus naturels dans le BR11

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Gravelines, RD940-RD601	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IE _m)	- présence de 11 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (4 buses, 5 tuyaux et 4 ouvrages d'art) (IE 2)
Digue level	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IE _m)	- présence de 2 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (2 tuyaux) (IE 2)
Digue Colombier	Talus naturel de second rang	IE 3 ₂₀₁₀ (IE _m)	- variation de pente - présence de 1 aménagement (hutte) ayant entraîné la création d'une brèche et d'une brèche naturelle (IE 2)
Digue rue des enrochements	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₂ (IE _m)	- présence d'un aménagement ayant entraîné la création d'une brèche (tuyau) (IE 2)
Digue rue des dunes	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₂ (IE _m)	- présence d'un aménagement ayant entraîné la création d'une brèche (tuyau) (IE 2)
Digue route Colombier	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₂ (IE _m)	- présence de 2 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (2 tuyaux) (IE 2)
Digue du Cochon Noir	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₂ (IE _m)	
Digue 1	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₂ (IE _m)	
Digue 1925	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₂ (IE _m)	
Digue Groseille	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₂ (IE _m)	- présence d'un aménagement ayant entraîné la création d'une brèche (accès) (IE 2)

11.3.4 Les ouvrages à la mer

Tableau 110 : Type et état des ouvrages à la mer dans le BR11

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Vannage digue 1925	Cadre métallique de vannage	IE4 ₂₀₁₂ (IEm)	
Gravelines, Barrage Schelrout (1 et 2)	Digue en maçonnerie	IE 2 ₂₀₁₃ (IEm)	Défaut de profil en long associé avec un affaissement en crête
Gravelines, barrage des Islandais (3)	Mur poids et pont en en maçonnerie, plaques raidies	IE 2 ₂₀₁₂ (IEm)	L'IE 2 concerne une des plaques raidies.
Ecluse Vauban (5)	Mur Poids en maçonnerie et portes busquées	IE2 _{2011, 2012} (IEm)	L'IE 2 concerne une des portes busquées
Station de Pompage Rivière Oye (7)	Cadre métallique de vannage (et digue en béton non armé de part et d'autre)	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	

Les ouvrages suivants apparaissent dans la classification VSC et ont fait l'objet d'une inspection par le SCSOH de la DREAL. Ils ont fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages en date du 19/07/2013.

Eclusette aval du Schel Vliet (1) (Barrage Schelrout)

La visite réalisée par la DREAL le 10 Avril 2013 est en accord avec les évaluations de la méthode VSC : le parement amont est dans un bon état général malgré une légère dégradation de la maçonnerie (déjointoiement, présence de végétation herbacée). Le parement aval est lui dans un état très détérioré à sa base : il a été observé un déjointoiement important entraînant la formation d'excavations de tailles variables. Les vannes plates à crémaillère et les clapets anti-retour n'ont pu être contrôlés. Cependant, il a été indiqué que les vannes seraient en mauvais état et ne seraient plus utilisées. La DREAL exige donc la mise au point d'un échancier portant sur la rénovation de l'éclusette, c'est-à-dire le remblaiement des excavations constatées à la base du parement aval, le rejointoiement de la maçonnerie, l'entretien des vannes plates à crémaillère et la réalisation d'une campagne topographique complète sur la première ligne de défense et l'automatisation des bouchures mobiles et vannes.

Eclusette de chasse (Barrage des Islandais) (3)

La visite réalisée par la DREAL le 10/04/2013 est en accord avec les évaluations de la méthode VSC : les bajoyers sont dans un bon état général malgré une légère dégradation de la maçonnerie (déjointoiement, dégradation et lixiviation des pierres, fissures). Le batardeau en métal, positionné sur le pertuis en rive droite, est par contre très détérioré, les poutres métalliques sont en effet fortement corrodées ce qui a entraîné la formation de trous : son étanchéité n'est donc plus assurée. La DREAL exige donc la mise au point d'un échancier portant sur la rénovation du dispositif de batardage, le remplacement des pierres dégradées, le rejointoiement de la maçonnerie ainsi que la réalisation d'une campagne topographique complète sur la première ligne de défense.

Ecluse 63 (Ecluse Vauban) (5)

La visite d'inspection réalisée par la DREAL le 10 Avril 2013 est en accord avec les évaluations de la méthode VSC : les bajoyers sont dans un bon état général malgré une légère dégradation de la maçonnerie (déjointement, dégradation et lixiviation des pierres, fissures). La porte à flot du pertuis de 10 mètres (Rive gauche) est par contre très détériorée, son étanchéité n'est pas assurée, ni sa résistance à de très fortes charges. L'état du pont est lui aussi jugé peu satisfaisant. La DREAL exige donc la mise au point d'un échancier portant sur la modernisation de l'écluse 63, et notamment sur le remplacement de la porte à flot de 10 mètres, le remplacement des pierres dégradées, le rejointement de la maçonnerie, la réalisation d'une campagne topographique complète sur la première ligne de défense et l'automatisation des bouchures mobiles et vannes.

Station de pompage de la rivière d'Oye (Vannage Rivière Oye) (7)

Lors de sa visite d'inspection du 10 Avril 2013, la DREAL a noté le bon état général du génie civil de la station de pompage de la rivière d'Oye, en accord avec les évaluations de la méthode VSC. Seuls des dégradations ponctuelles du béton et un vieillissement du perré ont été remarqués.

Aucune constatation particulière n'a pu être faite au cours de la visite concernant l'unité de pompage et l'unité d'évacuation gravitaire, qui n'ont pu être inspectées en totalité. L'inspection n'a pas permis de mettre en évidence de désordres particuliers au niveau des vannes, bien que celles-ci soient l'objet d'une usure anormale (remplacement annuel contre 3 ans normalement) et que leur fermeture ne puisse être totale, ce qui nuit au bon rendement du pompage et de l'évacuation gravitaire. Aucun désordre n'a été constaté au niveau des appareils de mesure de niveau d'eau.

Une expertise du fonctionnement des vannes ainsi que la réalisation de sondages topographiques sur l'ensemble de la première ligne de défense contre les intrusions marines ont été exigées par la DREAL (délai de 2 ans et 1 an respectivement à compter de la visite).

Les ouvrages suivants n'apparaissent dans la classification VSC mais ont fait l'objet d'une inspection par le SCSOH de la DREAL.

Eclusette de la porte de garde (2)

L'éclusette de la porte de garde se situe au débouché de la Rivière du Schel Vliet, dans le port de Gravelines. Elle empêche les intrusions marines à marée haute et évacue les eaux continentales. Sa visite d'inspection a été réalisée le 10 Avril 2013. L'ouvrage se compose de deux bajoyers en pierre de maçonnerie. Le pertuis est obstrué par une porte à flot dont l'axe est implanté sur le bajoyer en rive gauche.

Les bajoyers de la porte de garde présentent un bon état général. Par contre, les parements amont des bajoyers se caractérisent par un vieillissement et une dégradation de la maçonnerie sur laquelle s'est implantée une végétation herbacée et parfois arbustive.

L'ancrage de la bouchure mobile semble en bon état, un défaut d'étanchéité et une légère dégradation du bois du vantail côté rivière du Schel Vliet ont toutefois été constatés. Les organes de manœuvre de la bouchure mobile sont anciens mais en bon état. Aucune demande particulière relative à la restauration de cet ouvrage n'a été effectuée.

Eclusette de la Gérance (4)

L'éclusette de la Gérance se situe au débouché du canal de l'Aa dans le port de Gravelines. Elle permet la vidange des douves des fortifications et la régulation du niveau. La visite d'inspection a été réalisée le 10 Avril 2013.

L'ouvrage est jugé dans un bon état général bien que plusieurs désordres aient été relevés au niveau de la maçonnerie : déjointoiement plus ou moins prononcé, déchaussement ponctuel de certains blocs. La structure métallique permettant l'assise de la vanne plate ne présente pas de détériorations. Le vantail de la vanne est par contre dans un état vieillissant (légère dégradation des bastaings).

Ecluse 63 Bis (6)

L'Ecluse 63 Bis se situe en amont du bassin Vauban, au débouché du Canal de l'Aa dans le port de Gravelines. D'un point de vue hydraulique, elle empêche les intrusions marines à marée haute, évacue les eaux continentales et permet de réguler le niveau d'eau dans le bassin de plaisance. Sa visite d'inspection a été réalisée le 10 Avril 2013.

L'écluse est composée de 3 pertuis soutenus par des bajoyers. L'obstruction des pertuis est permise à l'amont par des portes d'Ebe et à l'aval par des portes à flot.

Le génie civil de l'ouvrage (4 bajoyers) présente un bon état général bien que quelques désordres aient été constatés : déjointoiement de la maçonnerie, dépôts de matériaux, phénomènes de lixiviations des pierres et de suintement. La porte à flot du pertuis en rive droite présente un état très dégradé et il a été observé un défaut d'étanchéité. Les deux autres portes à flots sont dans un bon état général.

Les portes d'Ebe en rive droite et gauche sont en bois et présentent elles aussi un état vétuste, tandis que la porte d'Ebe du pertuis central est métallique et est dans un bon état général. Les organes de manœuvre n'ont pu être inspectés lors de la visite mais la présence de déchets rend parfois l'ouverture et la fermeture des portes difficile et nécessite l'intervention de plongeurs.

Il a été demandé la réalisation d'opérations de restauration de la maçonnerie (remplacement des pierres dégradées, rejointoiement), la transmission d'un échancier portant sur la modernisation de l'écluse, ainsi que le remplacement des portes à flots très dégradées (pertuis en rive droite).

11.4 Caractérisation des aléas

11.4.1 L'évolution du trait de côte

L'évolution du trait de côté passée et récente

En accréation sur le long terme, la partie centrale du Platier d'Oye, au niveau du lotissement des Escardines, a commencé à reculer à un rythme de l'ordre de -1 m/an depuis 1949 comme le montre la figure ci-dessous (Aernouts, 2005).

EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DU PLATIER D'OYE ENTRE 1949 ET 2000

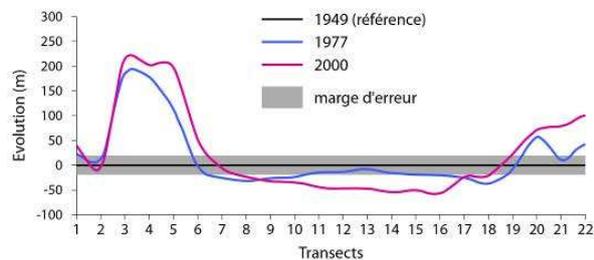


Figure 55 : Evolution du trait de côte du platier d'Oye entre 1949 et 2000 (LOG-ULCO, 2013 adapté d'après Héquette et Moses, 2009)

En parallèles, des flèches sableuses se sont développées depuis 1949 aux deux extrémités du platier ce qui traduit l'existence d'un stock de sable suffisamment abondant pour permettre une accumulation de part et d'autres du secteur central (Aernouts, 2005 ; Aubry et Ruz, 2008). La diminution du nombre de barres et de bâches à proximité des épis, réduisant l'amortissement des vagues à cet endroit ainsi que l'existence de deux courants de dérive littorale en sens opposés sur ce secteur, pourrait expliquer l'érosion sur ce secteur (Aubry et Ruz, 2008).

Ce recul sur le long terme est à relativiser puisque, d'après Duhamel (2013), les rythmes de recul sur ce secteur, de 1,14 m/an sur la période 1963-1983, de -0,69 m/an pour la période 1983-2000, de -0,31 m/an entre 2000-2005 et de -0,08 m/an en 2005-2009, traduisent un ralentissement du recul du trait de côte. Ce ralentissement de la vitesse de recul est probablement lié aux nouveaux aménagements réalisés sur ce littoral en 2000 dans l'objectif de stabiliser le trait de côte qui sont venus compléter de plus anciens. D'après le levé du trait de côte réalisé en juin 2013 par DGPS, on observe même une légère tendance à l'accumulation (LOG-ULCO, 2013).

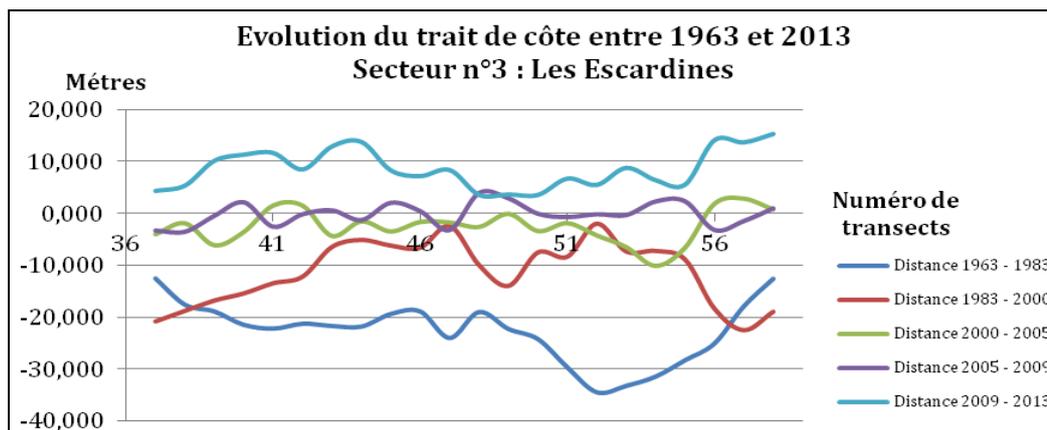


Figure 56 : Evolution du trait de côte dans le secteur des Escardines entre 1963 et 2013 (Duhamel, 2013)

Le Tableau 111 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 111 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b¹ ; Chaverot, 2006² ; ULCO- LOG, 2013³ ; Duhamel, 2013⁴)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte sur le long terme	Evolution récente du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Platier d'Oye	Progression d'une flèche sableuse vers l'ouest à l'Ouest du platier		> +3,5 m/an (+/- 0,25m/an) (1963-2000) ²	N/A
			Entre +3,9 et 4,4m/an vers l'est et +1m/an vers le NNO à la base de la flèche (+/-0,39 m/an) (1949-2000) ³	
	Recul au niveau des Escardines (centre ouest)	Stabilité récente due aux aménagements récents (casiers et épis)	- 0,9m/an au niveau des Escardines (+/- 0,27m/an) (1930-2006) ¹	Entre -0,75 m/an (+/-0,25 m/an) (1963-2000) ³
		-0,31 m/an (2000-2005) et -0,08 m/an (2005-2009) ⁴		

L'aléa érosion à l'échéance de 10 ans

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied de la dune au niveau des Escardines pourrait atteindre entre -1,7 et -8,3 mètres.

D'après les recherches de l'ULCO, le recul de la dune des Escardines a atteint une vitesse moyenne de 0,75 m/an dans le passé ce qui est du même ordre de grandeur que les résultats de DHI.

Par contre, si on se fie aux derniers résultats de Duhamel (2013), on se rend compte que le recul n'a cessé de diminuer depuis 1963. Si on présume que les rythmes d'érosion ci-dessus se

reproduisent sur une échéance de 10 ans dans le futur, le recul dans cette zone pourrait atteindre entre **-1 et -9 mètres**.

D'après ces résultats on peut considérer que le recul pourrait être **moyen** pour ce secteur à une échéance de 10 ans.

L'abaissement du niveau de plage

Il n'y a pas d'abaissement du niveau de plage devant le perré de Gravelines et le perré aquacole d'après les observations réalisées par la DDTM 59 dans le cadre de la classification VSC.

11.4.2 L'aléa submersion

L'étude des aléas submersion centennale et submersion centennale incluant le changement climatique, réalisée par DHI (2013a), a retenu deux modes de submersion pouvant affecter le bassin de risque de la Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest : la rupture du cordon dunaire du Platier d'Oye et de la digue 1925 et le débordement des berges de l'Aa.

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

Oye-Plage et rives de l'Aa – rupture et débordement

« Secteur dunaire en forte érosion (un recul de 0,9 m/an en moyenne sur la période 1949 –2006 a été estimé par l'analyse diachronique des traits de côtes), le quartier des Escardines à Oye-Plage a été identifié avec VSC comme potentiellement submersible si la dune venait à disparaître suite à une forte tempête érosive. Bien que la morphologie de la dune ne soit pas de nature à retenir ce site, l'étude d'une brèche à cet emplacement a été retenue pour cette raison.

Les archives font état d'une rupture de la digue Taaf lors de la tempête de 1953, provoquant une inondation au niveau de l'observatoire des vanneaux. Une brèche de 100 m a donc été retenue à la jonction de la digue Taaf et de la digue de 1925 hors du casier formé par les Escardines et la digue Taaf.

Par ailleurs la possibilité de l'intrusion des eaux marines au niveau du camping ne peut être écartée sur la base des critères présentés ci-dessus. Ce site sera retenu. Cependant, à l'identique du site de Bray Dune, la dynamique de submersion n'aura pas d'influence sur ce site. Il sera traité par superposition altimétrique.

Sur Petit Fort Philippe, bien qu'aucune rupture d'ouvrage n'ai été vécue (seules des dégradations liées à des chocs mécaniques dus à la houle ont été relevées) et bien que l'étude VSC n'ai rien identifiée sur ce site, nous considérerons la possibilité d'une défaillance de la frange littorale. En effet, pour les niveaux considérés les critères morphologiques qualifient l'ouvrage (pour le niveau 100^{al} par exemple L<50 mètres et R/H # 5).

Par ailleurs des points bas existants le long des rives de l'Aa au droit des communes de Petit-Fort-Philippe et Grand-Fort-Philippe ont justifié une étude de débordement des berges sur ce secteur.

L'effet de la surcote de déferlement qui s'applique le long de la dune de Oye-Plage se répercute alors dans les marais mais aussi à l'entrée du chenal de Gravelines. Bien que le chenal soit protégé de la houle, l'hypothèse d'un niveau marin extrême à l'entrée du chenal tenant compte d'une surcote de déferlement est donc retenue. Cette hypothèse est justifiée par des tests effectués avec le modèle numérique, montrant que le niveau de la mer à l'entrée du chenal est identique au niveau à l'entrée des marais (c'est-à-dire proche de la zone de déferlement). Néanmoins, il a été montré que le niveau de la mer dans le chenal diminue progressivement en se propageant du Nord du chenal vers le Sud où à l'extrémité de celui-ci une décote est constatée.

Enfin, les portes de l'écluse de Gravelines sont considérées fermées. Un test de sensibilité a montré sous des conditions plus défavorables que l'ouverture de la porte Nord n'entraînait pas de modification significative des résultats. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Les inondations sur ce secteur sont issues de la combinaison de la rupture du cordon dunaire aux Escardines, de la rupture des digues Taaf et 1925 sur la rive gauche de l'Aa et de la brèche de Petit-Fort-Philippe sur la rive droite, ainsi que du débordement depuis les marais littoraux et le long des deux rives de l'Aa.

Face à la dune des Escardines et aux marais, le niveau de la mer est surélevé sous l'effet de la surcote de déferlement. Le niveau de la mer à l'entrée du chenal est alors identique au niveau face aux marais et à la dune. En se propageant dans le chenal vers le Sud, le niveau de la mer diminue progressivement. Ainsi, le niveau de la mer au Sud du chenal pour l'événement centennal n'est plus que de 4.76 m IGN69, alors qu'il est de 5.09 m IGN69 à l'entrée du chenal.

