
Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) de Dunkerque et Bray-Dunes

Pièce n°1 Note de présentation

Maître d'œuvre :



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES ET DE LA MER DU NORD**

**Document soumis aux
Consultations Officielles**

Service Sécurité Risques et Crise
Unité Risques et Crises

**62 Boulevard de Belfort
CS 90007
59042 LILLE CEDEX**

Service Territorial Flandres et Littoral
30, rue de l'Hermitte – BP 6533
59386 Dunkerque cedex

Table des matières

I Rappel réglementaire, objectifs et définition.....	11
I.1 Qu'est-ce qu'un risque ?.....	11
I.1.a Le risque.....	11
I.1.b Politique de l'État.....	12
I.2 Le plan de prévention des risques naturels.....	12
I.2.a Qu'est-ce qu'un PPRN ?.....	12
I.2.b Les objectifs du PPRN.....	13
I.3 Pourquoi un PPRL ?.....	14
I.4 La réglementation relative aux risques.....	14
I.4.a Les principaux textes.....	14
I.4.b La valeur juridique du PPRN.....	14
I.4.c Les modalités d'assurances.....	15
I.5 La responsabilité des différents acteurs en matière de Prévention des Risques.....	15
I.5.a La responsabilité de l'État :.....	15
I.5.b La responsabilité des Collectivités :.....	15
I.5.c La responsabilité du citoyen :.....	16
I.6 Le périmètre de l'arrêté de prescription.....	16
I.6.a Le premier arrêté de prescription.....	16
I.6.b Le second arrêté de prescription.....	17
II Élaboration du PPRL.....	17
II.1 Les spécificités du PPRL.....	17
II.2 Présentation de la démarche et du contenu.....	17
II.2.a La procédure d'élaboration du PPRL.....	17
II.2.b Portée du PPRL.....	18
II.2.c Contenu du PPRL.....	19
II.3 Modalités d'association et de concertation.....	20
Chapitre 2 : PRÉSENTATION DU SITE.....	22
III Le contexte régional.....	22
III.1 La région des Hauts-de-France.....	22
III.1.a Une grande région urbaine.....	22
III.1.b Le littoral Nord Pas-de-Calais.....	23
III.2 Le fonctionnement du littoral.....	23
III.2.a L'espace littoral.....	23
III.2.b Les Wateringues.....	24
III.2.c Conséquences des marées de tempête pour le réseau des Wateringues.....	24
III.3 L'évolution du trait de côte.....	25
III.4 La prise en compte du changement climatique dans l'étude et la prévention de la submersion marine.....	27
III.4.a Les températures.....	27
III.4.b Les précipitations.....	27
III.4.c Le niveau de la mer.....	27
III.4.d La submersion marine.....	27
IV Le contexte urbain.....	28
IV.1 Le territoire historique de Dunkerque.....	28
IV.1.a Histoire de la commune.....	28
IV.1.b Dunkerque vers 1850.....	28

IV.1.c L'occupation des sols aujourd'hui.....	29
IV.2 L'évolution de l'urbanisation à Bray-Dunes.....	30
IV.2.a Histoire de la commune.....	30
IV.2.b Bray-Dunes vers 1850.....	31
IV.2.c L'occupation des sols aujourd'hui.....	31
IV.3 Un territoire littoral soumis au risque de submersion marine.....	32
IV.3.a Un espace littoral.....	32
IV.3.b Un espace urbain dunkerquois restructuré après la seconde guerre mondiale autour du développement industriel.....	32
V Les marées de tempête historiques.....	33
V.1 Pourquoi faire un historique des phénomènes ?.....	33
V.1.a La mémoire du risque.....	33
V.1.b La localisation des sites à risque.....	33
V.1.c Le (dys-)fonctionnement du littoral.....	34
V.1.d Déterminer l'aléa de référence.....	34
V.2 Les phénomènes de submersion marine sur le site Dunkerque à Bray-Dunes.....	34
V.3 Les tempêtes de 1949.....	37
V.4 La tempête de 1953.....	40
V.5 La tempête du 18 janvier 1978.....	44
V.6 La tempête Xaver en 2013.....	45
V.7 Les tempêtes Eléonor de janvier 2018 et Egon de janvier 2019.....	45
V.8 Conclusion sur l'historicité des tempêtes.....	45
Chapitre 3 : DÉTERMINATION DE L'ALÉA.....	46
VI La submersion marine dans le Dunkerquois.....	46
VI.1 Les phénomènes de submersion.....	46
VI.1.a Les marées de tempête.....	46
VI.1.b La marée.....	46
VI.1.c L'onde de tempête.....	47
VI.1.d Détermination du niveau marin extrême au large:.....	48
VI.1.e La houle:.....	48
VI.1.f Le déferlement à la côte.....	48
VI.1.g Les mécanismes de submersion marine.....	49
VI.2 Contexte de l'étude de l'aléa.....	49
VI.2.a L'Étude de détermination de l'aléa submersion marine DREAL/DHI.....	49
VI.2.b L'étude de dangers de la digue des Alliés et du barrage Tixier.....	50
VII Synthèse sur les caractéristiques des aléas de référence du PPRL Dunkerque à Bray-Dunes.....	51
VII.1 La démarche.....	52
VII.2 Les niveaux marins extrêmes des extrapolations statistiques marégraphiques.....	52
VII.3 Comparaison des niveaux marins avec l'altitude du trait de cote.....	53
VII.3.a Le débordement.....	53
VII.3.b Le franchissement par paquets de mer.....	54
VII.3.c La rupture du premier rang de protection.....	54
VII.4 Autres critères pour la sélection de sites.....	54
VII.5 Les sites finaux retenus.....	55
VII.6 Principes des estimations des conditions marines précises pour chaque site.....	57
VII.7 La définition des conditions de mer.....	57
VII.7.a Le modèle de houle.....	57
VII.7.b Probabilités conjointes niveaux extrêmes/hauteurs de houle.....	59
VII.7.c Transfert aux conditions de mer à la côte.....	60

VII.8 Les sites de rupture et débordement.....	60
VII.8.a Estimation des niveaux marins extrêmes finaux au droit de la digue des Alliés de Dunkerque.....	61
VII.8.b Estimation des niveaux marins extrêmes finaux dans l'avant-port Est de Dunkerque.....	64
VII.8.c Estimation des niveaux marins extrêmes finaux pour le site de rupture de cordon dunaire de Bray-Dunes.....	64
VII.9 Les sites de franchissement par paquets de mer.....	65
VII.9.a La digue promenade de Bray-Dunes.....	66
VII.9.b La digue promenade de Malo-les-Bains.....	68
VIII Cartographie des aléas submersion marine.....	71
VIII.1 La modélisation hydraulique de propagation de submersions.....	71
VIII.2 La modélisation pour le site de rupture du système de protection digue des Alliés/barrage Tixier.....	71
VIII.2.a Hypothèses de brèche.....	72
VIII.2.b Construction du modèle.....	73
VIII.2.c Hypothèses liées à l'état du réseau hydraulique.....	75
VIII.2.d Scénario de rupture.....	76
Chapitre 4 : L'ÉLABORATION DU PPRL.....	80
IX Nature du risque et justification du périmètre.....	80
IX.1 Nature et caractéristiques du risque.....	80
IX.2 La submersion marine à Dunkerque et Bray-Dunes.....	80
IX.2.a Les aléas historiques.....	80
IX.2.b L'aléa de référence.....	81
IX.2.c Affichage de l'aléa.....	82
IX.2.d Bande de précautions.....	83
IX.3 Caractérisation de l'occupation des sol.....	85
IX.3.a Les Zones urbanisées.....	85
IX.3.b Les Zones naturelles.....	88
IX.3.c Entretiens et présentation de la cartographie aux collectivités.....	89
IX.3.d Mise à jour de la cartographie de l'occupation du sol.....	90
IX.3.e Restitution cartographique.....	90
IX.4 Identification des enjeux du PPRL.....	91
IX.4.a PAU et PNAU.....	91
IX.5 Détermination de la PAU et de la PNAU brute.....	92
IX.5.a Critère de détermination du périmètre urbanisé.....	93
IX.5.b Détail de la méthode.....	93
IX.6 AFFINAGE DE PAU.....	95
IX.6.a Principes.....	95
IX.6.b Cas numéro 1 : la PAU est calée sur les limites de l'occupation du sol réelle.....	96
IX.6.c Cas numéro 3 : requalification de certaines zones « urbanisées ».....	96
IX.6.d Cas numéro 4 : intégration de petites PNAU dans la PAU.....	97
IX.7 Carte finale des enjeux PPRL.....	97
IX.8 Enjeux ponctuels liés à la gestion de crise.....	98
IX.8.a Définition.....	98
IX.8.b Structures identifiées.....	99
IX.9 Vulnérabilité à l'échelle du territoire.....	100
IX.9.a La vulnérabilité du bâti.....	100
IX.9.b Analyse des routes coupées.....	100
IX.10 Cartographie de synthèse des enjeux de gestion de crise.....	102