Pour l'événement centennal, 15 minutes après l'apparition de la brèche, le quartier des Escardines est en partie inondé, ainsi que les terres situées à l'arrière de la digue Taaf. Les premiers débordements ont lieu à partir des marais 10 minutes avant la pleine-mer et à partir du chenal de l'Aa en rive gauche et en rive droite, respectivement 20 minutes et 50 minutes avant la pleine-mer.

Ces inondations se propagent ensuite rapidement, et touchent dans un premier temps deux secteurs distincts : le secteur au Nord concernant les Escardines, dont les inondations proviennent à la fois de la brèche du cordon dunaire et de la brèche de la digue délimitant les marais, le secteur des rives de l'Aa dont les inondations sont dues au débordement du chenal. Les inondations à Petit-Fort-Philippe restent relativement contenues. »

Les zones d'aléas très forts, forts, moyens et faibles sont représentées spatialement sur la carte BR11, ce qui permet d'observer l'ampleur de la submersion dans les terres.

11.5 Les Enjeux

11.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et au bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de populations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest. Il n'y a donc pas d'enjeu lié à la sécurité des personnes associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion s'étend sur les communes d'Oye-Plage, et notamment le lotissement les Escardines situé derrière le cordon dunaire large d'une centaine de mètres à 6m IGN (Duhamel, 2013 ; Aubry et Ruz, 2008), Grand-Fort-Philippe et Gravelines. Le nombre d'habitants qui pourrait être potentiellement exposé à l'aléa submersion par commune est reporté dans le Tableau suivant :

Tableau 112 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)

Commune	Nombre d'habitants dans la commune	Nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion centennal
Oye- Plage	5475	140-160
Grand-Fort-Philippe	5491	160-220
Gravelines	11499	1300-1500

Il y a donc un enjeu lié à la sécurité des personnes important en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de zones urbanisées ou d'habitations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest. Il n'y a donc pas d'enjeu urbain associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Le Tableau 113 fait état de la surface du tissu urbain potentiellement affecté par l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest.

Tableau 113 : Surface de l'habitat dense et continu touché par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 11 - Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Habitat dense	642	59	9
Habitat diffus		1,4	0,2

A noter la submersion d'emprises scolaires et de stades ou équipements sportifs à Grand Fort-Philippe et Petit-Fort-Philippe.

Il y a donc un enjeu urbain en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest

11.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Ce bassin de risque compte 4 campings à Oye-Plage, 1 camping à Grand Fort-Philippe et 2 campings à Gravelines. Bien que l'emprise de l'aléa soit proche des limites du camping de la Plage à Grand-Fort-Philippe, ce camping et les 6 autres sont tous épargnés par la submersion.

En sus des activités commerciales situées dans le centre-ville à petit Fort Philippe (Gravelines) et dans une moindre mesure à Grand-Fort-Philippe (restaurants, hôtels, magasins, etc.) en lien avec le tourisme, le centre historique de Gravelines pourrait être affecté par l'aléa submersion bien que cantonné aux douves des remparts.

A noter la présence du site classé du Moulin Lebriez (Moulin des Huttes) à Gravelines dans l'emprise de l'aléa submersion.

Les huttes de chasse situées à l'Est du Platier d'Oye sur le Domaine Public Maritime pourraient être endommagées lors du phénomène de submersion.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest.

11.5.3 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque BR 11- Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest

Le Tableau 114 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest.

Tableau 114 : Liste des sites protégés dans le BR 11- Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
1 site Réserve Naturelle Nationale - « Platier d'Oye »	1 site du Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres - « Le Platier d'Oye »	2 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 et 2) - « Platier d'Oye et plage du Fort Vert » - « Dunes de Gravelines »
1 site Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Site du platier d'Oye »		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR11- Platier d'oye – Port de Dunkerque Ouest fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des dunes de la mer du Nord » » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence d'un site Natura 2000, d'une réserve naturelle, d'un site du Conservatoire du Littoral et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, TVB), le bassin de risque Platier d'Oye - Port de Dunkerque Ouest constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion à une échéance de 10 ans affectera la plage et le cordon dunaire du Platier d'Oye au niveau du lotissement des Escardines qui est protégé pour sa richesse floristique et faunistique.

L'aléa érosion affectera directement les habitats et espèces dunaires et de la plage en entraînant une disparition partielle de ceux-ci. Les habitats directement exposés sont les dunes blanches bordières plus ou moins fixées.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Platier d'oye – Port de Dunkerque Ouest.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

Le platier d'Oye qui constitue un site ornithologique majeur est protégé au niveau de ces espaces dunaires, des vasières et de prés-salés et ces prairies humides arrières-littorales. Ce sont les prairies humides arrières-littorales qui pourraient être particulièrement touchées par l'aléa submersion.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'oye – Port de Dunkerque Ouest.

11.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Aucune activité agricole n'est directement concernée par l'aléa érosion dans le bassin de risque Platier d'oye – Port de Dunkerque Ouest à une échéance de 10 ans.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Platier d'oye – Port de Dunkerque Ouest à une échéance de 10 ans.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Le Tableau 115 fait état de la surface et de la proportion de terres agricoles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'oye – Port de Dunkerque Ouest.

Tableau 115 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 11 - Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Cultures	642	339	53
Prairies		121	19

- Le Tableau 116 fait état de la surface et de la proportion des zones industrielles qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'oye – Port de Dunkerque Ouest.

Tableau 116 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 11 - Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones industrielles	642	1	0,2

- Le Tableau 117 fait état de la surface et de la proportion des infrastructures portuaires qui seraient potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest.

Tableau 117 : Surface des infrastructures portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 11 - Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Emprise portuaire	642	0,4	0,1

On constate qu'il y a un enjeu économique en lien avec l'aléa submersion marine dans le bassin de risque Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest qui est significatif pour les enjeux agricoles.

11.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

On peut citer les retours d'expérience suivants sur les mesures de gestion passées :

- D'après Aubry et Ruz (2008), les épis installés en 1988 par la Communauté de Communes de la Région d'Audruicq dans la partie centre-ouest du platier se sont révélés inefficaces. Au contact des épis, une faiblesse du stock sableux, une diminution du nombre de barres et bâches, une modification de l'hydrodynamique, une influence sur la direction des vagues et des dérives divergentes ont été mises en évidence.
- En 1995, le remblaiement et le reprofilage de la dune ont été effectués par la Communauté de Communes de la Région d'Audruicq, suivis par une campagne de plantation d'Oyat (Duhamel, 2013). Ces mesures n'ont pas permis de stopper ou réduire le recul du trait de côte.
- En 2000, un quatrième épi, plus long (300m), a été installé à l'ouest du site. Celui-ci a démontré une efficacité relative par rapport aux 3 épis initiaux (Aubry et Ruz (2008)). La même année, un brise-lame constitué de pieux en bois a aussi été installé sur la partie supérieure de la plage (Duhamel, 2013)
- A suivi l'installation d'un casier brise vent expérimental à la base de la dune en 2006 composé de pieux en bois d'une hauteur de 3 m entourés de ganivelles sur l'arrière et les côtés du casier (brise lame et brise vent combiné).
- Au regard de l'efficacité de cette technique pour capter du sable (Duhamel, 2013), un renforcement des ouvrages expérimentaux a eu lieu en 2010 : 8 casiers à vent, 100m de fascines, 250m de ganivelles ont été installés et l'épi de 300m a été réparé sous maîtrise d'ouvrage de la Communauté de Communes de la Région d'Audruicq (com. pers. PMCO, 2014). Ces ouvrages ont permis le renversement de la tendance à l'érosion sur ce secteur. A noter que ces casiers ne se révèlent vraiment efficace que lorsqu'ils sont placés en dehors de la limite d'influence de la marée (Duhamel, 2013).

- En 2012, 500m de ganivelles supplémentaires ont été mises en place, le changement des ganivelles abîmées a été effectué et 4 panneaux d'informations ont été mis en place (com. pers. PMCO, 2014).



Figure 57 : Casiers et épis au Platier d'Oye (DDTM 62, 2013)

Parmi les actions menées, on peut citer :

- Le suivi de l'évolution morphologique de l'estran par le SMBC et l'Etat avant et suite aux travaux entrepris en 2000 et jusqu'en 2011. Les conclusions du suivi réalisé ont démontré une évolution du trait de côte vers équilibre et la fonction d'engrassissement des dispositifs mis en place (com. pers. PMCO, 2013).
- La mise en place de Comité de Pilotage et de suivi des travaux expérimentaux par le SMBC et l'Etat en 2002, 2003 et 2005 (com. pers. PMCO, 2013).

Parmi les études en cours, on peut citer :

- le PAPI d'intention du delta de l'Aa porté par le PMCO
- l'étude de danger des ouvrages hydrauliques du port de Gravelines portée par le CG59

Le Tableau 118 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR11 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 118 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR11 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par les DDTM 62 et 59 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
Pôle urbain (Perré) <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité du perré - Suivre l'évolution de la plage - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir la stabilité du perré et suivre la stabilité du perré 	<ul style="list-style-type: none"> - Digue Marshal - Petit-Fort-Philippe - Centrale électrique 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par les DDTM 62 et 59 - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - PAPI d'intention du delta de l'Aa - Etude de danger des ouvrages hydrauliques du port de Gravelines
Pôle urbain (Dune) <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour conserver une position du trait de côte et une hauteur de dune acceptable - Prévenir les conséquences de la submersion - Expertiser l'efficacité de l'intervention et évaluer la pertinence et la nature d'une intervention complémentaire pour entretenir des dimensions de dunes suffisantes - Expertiser l'évolution du littoral et les risques et définir et mettre en œuvre les mesures de gestion 	<ul style="list-style-type: none"> - Dunes du Platier d'Oye - Dune de Petit-Fort-Philippe 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par les DDTM 62 et 59 - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - Suivi morphologique de l'estran - Mesures de gestion douces avec la poursuite de l'implantation d'épis, casiers et brise lame expérimentaux qui ont donné des bons résultats
Transition des pôles urbains et milieux naturels <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour conserver une position du trait de côte et une hauteur de dune acceptable - Suivre l'évolution de la plage et des dunes - Poursuivre/ adapter l'intervention et le suivi 	<ul style="list-style-type: none"> - Est du Platier d'Oye - Ouest du Platier d'Oye 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivi de l'état des ouvrages VSC par les DDTM 62 et 59 - Suivi morphologique de l'estran - Mesures de gestion douces avec la poursuite de l'implantation d'épis, casiers et brise lame expérimentaux qui ont donné des bons résultats

12 BR12 - Port de Dunkerque

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR12-1 et BR12-2 qui concernent le bassin de risque Port de Dunkerque afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

12.1 Description du site

Le bassin de risque BR12 – Port de Dunkerque s'étend de l'avant-port ouest à l'avant-port est, les deux jetées externes constituant une barrière au transit sédimentaire dans les deux sens.

Le Port de Dunkerque constitue une unité sédimentaire à lui seul du fait de son étendue tant en longueur qu'en mer, qui lui confère donc une influence non négligeable sur la dynamique sédimentaire littorale de la région.

12.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

Ce secteur artificiel, gagné sur la mer, a conservé un aspect semi-naturel avec la plage du Clipon et son cordon dunaire dans la partie Ouest, qui est globalement en accumulation. L'estran y est large et présente de nombreuses barres et bâches. Le cordon dunaire de la plage du Clipon présente dans sa partie Ouest une faible largeur et une altitude de 7m IGN. La largeur du cordon augmente à mesure que l'on se dirige vers l'Est et atteint une centaine de mètres. Le cordon présente dans ce secteur deux crêtes dont la plus haute culmine à une altitude de 11m IGN.

Dans la partie centrale, à l'intersection de la plage du Clipon et de la digue du Braek, l'estran est moins large que de part et d'autre, sa pente plus accentuée et les barres et bâches sont moins marquées. Un abaissement a été mis en évidence depuis le démarrage du suivi de ce secteur par l'ULCO en 2010. Des installations de Statoil étant situées directement derrière, des aménagements ont récemment été mis en place (remblaiement et installation d'un cordon en enrochements). Le démaigrissement observé sur ce secteur serait lié à la présence de deux dérives littorales en sens opposés qui selon les conditions de vagues y mobilisent le sable et le redistribuent pour alimenter les secteurs Est ou Ouest. Cela explique l'accumulation observée dans ces secteurs sur le long-terme.

Le secteur à l'Est est entièrement artificialisé par la digue du Braek. Ce secteur est caractérisé par l'absence de plage sèche dans la partie ouest de la digue et une forte variabilité altitudinale en pied de digue. Les barres et bâches sont plus prononcées dans le secteur Ouest de la digue du Braek et s'estompent ensuite dans la partie Est. A noter la présence de dunes en sommet et en arrière de la digue. A l'extrême Est, la plage est en accumulation et des dunes embryonnaires recouvrent partiellement la digue

Une partie du cordon dunaire dans l'alignement de la digue de Ruytingen a récemment été remblayée dans le cadre de l'aménagement du nouveau terminal méthanier. A noter la présence dans ce secteur d'une flèche sablo-graveleuse parallèle à la digue de Ruytingen progressant vers l'Est et dont l'enracinement a tendance à s'éroder au profit de l'allongement de la pointe (LOG-ULCO, 2012).

12.3 Le type et l'état des ouvrages

12.3.1 Les ouvrages de protection en dur

Tableau 119 : Type et état des talus naturels dans le BR 12

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Port de Dunkerque	Digues en enrochements surmontées d'un mur en couronnement, digues en béton/maçonnée	Pas d'inspection VSC	

La digue du Braek n'apparaît pas dans la classification VSC mais elle a fait l'objet d'une inspection par le SCSOH de la DREAL le 21 Juin 2011. Elle a ensuite fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité en date du 21/12/2012.

La digue du Braek protège le port maritime de Dunkerque et permet de maintenir un niveau d'eau constant dans ses bassins. Sa longueur est de 6km. Elle est constituée d'un corps sableux protégé par des plaques d'enrobés bitumineux séparées les unes des autres par des joints le tout formant une carapace ancrée en pied par des palplanches. La digue ne présente pas de défauts structurels majeurs, mais plusieurs désordres ont été constatés : état dégradé de l'enrobé (fissures, départs de matériaux), affaissement en crête, présence de dunes et de végétation, déjoints en pied de talus côté mer, et corrosion importante par endroit du rideau de palplanches. L'érosion constatée côté mer doit être surveillée et des réparations des dégâts constatés sur l'enrobés doivent être entreprises.

12.3.2 Les talus naturels

Tableau 120 : Type et état des talus naturels dans le BR 12

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
A16	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	- présence de 72 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (27 buses, 21 tuyaux et 24 ouvrages d'art) (IE 2)

12.4 Caractérisation des aléas

12.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côté passée et récente

Le secteur de la plage du Clipon est globalement en accumulation et on note une avancée du trait de côte. Le niveau du secteur central s'abaisse légèrement depuis le début du suivi réalisé par l'ULCO (2012) bien qu'aucun recul du trait de côte n'ait pas été mis en évidence. La plage bordant la digue du Braek, l'estran est bas et il n'y a pas de plage sèche excepté pour le secteur à l'extrême Est qui est en nette accumulation depuis construction de la digue en 1964 (ULCO, 2012).

Le Tableau 121 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 121 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après Tresca, 2013¹ ; Sogreah, 2009², LOG-ULCO, 2012³)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte sur le long terme	Evolution récente du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Plage du Clipon	Progression des dunes au niveau de la digue de Ruytingen malgré des incursions marines (plateforme intertidale) et au centre de la plage du Clipon (dunes du Clipon) ¹	Stabilité ³	+1m/an (2000-2007) sur le secteur ouest de la Plage du Clipon ²	N/A
	Recul depuis 1994 à l'Est (falaise sableuse) ¹	Construction d'enrochements dans ce secteur ³	-1 à -1,5 m/an (2000-2007) sur le secteur est de la Plage du Clipon au niveau des installations Statoil ²	Plus de recul possible dans le futur
Digue du Braek	Progression à l'extrémité Est de la digue, présence de dunes embryonnaires ¹	Léger démaigrissement de l'estran et érosion des dunes embryonnaires ³		N/A

L'aléa érosion à l'échéance de 10 ans

D'après l'étude de Sogreah, les tendances évolutives des dix dernières années se maintiendraient avec un rythme ralenti dans les années à venir :

- Un recul de l'ordre de -5 mètres immédiatement à l'est de la digue de Ruytingen
- Un recul entre -2 et -4,5 mètres sur le secteur Est de la Plage du Clipon, de part et d'autres de la défense longitudinale des installations de Statoil.

D'après les recherches récentes de l'ULCO, les secteurs ouest et centre de la plage du Clipon sont stables et le secteur à l'Est ayant été protégé avec une digue en enrochements, plus de recul n'est possible sur ce secteur.

Il n'y a pas donc d'aléa érosion sur ce secteur.

L'abaissement du niveau de plage

Il n'y a pas d'abaissement du niveau de plage devant la digue du Braek sur le long-terme.

12.4.2 L'aléa submersion

Il n'y a pas d'aléa submersion sur ce secteur.

12.5 Les Enjeux

Il n'y a pas d'aléa érosion ni d'aléa submersion sur ce secteur et donc aucun enjeu associé.

12.5.1 Enjeux environnementaux

Sites protégés par la réglementation environnementale dans le bassin de risque Port de Dunkerque

Le Tableau 122 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque Port de Dunkerque.

Tableau 122 : Liste des sites protégés dans le BR12 – Port de Dunkerque et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
1 site Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Bancs des Flandres » (oiseaux)		3 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 et 2) - « Dunes du Clipon » - « Marais et pelouses sableuses de Fort Mardyck » - « Marais du Prédembourg, bois du Puythouck et Pont à Roseaux »

Du fait de la présence d'un site Natura 2000 et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, TVB), le Port de Dunkerque constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Les sites protégés du BR 12 Port de Dunkerque ne sont pas affectés par les aléas érosion et submersion marine.

12.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

Un suivi biannuel de l'évolution du trait de côte, de la morphologie de l'estran et des bas-fonds et de la couverture sédimentaire est effectué depuis Avril 2010 par le laboratoire d'Océanologie et de Géosciences de l'Université de la Côte d'Opale dans le cadre d'une convention de recherche établie entre l'Université et le Grand Port Maritime de Dunkerque.

Parmi les études réalisées on peut citer :

- Mise en place d'une stratégie de gestion pour l'UG4 par le Grand Port maritime de Dunkerque, impliquant un suivi très régulier de l'évolution du trait de côte et de la plage par l'Université de la Côte d'Opale.
- Dans le cadre de la thèse de Tresca (2013) financée par le GMPD, l'efficacité de différents types de brise-vents a été testée et des mesures de gestion ont été préconisées afin de renforcer le cordon dunaire du Clipon, rehausser le niveau de plage et reconstituer un cordon dunaire dans les secteurs central et Est de la digue et limiter le transport éolien et l'accumulation sableuse sur la route et à l'intérieur du bassin portuaire situé en arrière (Figure 58).

- Les brise-vents ont démontré leur efficacité pour capter du sable lorsque placés en pied de dune perpendiculairement aux vents dominants, à une altitude suffisante pour éviter que ceux-ci soient atteints par les vagues
- Afin d'assurer la pérennité de ces structures, il convient de les renforcer régulièrement et de les rehausser lorsqu'elles sont enfouies à plus de 50% de leur hauteur.
- Les casiers ont démontrés leur efficacité pour limiter les transferts transversaux de sable au-delà de la digue. Ces structures ont toutes été enlevées en 2012-2013.

Le Tableau 123 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR12 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 123 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR12 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
Pôle industriel et portuaire <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler la stabilité du perré - Suivre l'évolution de la plage - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir la stabilité du perré et suivre la stabilité du perré Définir, poursuivre ou adapter les mesures de gestion	Digue du Braek	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'une stratégie de gestion par le GPMD impliquant un suivi régulier - Etude l'efficacité de mesures de gestions douce afin renforcer le cordon dunaire du Clipon, rehausser le niveau de plage et reconstituer un cordon dunaire dans les secteurs central et Est de la digue et limiter le transport éolien et l'accumulation sableuse sur la route et à l'intérieur du bassin portuaire situé en arrière
Milieu naturel /urbanisé <ul style="list-style-type: none"> - Intervenir pour limiter le recul du trait de côte - Expertiser l'évolution du littoral et les risques - Suivre l'évolution de la plage et des dunes - Définir, poursuivre ou adapter les mesures de gestion 	Canal des dunes (Dunes et plage du Clipon)	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'une stratégie de gestion par le GPMD impliquant un suivi régulier



Figure 58 : Différent types de structure de captage du sable mis en place sur la plage du Clipon et évolution entre Juillet 2010 et Aout 2011 (Tresca, 2013)

13 BR13 – Digue des Alliés, Dunkerque – Bray Dunes

Le lecteur se référera au carnet de cartes qui accompagne le présent diagnostic et plus précisément aux cartes BR13-1 à BR13-4 qui concernent le bassin de risque Digue des Alliés, Dunkerque – Bray Dunes afin de localiser les noms de communes et des lieux dits cités dans les paragraphes ci-dessous.

13.1 Description

Le bassin de risque BR13 - Digue des Alliés, Dunkerque – Bray Dunes s'étend de la digue des Alliés, partie intégrante des ouvrages de protection du Port de Dunkerque jusqu'à la frontière belge à Bray-dunes. Cette portion de côte artificialisée par le perré de Malo-les-Bains dans sa partie Ouest et semi-naturelle dans sa partie Ouest où les massifs dunaires sont seulement interrompus par les villes de Zuydcoote et Bray-Dunes.

La digue des alliés est incluse dans ce bassin de risque puisque qu'une brèche dans la digue des Alliés serait directement responsable de la submersion des terres basses en arrière des zones urbanisées via le canal de Furnes qui court parallèlement à la côte.

13.2 Géomorphologie et dynamique sédimentaire

La côte entre Dunkerque et la frontière belge est caractérisé par une plage de sable fin en pente douce, dont l'estran de 300 à 400m de large est marqué par une alternance de barres et de bâches dans les parties centrales et inférieures de l'espace intertidal. Une digue protège la ville de Dunkerque et Leffrinckoucke à l'ouest du secteur. On note aussi la présence de trois brise-lames détachés au large de la plage de Malo-les-Bains à Dunkerque. Au centre et à L'Est, le front de mer est caractérisé par la présence de trois massifs dunaires totalisant une longueur 7km, avec de l'ouest vers l'Est les dunes Dewulf, les dunes Marchand et les dunes du Perroquet. A Zuydcoote, le cordon bordier est interrompu par une digue sur seulement quelques dizaines de mètres alors que la digue s'étend sur plus d'un kilomètre à Bray-Dunes.

Le massif dunaire présente une altitude variant de 5 à 25m IGN et une largeur comprise entre 700 et 1100m. L'altitude de la dune bordière est légèrement plus faible entre 10 et 15 m IGN et sa largeur varie entre 50 et 150m.

Le transit sédimentaire est dirigé vers l'Est sous l'influence des courants de marée de flot.

Au large, à environ 1400m de la plage, on note la présence d'un banc sableux parallèle à la côte, le banc de Hills et d'un chenal entre ce banc et la plage, le chenal de Zuydcoote, d'une profondeur variant entre 10 à 15m CM et qui est parfois dragué pour permettre la navigation.

Les recherches de Héquette et al. (2009) et de Maspataud *et al* (2013) ont démontré que le banc de Hills n'a que peu d'implications dans la réduction de la hauteur des vagues à la côte et ce, lors des conditions de vagues modérées à fortes. Mais plutôt, les vagues se reformeraient entre le banc et la côte grâce aux plus grandes profondeurs dans le chenal. La chenalisation des courants dans ce chenal induirait de forts courants en face de Zuydcoote, en face duquel le banc est plus haut et se rapproche de la côte, ce qui aurait pour conséquence la mobilisation et le transport des sédiments vers l'Est, où ceux-ci pourraient se déposer à la faveur d'une diminution de la vitesse des courants induite par la présence moins marquée du banc et du chenal. Ceci expliquerait la présence d'un secteur en érosion à l'Ouest au niveau des dunes Dewulf, où le niveau du haut de plage est plus bas, et de secteurs stable et en accrétion à l'Est

au niveau des dunes Marchand et du Perroquet respectivement, où le niveau en haut de plage est plus élevé (Maspataud *et al*, 2013).

Ruz *et al* (2009) ont démontré que l'évolution des dunes dans ce secteur était dépendante de la fréquence des niveaux de marée élevés associés à des vagues de tempêtes générés localement et moins à des phénomènes de vents forts et continus comme cela avait été suggéré auparavant. L'absence de tempêtes majeures associées à des niveaux de pleines mers de vives-eaux ces dix dernières années peut ainsi expliquer la relative stabilité du trait de côte sur ce secteur.

13.3 Le type et l'état des ouvrages

Dans le bassin de risque BR 13- Digue des Alliés – Bray-Dunes, on compte trois types d'ouvrages de protection

- Des cordons dunaires avec les dunes Dewulf, Marchand et du Perroquet
- Des ouvrages de protections en dur au niveau de Dunkerque, Malo-les-bains, Bray-Dunes et dans une moindre mesure à Zuydcoote
- Des talus naturels dans les terres (digues de 2nd rang)

On compte aussi un grand nombre d'ouvrages à la mer et notamment des écluses et des exutoires.

13.3.1 Les cordons dunaires

Tableau 124 : Type et état des cordons dunaires dans le BR 13

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Dune de Malo	Cordon dunaire	IE 3 2011	- présence de cheminements sauvages et de pannes - présence rapprochée du versant d'infrastructures
Dune Dewulf (devant l'hôpital)	Cordon dunaire	IE 1 2011, 2012 et 2013	- corps de dunes étroit devant l'hôpital, présence de cheminements sauvages, de siffle-vents - présence rapprochée du versant d'infrastructures sensibles (routes, hôpital)
Dune Dewulf (secteur à l'est et à l'ouest de l'hôpital)	Cordon dunaire	IE 3 2011, 2013	- présence de cheminements sauvages
Dune Marchand (secteur de Zuydcoote)	Cordon dunaire	IE 2 2011, et 2013	- corps de dunes étroit au niveau de Zuydcoote et présence de cheminements sauvages
Dune Marchand (secteur à l'est Zuydcoote)	Cordon dunaire	IE 3 2011, 2013	- présence de cheminements sauvages et de plages d'envol - présence rapprochée du versant d'infrastructures sensibles Mais présence de dunes embryonnaires
Dune du Perroquet (ouest)	Cordon dunaire	IE 3 2011, 2012 et 2013	- présence de plages d'envol Présence rapprochée d'infrastructures sensibles (routes, camping) et dégradation de la végétation Mais présence de dunes embryonnaires
Dune du Perroquet (est)	Cordon dunaire	IE 2 2011, 2012 et 2013	- Corps de dunes étroit Mais présence de dunes embryonnaires, fascines ensablées

13.3.2 Les ouvrages de protection en dur

Tableau 125 : Type et état des ouvrages de protection en dur dans le BR 13

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Digue des Alliés	Digue en maçonnerie, versant sommital en béton armé	IE 3 ₂₀₁₃ (IEm)	Disjointement, fissure longitudinale en crête
Digue de Malo-Les-Bains et Leffrinckoucke	Digue en maçonnerie	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	- Disjointement → Couronnement détérioré et cavité dans la maçonnerie, pied de l'ouvrage déchaussé à la suite de la tempête Xaver
Brise lames de Dunkerque	Brise lame en enrochements (x3)	Pas d'inspection	
Perré de Zuydcoote	Mur poids en béton armé	IE 4 ₂₀₁₃ (IEm)	
Digue de la Mer, Bray-dunes	Digue en maçonnerie	IE 3 ₂₀₁₁ (IEm)	Disjointement

Sur les 33 accès sur le perré de Dunkerque / Malo-les-Bains, quatre ont un IE de 3, lié à la dégradation de la maçonnerie, les autres ayant un IE de 4.

Sur les 29 accès sur la digue de la Mer à Bray-dunes, trois ont un IE de 3, lié à la dégradation légère du béton, les autres ayant un IE de 4.

Digue des Alliés

Les observations réalisées par le service SCSOH de la DREAL lors de la visite d'inspection du 29 Juin 2011 sont globalement en accord avec la notation de la méthode VSC : la VSC indique un pied de l'ouvrage recouvert alors qu'il avait été constaté un fort dégraissement par la DREAL deux ans auparavant (ce qui peut être lié aux variations saisonnières du niveau de l'estran). Il a aussi été observé des disjointements au niveau du talus côté mer et une importante fissure longitudinale en crête de l'ouvrage. La DREAL a aussi noté un déjoiement important sur le perré côté canal et une dégradation des matériaux de la structure que ce soit au niveau de la maçonnerie ou des dalles béton, pouvant causer des infiltrations d'eaux.

La digue des Alliés a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité en date du 14/10/2011.

La digue des Alliés a fait l'objet d'un premier rechargement de plage fin 2011 d'un volume de 300 000m³ et d'un second rechargement d'un volume de 1 200 000m³ en février-mars 2014.

13.3.3 Les talus naturels

Tableau 126 : Type et état des talus naturels dans le BR 13

Lieu-dit	Type d'ouvrage	Etat général	Point faible
Canal de Furnes, Coudekerque	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	présence de 8 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (5 tuyaux et 3 ouvrages d'art) (IE 2)
Canal de Furnes, Tétéghem	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	présence de 11 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (10 tuyaux et 1 ouvrage d'art) (IE 2)
Digue D947	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	
Talus des Douanes	Talus naturel de second rang	IE 4 ₂₀₁₀ (IEm)	présence de 7 aménagements ayant entraîné la création d'une brèche (7 tuyaux) et de 4 brèches naturelles (IE 2)

13.3.4 Les ouvrages à la mer

L'ouvrage suivant n'apparaît pas dans la classification VSC mais a fait l'objet d'inspection par le SCSOH de la DREAL.

Ecluse Tixier

L'ouvrage Tixier assure l'écoulement des eaux du canal à grand gabarit, du canal de Bergues et du canal des Moeres par l'intermédiaire d'un canal exutoire de 3,2 km. Il est composé de la station d'écoulement et de pompage Tixier-Flygt qui comporte 5 vannes pour les écoulements gravitaires ainsi que 2 pompes et de la station de pompage Tixier-Rateau qui possède 4 pompes.

Aucune dégradation visuelle n'est apparente dans le génie civil de la station de pompage Tixier-Flygt (retours, voiles et piles). En revanche, il a été remarqué une fissure longitudinale importante sur le mur côté rive du poste de commande PC2, qui traduit une instabilité générale de la berge rive gauche. Il a de plus été constaté des désordres sur certaines poutres et sur la passerelle permettant de traverser l'ouvrage (épaufrures de béton, corrosion des aciers, nids de cailloux). Des travaux de confortement sont prévus courant 2014. Les organes hydrauliques (vannes, pompes et clapets) sont dans un bon état général, 4 des vannes ayant fait l'objet de travaux récents. Les pompes n'ont pu être inspectées minutieusement.

Concernant la station de pompage Tixier-Rateau, le génie civil est dans un bon état général bien que des fissures aient été repérées au niveau de la base du poste de commande (sans gravité toutefois). Aucune anomalie au niveau des 4 pompes et des grilles n'a été relevée.

L'écluse Tixier a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions relatives à la sécurité en date du 16/04/2012.

13.4 Caractérisation des aléas

13.4.1 L'aléa érosion

L'évolution du trait de côté passée et récente

Le Tableau 127 fait état des de l'évolution du trait de côte passée et récente le long des différents secteurs selon différentes sources et propose une fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans.

Tableau 127 : Evolution du trait de côte et vitesse d'évolution (d'après DHI, 2013b ¹ ; Chaverot, 2006 ² ; Maspataud, 2011 ³)

Lieu-dit	Evolution du trait de côte sur le long terme	Evolution récente du trait de côte	Vitesse d'évolution	Fourchette de recul probable à l'échéance 10 ans
Dunes Dewulf	Recul Hauteur cordon 10 à 15 m NGF		- 0,40 à 0,60 m/an (+/- 0,27 m/an) (1932-2006) ¹	Entre -2 et -9 mètres
			> -0,62 m/an (+/- 0,25 m/an) (1963-2000) ²	
			Entre -0,2 et -0,9 m/an (+/- 0,14 m/an) (1957-2010) ³	
Dunes Marchand	Stabilité Hauteur cordon 10 à 15 m NGF		Stable > +0,05 m/an (+/- 0,25 m/an) (1963-2000) ²	N/A
			Stable -0,05 m/an avec des pics d'accrétion ou d'érosion à +/-0,35m/an (+/- 0,14 m/an) (1957-2010) ³	
Dune du Perroquet	Progression Hauteur cordon 10 à 15 m NGF	Progression importante > +1,5 m/an entre 2005 et 2010	-0,3 m/an (+/- 0,27 m/an) (1932-2006) ¹	N/A
			+ 0,35 m/an (+/- 0,13 m/an) (1957-2010) ³	

Aléa érosion à l'échéance de 10 ans

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied de la dune Dewulf pourrait atteindre entre -1,7 et -5 mètres.

D'après les recherches de Maspataud (2011), le recul de la dune Dewulf a atteint une vitesse de recul moyenne d'environ - 0,33 m/an sur une période de 53 ans avec un maximum moyen de 0,9m/an. Ceci est du même ordre de grandeur que ce qui a été déterminé par DHI (2013b). A une échéance de 10 ans dans le futur, le recul dans cette zone pourrait donc atteindre entre **- 2 et -9 mètres** et on peut donc considérer un recul moyen pour ce secteur à une échéance de 10ans.

L'étude de l'évolution du trait de côte à échéance 100 ans réalisée par DHI (DHI, 2013b) et ramenée à une échéance de 10 ans pour les besoins de cette étude montre que le recul du pied de la dune du Perroquet pourrait atteindre entre -1 et -3 mètres.

Les résultats des recherches de Maspataud (2011) indiquent un secteur globalement en accumulation depuis une cinquantaine d'années et une forte progression depuis 1995. Cette différence avec les résultats s'explique du fait que les deux périodes d'étude considérées sont différentes : ainsi, il a du se produire plus d'érosion entre 1932 et 1957 infléchissant la moyenne vers l'érosion sur la période 1932-2006 étudiée par DHI.

Les résultats de Maspataud (2011) s'appuyant sur l'évolution du cordon depuis une cinquantaine d'années, on considérera ces résultats pour ce secteur. Il n'y a donc pas d'aléa érosion sur le secteur des dunes du Perroquet.

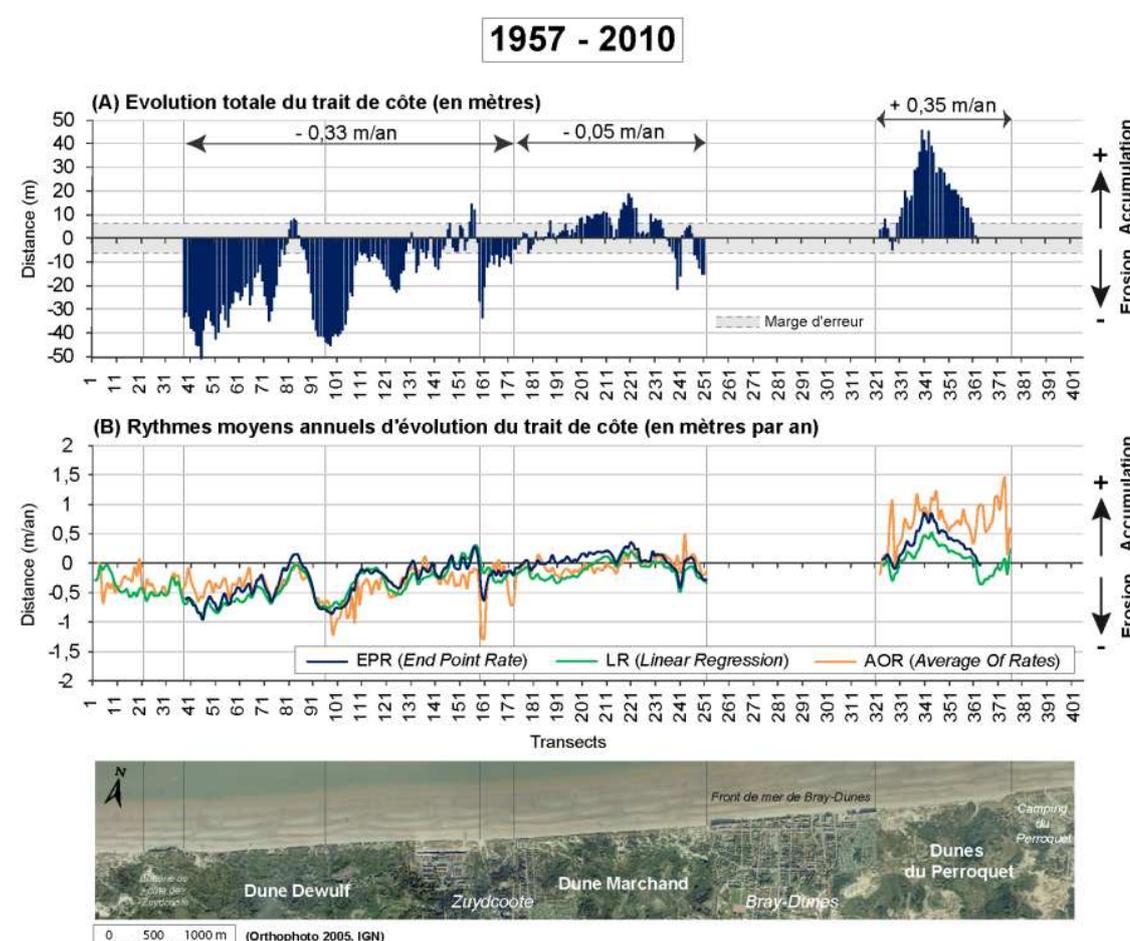


Figure 59 : Evolution du trait de côte des dunes flamandes entre 1957 et 2010 (Maspataud, 2013)

L'abaissement du niveau de plage

Le niveau de plage devant la digue des Alliés a été en abaissement sur le long-terme mais cela a été compensé par des rechargements en 2011 et en 2014.