IX.11 Analyse complémentaire.....	103
X Le zonage réglementaire.....	105
X.1 Définition des objectifs de prévention et zonage.....	105
X.2 Principe de la transcription réglementaire.....	105
X.2.a Cas de la submersion marine.....	105
X.3 Du zonage au règlement.....	107
X.3.a Organisation du règlement.....	108
X.3.b Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.....	112
GLOSSAIRE.....	113
SOURCES.....	119

Index des illustrations

Illustration 1: Définition générale du risque.....	11
Illustration 2: Schéma d'avancement du PPRL (DDTM59, 2015).....	18
Illustration 3: Carte des zones urbaines des Hauts-de-France (INSEE).....	22
Illustration 4: Le littoral Nord-Pas de Calais (Cartier, 2013).....	23
Illustration 5: Évolution du trait de côte en Nord-Pas de Calais entre 1963 et 2000 (Héquette, 2010).....	25
Illustration 6: Schéma de la dérive littorale (Suanez).....	26
Illustration 7: Transits sédimentaires et bancs tidaux (Cartier, 2013).....	26
Illustration 8: L'occupation du sol vers 1850 à Dunkerque.....	29
Illustration 9: Carte de l'occupation des sols (source Corine Land Cover 2018).....	30
Illustration 10: L'occupation du sol vers 1850 à Bray-Dunes.....	31
Illustration 11: Carte de l'occupation des sols (source Corine Land Cover 2018).....	32
Illustration 12: Rupture de la digue Tixier à Dunkerque en février 1953 (photo : Archives Municipales de Dunkerque).....	34
Illustration 13 : Conditions météo de la tempête de 1953 (Lachainemétéo.com).....	41
Illustration 14: Éléments concourant au niveau marin à la côte pendant un phénomène de marée de tempête (DHI, 2013).....	46
Illustration 15: Variation du niveau d'eau à Dunkerque lors de la surcote de janvier 1976 (Hequette, 2010).....	47
Illustration 16: Zones hydrodynamiques (Cartier, 2013).....	48
Illustration 17: Effet de la surcote de déferlement de la houle sur le niveau de la mer à l'approche de la côte (DHI, 2013).....	49
Illustration 18: Comparaison des niveaux marins de pleine mer centennaux (étude de détermina....) des millésimes 2018 et 2012.....	53
Illustration 19: Carte des niveaux de pleine mer centennaux finaux recommandés par les producteurs de la donnée (Note méthodologique relative au produit « Statistiques des niveaux marins extrêmes des Côtes de France » Édition 2012, SHOM/CETMEF).....	53
Illustration 20: Paramètres de l'étude morphologique des cordons dunaires.....	55
Illustration 21: Arbre de décision utilisé pour la sélection des sites pour lesquels ont été considérés le risque les submersions marine (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	56
Illustration 22: Sites retenus sur le littoral Nord pour la définition d'aléas submersion marine (Étude de détermination de l'aléa submersion).....	56
Illustration 23: Emprise et maillage du modèle MIKE 21 SW utilisé pour l'Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-	

Pas-de-Calais.....	58
Illustration 24: Comparaisons des hauteurs significatives de la houle (Hs) issues du modèle avec les données CANDHIS. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	58
Illustration 25: Hauteurs significatives de la houle (Hs) au large de la digue des Alliés de Dunkerque associées aux périodes de retour de 0,1 à 100 ans. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	59
Illustration 26: Périodes de retour des combinaisons de niveaux extrêmes / houle au large de la digue des Alliés. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	59
Illustration 27: Méthodologie pour la modélisation des débordements et rupture d'ouvrage (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	61
Illustration 28: Niveaux marins de pleine mer retenus pour différentes périodes de retour à Dunkerque (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	61
Illustration 29: Conditions de mer associées à différentes période de retour au large de la digue des Alliés (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	62
Illustration 30: Profils de plage avant rechargement (février 2014), profil mesuré en 2016, profil estimé après 5 ans en conditions moyenne et profil estimé après 5 ans en conditions sévères. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	62
Illustration 31: Évolution du niveau dans le profil actuel pour différentes période de retour. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	63
Illustration 32: Exemple de surcote de déferlement calculée au pied de la digue des Alliés pour différents scénarios de niveaux marins extrême (différentes périodes de retour) et différents profils de plage (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	63
Illustration 33: Niveaux marins extrêmes totaux estimés au pied de la digue des Alliés. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	64
Illustration 34: Niveaux marins extrêmes totaux estimés dans l'avant-port est de Dunkerque. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	64
Illustration 35: Niveaux marins extrêmes (cotes NGF) totaux estimés dans l'avant-port est de Dunkerque. (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	65
Illustration 36: Méthodologie pour la modélisation des franchissements par paquets de mer (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	65
Illustration 37: Position des deux profils de plage utilisés pour les calculs de débits de franchissement pour la digue-promenade de Bray-Dunes (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	66
Illustration 38: Profil 2.....	66
Illustration 39: Profil 1.....	66
Illustration 40: Niveaux marins extrêmes et surcotes de déferlement correspondantes pour les deux profils de la digue-promenade de Bray-Dunes (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	67
Illustration 41: Caractéristiques au pied de la digue-promenade de Bray-Dunes des houles sélectionnées pour les différentes périodes de retour (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	67
Illustration 42: Caractéristiques prises en compte pour les perrés de la digue-promenade de Bray-Dunes (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	68
Illustration 43: Débits de franchissement maximaux retenus pour la digue-promenade de Bray-	

Dunes pour différentes périodes de retour (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	68
Illustration 44: Position des trois profils de plage utilisés pour les calculs de débits de franchissement pour la digue-promenade de Malo-les-Bains (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	69
Illustration 45: Profil 1.....	69
Illustration 46: Profil 2.....	69
Illustration 47: Profil 3.....	69
Illustration 48: Niveaux marins extrêmes et surcotes de déferlement correspondantes pour les trois profils de la digue-promenade de Bray-Dunes exprimés en cotes NGF (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).....	69
Illustration 49: Caractéristiques au pied de la digue-promenade de Malo-les-Bains des houles sélectionnées pour les différentes périodes de retour.....	70
Illustration 50: Caractéristiques prises en compte pour les perrés de la digue-promenade de Malo-les-Bains.....	70
Illustration 51: Débits de franchissement maximaux retenus pour la digue-promenade de Malo-les-Bains pour différentes périodes de retour.....	70
Illustration 52: Exemple de représentation de brèche trapézoïdale.....	72
Illustration 53: Réseau hydraulique des canaux intégrés dans la modélisation (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	73
Illustration 54: Exemple de représentation des canaux en rouge (canal de Furnes, canal des Moères) dans le modèle hydraulique du site de rupture de Dunkerque (un pixel est une maille de calcul 2D, les traits noirs des canaux sont les profils 1D décrivant les canaux).....	74
Illustration 55: Détail sur les modalités de couplage 1D/2D au niveau du site des 4 écluses (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	74
Illustration 56: Réseau hydraulique des canaux intégrés dans la modélisation (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	74
Illustration 57: Description topo-bathymétrique utilisée dans la modélisation s (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	75
Illustration 58: Densité de probabilité (en rouge) et fonction de répartition (en bleu) des niveaux d'eau dans le canal exutoire entre 2006 et 2011 (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	76
Illustration 59: Niveaux d'eaux initiaux pris en compte dans les canaux du réseau hydraulique modélisé (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	76
Illustration 60: Cartographie de la zone protégée par le système d'endiguement (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	77
Illustration 61: Localisation de la brèche prise en compte dans les scénarios de rupture de la digue des alliés (EDD Digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	78
Illustration 62: Vue 3D de la brèche modélisée pour les scénarios de rupture de la digue des alliés (EDD Digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).....	78
Illustration 63: Cartographie des hauteurs d'eau du scénario 3 (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).....	79
Illustration 64: Schéma des limites de déplacement debout (source : MEDDE).....	82
Illustration 65: Affichage de l'aléa en fonction de son origine (centennal ou changement climatique).....	83
Illustration 66: Extrait de la carte des aléas de Dunkerque.....	83
Illustration 67: Affichage de l'aléa en fonction de son origine (centennal ou changement climatique).....	83
Illustration 68: Extrait de la carte des aléas de Bray-Dunes.....	84