Il n'y a pas d'abaissement du niveau de plage à Malo-les-Bains, Leffrinckoucke, Zuydcoote et Bray-Dunes et le niveau du haut de plage est même rehaussé pour installer les cabines de plage à Malo-les-Bains d'après les observations réalisées par l'ULCO (com. pers, M-H Ruz, 2014).

13.4.2 L'aléa submersion

L'étude des aléas submersion centennale réalisée par DHI (2013a), a retenu quatre modes de submersion pouvant affecter le bassin de risque de Digue des Alliés – Bray-Dunes : la rupture

de digue au niveau de la digue des Alliés à Dunkerque, le franchissement du perré à Malo-les-Bains et à Bray-Dunes et la rupture du cordon dunaire à Bray-Dunes.

Dunkerque, Digue des Alliés –Rupture de digue

« Ayant subi à plusieurs reprises des ruptures dans la digue des Alliés (en 1949 et 1953) ce secteur a été identifié comme sensible bien que l'étude VSC ne révèle pas de risque particulier.

Les archives font état de brèches d'une cinquantaine de mètre. Conformément à la circulaire du 27 juillet, la largeur de la brèche retenue pour la modélisation est de 100 mètres. Le niveau de la mer pris en compte à l'entrée de la brèche tient par ailleurs compte de la surcote de déferlement.

De plus le niveau d'eau initial des canaux, avant apparition de la rupture, conditionne l'instant à partir duquel leur débordement va avoir lieu. Ce niveau initial peut donc avoir un effet sur les inondations de Dunkerque, et doit donc être défini de manière réaliste. Une analyse fréquentielle sur les niveaux du canal exutoire sur 5 années réelles fournies par l'Institution Interdépartementale des Wateringues a été effectuée. Le niveau -1,51 m NGF dans le canal exutoire est retenu. Pour le canal de Furnes et le canal de jonction, les niveaux d'eau initiaux sont respectivement de 0,90 m IGN69 et de -0,17 m IGN69, correspondant au Niveau Normal de Navigation pour ce dernier. Le niveau retenu dans le canal de Furnes correspond au niveau de gestion pratiqué par la Région Flamande.

Le modèle construit s'étend jusqu'à la frontière avec la Belgique. Les principaux canaux des Wateringues du Dunkerquois ont été pris en compte afin de reproduire le plus fidèlement possible la dynamique (stockage et propagation dans les canaux). »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

- Rupture de la digue des Alliés
- Propagation de l'onde de submersion vers le sud via le canal exutoire
- Débordement de l'ouvrage de jonction et déversement dans le canal de jonction menant au canal de Bourbourg et dans le canal de dérivation du canal de Bergues
- Débordement concomitant de l'écluse des Furnes et déversement dans le canal des Furnes puis dans le canal des Moères
- Débordement au niveau des berges du canal exutoire : l'eau issue du débordement au niveau des berges du canal exutoire est restituée en rive gauche du canal des Furnes à trois endroits différents. Trois points de sorties sont identifiés le long du canal au niveau des points bas, un en rive droite et deux autres en rive gauche au niveau de Leffrinckoucke et Zuydcoote/Bray-Dunes.
- L'eau déversée le long de la rive droite du canal de Furnes se propage ensuite vers le sud le long du canal des Moères sans que l'eau ne s'y engouffre.

Malo-les-Bains – Franchissement du perré

« L'inondation du perré par le franchissement des vagues a été observée à plusieurs reprises par le passé, notamment en mars 1949 et février 1953.

Le calcul du débit franchissant le perré est effectué sur trois profils transversaux de la plage, afin de tenir compte des variations de géométrie de l'ouvrage (hauteur et pente). »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« L'extension des inondations calculées pour les différentes périodes de retour reste limitée au perré, et n'atteint généralement que la première rangée de bâtiments.

Les caractéristiques de la partie Est (Profil 1) du perré sont telles que le débit linéique de franchissement calculé sur cette partie est faible en comparaison des débits linéiques calculés sur les parties Ouest et centre de l'ouvrage. Il en résulte sur cette partie Est une hauteur d'eau insuffisante pour que l'inondation se propage dans les rues perpendiculaires au perré. »

Bray-Dunes – Rupture du cordon dunaire

« L'analyse de la topographie de Bray-Dunes a conduit à montrer que le secteur situé derrière la dune à l'Est de la commune, actuellement occupé par un camping, est situé sous les niveaux marins extrêmes. La dune étant localement étroite, l'analyse morphologique a été réalisée sur ce secteur. Cette dune a une longueur L de 69 mètres, une revanche R égale à 2,07 mètres et une hauteur au terrain naturel H de 0,65 mètres. Selon le graphique montré précédemment, ce secteur est considéré comme à risque et a donc été retenu comme potentiellement submersible en cas de rupture du cordon dunaire.

Ce secteur est néanmoins entouré de dunes, et l'extension de cette submersion serait donc très limitée spatialement du fait de la topographie. Les effets dynamiques de la submersion marine sur ce site étant par conséquent négligeables, la cartographie de l'aléa a exceptionnellement été effectuée par analyse topographique, c'est-à-dire que la surface inondée est celle dont la topographie est située sous le niveau marin. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« L'analyse topographique effectuée pour l'événement centennal permet de définir l'étendue de l'inondation en considérant comme submersible l'intégralité de la zone située sous le niveau marin. Dans ces conditions, les hauteurs de submersion sont égales à la différence entre le niveau marin et la topographie de chaque point de l'espace. »

Bray-Dunes – Franchissement du perré

« Ce secteur ayant déjà subi des inondations par le passé, il est connu pour être sujet au franchissement du perré.

L'altitude du perré est homogène sur tout son linéaire, mais le profil transversal de la plage diffère entre la partie Ouest et la partie Est. Le calcul de la propagation de la houle sur ce site est donc effectué sur deux profils distincts.

Comme pour l'analyse de tous les autres sites soumis au franchissement, le calcul de propagation de la houle tient compte de l'effet de la surcote de déferlement. »

La dynamique et l'ampleur de la submersion sont décrites ainsi (DHI, 2013a) :

« Les inondations calculées sont majoritairement limitées à une étroite bande le long du perré. Pour le scénario incluant le changement climatique, l'emprise de l'inondation est plus grande, avec quelques avancées de l'eau jusqu'à l'avenue de la Liberté, notamment en s'écoulant par l'avenue du Général de Gaulle. Les quartiers à l'Est de la ville sont affectés par les écoulements via l'avenue du Casino. A l'Ouest de la ville, une zone basse, est inondée avec des hauteurs d'eau maximales importantes, et est donc classée en aléa fort.

Les aléas restent néanmoins de faible à moyen sur la majeure partie de l'inondation pour ces deux scénarios. »

DHI (2013a) n'a pas retenu les sites suivants pour la modélisation de l'aléa submersion pour les raisons suivantes :

■ Leffrinckoucke

« La dune est située au-dessus du niveau millénal, et ne présente donc pas de risque de débordement. L'étude VSC n'a par ailleurs pas fait apparaître de risque de rupture du cordon dunaire. »

■ Zuydcoote

« La dune est située au-dessus du niveau millénal, et l'étude VSC n'a pas fait apparaître de risque de rupture du cordon dunaire. »

Les zones d'aléas très forts, forts, moyens et faibles sont représentées spatialement sur les cartes BR13-1 à BR13-4 ce qui permet d'observer l'ampleur de la submersion dans les terres.

13.5 Les Enjeux

13.5.1 Enjeux liés à la sécurité des personnes et en lien avec le bâti

Populations exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de populations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray Dunes. Il n'y a donc pas d'enjeu lié à la sécurité des personnes associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Populations actuelles exposées à l'aléa submersion

Comme le montrent les cartographies réalisées dans le cadre de l'étude de détermination de l'aléa submersion marine réalisée par DHI (2013a), l'aléa submersion s'étend de l'ouest vers l'est sur les communes de Dunkerque, Coudekerque-Branche, Tétéghem, Leffrinckoucke, Zuydcoote et Bray-Dunes. Le nombre d'habitants qui pourrait être potentiellement exposé à l'aléa submersion par commune est reporté dans le Tableau suivant :

Tableau 128 : Communes et nombre d'habitants touchés par l'aléa submersion (d'après cadastre.gouv.fr, données carroyées de l'INSEE, BD Topo IGN, 2011)

Commune	Nombre d'habitants dans la commune	Nombre d'habitants potentiellement touchés par l'aléa submersion centennal
Dunkerque	92923	10 000-11 000
Coudekerque-Branche	22588	6000-6300
Téteghem	7317	0
Leffrinckoucke	4628	290-380
Zuydcoote	1684	390-480
Bray-Dunes	4688	290-370

Entre 10 000 et 11 000 personnes à Dunkerque, entre 6000 et 6300 personnes à Coudekerque-Branche et plusieurs centaines de personnes sur les communes de Leffrinckoucke, Zuydcoote et Bray-Dunes pourraient être touchées par la submersion marine via la rupture de la digue des Alliés et dans une moindre mesure via le franchissement des perrés de Malo-les-Bains et la rupture du cordon dunaire de Bray-Dunes.

Il y a donc un enjeu majeur lié à la sécurité des personnes en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray Dunes.

Bâti exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

Il n'y a pas de zones urbanisées ou d'habitations concernées par l'aléa érosion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray Dunes. L'hôpital maritime Vancauwenberghe situé en bordure de côte à Zuydcoote est suffisamment éloigné derrière le cordon dunaire et n'est pas à risque à une échéance de 10 ans. De nouvelles constructions ont été bâties en bordure immédiate de la plage à Zuydcoote, celles-ci ne devraient pas être atteintes par le recul à l'échéance 10 ans mais elles le seront sûrement à moyen ou long-terme.

Il n'y a donc pas d'enjeu urbain associé à l'aléa érosion à 10 ans.

Bâti actuel exposé à l'aléa submersion

Le Tableau 129 fait état de la surface du tissu urbain potentiellement affecté par l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray Dunes.

Tableau 129 : Surface de l'habitat dense et continu touchée par l'aléa submersion marine pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 13 - Digue des Alliés – Bray Dunes	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion du tissu urbain affecté par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Habitat dense	828	272	33
Habitat diffus		8	1

A noter la présence d'hôpitaux, de plusieurs emprises scolaires et/ou universitaires ainsi que de plusieurs stades et équipements sportifs à Dunkerque et Coudekerque-Branche compris dans l'emprise de l'aléa submersion.

Il y a donc un enjeu urbain majeur en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque de la Digue des Alliés – Bray Dunes.

13.5.2 Enjeux touristiques

Activités et infrastructures touristiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

La côte de l'Est Dunkerquois forme un pôle d'accueil touristique très important pour la côte d'Opale. Les cinq stations balnéaires de Malo-les-Bains (Dunkerque), Leffrinckoucke, Ghyvelde, Zuydcoote et Bray-dunes possèdent donc de nombreuses installations en lien avec les activités balnéaires et nautiques situées en bordure de côte. Les campings ont la particularité d'être en activité toute l'année dans 70% des cas (Alfa, 20013).

Tableau 130 : Activités ou infrastructures en lien avec le tourisme balnéaire et nautique situées en bordure de côte dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes

Lieu-dit	Campings	Club nautiques / Ecoles de voile	Cabines de plage
Malo-les-Bains (Dunkerque)	1	1	Oui
Leffrinckoucke	1		
Ghyvelde			
Zuydcoote	2	1	
Bray-dunes	5	2	

Le Camping municipal des Argousiers à Leffrinckoucke est suffisamment en arrière des dunes pour ne pas être atteint par le recul à une échéance de 10 ans. Le camping municipal les Dunes est suffisamment en arrière et est protégé par la digue de Bray-Dunes. Les dunes situées devant le camping du Perroquet ont bénéficié de mesures de gestion souples entre 1998 et 2004 avec l'installation de ganivelles et la plantation d'oyats. Ce cordon dunaire artificiel d'une trentaine de mètres de large est situé au-delà des plus hautes mers. Les dunes du Perroquet présentent une tendance à l'engraissement depuis 1995 et ce site n'est donc pas à risque à une échéance de 10 ans.

Il y a donc aucun enjeu touristique en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

Activités et infrastructures touristiques actuelles exposées à l'aléa submersion

Le camping du Perroquet et le Camping des pêcheurs à Bray-Dunes sont compris dans l'emprise de l'aléa submersion.

Les activités commerciales en lien avec le tourisme (restaurants, hôtels, magasins, etc.) situées à Dunkerque et Coudekerque-Branche ainsi que le long des promenades de Malo-les-Bains et de Bray-Dunes pourraient être affectées par l'aléa submersion.

Il y a donc un enjeu touristique en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

13.5.3 Enjeux environnementaux

Patrimoine environnemental dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes

Le Tableau 131 fait état des protections dont bénéficie le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

Tableau 131 : Liste des sites protégés dans le BR13 – Digue des Alliés – Bray-Dunes et classification en fonction de leur sensibilité (DREAL Carmen, 2013)

Sensibilité FORTE - protection et gestion ou conservation	Sensibilité MOYENNE- protection sans gestion	Sensibilité FAIBLE – autre
1 site Réserve Naturelle Nationale « Dune Marchand (Zuydcoote, Bray-Dunes) »	Site classé 1 site « Dunes de Flandre Maritime (Bray-Dunes, Leffrinckoucke, Zuydcoote, Ghyvelde) »	4 sites Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique - ZNIEFF (1 ou 2) - « Dunes de Leffrinckoucke » - « Dunes du Perroquet » - « Dunes Marchand » - « Les Moeres et la partie Est de la Plaine Maritime Flamande »
2 sites Natura 2000 (directive habitat ou oiseaux) - « Dunes de la plaine maritime flamande » - « Bancs des Flandres »	4 sites du Conservatoire du Littoral - « Dune Dewulf » - « Dune Marchand » - « Dune du Perroquet » - « Dune fossile de Ghyvelde »	Site inscrit 1 site « Dunes de Flandre maritime »
		Trame Verte et Bleue (TVB)

Le BR13 – Digue des Alliés – Bray-Dunes fait partie intégrante des paysages rassemblés sous la dénomination « Paysages des dunes de la mer du Nord » et pour sa diversité et richesse paysagère (Site internet Atlas des paysages de la Région Nord Pas-de-Calais DREAL, 2014).

Du fait de la présence de 2 sites Natura 2000, de 4 sites du Conservatoire du Littoral, d'une réserve naturelle nationale, d'un site classé et de plusieurs autres protections mineures (ZNIEFF, site inscrit, TVB), le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes constitue un site à forte sensibilité environnementale.

Patrimoine environnemental et paysager exposé à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

L'aléa érosion à une échéance de 10 ans affectera via plage et les dunes Dewulf qui sont protégées pour leur richesse floristique et faunistique.

L'aléa érosion affectera directement les habitats et espèces dunaires et des plages en entraînant une disparition progressive de ceux-ci. Les habitats directement exposés sont les dunes blanches bordières plus ou moins fixées, suivies par les dunes grises et dunes arbustives marquées par l'argousier, ainsi que les boisements dunaires.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa érosion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

Patrimoine environnemental et paysager actuel exposé à l'aléa submersion

Les sites protégés suivants pourraient être touchés par l'aléa submersion :

- Les Dunes du Perroquet
- Les Moeres et la partie Est de la Plaine Maritime Flamande sur une petite portion à l'Ouest du site.

Il y a donc un enjeu environnemental et paysager en lien avec l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

13.5.4 Enjeux économiques

Activités économiques exposées à l'aléa érosion à une échéance de 10 ans

- Aucune activité agricole n'est directement concernée par l'aléa érosion dans le bassin de risque de la Digue des Alliés – Bray-Dunes à une échéance de 10 ans.
- Il n'y a pas de zones portuaires, industrielles ou commerciales concernées par l'aléa érosion dans le bassin de Digue des Alliés – Bray-Dunes à une échéance de 10 ans.

Activités économiques actuelles exposées à l'aléa submersion

- Le Tableau 132 fait état de la surface et de la proportion de terres agricoles qui pourraient être potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

Tableau 132 : Surface de terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 13 - Digue des Alliés – Bray-Dunes.	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des terres agricoles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Cultures	828	455	55
Prairies		15	2

A noter la présence d'une zone de serres et de maraichages dans l'emprise de l'aléa submersion à Dunkerque qui s'étend sur une centaine d'hectares (inclus dans « Cultures » dans le Tableau ci-dessus).

- Le Tableau 133 fait état de la surface et de la proportion des zones industrielles qui pourraient être potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

Tableau 133 : Surface de zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 13 - Digue des Alliés – Bray Dunes.	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones industrielles potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones industrielles	828	8	1

- Le Tableau 134 fait état de la surface et de la proportion des zones commerciales qui pourraient être potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

Tableau 134 : Surface de zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 13 - Digue des Alliés – Bray Dunes.	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones commerciales potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Zones commerciales	828	3	0,4

- Le Tableau 135 fait état de la surface et de la proportion des zones portuaires qui pourraient être potentiellement affectées par l'aléa submersion dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray-Dunes.

Tableau 135 : Surface de zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion pour l'évènement centennal en 2013 (d'après la base de données Sigale, Région Nord Pas-de-Calais, 2009)

BR 13 - Digue des Alliés – Bray Dunes.	Surface potentiellement submergée (Ha)	Surface des zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal (Ha)	Proportion des zones portuaires potentiellement affectées par l'aléa submersion centennal par rapport à la surface submergée (%)
Emprise portuaire	828	2	0,3

On constate qu'il y a un enjeu économique en lien avec l'aléa submersion marine dans le bassin de risque Digue des Alliés – Bray Dunes.

13.6 Etudes réalisées et actions ou mesures de gestion mises en œuvre et retour sur l'application des préconisations du PLAGE

Parmi les actions mises en œuvre, on peut citer :

- Depuis le début des années 90, le Conseil Général du Nord a mis en place des mesures pour combattre la dégradation des dunes (Ruz et Anthony, 2008) :
 - Des fascines ont été érigées aux endroits les plus sensibles pour favoriser l'accumulation de sable, des barrières ont été mises en place autour des siffle-vents les plus importants, des oyats ont été plantés sur les zones de sable nu et des chemins d'accès à la plage ont été fermés par l'intermédiaire de fascine entre 1998 et 2000 afin d'encourager la formation d'une avant-dune.
 - Depuis 1994, le ramassage des déchets et débris s'accumulant au niveau de la laisse de hautes mers se fait manuellement et non plus de manière mécanique afin de promouvoir la régénération naturelle des habitats dunaires embryonnaires (Lemoine *et al*, 1999).
 - Notamment, 12 lignes de fascines ont été mises en place fin 1998 sur la pente de l'avant-dune sur une portion des dunes Marchand à Leffrinckoucke. Le suivi de ces structures entre Septembre 1999 et Mai 2001 par l'ULCO a démontré une accumulation de sable d'environ 1,75m de haut, concluant à l'efficacité de ces structures de management. En Juin 2002, des observations de terrains ont mis en évidence l'accrétion continue sur cette portion, leur colonisation par les oyats et l'ensevelissement complet de ces structures.

- Les mesures de gestions récentes des dunes flamandes du Conservatoire du Littoral, gérées par Département du Nord, ont concerné la phytostabilisation des dunes par la plantation d'oyat et la pose de ganivelles (com. pers PMCO, 2014).
 - Dune Marchand
 - Février 2003 : Mise en place de ganivelles au niveau du front de mer de Zuydcoote - 2 jours (avec associations d'insertion Ecoflandres qui travaille pour le Département).
 - Novembre 2003 : Plantations d'oyats dans le cadre de trois chantiers nature réalisées avec les Amis de Bray-Dunes et les collégiens du Septentrion à Bray-Dunes. Ces chantiers ont attirés 160 volontaires sur 3 jours.
 - Novembre 2004 : Plantation d'oyats au niveau du front de mer de Bray-Dunes réalisée par Ecoflandres et l'Association des Amis de Bray-Dunes. Ce chantiers à attirés 31 volontaires sur 3 jours.
 - 2008, 2009 et 2010 : Plantations d'oyats et mise en place de ganivelles au niveau des fronts de mer de Bray-Dunes et Zuydcoote.
 - Dune du Perroquet
 - Janvier/Février 2003 et Printemps 2004 : Mise en place de ganivelles
 - Automne 2004 et 2009-2010 : Plantation d'oyats
 - Dune Dewulf
 - Mars 2004 : Mise en place de ganivelles et fascines
 - 2009/2010 : Plantations d'oyats

- Les associations de chasse ont signé une convention avec le Conservatoire du Littoral encadrant la chasse dans les dunes Dewulf, Marchand et du Perroquet et se sont engagées au respect des opérations de gestion des dunes et des habitats fragiles (pelouses rases, dunes blanches), au stationnement des véhicules aux entrées officielles des sites, à

l'installation de panneaux précisant les jours et horaires de chasse et au ramassage systématique des cartouches (Alfa, 2013).



Figure 60 : Mise en place d'ouvrages expérimentaux au niveau des dunes Dewulf entre 2004 et 2007 (M-H Ruz, 2013)

Parmi les études réalisées / actions mises en œuvre, on peut citer :

- L'étude de l'efficacité des fascines comme mesure de gestion du trait de côte a été étudié entre Février 2004 et Avril 2005 par l'ULCO à Leffrinckoucke à 100 mètres du site réhabilité dans les années 90. Les fascines ont été érigées à cheval sur le haut de la plage et de la dune sur une zone de 35 m de large et 36 m de long à une altitude correspondant au niveau des plus hautes marées. Ces structures ont démontré leur efficacité pour piéger le sable dans un contexte de bilan sédimentaire général positif, des conditions de vent favorables au transport éolien et à la condition qu'elles soient placées au-dessus des niveaux extrêmes de tempête (Ruz et Anthony, 2008).
- Etude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait de côte en 2005 par le SMCO concernant entre autres la Batterie de Leffrinckoucke
- Etudes hydrauliques et de conception d'un dispositif de confortement de la Digue des Alliés (Avant-Projet du rechargement de la plage et confortement de la digue) par DHI en 2012
- Confirmation des hypothèses, des méthodes et des résultats de l'étude de DHI et PRO/DCE par Egis en cours
- La digue des Alliés a fait l'objet d'un premier rechargement de plage fin 2011 d'un volume de 300 000m³.

Parmi les études en cours, on peut citer :

- Le PAPI d'intention du delta de l'Aa porté par le PMCO
- L'étude de danger de la digue des Alliés et de l'écluse Tixier

Parmi les travaux en cours, on peut citer le rechargement de la plage devant la digue des Alliés avec un volume de 1 200 000m³ en février-mars 2014 avec du sable issu des Ridens situés devant le Port de Dunkerque.

Parmi les travaux à venir, on peut citer le confortement de la digue des Alliés courant 2014.

Le Tableau 136 ci-dessous présente les principales préconisations du PLAGE pour le BR13 et les mesures réellement appliquées depuis (SMCO, 2003).

Tableau 136 : Principales préconisations du PLAGE en 2003 pour le BR13 et mesures qui ont réellement été appliquées depuis.

Préconisations du PLAGE	Lieux	Mesures entreprises
Suivi de l'évolution du trait de côte et l'évolution de la plage	Partout	- Suivi topographique par la DDTM 62 et suivi Lidar par la DREAL (projet CLAREC GIS) sur tout le littoral
Pôle urbain : - Suivre l'évolution de la plage - Prévenir les conséquences de la submersion - Evaluer la pertinence et la nature d'une intervention - Intervenir pour entretenir la stabilité du perré et suivre la stabilité du perré	- Bray-Dunes - Malo-les-Bains - Zuydcoote - Hôpital maritime	- Suivi de l'état des ouvrages VSC par la DDTM 62 - Etude de détermination de l'aléa de submersion marine en région Nord Pas-de-Calais par DHI pour le DREAL - PAPI d'intention du delta de l'Aa - Etudes hydrauliques et de conception d'un dispositif de confortement de la Digue des Alliés et rechargement de plage en 2011 et 2014 - Etude de danger de la digue des Alliés et de l'écluse Tixier
Transition des pôles urbains et milieux naturels - Intervenir pour limiter le recul du trait de côte - Expertiser les phénomènes et les risques de contournement - Suivre l'évolution de la plage - Définir l'orientation et les mesures de gestion	- Ouest perré de Bray-Dunes - Ouest Hôpital maritime - Ouest perré de Zuydcoote - Est perré de mal-les-Bains - Est perré de Bray-Dunes - Est perré de Zuydcoote	- Mesures de gestion douces – celles placées en haut de plage n'ont pas démontré leur efficacité
Milieu naturel avec Equipements/ Aménagement - Intervenir pour atténuer le recul du trait de côte (1) - Planifier un recul stratégique (1) - Planifier la destruction des blockhaus/bâtiments instables et le retrait des enrochements et mettre en œuvre puis laisser évoluer naturellement (2)	- Camping du perroquet (1) - Batterie de Leffrinckoucke (2)	- Mesures de gestion douces – celles placées en haut de plage n'ont pas démontré leur efficacité - Etude d'impact de la Batterie de Leffrinckoucke (SMCO, 2005)
Milieu naturel : - Laisser évoluer - Suivre l'évolution	- Dunes Marchand - Dunes Dewulf - Dunes du Perroquet	- Mesures de gestion douces

Chapitre 6 - Synthèse par bassin de risques

Les principaux résultats de l'état des connaissances sont synthétisés dans les tableaux suivants pour chacun des treize bassins de risques. Les éléments suivants y sont synthétisés :

- L'aléa érosion à l'échéance 10 ans en termes de fourchettes de recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère et en termes d'abaissement du niveau de plage devant les digues et perrés
- Les enjeux associés à l'aléa érosion à l'échéance 10 ans concernant la sécurité des personnes, le bâti, les activités touristiques, les activités économiques et l'environnement
- Le nombre d'ouvrages en IE 1, IE 2, IE 3 ou IE 4 par bassins de risques
- La surface concernée par l'aléa submersion marine pour un événement centennal en 2013 pour chaque bassin de risque et les lieux et modes de submersion retenus pour chaque bassin de risque
- Les enjeux actuels associés à l'aléa submersion marine concernant la sécurité des personnes, le bâti, les activités touristiques, les activités économiques et l'environnement
- Les mesures de gestion / travaux réalisés et leur retour d'expérience ainsi que les études réalisées, les études en cours et les travaux en cours ou prévus.

Bassin de Risque		BR1- Baie d'Authie			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)					
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>	
		Grand Dune → -10 à -20m	Anse des Sternes → -20 à -40m	- Cordon dunaire de l'Anse du Bois des Sapins → entre -55 et -130m - Façade exposée du Bec du Perroquet → -30 à -75m	
+ Abaissement du niveau de la plage → Anses des Sternes et Anse du Bois des Sapins					
Enjeux associés à l'aléa érosion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>		<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
		- Atteinte des limites du camping du Halloy - Réduction de la qualité récréative et paysagère du site		- Ensevelissement des terrains agricoles lié au recul de la Grande Dune	Disparition des habitats dunaires et des plages → site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)					
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>		<i>IE 2 - Mauvais état</i>		<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>
3		3		3	4
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 908 ha					
<i>Rupture cordon</i>	<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>	
Cordon dunaire de l'Anse du Bois des Sapins		Porte du Fliers	Digue de la Mollière, Digue des Enclos	Digue de la Mollière, Digue des Enclos	
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>	
210 personnes potentiellement à risque	33 ha de bâti à risque (habitat dense principalement)	- 1 camping affecté - potentielles dégradations au port de la Madelon	- Enjeux agricoles → 776 ha - Enjeux industriels → 1,2 ha	Dégradation des habitats dunaires → Site à forte sensibilité env. Dégradation des prairies humides arrière littorales → Site de moyenne et faible sensibilité env.	
Mesures de gestion / Retour d'expérience					
<i>Mesures de gestion / Travaux réalisés</i>	<i>Etudes réalisées</i>		<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
- Mesures de gestion douces : plantation d'Oyat, rechargement de siffle-vent, pose de ganivelles par le CLERL et la CCOS - Travaux d'entretiens de la Porte du Fliers par l'AS vallée de l'Airon sud	- Modélisation hydrodynamique (Sogreah, 2003) - Etude faisabilité pour l'aménagement de la rive nord de l'Authie (Sogreah, 2010 puis IDRA, 2013) - Plan d'orientation de la gestion de la Baie d'Authie (CELRL, 2011) - DOCOB du site Natura 2000 des Dunes de l'Authie (2013) - Etude de danger Digue de la Mollière		- AVP / PRO / DCE / Dossier « Loi sur l'eau » en vue du rechargement du cordon dunaire de la rive nord - PAPI d'intention Somme Bresle Authie (2012-2014).	- Rechargement en sable de l'Anse du Bois des sapins - Renforcement de la digue de la Mollière par le CELRL	

Bassin de Risque		BR2 - Berck - Le Touquet		
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>
	<ul style="list-style-type: none"> - Berck – Merlimont → -4 à -9m - Merlimont – Stella-Plage → -1 à -2m - Sud du Touquet (300m) → -2 à -3m 			
+ Abaissement du niveau de la plage → devant les digues/perrés de Merlimont, Stella-Plage et la digue en enrochements du Touquet				
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
Enjeu potentiel associé à la chute de blockhaus	Abaissement potentiel du niveau de plage devant les secteurs artificialisés pouvant déstabiliser le bâti	<ul style="list-style-type: none"> - Abaissement potentiel du niveau de plage devant les secteurs artificialisés → déstabilisation des infrastructures touristiques → réduction de la surface de plage utilisable pour les activités balnéaires - Potentiel impact sur le centre nautique de Merlimont et la thalassothérapie du Touquet 	Ensevelissement du parking de l'hôpital Calot	Disparition des habitats dunaires et des plages → site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
5	4	5	10	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013				
<i>Pas d'aléa submersion marine</i>				
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
<i>N/A</i>				
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion / travaux réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
<ul style="list-style-type: none"> - Mesures de gestion douces : plantation d'Oyat, pose de ganivelles par le CELRL dans les dunes de Berck et Stella-Merlimont - Installations de ganivelles dans le siffle-vent au sud du Touquet et interdiction d'accès aux cavaliers - Destruction de l'usine des dunes de Berck - Ouvrages expérimentaux devant les dunes de Berck → stabilisation apparente - « Laisser-faire » au niveau de la Réserve Domaniale de Merlimont → bonne résilience du cordon - Arrêt de l'Enduro dans les dunes du Touquet 	Etude sur les méthodes de gestion adaptées aux plages menacées par un abaissement à Merlimont, Stella-Plage et le Touquet pour la CCMTO et notamment du système Ecoplage		<ul style="list-style-type: none"> - Installation du système Ecoplage à Merlimont et destruction de 5 épis en enrochements sur 6 - Réparation d'urgence du perré de Merlimont 	

Bassin de Risque	BR3- Estuaire de la Canche			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>
		Rive sud de l'estuaire directement derrière la Pointe du Touquet → -9 à -14m	- Secteur central des dunes de Saint Gabriel – Camiers → jusqu'à -24m - Secteur nord des dunes de Saint Gabriel – Camiers → entre - 18 et -26m	
+ Abaissement du niveau de la plage → devant la digue en enrochements de la route de la Corniche / club nautique				
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
	- Chemin piéton de la route en corniche sur la rive sud - Abaissement potentiel du niveau de l'estran devant le club nautique du Touquet → déstabilisation potentielle			Disparition des habitats dunaires et des plages → Site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état (1 sur 18)</i>	<i>IE 2 - Mauvais état (2 sur 18)</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
1	3	8	6	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 1265 ha				
<i>Rupture cordon</i>	<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>
	- Digue d'enclosure du Touquet (2 brèches) - Digue d'enclosure de Saint-Josse	Portes à la mer de la Grande Tringue		Berges d'Etaples
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
696 personnes potentiellement à risque	133 ha de bâti à risque (habitat dense)	- Port de plaisance d'Etaples - Activités commerciales en lien avec le tourisme en front de mer d'Etaples - Hippodrome et aéroport du Touquet (85 ha)	- Enjeux agricoles → 857 ha - Enjeux industriels → 10 ha - Enjeux commerciaux → 2 ha - Enjeux portuaires → 0,4 ha	Dégradation des marais → site à forte sensibilité env., et des prairies humides arrière littorales → site de faible sensibilité env.
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours / à venir</i>		<i>Travaux en cours / prévus</i>
Toutes les mesures de gestion pour empêcher l'érosion de la route de la corniche sur la rive sud ont échouées → modification de l'usage de la route en chemin piéton	- Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Canche (2011) - Contrat de Baie de Canche par Symcéa (2013) - Etude danger des digues du Touquet, de l'aéroport, Billet Nempont et de la Porte de la Grande Tringue	Dans le cadre du Contrat de Baie de Canche : - Etude du fonctionnement hydrosédimentaire de l'estuaire (2013-2018) - Etude de danger sur les ouvrages de protection contre la submersion marine (2013-2014) - Cartographie des dunes, leur état de conservation et les causes de leurs dégradations		

Bassin de Risque	BR 4 – Camiers - Hardelot-Plage			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>
	Sainte-Cécile Plage (sud) → -1,5 à -5,5m Sainte-Cécile Plage (nord) et dunes du Mont Saint-Frieux → -2,5 à -10m Dunes du Chevalier Sansot → -4 à -10m Dunes d'Ecault → -3,5 à -10m			
+ Abaissement du niveau de la plage → devant les digues du Camping de la Mer, de Ste Cécile et Hardelot-Plage				
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
Enjeu potentiel associé à la chute de blockhaus	- Déstabilisation potentielle de 2 immeubles, du poste de secours et du parking - Abaissement potentiel du niveau de plage à Hardelot-Plage pouvant déstabiliser le bâti	- Abaissement potentiel du niveau de plage devant les perrés/ digues → déstabilisation des infrastructures touristiques → réduction de la surface de plage utilisable pour les activités balnéaires		Disparition des habitats dunaires et des plages → Site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
0	2	2	7	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013				
<i>Pas d'aléa submersion marine</i>				
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
<i>N/A</i>				
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
- Cercle vicieux induit par la construction du cordon en enrochement construit au sud de Sainte-Cécile-Plage - Efficacité des épis expérimentaux au nord de Ste Cécile - Installations de ganivelles le long du perré d'Hardelot-Plage – mesure non réitérée - Suivi photographique du haut de plages des dunes du BR 4 par Eden 62 → aucune mesure de gestion n'a été nécessaire au cours des 10 dernières années	- Etude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait de côte en 2005 - observatoire du Mont Saint-Frieux (SMCO) - Etude sur les méthodes de gestion adaptées aux plages menacées par un abaissement à Sainte Cécile-Plage pour la CCMTO par Ecoplage/DHI (2007)			

Bassin de Risque		BR 5 – Equihen-Plage – Boulogne-sur-Mer Nord		
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>
	Equihen-Plage (ville) → > 6,5 m Equihen-Plage - Le Portel → < 6,5 m Défenses du Portel – Ancien Hoverport → < -4 m Bd Ste Beuve, rade de Boulogne → < -6 m			
+ Abaissement du niveau de la plage → devant le perré du Portel au sud de l'épi				
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
- Risque potentiel associé aux chutes de pierre et aux éboulements - Risque pour les habitants des maisons situés en bord de falaise	- Risque potentiel pour la rue du Battez, une partie de la rue du Cap-Horn et l'impasse du Bout Joyeux et pour plusieurs dizaines de propriétés - Risque pour le parking au nord d'Equihen	- Camping du Phare au Portel	Perte de terrains agricoles (prairies)	Disparition des habitats des falaises et des plages → Site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
1	1	3	2	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013				
<i>Pas d'aléa submersion marine</i>				
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
<i>N/A</i>				
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>		<i>Travaux en cours ou prévus</i>
- Recul du sentier littoral - Achat à l'amiable 9 parcelles situées sur la corniche de la falaise d'Equihen en 2013 par l'EPF du Nord-Pas-de-Calais		- Etude du recul des falaises dans le cadre de la révision de la caractérisation de l'aléa érosion telle que prévue dans le règlement du PPRL des falaises du Boulonnais - Etude de danger de l'ouvrage du Marguet de la Liane		

Bassin de Risque		BR 6 – Wimereux – Cap Gris-Nez			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)					
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>	
Cran aux Œufs – Pointe de la Courte Dune → ≤ -1m	- Pte de la Rochette – Pte aux Oies → < -6m - Affleurement rocheux, dunes de la Slack → de -5 à -6m - Dunes de la Slack – secteur centre → ≤ -10m - Rive Nord de la Slack à Ambleteuse → ≤ -4m - Ambleteuse - Audresselles → -3 et -4,5m	- Pte de la Crèche – Wimereux → -2,5 à -11m - Falaise Nord de Wimereux → ≤ -11m - Dunes de la Slack – secteur Sud → ≤ -17m - Audresselles – Cran aux Œufs → -3 à -12m			
+ Abaissement du niveau de la plage → devant le perré de Wimereux					
Enjeux associés à l'aléa érosion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>	
- Risque potentiel associé aux chutes de pierre et aux éboulements - Risque potentiel pour les habitants des maisons situés en bord de falaise au nord de Wimereux, d'Audresselles, au Cran aux Œufs et au Sodit	Risque potentiel pour les propriétés au nord de Wimereux, au nord d'Audresselles, au Cran aux Œufs et à l'Ouest du Sodit (Audinghen)	- Abaissement potentiel du niveau de plage devant les perrés/ digues → déstabilisation des infrastructures touristiques et du Fort Mahon → réduction de la surface de plage utilisable pour les activités balnéaires à Wimereux - Impact sur mesures prises ou infra. mises en place dans le cadre de l'Opération Grand Site des 2 Caps	Perte de terrains agricoles (cultures)	Disparition des habitats et de la plage et des dunes de la Slack et des falaises du Boulonnais → Site à forte sensibilité env.	
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)					
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>		
4	4	4	2		
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 13 ha					
<i>Rupture cordon</i>	<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>	
			Perré / digue de Wimereux, Ambleteuse et Audresselles		
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>	
143 personnes potentiellement à risque	6,1 ha de bâti à risque (habitat dense)	Activités commerciales en lien avec le tourisme en front de mer	- Enjeux agricoles → 0,02 ha - Enjeux industriels → 0,1 ha		
Mesures de gestion / Retour d'expérience					
<i>Mesures de gestion réalisées</i>		<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
- Achat à l'amiable de 5 parcelles situé sur la falaise de Wimereux par l'EPF NPdC - Mesures de gestions douces du massif dunaire de la Slack : fascinage (2009-2011), plantation d'oyats (2013) - Aménagement et renaturation dans le cadre de l'Opération Grand Site des 2 Caps		- Etude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait de côte à Wimereux et au nord du Cap de la Crèche (SMCO, 2005) - Etude de danger de l'écluse Marmin Slack		Démolition des propriétés rachetées en cours	