Illustration 69: Zone urbaine dense, Dunkerque.....	86
Illustration 70: Zone d'habitat, Dunkerque.....	86
Illustration 71: Zone à grands ensembles d'habitat collectif, Dunkerque.....	87
Illustration 72: Zone à grands ensembles d'activités, Dunkerque.....	87
Illustration 73: Zone à grands ensembles d'équipements, Dunkerque.....	87
Illustration 74: Zone aménagée non-bâtie, Rosendaël.....	88
Illustration 75: Terrains de sports, Bray-Dunes.....	88
Illustration 76: Zone agricole, Bray-Dunes.....	89
Illustration 77: Zone de bâti isolé, Dunkerque.....	89
Illustration 78: Légende de la carte d'occupation des sols.....	90
Illustration 79: Extrait de la carte d'occupation des sols de Dunkerque.....	91
Illustration 80: périmètre urbanisé à 20 m en zone rurale.....	93
Illustration 81: Occupation du sol réelle.....	93
Illustration 82: Application de la zone des 20 mètres.....	94
Illustration 83: Superposition de l'aléa.....	94
Illustration 84: Extraction des zones impactées.....	94
Illustration 85: Affichage de la PAU brute et de la PNAU brute.....	95
Illustration 86: cas particuliers dans la PAU Brute.....	95
Illustration 87: cas de la PAU brute débordant sur des espaces naturels non enclavés.....	96
Illustration 88: Gestion des fonds de parcelles urbanisées.....	96
Illustration 89: Espaces non bâtis de petite taille intégré à la PAU.....	97
Illustration 90: Extrait de cartes des enjeux sur Dunkerque.....	98
Illustration 91: Légende de la carte des enjeux de gestion de crise et de vulnérabilité.....	102
Illustration 92: Extrait de la carte des enjeux de gestion de crise de Dunkerque.....	103
Illustration 93: Maison de ville avec cave aménagée.....	103
Illustration 94: Pavillon avec sous-sol et garage enterrés.....	103
Illustration 95: Pavillon avec garage enterré transformé en local d'activité.....	104
Illustration 96: Repérage des bâtiments à enjeux spécifiques sur le quartier des Corderies.....	104
Illustration 97: Pavillon avec garage enterré transformé en local d'activité.....	119

Index des tables

Tableau 1: Communes concernées par le premier arrêté de prescription.....	16
Tableau 2: Grandes tempêtes récentes.....	37
Tableau 3: Comparaison des hypothèses retenues pour l'étude d'aléas de 2013 et l'étude de danger (EDD) de 2016-2017.....	72
Tableau 4: Grille de qualification des aléas submersion marine.....	81
Tableau 5: Tableau de combinaison des hauteurs-vitesses utilisé dans le cadre de l'analyse de la vulnérabilité des axes de circulation.....	101
Tableau 6: Tableau récapitulatif de la division du territoire en zones.....	106
Tableau 7: Principaux objectifs de prévention par zone.....	109
Tableau 8: Mesures applicables au bâti-préexistant.....	111

I Rappel réglementaire, objectifs et définition

I.1 Qu'est-ce qu'un risque ?

I.1.a Le risque

Le risque est une notion autrefois utilisée pour évaluer l'assurance de navires partants en mer. Aujourd'hui il est considéré comme le résultat du croisement de l'aléa et de la vulnérabilité.

L'aléa est le phénomène en question ou la conséquence physique résultant d'un scénario d'événements. Il peut être caractérisé par sa probabilité d'occurrence, à savoir le « risque » qu'il survienne en fonction d'une période de retour donnée (centennale par exemple : chaque année, une chance sur 100 de survenir), mais également par l'intensité du phénomène.

La vulnérabilité est la sensibilité d'un territoire à l'aléa, sa capacité de résilience (la possibilité de revenir à l'état initial après un phénomène). Plus il y a d'enjeux sur le territoire, tels des personnes, des biens, des activités susceptibles d'être affectés, plus le territoire est vulnérable. Il est ici important d'insister sur le fait qu'il faut que ces enjeux soient susceptibles d'être affectés par l'aléa, en effet, si ces enjeux sont situés hors de portée de l'aléa, alors, aussi importants soient-ils, il n'y a pas de vulnérabilité.

Plus la période de retour est longue, plus l'aléa est intense. Un risque majeur est un risque qui présente à la fois une probabilité d'apparition faible et des conséquences extrêmement graves.

Le risque est alors la probabilité que ce territoire vulnérable soit touché par le ou les phénomènes envisagé(s) (aléas). Un risque n'est donc pas nécessairement un événement qui s'est déjà produit avec le niveau d'intensité envisagé.

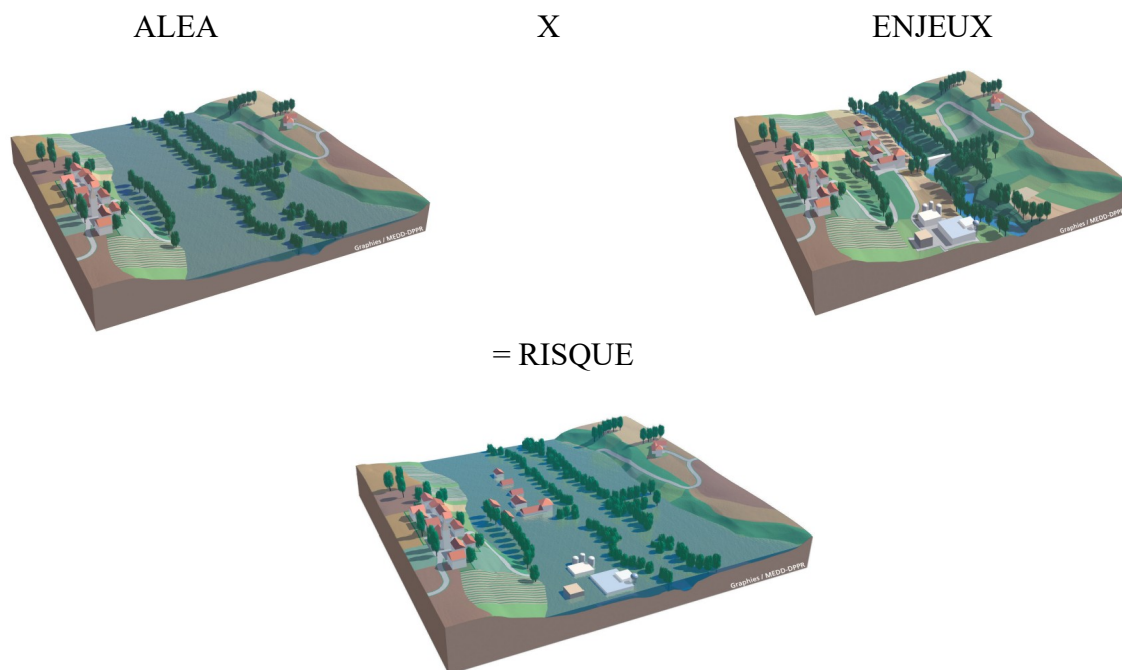


Illustration 1: Définition générale du risque

I.1.b Politique de l'État

La politique de l'État en matière de gestion des risques naturels majeurs a pour objectif d'assurer la sécurité des personnes et des biens dans les territoires exposés à ces risques. Elle repose sur 4 principes: la protection, la prévention, la gestion de crise et l'information.