Bassin de Risque	BR 7 – Baie de Wissant			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible</i> ≤ 1m	<i>Moyen</i>]-1m à -10m]	<i>Fort</i>]-10m à -20m]	<i>Très fort</i>]-20m à -40m]	<i>Sévère</i> > -40m
	Dune de la Baraque Fricot → -1,5 à -10m		Dune du Châtelet → -10 et -40 m	Dune d'Aval → -30 et -50 m
+ Abaissement du niveau de la plage → devant la digue de Wissant				
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
- Risque potentiel pour les habitants des maisons isolées dans la dune du Châtelet, pour les premières habitations du lotissement situé en arrière de la dune d'Aval	- Destruction probable du parking des Oyats - Risque potentiel pour des habitations isolées dans la dune du Châtelet, pour les premières habitations du lotissement situé en arrière de la dune d'Aval ainsi que pour les chalets situés à la jonction entre Wissant et la dune d'Amont	- Abaissement du niveau de plage devant la digue de Wissant → déstabilisation des infrastructures touristiques → réduction de la surface de plage utilisable pour les activités balnéaires - Réduction de la qualité récréative et paysagère du site - Impact sur mesures prises ou infra. mises en place dans le cadre de l'Opération Grand Site des 2 Caps	Perte de terrains agricoles (cultures)	Disparition des habitats dunaires et de la plage → Site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
3	1	1	3	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 76 ha				
<i>Rupture cordon</i>	<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>
Dune d'Aval à Wissant			Digue de Wissant	Ruisseau des Anguilles à Tardinghen
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
10 personnes potentiellement à risque	8,1 ha de bâti à risque (habitat dense principalement)	- Camping la Source - Activités commerciales en lien avec le tourisme en front de mer - Huttes de chasse	Enjeux agricoles → 18 ha	Dégradation des habitats dunaires et du marais de Tardinghen → Site à forte sensibilité env.
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
- Essai de protection des dunes du Châtelet et d'Aval par des mesures de gestion douces : fascines, ganivelles, casiers en haut de plage en pied de dunes. Ces mesures ne résistent pas aux tempêtes d'hiver. - Destruction des blockhaus et du Mur de l'Atlantique au niveau de la Dune d'Aval et installation d'un dispositif expérimental constitué d'épis et de brise-lame en rondin de bois devant la dune d'Aval en 2013 - Aménagement et renaturation dans le cadre de l'Opération Grand Site des 2 Caps	- Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant (CETMEF/ULCO, 2004) - Etude de Requalification du site de la Baie de Wissant, Ré-ensablement de la partie central (Sogreah, 2006)	- Etude de faisabilité pour le ré-ensablement de la partie centrale de la Baie de Wissant par Egis - Maitrise d'œuvre pour la réhabilitation du perré de Wissant par Artelia	- Travaux de reconstruction du perré de Wissant courant 2014. - Travaux de rechargement en sable de la partie centrale de la Baie de Wissant - Destruction du parking des Oyats dans la dune d'Aval	

Bassin de Risque	BR 8 – Cap Blanc-Nez			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>
	Cap Blanc Nez entre Strouanne et les falaises de Sangatte → -1,5 à -3,5m			
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
- Risque potentiel associé aux chutes de pierre et aux éboulements - Risque potentiel mais faible pour les habitants des maisons en bordure de corniche au hameau de Strouanne	Risque potentiel pour des habitations et un sentier en bordure de corniche au hameau de Strouanne	Risque potentiel associé aux chutes de pierre et aux éboulements	Perte de terrains agricoles	Disparition des habitats de falaises → Site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
N/A				
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 76 ha				
N/A				
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
N/A				
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
- Nombreux aménagements et opérations de renaturation au Cap Blanc-nez, Escalles et aux falaises de Sangatte dans le cadre de l'Opération Grand Site des 2 Caps, dont le recul du chemin de randonnée et la mise en place de clôtures entre le Cran d'Escalles et le Blanc-Nez				

Bassin de Risque		BR 9 – Sangatte - Calais			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)					
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>	
	Blériot- Plage (secteur central) → -2 à -10m				
Enjeux associés à l'aléa érosion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>	
	- Destruction potentielle du parking de Blériot -Plage			Disparition des habitats dunaires et des plages → Site à sensibilité env. moyenne	
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)					
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>		<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
2		8	6	11	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 668 ha					
<i>Rupture cordon</i>		<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>
- Dunes de Fort Mahon - Dunes de Blériot-Plage		Digue de Sangatte (3 brèches)	Ecluse de 10 mètres		Quais portuaires – Port de Calais
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>	
3600 personnes potentiellement à risque	98 ha de bâti à risque (habitat dense)	- Camping des Noires Mottes - Fort Nieulay - Activités commerciales en lien avec le tourisme	- Enjeux agricoles → 431 ha - Enjeux industriels → 19 ha - Enjeux commerciaux → 12 ha - Enjeux portuaires → 8 ha	Dégradation des habitats dunaires → Site à sensibilité env. moyenne, et de la prairie de la Ferme des Trois Sapins (Eurotunnel) → Site à faible sensibilité env.	
Mesures de gestion / Retour d'expérience					
<i>Mesures de gestion / Travaux réalisés</i>		<i>Etudes réalisées</i>		<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours /prévus</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Les mesures de gestion des dunes de Fort Mahon mises en œuvre dans les années 90 se sont révélées être efficaces - Mise en place de ganivelles au niveau du parking des Mouettes - Mise en place de clôture et chemin d'accès au niveau des dunes du Fort Mahon - Travaux d'urgence de confortement de la digue Sangatte à la suite de la tempête Xaver en 2013 		<ul style="list-style-type: none"> - Etude d'impact des blockhaus sur l'évolution du trait à Sangatte (SMCo, 2005) - Etude de danger digue de Sangatte (Safege pour DDTM62) - Etude de danger des ouvrages hydrauliques du Port de Calais par la région NPdC - Etudes de conception du projet de Calais Port 2015 par Artelia - Programme d'actions de prévention des inondations à l'échelle du SAGE du delta de l'Aa : 2013- 2016 			

Bassin de Risque	BR 10 – Fort Vert - Oye-Plage			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>
N/A				
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
N/A				
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
0	1	3	2	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 81 ha				
<i>Rupture cordon</i>	<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>
				Dunes du Fort Vert
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
		- Huttes de chasse		Dégradation des habitats dunaires → Site à sensibilité env. moyenne
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>		<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>
	- Etude de la dynamique hydro-sédimentaire dans le cadre des études de conception du projet Calais Port 2015.			

Bassin de Risque		BR 11 – Platier d'Oye – Port de Dunkerque Ouest			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)					
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>	
	Secteur des Escardines → -1 et -9 m				
Enjeux associés à l'aléa érosion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>	
				Disparition des habitats dunaires et de la plage → Site à forte sensibilité env.	
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)					
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>		<i>IE 2 - Mauvais état</i>		<i>IE 3 – Etat moyen</i>	
2		8		4	
				16	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 642 ha					
<i>Rupture cordon</i>	<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>	
Dunes du Platier d'Oye – secteur des Escardines				Berges de l'Aa	
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion					
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>	
1861 personnes potentiellement à risque	60,4 ha de bâti à risque (habitat dense)	- Centre historique de Gravelines - Activités commerciales en lien avec le tourisme en front de mer	- Enjeux agricoles → 460 ha - Enjeux industriels → 1 ha - Enjeux portuaires → 0,4 ha	Dégradation des habitats dunaires → Site à forte sensibilité env.	
Mesures de gestion / Retour d'expérience					
<i>Mesures de gestion réalisées</i>		<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
<p>- Les mesures de gestion des dunes du Platier d'Oye mises en œuvre dans les années 80-90 au niveau du secteur des Escardines se sont révélées être inefficaces (épis, remblaiement et reprofilage de la dune). Par contre, l'installation d'un 4^{ème} épi plus long et de casiers brise-vent expérimentaux dans les années 2000 a permis de renverser la tendance à l'érosion.</p> <p>- Suivi de l'évolution morphologique de l'estran par le SMBC et l'Etat avant et suite aux travaux entrepris en 2000 et jusqu'en 2011 et mise en place d'un comité de pilotage et de suivi</p>			<p>- PAPI d'intention du delta de l'Aa porté par le PMCO</p> <p>- Etude de danger des ouvrages hydrauliques du port de Gravelines portée par le CG59</p>		

Bassin de Risque	BR 12 – Port de Dunkerque			
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible ≤ 1m</i>	<i>Moyen]-1m à -10m]</i>	<i>Fort]-10m à -20m]</i>	<i>Très fort]-20m à -40m]</i>	<i>Sévère > -40m</i>
N/A				
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
N/A				
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
N/A				
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013				
N/A				
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
N/A				
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion réalisées</i>	<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>	
<p>Test de l'efficacité de différents types de brise-vents (Tresca, 2013):</p> <p>→ Efficacité pour capter du sable lorsque ceux-ci sont placés en pied de dune perpendiculairement aux vents dominants, à une altitude suffisante pour éviter que ceux-ci soient atteints par les vagues</p> <p>→ Renforcement régulier nécessaire afin d'assurer la pérennité de ces structures et rehaussement lorsqu'elles sont enfouies à plus de 50% de leur hauteur.</p> <p>→ Efficacité pour limiter les transferts transversaux de sable au-delà de la digue du Braek.</p>	<p>Mise en place d'une stratégie de gestion pour l'UG4 par le Grand Port maritime de Dunkerque, impliquant un suivi très régulier de l'évolution du trait de côte et de la plage par l'Université de la Côte d'Opale.</p>	<p>Préconisation de mesures de gestion afin de renforcer le cordon dunaire du Clipon, rehausser le niveau de plage, reconstituer un cordon dunaire dans les secteurs central et Est et limiter le transport et l'accumulation sur la route et à l'intérieur du bassin portuaire situés en arrière dans le cadre de la thèse de Tresca (2013)</p>		

Bassin de Risque		BR 13 – Digue des Alliés, Dunkerque – Bray Dunes		
Aléa Erosion à une échéance de 10 ans (recul faible, moyen, fort, très fort ou sévère)				
<i>Faible</i> ≤ 1m	<i>Moyen</i>]-1m à -10m]	<i>Fort</i>]-10m à -20m]	<i>Très fort</i>]-20m à -40m]	<i>Sévère</i> > -40m
	Dunes Dewulf → -2m à -9m			
Enjeux associés à l'aléa érosion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
				Disparition des habitats dunaires et de la plage → Site à forte sensibilité env.
Etat des ouvrages de protection (nombre d'ouvrages)				
<i>IE 1 - Très mauvais état</i>	<i>IE 2 - Mauvais état</i>	<i>IE 3 – Etat moyen</i>	<i>IE 4 – Bon état</i>	
1	2	7	6	
Aléa Submersion pour un niveau centennal en 2013 → Submersion sur 828 ha				
<i>Rupture cordon</i>	<i>Rupture ouvrage</i>	<i>Défaillance ouvrage à la mer</i>	<i>Franchissement</i>	<i>Débordement</i>
Dunes du Perroquet	Digue des Alliés		- Perré de Malo-les-bains - Perré de Bray-Dunes	
Enjeux actuels associés à l'aléa submersion				
<i>Sécurité des personnes</i>	<i>Bâti</i>	<i>Touristique</i>	<i>Economique</i>	<i>Environnement</i>
13087 personnes potentiellement à risque	280 ha de bâti à risque (habitat dense)	- Campings du Perroquet et des pêcheurs - Activités commerciales en lien avec le tourisme en front de mer de Malo, Bray-Dunes et dans le centre-ville de Dunkerque	- Enjeux agricoles → 470 ha - Enjeux industriels → 8 ha - Enjeux commerciaux → 3 ha - Enjeux portuaires → 2 ha	Dégradation des habitats dunaires → Site à forte sensibilité env., ainsi que d'une petite partie des Moeres et la partie Est de la Plaine Maritime Flamande → Site à faible sensibilité env.
Mesures de gestion / Retour d'expérience				
<i>Mesures de gestion / Travaux réalisés</i>		<i>Etudes réalisées</i>	<i>Etudes en cours</i>	<i>Travaux en cours ou prévus</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre de mesures de gestion douces par le Conseil Général du Nord dans les années 90 : fascines, phytostabilisation avec des oyats, mesures de contrôle de la fréquentation, ramassage manuel des déchets puis - Mise en œuvre de mesures de gestion douces par le Conservatoire du Littoral dans les années 2000 : mise en place de ganivelles et de fascines et plantation d'oyat - Premier rechargement de plage devant la digue des Alliés fin 2011 d'un volume de 300 000m³. 		Etudes hydrauliques et de conception d'un dispositif de confortement de la Digue des Alliés (DHI)	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmation des hypothèses, méthodes et résultats de l'étude de DHI et PRO/DCE par Egis en cours - PAPI d'intention du delta de l'Aa porté par le PMCO - Etudes de danger de la digue des Alliés et de l'écluse Tixier 	<ul style="list-style-type: none"> - Rechargement de la plage devant la digue des Alliés avec du sable issu des Ridens situés devant le Port de Dunkerque en cours - Confortement de la digue des Alliés à venir

Chapitre 7 - Conclusion

Ce rapport présente les résultats de la Phase 1 – Etat des connaissances de l'étude de « Diagnostic et d'élaboration d'orientations pour une gestion durable du trait de côte sur le littoral de la Côte d'Opale » pour le PMCO.

Cette étude a abouti à la réalisation d'un état des connaissances pour treize bassins de risques accompagné de cartes représentant les aléas littoraux, les ouvrages de protection et les enjeux propres à chaque bassin de risques.

L'état des connaissances et la cartographie réalisée par bassins de risques ainsi que la synthèse des principaux résultats de l'étude dans des Tableaux permettent une analyse globale des aléas, risques et enjeux afférant au littoral Côte d'Opale.

Chapitre 8 - Références

Aernouts, D., 2005. Le rôle des changements bathymétriques à l'avant-côte sur l'évolution des littoraux meubles du cap Gris-Nez à Dunkerque, Côte d'Opale, France, Thèse de doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque.

Aernouts, D. et Héquette, A., 2006. L'évolution du rivage et des petits fonds en Baie de Wissant pendant le XX^e siècle, Pas-de-Calais, France. Géomorphologie : relief, processus et environnement, 1, p. 49-64.

Agence des aires marines protégées, 2014. Carte « Manche Orientale, secteur d'études du parc naturel marin à l'ouvert des estuaires de la Somme, de l'Authie et de la Canche » [<http://cartographie.aires-marines.fr/?q=carto/simple#>]

Alfa, 2013. NATURA 2000, Document d'objectifs Dunes de la Plaine Maritime Flamande, Site FR3100474 - Premier dossier – Version finale. Département du Nord, Région Nord Pas-de-Calais.

Anthony, E.J., Levoy, F., Monfort, O., 2004. Morphodynamics of intertidal bars on a megatidal beach, Merlimont, Northern France. Marine Geology 208, p. 73–100.

Anthony, E.J., Vanhée, S., Ruz, M.H. 2007b. Embryo dune development on a large actively accreting macrotidal beach: Calais, North Sea coast of France. Earth Surface Processes. and Landforms 32: 631-636.

AmisdeWissant.com, 2013. <http://amisdeWissant.com/>.

Aubry, A, Ruz, M. 2008. Influences des épis sur la morphodynamique d'une plage à barres et bâches, nord de la France. Zeitschrift für Geomorphologie, Sup. Bd 52 (3), p. 146-166.

Augris, C., Clabaut, P., Vicaire, O., 1990. Le domaine marin du Nord-Pas-de-Calais – Nature, morphologie et mobilité des fonds. Edition IFREMER – Région Nord-Pas-de-Calais, 93 pp.

Battiau-Queney Y., Malaterre G., Tresca A., 2006. Expertise géomorphologique de la plage de Neufchatel-Hardelot. Université des Sciences et Technologies de Lille. Rapport inédit, 37 p.

Battiau-Queney Yvonne, 2008. Le temps de la nature et le temps de l'action dans la gestion intégrée des systèmes côtiers, IFRESI.

Battiau-Queney, Y., Clus-Auby, C., 2008. Les ateliers de l'EUCC-France. De la connaissance des systèmes littoraux à la gestion intégrée des zones côtières. Hardelot et Wissant.

Battiau-Queney Yvonne, 2013, Les plages de la Côte d'Opale : maitriser la nature ou agir avec elle ?, n°30, Dynamiques environnementales, Université de Bordeaux 3, sous presse.

Boulogne, R. 2011. Problématiques et acteurs, outils, lois qui interviennent pour la préservation du littoral du Nord-Pas-de-Calais et des espaces limitrophes. Mémoire de Master 2, Mutudil, Université du Littoral Côte d'Opale.

Cartier, A. et Héquette, A., 2010. Evaluation des flux sédimentaires sur les plages macrotidales du Nord-Pas-de-Calais à partir de données hydrodynamiques et de piégeages in situ. Actes des XI^{ème} Journées Nationales de Génie Côtier –Génie Civil, Sables d'Olonne, 22-24 juin 2010, p. 187-194.

CETMEF, 2007. Analyse régionale des conséquences du changement climatique, région Nord Pas-de-Calais.

CETMEF, 2008. L'impact du changement climatique sur les submersions marines. Réunion d'information sur les risques naturels littoraux liés au changement climatique.

Chabaan, F., Darwishe, H., Battiau-Queney, Y., Louche, B., Masson E., El Khattabi, J., and Carlier, E., 2012. Using ArcGIS Modelbuilder and Aerial Photographs to Measure Coastline Retreat and Advance: North of France. *Journal of Coastal Research*, Volume 28, Issue 6.

Chaverot, S., 2006. Impact des variations récentes des conditions météo-marines sur les littoraux meubles du Nord-Pas-de-Calais. Thèse de doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, 277 p + annexes.

Chaverot, S., Héquette, A. et Cohen, O. 2008. Changes in storminess and shoreline evolution along the northern coast of France during the second half of the 20th century. *Zeitschrift für Geomorphologie, Sup. Bd.*, 52 (3), p. 1-20.

Clus-Auby, C., Paskoff, R., Verger, F., 2004. Impact du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du Littoral- Scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100, Synthèse.

Church, J. A. and N.J. White (2011), Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century. *Surveys in Geophysics*, doi:10.1007/s10712-011-9119-1.

Conservatoire du littoral, 2012. Le Conservatoire du littoral face au changement climatique

Communication personnelle DDTM62. Rapport d'inspection à la suite de la tempête Xaver les 5 et 6 décembre 2013.