- La **protection** vise à limiter les conséquences du phénomène naturel sur les personnes et les biens. Il s'agit alors de travaux de réduction de la vulnérabilité. Cet aspect est limité par son coût et par l'étendue du territoire à traiter, et ne sera donc mise en place que pour des enjeux déjà exposés et réellement importants. Ces travaux n'annulent cependant pas le risque et ils ne doivent pas avoir pour conséquence d'inciter à urbaniser davantage les espaces ainsi protégés ;
- La **prévention** vise à limiter les enjeux dans les zones soumises au phénomène naturel et à ne pas aggraver l'aléa. Elle repose sur la connaissance des phénomènes physiques et sur la prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire, à travers l'élaboration de plans et dans des travaux spécifiques. Il s'agit de prendre en compte le risque pour ne pas exposer de nouveaux biens et de ne pas aggraver les risques ;
- La **gestion de crise** a pour objectif de rendre les secours, l'évacuation et la gestion des phénomènes les plus efficaces possible dès lors que le phénomène se déclenche. Cela passe par la mise en place de procédures d'alerte pour réduire les conséquences par des mesures temporaires (évacuation, etc.), ainsi que par la préparation de la gestion de la catastrophe et l'organisation prévisionnelle des secours (dispositif ORSEC) ;
- L'**information préventive** a pour objectif d'informer et de responsabiliser le citoyen. En effet chaque citoyen a droit à une information sur les risques auxquels il est exposé et sur les mesures de sauvegarde mises en œuvre ou susceptibles de l'être. Cette information est donnée dans le cadre supra-communal et communal : dossier départemental des risques majeurs, dossier communal synthétique des risques majeurs dossier d'information communal sur les risques majeurs. Par ailleurs lors de l'achat ou de la location d'un bien immobilier situé dans un PPR prescrit ou approuvé, il est obligatoire de le signaler à l'acquéreur ;
- L'**Information Acquéreurs-Locataires** a pour objectif d'informer les acquéreurs ou les locataires d'un bien situé en zone de sismicité et/ou dans le périmètre d'un plan de prévention des risques naturels (PPRN), miniers (PPRM) ou technologiques (PPRT) prescrit ou approuvé. La loi du 30 juillet 2003 impose cette information lors de toutes transactions immobilières par le vendeur ou le bailleur du bien. Cela impose, d'annexer au maximum deux documents au contrat de vente ou de location : un état des risques et une information écrite sur les sinistres subis par le bien ayant donné lieu à indemnisation au titre des effets d'une catastrophe naturelle ou technologique.

I.2 Le plan de prévention des risques naturels

I.2.a Qu'est-ce qu'un PPRN ?

Le plan de prévention des risques naturels est un document qui régit l'aménagement du territoire et les activités dans des espaces soumis à un risque naturel. Il s'agit d'une servitude d'utilité publique, et à ce titre il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme. C'est un des outils de la gestion des risques qui vise la prévention et l'information, il a en effet pour objectif d'identifier

les zones de risques et le niveau de danger, de ne pas aggraver le phénomène, de ne plus y exposer de nouveaux biens et de rendre moins vulnérables les biens qui y sont déjà exposés.

En tant qu'outil de prévention, le PPR ne constitue ni un programme de travaux, ni un protocole de gestion de crise. Par ailleurs, s'il est susceptible de réorienter l'urbanisation, cette démarche rejoint une approche ancienne de connaissance des risques et d'évitement des zones dangereuses lors de l'urbanisation. Enfin le PPR n'annule en rien le risque, mais a pour vocation d'en limiter les conséquences sur les biens et activités humaines. Il devra donc être complété d'ouvrages de protection, d'une gestion de crise préparée et d'une information efficace aux populations.

Le Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) est un cas particulier du Plan de Prévention des Risques Naturels qui, lui-même, vient en remplacement des divers outils réglementaires utilisables pour la maîtrise de l'urbanisation des zones exposées aux risques naturels :

- le Plan des Surfaces submersibles ;
- la délimitation d'un périmètre de risque (article R 111-3 du code de l'urbanisme) ;
- le Plan d'Exposition aux Risques, créé par la loi du 13 juillet 1982.

I.2.b Les objectifs du PPRN

L'article L 562-1 du code de l'Environnement, indique que « l'État *élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones. Ces plans ont pour objet, en tant que besoin de :*

1. délimiter les zones de danger: *Il s'agit de caractériser les zones exposées aux risques en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciales ou industrielle, ou dans le cas où ces dernières pourraient être autorisées, de prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités.*

2. délimiter les zones de précaution: *Il s'agit de caractériser les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues pour les zones de dangers.*

3. définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde: *Il s'agit de définir les mesures qui doivent être prises dans les zones de danger ou les zones de précaution par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers.*

4. définir des mesures d'aménagement: *Il s'agit de définir dans les zones de danger et les zones de précaution les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.*

La définition des mesures prévues aux points 3 et 4 peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.

Les mesures de prévention prévues aux points 3 et 4, concernant les terrains boisés lorsqu'elles imposent des règles de gestion et d'exploitation forestière ou la réalisation de travaux de prévention concernant les espaces boisés mis à la charge des propriétaires et exploitants forestiers, publics ou privés, sont prises conformément aux dispositions du titre II du livre III et du livre IV du Code Forestier.

Les travaux de prévention imposés en application du point 4 à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs, ne peuvent porter que sur des aménagements limités. »

I.3 Pourquoi un PPRL ?

Les communes de Dunkerque et Bray-Dunes sont des communes littorales dont une partie du territoire est située à des altitudes très basses, protégées par des digues ou des cordons de dunes délimitant des polders.

Le territoire a été concerné à plusieurs reprises par des tempêtes dévastatrices qui ont occasionné de multiples dégâts à cause des phénomènes de submersion marine, des ruptures d'ouvrages, des érosions du trait de côte et des franchissements pas des paquets de mer.

Ces deux communes subissent, en outre, une pression foncière significative, tant pour les besoins en habitat que pour les activités économiques (agriculture, commerce, tourisme, artisanat et industrie).

Après la tempête Xynthia qui a causé la mort de 53 personnes, 79 blessés et plus de 2,5 milliards d'euros de dégâts le 28 février 2010, l'État français a souhaité relancer en priorité les procédures d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux dans les communes les plus exposées en raison de leur altitude basse (moins de 5 m NGF¹) et dont les enjeux humains sont protégés par des digues.

Les communes de Dunkerque et Bray-Dunes répondant à ces critères, un PPRL a été prescrit par le préfet du Nord.

I.4 La réglementation relative aux risques

I.4.a Les principaux textes

- La loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles ;
- La loi du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs ;
- La loi du 2 février 1995 dite loi Barnier relative au renforcement de la protection de l'environnement ;
- La loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- Le code de l'environnement sur les PPRN (en particulier, ses articles L562-1 et suivants et R562-1 et suivants).

I.4.b La valeur juridique du PPRN

La loi Barnier a institué la mise en application des Plans de Prévention des Risques Naturels

1 NGF : Nivellement général de la France exprimant l'altitude absolue des terrains (équivalent à IGN 69)

prévisibles, ils sont codifiés sous les articles L 562-1 à L 562-9 du Code de l'environnement.

Un PPRN est approuvé par arrêté préfectoral après une enquête publique et avis des conseils municipaux. Ce document vaut alors servitude d'utilité publique et est annexé au PLU. Il est donc opposable à tout mode d'occupation du sol ou d'utilisation du sol et traduit pour les communes leur exposition aux risques tels qu'ils sont actuellement connus. Il peut donc être révisé en fonction de l'évolution des connaissances du risque.

I.4.c Les modalités d'assurances

En cas de non-respect des prescriptions définies par le PPRN, les modalités d'assurance des biens et personnes sont susceptibles d'être modifiées. Si des biens immobiliers ou des activités sont construits ou mis en place en violation des règles du PPRN, les assureurs ne sont pas tenus de les assurer.

La loi du 13 juillet 1982 impose aux assureurs, pour tout contrat relatif aux biens et véhicules, d'étendre leur garantie aux effets des catastrophes naturelles, que le secteur soit concerné ou non par un PPRN. Lorsqu'un PPRN existe, le code des assurances précise l'obligation de garantie des biens et activités existants antérieurement à la publication de ce plan.

En cas de différend avec l'assureur, l'assuré peut recourir à l'intervention du Bureau Central de Tarification compétent en matière de catastrophes naturelles.

I.5 La responsabilité des différents acteurs en matière de Prévention des Risques

Dans l'application de la politique de gestion des risques naturels majeurs, il existe trois niveaux de responsabilité : Administratif, civil et pénal, ainsi que trois grands acteurs : l'État, les collectivités et les citoyens.

I.5.a La responsabilité de l'État :

L'article L 564-1 du Code de l'Environnement dispose que « *l'organisation de la surveillance de la prévision et de la transmission de l'information sur les crues est assurée par l'État* ». Un des premiers rôles de l'État (Préfet) est donc celui de l'information des élus et des citoyens (Dossier Départemental des Risques Majeurs, liste des arrêtés portant constatation de l'état de catastrophe naturelle, etc), mais également dans le cadre du Porter à Connaissance des documents d'urbanisme. Mais cette information nécessite une connaissance préalable du risque au travers d'analyses des phénomènes, de quantifications d'aléas. Ces données sont traduites dans un document réglementaire annexé au PLU ayant valeur de servitude d'utilité publique: c'est le PPRN, qui relève de la compétence de l'État et qui constitue le document de référence du dispositif de prévention. L'État en liaison avec les autres acteurs, assure par ailleurs la surveillance des phénomènes, l'alerte et l'organisation des plans de secours, lorsque le problème concerne plusieurs communes ou que l'événement entraîne le déclenchement du dispositif ORSEC. Exceptionnellement, le recours aux procédures d'expropriation peut être nécessaire si le déplacement des populations dont la vie serait menacée se révèle être la seule solution à un coût acceptable.

I.5.b La responsabilité des Collectivités :

L'article L125-2 du CDE dispose que « *dans les communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un PPR, le Maire informe la population au moins une fois tous les 2 ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des*

risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque ainsi que sur les garanties prévues par l'article L 125-1 du Code des Assurances. ». L'article L731-3 du code de la sécurité intérieure rend obligatoire l'élaboration d'un Plan Communal de Sauvegarde dans les communes dotées d'un PPR approuvé. Ce PCS regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection des populations. La maîtrise de l'occupation du sol et sa mise en cohérence avec les risques identifiés, à travers l'élaboration des PLU, font également partie de ce rôle de prévention. En outre, dans l'exercice de ses compétences en matière d'urbanisme, si celles-ci lui ont été transférées, le Maire conserve la possibilité de recourir à l'article R 111-2 du Code de l'Urbanisme relatif à la sécurité publique. Cet article dispose que *« le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance, ou de son implantation à proximité d'autres installations. »* Les collectivités locales et territoriales peuvent aussi réaliser des travaux de protection des lieux habités et réduire ainsi la vulnérabilité, s'ils présentent un caractère d'intérêt général. C'est le Maire qui est en premier lieu le responsable de la gestion de crise (organisation et direction des secours) sur sa commune. Il tient le Préfet informé de son action. Ce dernier peut se substituer au Maire si le phénomène dépasse le cadre communal, si les moyens de la commune ne suffisent pas ou encore en cas de carence. En vertu du Code Général des Collectivités Territoriales, le Maire peut avoir l'obligation de prendre les mesures nécessaires afin de prévenir les atteintes à la sécurité publique résultant de risques naturels, dans l'exercice de ses pouvoirs ordinaires de police. L'État peut se substituer à lui en cas de carence.

I.5.c La responsabilité du citoyen :

Le citoyen qui a connaissance d'un risque a le devoir d'en informer le Maire, et a aussi le devoir de ne pas s'exposer sciemment à des risques naturels, en vérifiant notamment que les conditions de sécurité au regard de ces risques soient bien remplies, comme l'y incite le Code Civil. C'est au propriétaire d'un terrain concerné par un risque que peut revenir la responsabilité des travaux de protection contre les risques de lieux habités. Le citoyen propriétaire ou bailleur d'un bien immobilier réglementé par un PPRN, a le devoir d'informer l'acheteur ou le locataire de l'existence des risques naturels et/ou technologiques auxquels ses biens sont exposés (Information Acqureur Locataire).

I.6 Le périmètre de l'arrêté de prescription

I.6.a Le premier arrêté de prescription

Un premier arrêté de prescription avait été signé le 13 septembre 2011 pour la réalisation d'un PPRL de Dunkerque à Bray-Dunes. Il concernait les communes de :

- | | |
|-----------------------|---------------|
| • Dunkerque | • Bray-Dunes |
| • Coudekerque-Branche | • Ghyvelde |
| • Teteghem | • Uxem |
| • Leffrincoecke | • Coudekerque |
| • Zuydcoote | |

Tableau 1: Communes concernées par le premier arrêté de prescription

I.6.b Le second arrêté de prescription

Le périmètre de cet arrêté a été réduit au regard de la qualification de l'aléa défini par les études techniques préliminaires au PPRL.

Ce nouveau périmètre est établi sur la base d'études prenant en compte de nouvelles hypothèses de défaillance d'ouvrages, notamment au niveau de la digue des Alliés, et dans lesquelles la géométrie de certaines brèches ont été modifiées. Ces études prennent également en compte le changement climatique à l'horizon 2100, soit une hausse du niveau de la mer de 20 cm sur l'aléa de référence et de 60 cm sur l'aléa 100 ans. Cela a permis d'afficher un nouvel aléa de référence, qui sert de base au nouveau périmètre du PPRL.

Le nouvel arrêté, en date du 6 juillet 2018 portant prescription d'un plan de prévention des risques littoraux, concerne désormais uniquement les communes de Dunkerque et Bray-Dunes.

II Élaboration du PPRL

II.1 Les spécificités du PPRL

Le Plan de Prévention des Risques Littoraux est un PPRN qui s'applique aux territoires littoraux, en raison des spécificités de ces espaces et de la variété de phénomènes qu'on y trouve et leur dangerosité : les PPRL peuvent concerner les tsunamis, l'érosion du trait de côte, la submersion marine, les avancées dunaires, etc. C'est alors un outil privilégié pour gérer et aménager le littoral, en prenant en compte les aléas maritimes et littoraux pouvant avoir un impact sur les biens et les activités.

La 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 » précise les modalités de prise en compte de l'aléa submersion marine et des ouvrages de protection dans les plans de prévention des risques littoraux. Elle intègre également l'impact du changement climatique à prendre en compte dans les PPRL.

Un guide méthodologique a par la suite été édité pour aider à la mise en place d'un PPRL. Il précise ainsi les spécificités liées aux risques littoraux, mais également les points d'attention spécifiques au littoral. Par exemple, dans le cas des PPRL, les ouvrages de protection sont pris en compte dans la modélisation de l'aléa de référence. Ce guide précise que les PPRL doivent prendre en compte l'influence du changement climatique sur les littoraux (cet aspect est détaillé plus loin).

II.2 Présentation de la démarche et du contenu

II.2.a La procédure d'élaboration du PPRL

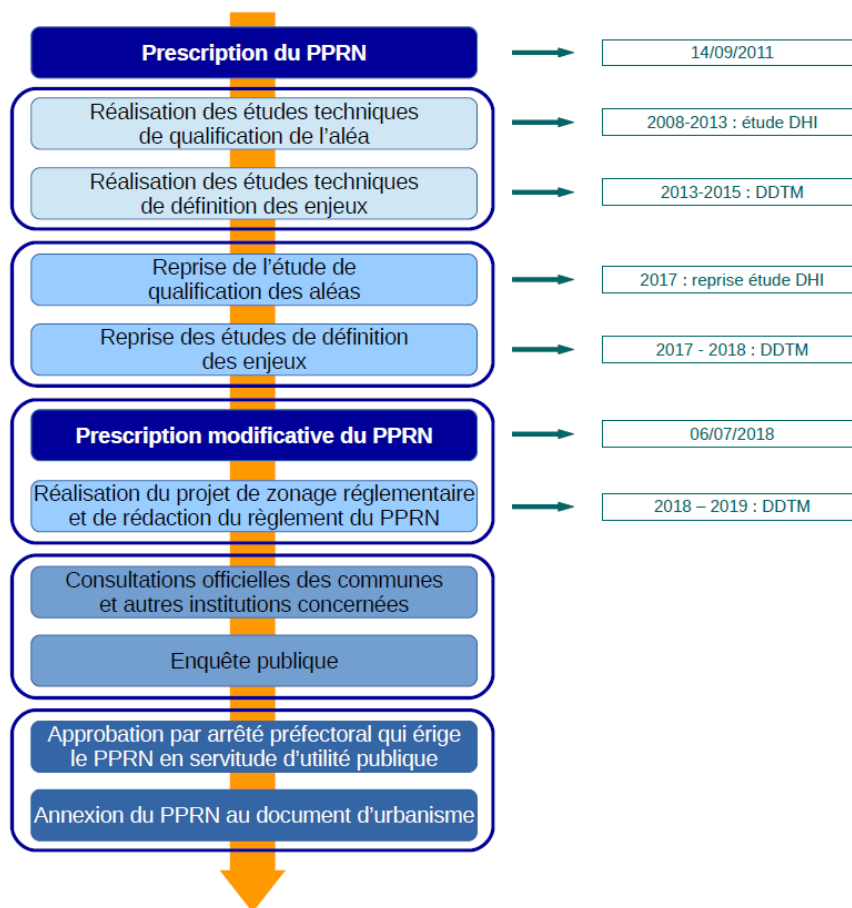
Les modalités d'élaboration du PPRN sont définies dans les articles R562-1 à R562-11 du code de l'environnement.