Communication personnelle Conservatoire du Littoral, 2013.

Communication Conférence CERCLE Novembre 2013 par S. Vanhee.

Communication personnelle SMCO, 2014.

Communication personnelle M-H Ruz, 2013.

Deboudt, P., 1999. Les hommes et la lutte contre l'érosion côtière sur le littoral de Sangatte (Pas-de-Calais, France). *Revue de géographie de Lyon*, Volume 74, Numéro 74-1, pp. 65-74.

DDTM 62, 2007. Plan de Prévention des Risques Littoraux des Falaises du Boulonnais – Note de présentation, cartes des phénomènes, cartes des zones à risques, cartes des aléas.

DDTM 62, 2012. Procédure de concession d'utilisation du domaine public maritime – Installation d'un système de drainage de plage et retrait des épis en enrochements de la plage de Merlimont.

DDTM 62 / Commune de Wimereux, 2013. Carte du suivi topographique annuel entre 2002 et 2013 par Geosolutions.

DEFRA Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2007. FCDPAG3 Supplementary note to Operating Authorities – Climate Change Impacts.

DDTM 62, *sine data*. Présentation de la méthode VSC littoral.

DDTM 62, 2013. Evaluation de l'état des ouvrages de protection et des cordons dunaires sur l'ensemble du littoral du Nord-Pas-de-Calais.

DHI /Ecoplage, 2007. Détermination des méthodes de gestion adaptées aux plages menacées par un abaissement sur le territoire de la Communauté de Communes Mer & Terres d'Opale - Etude de faisabilité et impact des solutions retenues – Rapport Phase 2.

DHI, 2009. Détermination de l'aléa de submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas de Calais ». Etape 1 : Compréhension du fonctionnement du littoral. DREAL Nord-Pas de Calais.

DHI, 2013a. Détermination de l'aléa de submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas de Calais. Etape 2-2 : Modélisation des aléas littoraux actuels et à l'horizon 2100. DREAL Nord-Pas de Calais.

DHI, 2013b. Détermination de l'aléa de submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord – Pas-de-Calais. Etape 2-3-1 : Caractérisation des aléas submersions marines et érosion côtière intégrant des scénarios climatiques de référence - Évolution du trait de côte. DREAL Nord-Pas de Calais.

DML/SAML/UGDPML, 2012. Application de la méthode VSC à la gestion d'un patrimoine d'ouvrages naturels et d'infrastructures littorales (sur le Nord Pas-de-Calais), Fiches identifiants V5.0, Boulogne-sur-Mer.

DIREN Nord-Pas-de-Calais, 2007. Synthèse bibliographique s'inscrivant dans le projet de caractérisation des aléas naturels côtiers en Nord-Pas-de-Calais.

Dobroniak, C. 2000. Géomorphologie, hydrodynamique et écologie d'un estuaire tempéré macrotidal : l'Authie, Manche orientale, France. Thèse de Doctorat en Géographie physique, Université du Littoral Côte d'Opale, 277 pp.

Dobroniak, C., 2005. Morphological evolution and management proposals in the Authie estuary, northern France. Proceedings "Dunes and Estuaries 2205", International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005, p. 537-545.

Dobroniak, C. et Anthony, E.J., 2002. Short-term morphological expression of dune sand recycling on a macrotidal, wave-exposed estuarine shoreline. Journal of Coastal Research, SI 36, p. 240-248.

DREAL Nord Pas-de-Calais, 2014. Carte des enjeux, Directive Inondation, TRI de Calais et Dunkerque.

Duhamel, A., 2013. Analyse de l'évolution récente du trait de côte sur le secteur du platier d'Oye, Nord de la France. Mémoire de Master 2, Mutudil, Université du Littoral Côte d'Opale.

DREAL Nord Pas-de-Calais / ASN Autorité de Sureté Nucléaire, 2012. L'industrie au regard de l'environnement en Nord Pas-de-Calais.

Eden 62, 2014. Les espaces naturels à découvrir. <http://www.eden62.fr/category/espaces-naturels/>.

HAECN-EDF/LNHE, 2001 in Syndicat Mixte de la Côte d'Opale. 2003. Plan Littoral d'Actions pour la Gestion de l'Erosion - PLAGES.

Enduropale du Touquet, 2014. Informations pratiques : sécurité et environnement. <http://www.enduropaledutouquet.fr/presentation/informationspratiques/securiteenvironnement.a.spx>

Gaillot, S., Chaverot, S, 2001. Méthode d'étude des littoraux à faible évolution. Cas du delta du Golo (Corse) et du littoral du Touquet (Pas-de-Calais) en France. Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol. 7, n°1. pp. 47 -54.

Etablissement public Foncier Nord Pas de Calais, 2013. Opération « Les Bords de Falaise » Commune de Wimereux, Réunion publique du mercredi 13 novembre 2013.

Etablissement public Foncier Nord Pas de Calais, 2013. Acquisition de biens immobiliers par le Fonds de prévention des Risques naturels majeurs, Equihen-Plage - plan parcellaire.

Haigh, I, Nicholls, R. et Wells, N., 2009. Mean sea level trends around the English Channel over the 20th century and their wider context. Continental Shelf Research, 29, p. 2083-2098.

Haigh, I, Nicholls, R. et Wells, N., 2010. Assessing changes in extreme sea levels: Application to the English Channel, 1900-2006. Continental Shelf Research, 30, p. 1042-1055.

Héquette, A. et Ruz, M-H. 2006. Coastal erosion related to a sediment deficit in the nearshore zone: The case of Wissant Bay, Northern France. CoPraNet case study. <http://www.coastalpractice.net/en/tourismdb/index.htm>.

Héquette, A. et Moses, C.M., 2009. Système d'Information Géographique « Plages A Risques », Programme INTERREG IIIA franco-britannique.

Héquette, A., Ruz, M.H., Maspataud, A. et Sipka, V., 2009. Effects of nearshore sand bank and associated channel on beach hydrodynamics: implications for beach and shoreline evolution. Journal of Coastal Research SI 56, ICS2009, 59-63.

Héquette, A., 2010. Les risques naturels littoraux dans le Nord-Pas-de-Calais, France. Vertigo – La revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 8, octobre 2010, <http://vertigo.revues.org/10173>.

Héquette, A. et Aernouts, D., 2010. The influence of nearshore sand bank dynamics on shoreline evolution in a macrotidal coastal environment, Calais, Northern France. Continental Shelf Research, 30, p. 1349-1361.

Héquette, A., Anthony, E.J., Ruz, M.H., Maspataud, A., Aernouts, D. et Hemdane, Y., 2013. The influence of nearshore sand banks on coastal hydrodynamics and sediment transport, northern coast of France. Proceedings Coastal Dynamics 2013, Bordeaux, 24-28 juin 2013, p. 801-810.

IDRA Environnement, 2013, Protection du cordon dunaire de la rive de l'Authie, Avant-projet sommaire Phase 1

IPCC Intergovernmental Panel on climate change, 2013. Climate change 2013, the physical science basis. Working Group, contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel On Climate Change.

IWWateringues, 2012. Prévenir, maîtriser, évacuer les crues de la région des Wateringues. Saint Omer.

Le Coadou, M., 2011. Historique de la gestion du trait de côte dans l'estuaire de la Canche, et gestion du risque d'inondation dans la basse vallée de la Canche. Aide à la préfiguration du contrat de baie de Canche. Syndicat Mixte pour le SAGE de la Canche

Lemoine, G., and Truand, F. 1999. La préservation des laisses de mer sur le littoral du Département du Nord. Bulletin de la Société Botanique du Nord de la France 52: 19-22.

Levoy F., Anthony E.J., Barusseau J.P., Howa H., Tessier B., 1998. Morphodynamique d'une plage macrotidale à barres. *Compte rendu de l'Académie des Sciences de Paris, Sciences de la terre et des planètes*, Vol. 327, pp 811-818.

LOG-ULCO, 2012. Suivi morpho-sédimentaire de l'UG4 (Grand Port Maritime de Dunkerque) Rapport annuel 2011. Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Université du Littoral Côte d'Opale.

LOG-ULCO, 2013 – Données et informations fournies par l'ULCO dans le cadre de ce diagnostic ou d'après Héquette, A. et Moses, C.M., 2009. Système d'Information Géographique « Plages A Risques », Programme INTERREG IIIA franco-britannique.

Maspataud, A. 2011. Impact des tempêtes sur la morphodynamique du profil côtier en milieu macrotidal. Thèse de doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, 470 p.

Maspataud, A., Ruz, M-H., Vanhée, S., 2012. Potential impacts of extreme storm surges on a low-lying densely populated coastline: the case of Dunkirk area, Northern France. *Natural Hazards*, 17p. DOI 10.1007/s11069-012-0210-9

Maspataud, A., Ruz, M.H. et Héquette, A., 2011. Storm-driven shoreline evolution on a macrotidal coast : short- to medium-term spatial variability. A case study on the northern coast of France. *Proceedings Coastal Sediments '11, 7th Int. Symp. Coastal Eng. Miami, Etats-Unis, 2-6 mai 2011*, p. 927-940.

Maspataud A., Ruz M-H. et Vanhee S. 2012. Potential impacts of extreme storm surges on a low-lying densely populated coastline: the case of Dunkirk area, Northern France. *Nat Hazards*

Maspataud, A., Héquette, A., Ruz, M.H. 2013. Contrasting hydrodynamic and morphologic response to fair-weather and storm conditions along southern north sea coast (east of Dunkirk, France). *Coastal Dynamics 2013*. Moitel, D., 2012. Comprendre l'érosion en Baie d'Authie. *SOS baie d'Authie*.

MEDDE, 2014. Portail d'information sur l'assainissement communal, situation au 31/12/2013 des stations de traitement des eaux usées [<http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>].

MEDDE, 2012. Stratégies d'adaptation des ouvrages de protection marine ou des modes d'occupation du littoral vis-à-vis de la montée du niveau des mers et des océans. Rapport final. GICC

MEDDTL/GICC - Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2012. Projet SAO POLO : stratégies d'adaptation des ouvrages de protection marine ou des modes d'occupation du littoral vis-à-vis de la montée du niveau des mers et des océans, rapport final.

MEDDTL - Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, 2011. 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.

Meur-Férec C., 1995. La préservation des espaces naturels littoraux dans le Nord Pas-de-Calais : acteurs et politiques d'intervention. *Hommes et Terres Nord* 1-2:2-10.

Meur-Férec, C., Morel, V., 2004. L'érosion sur la frange côtière : un exemple de gestion des risques. *Nature Sciences Sociétés* 12, 263-273.

Moitel, D., 2012. Comprendre l'érosion en Baie d'Authie, Version 3.

Observatoire du Climat Nord Pas-de-Calais, 2012. Premières données de l'Observatoire du Climat, édition 2012.

ONERC, 2010. 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. 6p.

Pierre G., 2006. Structure et évolution des falaises gréseuses et argileuses du cap Gris-Nez (Boulonnais, France). Géomorphologie : relief, processus, environnement [En ligne], 4/2005 | 2006, mis en ligne le 01 janvier 2008, consulté le 17 octobre 2012. URL : <http://geomorphologie.revues.org/578> ; DOI : 10.4000/geomorphologie.578

Pierre Guillaume, Lahousse Philippe, 2004. L'évolution des falaises argilo-crayeuses et limoneuses du nord du Boulonnais (Strouanne, Sangatte, France). Géomorphologie : relief, processus, environnement. Juillet-septembre, vol. 10, n°3. pp. 211-223.

Pierre, G. et Lahousse, P., 2006. The role of groundwater in cliff instability: an example at Cape Blanc-Nez (Pas-de-Calais, France). *Earth Surf. Process. Landforms* 31, 31-45.

Pirazzoli, P.A. *et al.* 2005. Recent evolution of surge-related events and assessment of coastal flooding risk on the eastern coasts of the English Channel. *Ocean Dynamics*.

Rahmstorf, S., Foster, G., Cazenave, A., 2012. Comparing climate projections to observations up to 2011. *Environmental Research Letters* 7 044035, 5pp. IOP publishing Ltd.

Région Nord Pas-de-Calais, 2007. Extrait de la carte Trame Verte et Bleue, facteurs d'influence.

Rufin-Solers, C., Héquette, A. et Gardel, A. 2008. Assessing the vulnerability of coastal lowlands to marine flooding using LIDAR data, Sangatte coastal dunes, northern France. *Zeitschrift für Geomorphologie, Sup. Bd.*, 52 (3), p. 195-211.

Ruz, M-H., Anthony, E.J. et Faucon, L. 2005. Coastal dune evolution on a shoreline subject to strong human pressure: the Dunkirk area, northern France. In: Herrier J.-L., J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Nieuwenhuyse and I. Dobbelaere (Eds). *Proceedings 'Dunes & Estuaries 2005' – International Conference on Nature restoration Practices in European Coastal Habitats*, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005, p. 441-449.

Ruz, M-H. 2006. Coastal dune management on a shoreline subject to strong human pressure: The Dunkirk area, Northern France. *CoPraNet case study*. <http://www.coastalpractice.net/en/tourismdb/index.htm>.

Ruz, M.H., Anthony, E.J. 2008. Sand trapping by brushwood fences on a beach-foredune contact: the primacy of the local sediment budget. *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl.* 52 (3), 179-194

Ruz, M.H., Héquette, A., Maspataud, A., 2009. Identifying Forcing Conditions Responsible For Foredune Erosion On The Northern Coast Of France. *Journal Of Coastal Research* Si 56, Ics2009, 356-360.

Safege, 2013. Digue de Sangatte, Etude de danger – version n°2. Direction Départementale des territoires et de la mer 62.

Sedrati, M. et Anthony, E.J., 2007. Storm-generated morphological change and longshore sand transport in the intertidal zone of a multi-barred macrotidal beach, *Marine Geology*, 244, 209-229.

SHOM, 2013. Références altimétriques maritimes, Cotes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée.

Socotec, 2012. Diagnostic des ouvrages de protection du conservatoire dans la baie d'Authie. Dossier des ouvrages, digue de la Molliere, rapport final. Conservatoire du littoral.

Sogreah, 2006. Requalification du site de la baie de Wissant, Ré-ensablement de la partie centrale. Rapport final phase 1.

Sogreah, 2009. Diagnostic, étude d'opportunité et de faisabilité pour l'aménagement de la rive Nord de l'Authie. Communauté de Communes Opale Sud.

Sogreah, 2009. Devenir et impacts hydrosédimentaires du rechargement des fonds devant la digue du Ruytingen.- rapport final. Grand Port maritime de Dunkerque.

Sipka, V., 1998. Les plages macrotidales du Nord Pas-De-Calais : Contexte environnemental et caractérisation morphodynamique. Thèse de doctorat, Université du Littoral, Dunkerque, 223 p.

Syndicat Mixte de la Côte d'Opale. 2003. Plan Littoral d'Actions pour la Gestion de l'Erosion - PLAGE.

Symcéa, 2013. Contrat de Baie de Canche 2013-2018 – Version présentée pour validation au Comité de bassin Artois-Picardie du 5 Juillet 2013.

SOS baie d'Authie, *sine data*. Evolution de l'estuaire de la Baie d'Authie de 1860 à nos jours.

Tresca, A., 2006. Évolution géomorphologique d'une côte sableuse anthropisée : l'exemple d'Hardelot-plage. Mémoire de Master 2 Environnement Spécialité milieux naturels et anthropisés, Université des Sciences et Technologies de Lille (Lille 1).

Tresca, A., 2013. Contrôle souple de la dynamique éolienne sur un Littoral artificialisé et propositions de gestion : le cas de la façade maritime du Grand Port Maritime de Dunkerque. Laboratoire D'oceanologie et de Geosciences, Université du Littoral Côte d'Opale.

Voix du Nord, 2014. Dégradation de la digue de Merlimont. [www.lavoixdunord.fr/].

Wahl T., Haight D., Woodworth, P.L., Albrecht F., Dillingh, D., Jensen, J., Nicholls, R.J., Weisse, R., Wöppelmann, G., 2013. Observed mean sea level changes around the North Sea coastline from 1800 to present. *Earth-Science Reviews*, 124, p. 51-67.

Chapitre 9 - Annexes

1 Annexe 1 : Liste des communes comprises dans les bassins de risques

Communes comprises dans les bassins de risque	
Façade Manche	Façade Mer du Nord
Groffliers	Tardinghen
Waben	Wissant
Conchil-le-Temple	Escalles
Verton	Sangatte
Berck	Coquelles
Merlimont	Calais
Cucq	Marck
Le Touquet-Paris Plage	Oye-Plage
Etaples	Grand-Fort-Philippe
St-Josse	Gravelines
Camiers	Loon-Plage
Dannes	Grande-Synthe
Neufchâtel-Hardelot	Dunkerque
Saint-Etienne-au-Mont	Coudekerque-Branche
Equihen-Plage	Téteghem
Le Portel	Leffrinckoucke
Boulogne-sur-Mer	Ghyvelde
Wimereux	Zuydcoote
Ambleteuse	Bray-dunes
Audresselles	
Audinghen	

2 Annexe 2 : Détermination de l'évolution du trait de côte à l'échéance 100 ans pour les côtes meubles (DHI, 2013b) et pour les côtes à falaises (PPRL falaise du Boulonnais, DDTM 62, 2007)

Analyse de l'évolution du trait de côte des côtes meubles par le bureau d'étude DHI (2013b)

L'analyse de l'évolution du trait de côte réalisée à une échéance de 100 ans par DHI (2013) a été effectuée selon une approche historique par l'analyse diachronique de photographies aériennes et d'images satellites. Cette analyse s'est bornée aux sites présentant un recul, l'objectif de cette étude étant de déterminer l'aléa érosion.

Le trait de côte, défini comme la limite de végétation, a été comparée à partir de photos aériennes des années 1930 à 1940 (1932, 1934, 1947, etc), date du trait de côte le plus ancien à disposition et des photographies aériennes de 2006.

Afin de pouvoir comparer de manière réaliste la position du trait de côte entre l'année la plus ancienne et 2006, des corrections ont été apportées aux images par site à partir des repères disponibles (phare, routes, etc).

Cette analyse diachronique s'est aussi appuyée sur une étude bibliographique d'un certain nombre de thèses, publications et rapports permettant une meilleure compréhension des phénomènes érosifs et permettant de justifier les ordres de grandeur des résultats de l'étude diachronique.

Pour certains sites et notamment pour les estuaires de l'Authie et de la Canche, une approche géomorphologique a été utilisée, consistant à étudier conjointement l'évolution des traits de côtes via l'analyse diachronique, la dynamique sédimentaire et la géomorphologie de la côte.