La procédure telle que définie par le guide méthodologique de 2016 est la suivante :

- modalités de l'association de la concertation ;
- prescription du PPRL ;
- élaboration du PPRL: analyse du fonctionnement du littoral, caractérisation et qualification de l'aléa, analyse des enjeux, élaboration du dossier réglementaire ;

- consultation des services et des collectivités ;
- enquête publique ;
- approbation du PPRL.

Illustration 2: Schéma d'avancement du PPRL (DDTM59, 2015)



Ici, la réalisation du projet s'est distinguée en deux étapes : une première commandée par la DREAL Nord-Pas-de-Calais et réalisée à l'échelle de la région par le bureau d'études DHI sur le fonctionnement du littoral et la détermination de l'aléa de référence; puis une seconde dirigée par la DDTM du Nord portant sur les enjeux et le zonage réglementaire, à l'échelle de l'ensemble du périmètre d'étude.

II.2.b Portée du PPRL

L'article L562-1 du code de l'environnement précise la cadre légal du PPRN :

I.-L'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

II.-Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

1° De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle, notamment afin de

ne pas aggraver le risque pour les vies humaines ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

2° De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

III. - La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.

IV. - Les mesures de prévention prévues aux 3° et 4° du II, concernant les terrains boisés, lorsqu'elles imposent des règles de gestion et d'exploitation forestière ou la réalisation de travaux de prévention concernant les espaces boisés mis à la charge des propriétaires et exploitants forestiers, publics ou privés, sont prises conformément aux dispositions du titre II du livre III et du livre IV du code forestier.

V. - Les travaux de prévention imposés en application du 4° du II à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités.

VI. - Les plans de prévention des risques d'inondation sont compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation défini à l'article L.566-7 C Env.

II.2.c Contenu du PPRL

L'article R562-3 du code de l'environnement fixe le contenu du PPRN :

1° Une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles, compte tenu de l'état des connaissances ;

2° Un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L.562-1 ;

3° Un règlement précisant, en tant que de besoin :

a) Les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu des 1° et 2° du II de l'article L.562-1 ;

b) Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L.562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des

constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même

- II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci.

Le PPRN approuvé constituant une servitude d'utilité publique, les documents réglementaires qui le composent (plan de zonage et règlement) s'imposent à tous et sont directement opposables pour la gestion des actes d'urbanisme.

II.3 Modalités d'association et de concertation

Tout au long de la procédure, la DDTM 59 a porté une attention particulière à l'intégration du processus de concertation auprès des associations, des acteurs économiques et des collectivités présents sur le territoire du PPRL de Dunkerque et Bray-Dunes. Cette concertation se traduit par l'association des acteurs locaux et des communes aux choix techniques et à leur validation par le biais de deux instances :

- le comité technique COTEC, composé de représentants institutionnels, invités en fonction de la nature des sujets traités et de leur connaissance propre du territoire. Il s'agit des services techniques des communes de Dunkerque et Bray-Dunes, de la communauté urbaine de Dunkerque, de l'État (DDTM, Délégation territoriale, Sous-Préfecture de Dunkerque, VNF, DREAL) et d'établissements publics (ULCO, Conservatoire du Littoral, Agence de l'eau, ONEMA, SDIS, Conseils Départemental du Nord, AGUR) et de l'Institution Intercommunale des Wateringues.
- Le comité de concertation COCON, constitué d'élus locaux et d'acteurs de l'aménagement concernés par le périmètre de l'étude du PPRL. Il regroupe l'ensemble des membres du COTEC et des collectivités territoriales (communes du périmètre de prescription, Communauté Urbaine de Dunkerque, Communauté de communes de la région d'Audruicq, Conseil Régional), de chambres consulaires (chambre d'agriculture, chambre des métiers, chambre de commerce et d'industrie), et les 1^{ère} et 2^{ème} sections des Wateringues.

Des présentations des différentes phases d'études et des livrables produits par le bureau d'étude ont eu lieu lors de réunions.

Réunion	Date	Sujets abordés et objectifs
COCON	16 mars 2012	<ul style="list-style-type: none">• Rassemblement des acteurs concernés par la submersion marine• Explication des phénomènes et des principes de gestion des risques• Préparation des modalités de réalisation du PPRL
COCON	30 octobre 2013	<ul style="list-style-type: none">• Présentation des cartes d'aléa
COTEC	18 décembre 2013	<ul style="list-style-type: none">• Propositions sur la conduite de l'élaboration du PPRL• Présentation et discussion sur la méthode d'analyse des enjeux• Préconisations sur la prise en compte dans l'urbanisme
COTEC	29 mars 2016	<ul style="list-style-type: none">• Retour sur les entretiens auprès des collectivités

Réunion	Date	Sujets abordés et objectifs
		<ul style="list-style-type: none"> Présentation de la cartographie de l'occupation des sols, des zones urbanisées et non urbanisées Présentation des cartes de vulnérabilité des enjeux et de la préparation de la gestion de crise.
COCON	23 mai 2017	<ul style="list-style-type: none"> Présentation de la nouvelle cartographie des aléas consécutive à l'étude de dangers du système d'endiguement (digue des Alliés et barrage Tixier) Présentation de l'incidence sur le porter à connaissance
COTEC	20 décembre 2017	<ul style="list-style-type: none"> Prise en compte des projets dans la carte des enjeux Point sur les outils de communication Discussions sur les hypothèses de brèche Point sur les problématiques de l'aménagement en front de mer à Malo-les-Bains
Concertation	12 janvier 2018	<ul style="list-style-type: none"> Point sur le projet de développement du front de mer à Malo-les-Bains Analyse des orientations réglementaire du PPRL
Concertation	1er semestre 2018	<ul style="list-style-type: none"> Concertation avec les établissements sensibles du territoire (Centre hospitalier interco de Dunkerque,, clinique Villette, service gestion des déchets CUD, ville de Dunkerque pour la gestion du domaine public de la digue de Malo et divers projets)
COCON	27 septembre 2018	<ul style="list-style-type: none"> Présentation des enjeux repris Présentation du projet de zonage de prescriptions homogènes Présentation des objectifs de prévention et des outils de communication envisagés
Concertation	22/11/19	<ul style="list-style-type: none"> Discussions sur la prise en compte des sous-sols existants Périmètre des mesures obligatoires applicables aux ERP existants Cas du parking sur le secteur Tribut (objectif de transparence hydraulique).
Concertation	31/01/20	<ul style="list-style-type: none"> Présentation des objectifs à atteindre et des dispositions réglementaires relatives à la prise en compte des serres. Discussions autour de la notion d'espace-refuge
Concertation	08/07/20	<ul style="list-style-type: none"> Présentation du mode de gestion des zones exposés aux franchissements par paquets de mer et des prescriptions afférentes aux façades et premiers retours. Présentation des simplifications opérées sur le projet de règlement (éléments rédactionnels, tableaux, icônes etc.).

Réunion	Date	Sujets abordés et objectifs
COCON	18/11/20	<ul style="list-style-type: none"> Présentation du projet de plan de prévention
Concertation	14/01/21	<ul style="list-style-type: none"> Rencontre avec la ville de Bray-Dunes pour explicitations des sujets abordés au COCON4. (Nouvel exécutif)/

Tableau 1 : Synthèse des réunions

Le bilan de la concertation joint au présent dossier PPRL détaille de manière exhaustive les différentes étapes de concertation durant la procédure.

Chapitre 2 : PRÉSENTATION DU SITE

III Le contexte régional

III.1 La région des Hauts-de-France

III.1.a Une grande région urbaine

L'ensemble territorial composé du Nord-Pas-de-Calais et de la Picardie, ont formé la nouvelle région à compter du 1^{er} janvier 2016. Celle-ci couvre près de 31 800 km² pour 5,973 millions d'habitants. Exception faite de l'Île-de-France, il présente la densité de population la plus élevée parmi les futures régions, proche de 187,8 habitants au km²

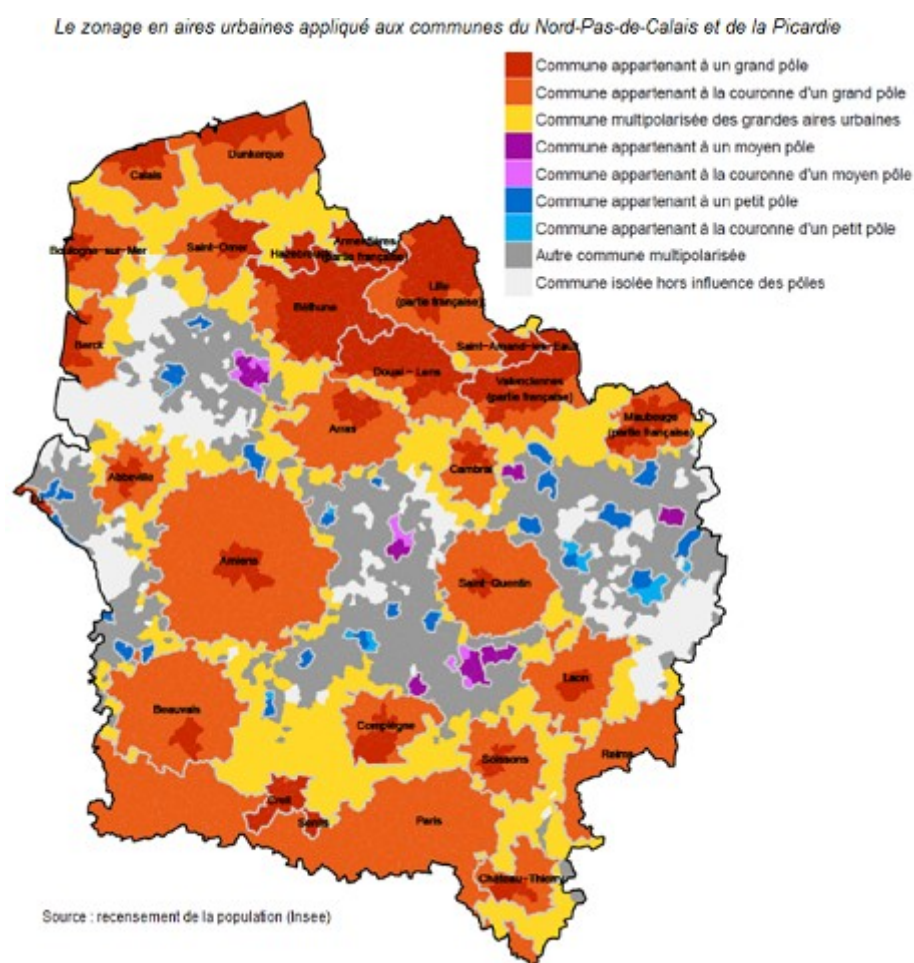


Illustration 3: Carte des zones urbaines des Hauts-de-France (INSEE)

L'ancienne région Nord Pas-de-Calais est la deuxième région la plus artificialisée de France, avec un taux d'urbanisation près de deux fois plus important que la moyenne nationale : 17,2 % contre 9,3 %, et plus de 9 habitants sur 10 qui vivent en milieu urbain. Elle compte à elle seule les dix plus grandes aires urbaines des Hauts-de-France dépassant chacune 126 000 habitants pour un total de plus de 3 500 000 habitants

III.1.b Le littoral Nord Pas-de-Calais

Le littoral Nord - Pas-de-Calais est la deuxième région côtière la plus densément peuplée, avec environ 700 habitants/km². C'est un espace particulier qui se trouve soumis à une très forte pression anthropique et urbaine, avec notamment une augmentation des espaces urbanisés de 14 % entre 1990 et 2006. Cependant il y a également une forte volonté de conserver les espaces naturels pour maintenir et renforcer l'attractivité touristique du territoire, la pression foncière y est donc très importante.

III.2 Le fonctionnement du littoral

III.2.a L'espace littoral

Le linéaire côtier de la côte d'Opale, long de 140 km, s'étend entre la frontière belge à l'Est de Dunkerque et la baie d'Authie située au Sud de Berck-Plage. *Il se découpe en trois grands secteurs : un premier secteur sableux de la baie d'Authie à Equihen -les dunes « picardes », un secteur rocheux constitué de falaises crayeuses d'Equihen à Sangatte, et un nouveau secteur sableux de Sangatte à la frontière belge.*

Le secteur concerné par le PPRL de Dunkerque à Bray-Dunes s'insère dans ce dernier secteur. Le tronçon ici étudié est orienté SW-NE et s'ouvre sur la Manche orientale. Il constitue un littoral sableux (larges plages et dunes), en arrière duquel se trouve la plaine maritime flamande -de 3 à 4 m d'altitude-, des polders pénétrant jusqu'à 35 km dans les terres, le territoire des waterings.

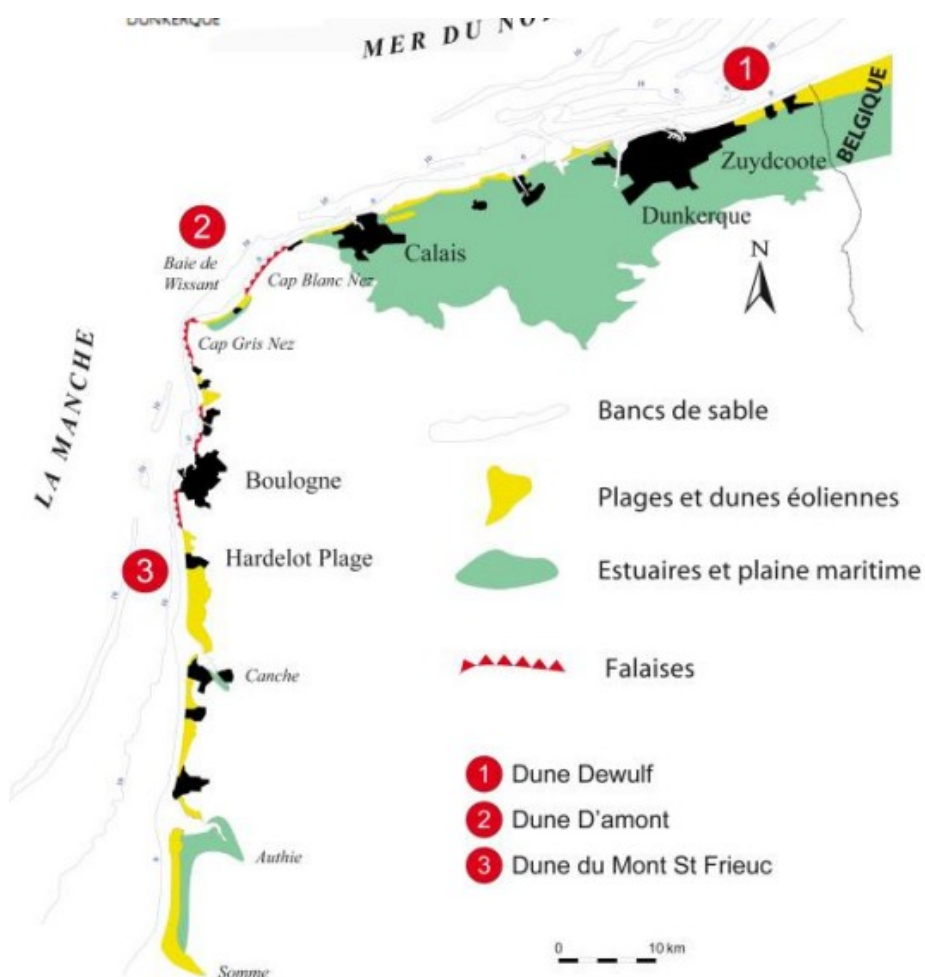


Illustration 4: Le littoral Nord-Pas de Calais (Cartier, 2013)

Un cordon dunaire longe ce littoral, protégeant ainsi la plaine. Il est orienté dans le sens des vents dominants: WSW-ENE. Si les plages sont larges (en moyenne 300 m), en raison d'un marnage important, ce bourrelet littoral est globalement étroit, de 250 m à l'Ouest de Calais à 100 m à l'Est de Dunkerque, avec des variations de largeur (jusqu'à 1000 m à Bray-Dunes), et peu élevé, de 5 à 15 m d'altitude. Cet espace étant fortement anthropisé, les dunes ne forment pas un cordon continu, et sont interrompues par des zones industrialo-portuaires (Calais, Dunkerque, Gravelines), mais également des ouvrages de défense côtière, à hauteur des espaces urbanisés. Concernant la partie naturelle des dunes, l'essentiel est la propriété du conservatoire du littoral et bénéficie par ailleurs de plusieurs niveaux de protection.

III.2.b Les Wateringues

Les « Wateringues » désignent la région correspondant à l'ancien delta de l'Aa et au marais audomarois. Le terme en lui-même vient des mots flamands *water* et *ring*, « soit le cercle d'eau ».