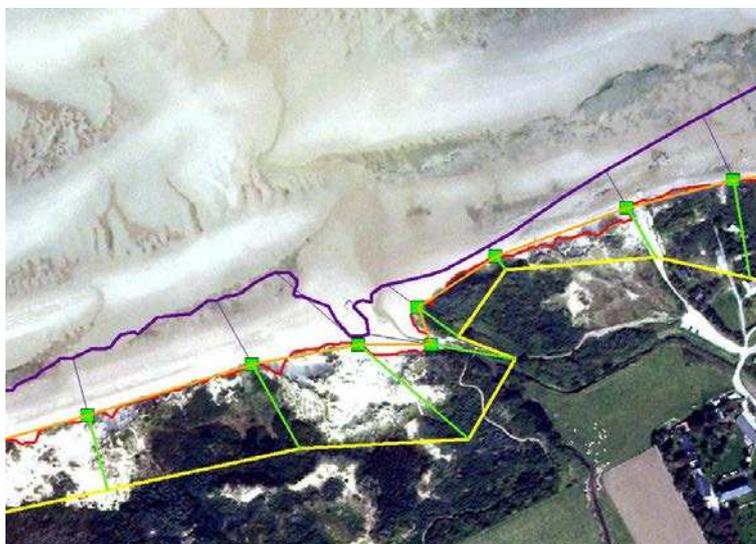


Figure 61 : Exemple d'extrapolation du recul passé à une échéance 100 ans (Ligne violette : trait de côte en 1930 / ligne rouge : trait de côte en 2006/ ligne jaune : trait de côte en 2106 / points verts : points remarquables servant à effectuer la projection du trait de côte / Autres lignes : ligne de traçage) (DHI, 2013b).

Limites et précisions des données, informations et résultats

La formulation d'hypothèses s'est révélée nécessaire afin de simplifier l'exercice d'analyse de l'évolution du trait de côte. On peut retenir les hypothèses suivantes :

- Seules les côtes meubles ont fait l'objet d'une analyse, les côtes rocheuses à falaise du Boulonnais ayant déjà fait l'objet d'une étude dans le cadre du plan de prévention de Risques des falaises du Boulonnais
- La projection du trait de côte à 100 ans prend en compte l'évolution du trait de côte en amont et en aval des ouvrages longitudinaux de protection artificiels.
- L'analyse ne prend pas en compte l'impact des ouvrages de types brise-lames et épis, ceux-ci ayant été mis en place récemment par rapport à la période étudiée
- L'incertitude entre les deux traits de côte, liée au géo-référencement, à l'exercice de digitalisation du trait de côte et au positionnement des amers de comparaison est estimé à +/- 0.27m/an, soit 27m à l'échéance de 100 ans.
- L'évolution du trait de côte à une échéance de 100 ans représente en tant que telle une source d'incertitudes puisque celle-ci ne prend pas en compte les variabilités cycliques potentielles des climats de vents, de houles ainsi que les incertitudes liées à la vitesse d'augmentation du niveau de la mer. Il est communément admis que la période d'étude de référence dans l'analyse diachronique du trait de côte devrait être au moins le double de celle pour laquelle le scénario d'évolution à venir est proposé.

Les commentaires suivants sont émis par rapport à la méthodologie utilisée par DHI et notamment :

- DHI ne fournit pas d'explications sur la méthode utilisée pour définir les sites considérés « à priori » comme en recul.
- La méthodologie décrite par DHI ne permet pas d'affirmer si les corrections effectuées sur les images ont portées sur des corrections géométriques ou une réelle orthorectification, plus précise.
- La marge d'incertitude de +/- 0,27m/an est grande compte tenu de la très mauvaise qualité des photos aériennes anciennes rendant très difficile la délimitation du trait de côte.

Analyse de l'évolution du trait de côte des côtes à falaises par le département du Pas-de-Calais dans le cadres du PPRL des falaises du Boulonnais (2007)

La détermination de l'aléa érosion des falaises du Boulonnais à une échéance de 100 ans a été effectuée via l'analyse diachronique de l'évolution du trait de côte d'après des photos aériennes et/ou des plans cadastraux et a été complété par l'étude du contexte géomorphologique, géologique et hydrogéologique des sites.

Limites et précisions des données, informations et résultats

Le PPRL des falaises du boulonnais précise que (DDTM 62, 2007) :

Les errements habituels de la mécanique des sols ne peuvent permettre de prendre en compte le facteur temps, paramètre essentiel dans les mouvements de terrain en général, dans la stabilité des falaises littorales en particulier. Les limites portées sur les cartes résultent donc :

- de la projection dans l'avenir du rythme actuel de recul.
- de l'évaluation des zones instables ou dangereuses à l'aide de paramètres géométriques simples tirés de l'observations et de mesures de terrain.

Depuis 2007, date de réalisation de l'analyse de l'évolution du trait de côte des falaises du Boulonnais, les autorités départementales ont constaté des différences dans la vitesse d'évolution des sites par rapport à ce qui avait été prévu et notamment l'aléa érosion a été sous-évalué pour les sites de Wimereux et Equihen-Plage. Une actualisation du PPRL est en cours.

3 Annexe 3 : Méthode de détermination de l'évolution du trait de côte

La présente annexe décrit les différentes méthodes de traitements utilisées dans le cadre des études d'évaluation de l'évolution du trait de côte (LOG-ULCO, 2013).

Evaluation de l'évolution du trait de côte d'après des photographies aériennes ou des images satellites

La photographie aérienne reste l'outil le mieux adapté pour étudier l'évolution du trait de côte sur une période de plusieurs décennies. Cependant, les photographies aériennes présentent de nombreuses déformations, bien connues, liées à des erreurs pendant la prise de vue et au développement. L'accumulation des différentes erreurs possibles pouvant engendrer une erreur totale de plusieurs dizaines de mètres entre la photographie et la réalité, il s'avère nécessaire de corriger les clichés afin de réduire le plus possible les déformations de l'image.

A partir d'une photographie aérienne dont les coordonnées géographiques sont connues, le travail consiste à entrer sur la photographie à rectifier, préalablement scannée en haute résolution, les coordonnées d'un maximum de points, appelés amers, en latitude et en longitude. Ces amers doivent être répartis de façon homogène et choisis pour leur invariabilité temporelle, ce qui reste difficile sur le domaine côtier. En effet, aucun amer n'est disponible en mer et les massifs dunaires sont aussi intégralement dépourvus d'amers repérables ou viables dans le temps.

Après rectification, les déformations sont réduites et l'image est géo-référencée. Le géoréférencement vise à mettre les clichés à la même échelle à partir de points de repère connus. Les photographies et documents créés à partir de ce traitement permettent ainsi de superposer les différentes couches d'information avec une grande précision.

La **photogrammétrie aérienne** est l'ensemble des techniques et des matériels utilisés pour aboutir à la représentation d'un territoire étendu, à partir de prises de vues aériennes (désormais de plus en plus souvent numériques), voire d'images spatiales à petit pixel (p. ex. Ikonos, Quick Bird, Spot 5...). **La restitution photogrammétrique** est une technique qui repose entièrement sur une modélisation rigoureuse de la géométrie des images et de leur acquisition afin de reconstituer une copie 3D exacte de la réalité.

La limite de trait de côte choisie est la limite de végétation. Toutefois, cette limite présente des inconvénients. Elle n'est pas toujours bien visible sur des clichés aériens par exemple dans les secteurs où des apports récents de sable en haut de plage n'ont pas encore été fixés par la végétation. Dans ce cas, le trait de côte risque d'être identifié trop en retrait du rivage. En revanche, dans les secteurs en érosion la présence d'une falaise dunaire rend son identification plus aisée.

Différentes méthodes de traitement des images

Géoréférencement : Processus qui consiste à établir une relation entre des coordonnées papier sur une carte planaire et des coordonnées réelles. Le géoréférencement nécessite de connaître les coordonnées d'un certain nombre de points dans l'un et l'autre des systèmes (les points d'appuis). Les points d'appuis ou points homologues ou points d'amers, sont des couples de points dont on connaît la position à la fois sur l'image de référence et sur l'image à rectifier.

Correction géométrique : Modification de l'arrangement spatial des objets, de leurs relations géométriques sans changement substantiel du contenu des données. La correction géométrique peut être :

- Numériquement exacte : Ce sont les méthodes paramétriques qui modélisent rigoureusement les conditions de prise de vue en intégrant les paramètres d'acquisition, les équations de projections....
- Approximative : Ce sont les méthodes polynomiales qui utilisent des points d'appui pour estimer un polynôme de déformation. Cette méthode est plus simple mais moins précise car elle néglige le processus d'acquisition des images.

Recalage : Mise en correspondance pixel à pixel de 2 images (pas de notion de système géodésique).

Rectification : Projection d'une image dans un repère cartographique donné sans tenir compte des effets topographiques. La rectification est un traitement informatique du cliché original qui consiste à géo-référencer et déformer ce dernier afin de limiter les déformations inhérentes à la prise de vue et au développement.

Ortho-rectification : Projection d'une image dans un repère géodésique donné en tenant compte de la topographie. On appelle orthophotographie ou plus communément orthophoto une image obtenue par traitement d'un cliché aérien numérique ou argentique. L'orthophotographie est une technique qui utilise l'orientation relative des images, la position de la caméra, ainsi qu'un modèle numérique du terrain (MNT). A partir de ces éléments, on déforme l'image afin de la rendre, par calcul, parfaitement superposable en tout point à une carte. Le résultat est une ortho-image numérique, c'est-à-dire une image géoréférencée et corrigée des effets topographiques et de prise de vue à l'aide d'un fichier référentiel pour le géoréférencement et d'un MNT pour les valeurs du relief.

Méthode d'acquisition topographique

LiDAR (*Light Detection and Ranging*) aéroporté : Système laser de haute précision (marge d'erreur verticale $< \pm 15$ cm) qui permet d'obtenir une restitution fine de la topographie sur de vastes surfaces.

Mesures topographiques par DGPS (*Global Positioning System*)

Les relevés topographiques de haute précision réalisés à l'aide d'un GPS différentiel (DGPS) se décompose en deux récepteurs GPS reliés entre eux par radio : une base fixe et une antenne mobile manipulée par un opérateur. La base fixe est en général déployée sur un point fixe dont on connaît les coordonnées avec une précision centimétrique. Ce point de base peut être géoréférencé très précisément à l'aide de points de nivellement (IGN) dont les coordonnées géographiques sont connues.

Indépendamment l'un de l'autre, les deux récepteurs GPS (mobile et base) calculent leur position à partir des mêmes satellites. Puis, la base compare sa position calculée à l'instant t avec les coordonnées très précises de sa position, entrées par l'opérateur. Elle en déduit une correction en X, Y et Z à appliquer à cet instant t et la transmet par radio au récepteur GPS mobile. Celui-ci applique la correction adéquate et enregistre ensuite la valeur mesurée dans l'ordinateur de bord. Les points enregistrés représentent alors la position en X, Y et l'altitude (Z) de chaque mesure. La marge d'erreur constructeur de cet instrument est de +/- 1-2 cm en X, Y, et de +/- 1-4 cm en Z, auxquelles s'ajoutent +/- 4 cm d'erreur de mesure en Z et d'éventuelles erreurs du manipulateur lors de la prise de mesure.

Mesures topographiques par tachéomètre laser : Système laser de haute précision (marge d'erreur verticale $< \pm 5$ cm) qui permet d'obtenir une restitution fine de la topographie sur de vastes surfaces. Ces levés sont rattachés au zéro IGN 69 pour l'altitude.

4 Annexe 4 : La méthode Visite Simplifiée Comparée

La méthode VSC (Visites Simplifiées Comparées) est un outil d'aide à la gestion d'un patrimoine « d'ouvrages », qui répond à 3 objectifs :

- accéder à une vue d'ensemble de l'état du patrimoine
- traiter immédiatement les problèmes de sécurité publique
- prévoir et programmer les actions curatives et préventives d'entretien.

La méthode VSC se caractérise par deux aspects :

- Simplifiée : cet aspect consiste en des visites de courte durée permettant d'aller à l'essentiel en matière d'expertise technique. Il s'agit de l'observation des points essentiels de l'ouvrage pour évaluer son état.
- Comparée : cet aspect consiste à établir une hiérarchisation des ouvrages afin d'établir une programmation pluriannuelle des travaux à effectuer.

Cette méthode repose sur l'évaluation des ouvrages selon trois axes indépendants que sont :

- l'axe stratégique qui a pour but d'évaluer la fonction stratégique des ouvrages est retranscrit sous la forme de l'Indice Stratégique (IS) :
 - l'IS est du ressort exclusif du gestionnaire
 - l'IS permet de classer l'ouvrage suivant les règles du gestionnaire ; il peut aussi prendre en compte des enjeux financiers et politiques, les impacts sur la vie quotidienne
- l'axe mécanique qui a pour but d'évaluer la fonction mécanique de l'ouvrage, est retranscrit sous la forme de l'Indice d'Etat Mécanique (IEm)
 - l'IEm est du ressort exclusif du technicien
 - l'IEm caractérise l'état structurel de l'ouvrage
- l'axe d'usage qui a pour but d'évaluer la fonction d'usage de l'ouvrage est retranscrit sous la forme de l'Indice d'Etat d'Usage (IEu)
 - l'IEu est du ressort exclusif du technicien
 - l'IEu caractérise l'ouvrage vis à vis de la sécurité et du confort des utilisateurs.

Les indices d'états sont établis au cours d'une visite technique ciblée dite « simplifiée » effectuée par un spécialiste à partir de règles d'évaluation (fiches identifiants regroupant les critères d'appréciation) et sont cotés de 1 (situation à risques) à 4 (bon état) (DDTM 62, *sd*).

L'évaluation de l'état d'un ouvrage s'effectue via l'évaluation de l'état des objets qui le composent. L'analyse consiste à appliquer un IEm et un IEu à chaque objet de l'ouvrage puis à retenir l'indice d'état minimal ($IE_{\text{objet}} = \min (IEm ; IEu)$).

On définit l'indice d'état globale de l'ouvrage en retenant l'objet ayant l'indice d'état le plus faible ($IE = \min (IE_{\text{objet } 1} ; IE_{\text{objet } 2} \dots IE_{\text{objet } n})$).

L'Indice Stratégique ayant peu été renseigné dans la base de données, celui-ci n'est pas reporté dans le cadre de cette étude.

5 Annexe 5 : Les Wateringues

Le territoire des Wateringues, compris dans une zone triangulaire entre Calais à l'Ouest, Saint Omer au Sud et Dunkerque) à l'Est et qui s'étend sur 100 000 hectares, est une zone de polders, terres basses drainées au fil des siècles, et ce depuis le 12^{ème} siècle, qui correspondent à l'ancien delta de l'Aa et aux marais de l'Audomarois. Un réseau de canaux et de watergangs (fossés, rivières) de 1500 km de long permet d'évacuer vers la mer les eaux de ruissellement et de rivières provenant des bassins versants des Collines de l'Artois à l'Ouest et de la Flandre Intérieure à l'est qui bordent ce territoire.

L'altitude de ce territoire se situe en dessous du niveau des plus hautes eaux et parfois même en dessous du niveau moyen de la mer. La protection de ces terres est assurée par un cordon dunaire simple et par un système de digue/portes à la mer au niveau des zones urbanisées qui empêchent l'intrusion marine à marée haute.

L'évacuation naturelle gravitaire des eaux vers la mer est complétée par un système de stations de relevage (les eaux dans les zones les plus basses sont remontées vers des zones plus hautes d'où elles peuvent s'écouler naturellement) sur l'ensemble du réseau.

L'évacuation gravitaire des eaux à la mer s'effectue essentiellement de manière intermittente à marée basse grâce à l'ouverture de portes à la mer située à Calais (2), Gravelines (1) et Dunkerque (1). On compte aussi sur huit stations de pompage réparties sur le littoral pour compléter ce système.

La gestion du réseau est assurée par Voies Navigables de France, les Institutions et Sections de Wateringues et par les Collectivités et la réalisation, l'exploitation et l'entretien des grands ouvrages d'évacuation est assurée par l'Institution Interdépartementale des Wateringues (IWW).

De nombreux enjeux sont associés à la gestion de ce territoire, où se côtoient des zones urbaines denses et fortement industrialisées, des zones agricoles fertiles et des zones humides très riches du point de vue de la biodiversité qu'elles abritent. Ces enjeux sont liés à la gestion des flux d'eau lors des crues, lors des épisodes de pluviométrie intense, à l'accroissement des ruissellements liés à l'aménagement du territoire et à l'augmentation d'épisodes pluvieux plus violents, aux submersions marines et aux dysfonctionnements des équipements hydrauliques (IWW, 2012, Communication Conférence CERCLE Décembre 2013 par S. Vanhée).

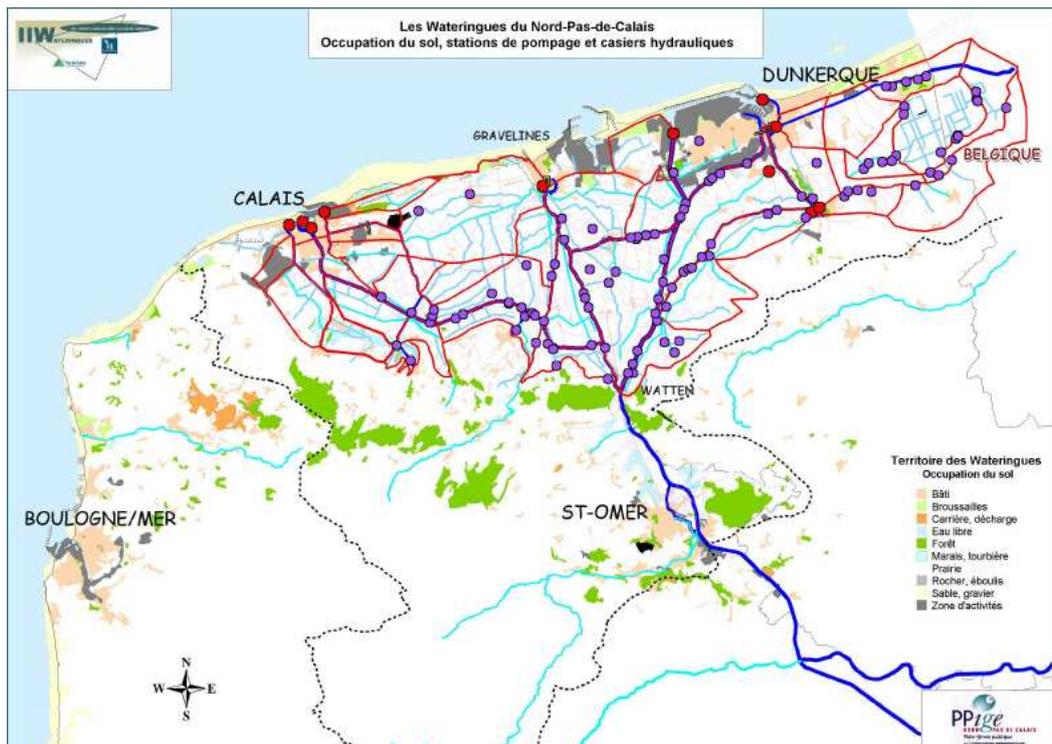


Figure 62: Les Wateringues du Nord Pas-de-Calais : occupation du sol, stations de pompages et casiers hydrauliques (IWWateringues, 2013).



- Études générales
- Assistance au Maître d'Ouvrage
- Maîtrise d'œuvre conception
- Maîtrise d'œuvre travaux
- Formation

Egis Ports Siège social
15 Avenue du Centre
CS 20538 Guyancourt
78286 Saint Quentin en Yvelines CEDEX

Tél. : 01 39 41 40 00
Fax : 01 39 41 57 41
<http://www.egis-ports.fr>