Les crues sévères des années 1974 et 1975, ayant occasionné des dégâts considérables notamment dans le marais audomarois, ont conduit les conseils généraux du Nord et du Pas-de-Calais à créer, en 1977, une institution interdépartementale chargée de réaliser des ouvrages généraux d'évacuation de ces eaux à la mer et de gérer 10 stations de pompage.

Le territoire des wateringues est divisé en sections (5 dans le Nord et 8 dans le Pas-de-Calais). Ces associations « forcées » de propriétaires fonciers, qui doivent s'acquitter d'une taxe d'assèchement, assurent l'entretien du réseau de watergangs (1 500 km), la création et la gestion d'une centaine de stations de relèvement. Dans la région de Dunkerque, l'évacuation des eaux de l'arrière-pays est assurée par le canal exutoire des wateringues, par l'intermédiaire de l'« ouvrage Tixier » comportant cinq pertuis fermés par des vannes, ouvertes à marée basse et fermées à marée haute.

L'évacuation se fait de façon gravitaire à marée basse. Ce procédé est plus efficace si l'amplitude de la marée est importante, la mer étant alors loin de l'exutoire à marée basse. Plus l'amplitude de la marée est importante, plus y a de temps pour vider les canaux. À marée haute les portes des ouvrages à la mer sont fermées, et les eaux sont alors stockées dans le réseau de canaux et relevé mécaniquement afin d'éviter les trop pleins au niveau des exutoires.

L'avenir de ce système, repose aujourd'hui sur la recherche de solutions visant à accroître son efficacité en prévision du scénario pessimiste annoncé par le réchauffement climatique et son corollaire, la montée du niveau des eaux marines. En ce domaine, seule la pérennité des investissements, confortée par une mission de service public, est de nature à parer une catastrophe majeure. La sécurité du Dunkerquois et de 450 000 habitants en dépend.

III.2.c Conséquences des marées de tempête pour le réseau des Wateringues

Les marées de tempête peuvent être la cause d'inondations dans l'arrière-pays par débordement des cours d'eau. En effet, l'entrée d'eau dans les voies d'eau peut entraîner un débordement de celles-ci et par la suite poser des problèmes de drainage du polder. Néanmoins la marée de tempête est un phénomène court, les niveaux exceptionnels ne sont atteints que pendant quelques heures, la dynamique de propagation de l'onde de submersion est donc un facteur clef pour établir l'importance des inondations à l'arrière de la côte.

Un événement de tempête générant des submersions, n'est pas nécessairement synonyme de débordement du réseau hydraulique (naturel ou anthropique) relié à la mer. Si on considère le système des Wateringues, son potentiel d'évacuation des eaux continentales n'est pas nécessairement fortement compromis par une marée de tempête. En effet ce sont principalement les marées de mortes eaux qui posent le plus de difficulté en termes d'évacuation des débits (le marnage étant faible, la durée disponible pour l'évacuation gravitaire est d'autant plus réduite) alors

que les marées de tempête à l'origine de submersions vont se produire plutôt pour des marées de vives-eaux ou moyennes.

Actuellement le phénomène de débordement des Wateringues résulte souvent de pluies longues et répétées, induisant une saturation progressive du système et dépassant ses capacités d'évacuation (gravitaire et pompages). La possibilité de conjonction des deux phénomènes, de probabilité faible, correspondrait à une tempête hivernale survenant alors que le système des Wateringues connaît déjà une situation de crue.

III.3 L'évolution du trait de côte

Il s'agit sur le secteur étudié d'un littoral sableux, meuble et donc dynamique, avec une variabilité importante du trait de côte, due à une sensibilité à l'anthropisation mais également aux forçages météo-marins tels que les tempêtes, surcotes, houle, etc, ainsi qu'à leur variation spatio-temporelle. L'évolution du trait de côte est donc ici liée à des variations du bilan sédimentaire à l'échelle locale, contrairement aux espaces de falaises, dont le trait de côte n'évolue que par érosion de la falaise en elle-même et donc ne peut que reculer.

Le stock sédimentaire est en partie constitué de bancs tidaux, dévoilés régulièrement par la marée dans les espaces macrotidaux. Ils constituent des systèmes barres-bâches qui retiennent une partie des sédiments sur le littoral. Ces systèmes sont soumis à une variabilité saisonnière, l'hiver étant la période où ils tendent à s'aplanir et donc le stock diminue, notamment à cause de la fréquence des événements tempétueux.

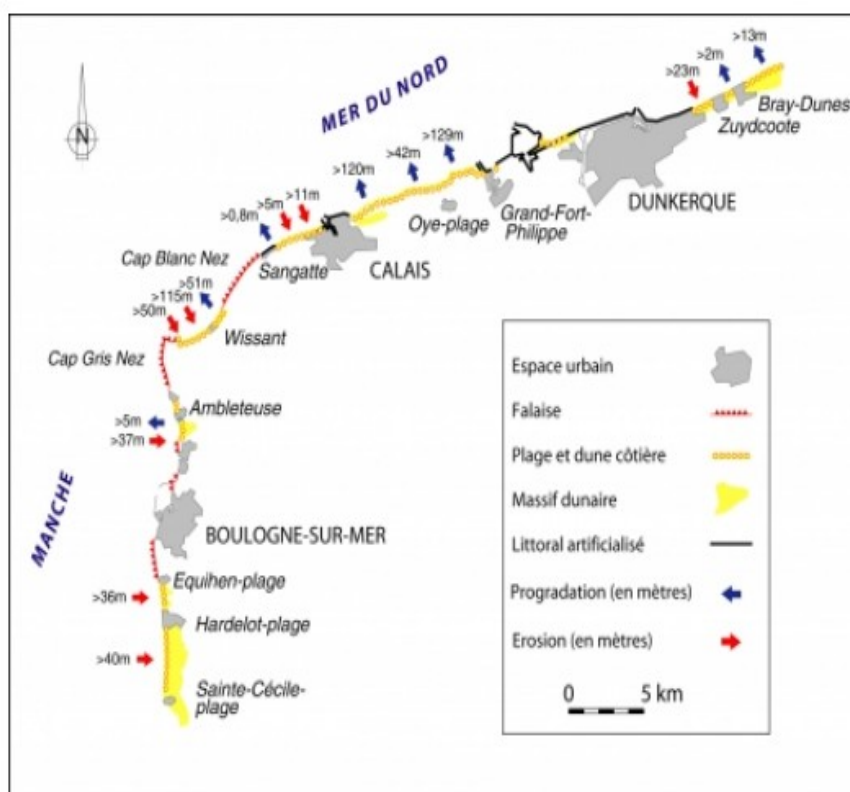


Illustration 5: Évolution du trait de côte en Nord-Pas de Calais entre 1963 et 2000 (Héquette, 2010)

Le bilan sédimentaire de la plage détermine la quantité et le niveau de sable disponible et donc la vulnérabilité du cordon dunaire local à l'érosion. En effet un bilan sédimentaire négatif entraînera une dynamique régressive sur le littoral, les dunes rétrécies seront alors plus vulnérables aux

forçages météo-marins et pourraient ne plus avoir de rôle protecteur vis-à-vis de l'arrière-pays.

Les marées et la provenance de la houle entraînent une dérive littorale vers le Nord de la Manche. Autrement dit, les sédiments sont entraînés par la dérive littorale, phénomène de déplacement des matériaux le long du littoral par l'action des vagues, en direction des plages du Nord du littoral.

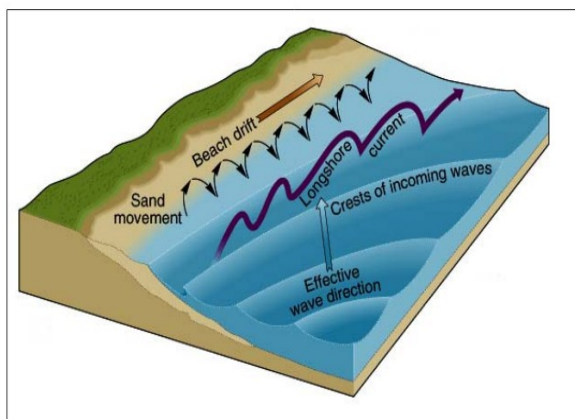


Illustration 6: Schéma de la dérive littorale (Suanez)

À l'échelle de la section étudiée cela se caractérise par une évolution différentielle du littoral : le secteur de Gravelines et Oye-Plage est en accrétion (jusqu'à 120 m), ainsi que le secteur de Bray-Dunes (jusqu'à 13 m), alors que le secteur de l'Est de Dunkerque (Zuydcoote) est en érosion (environ 20 m), ce qui peut s'expliquer par la présence proche d'un important complexe portuaire.

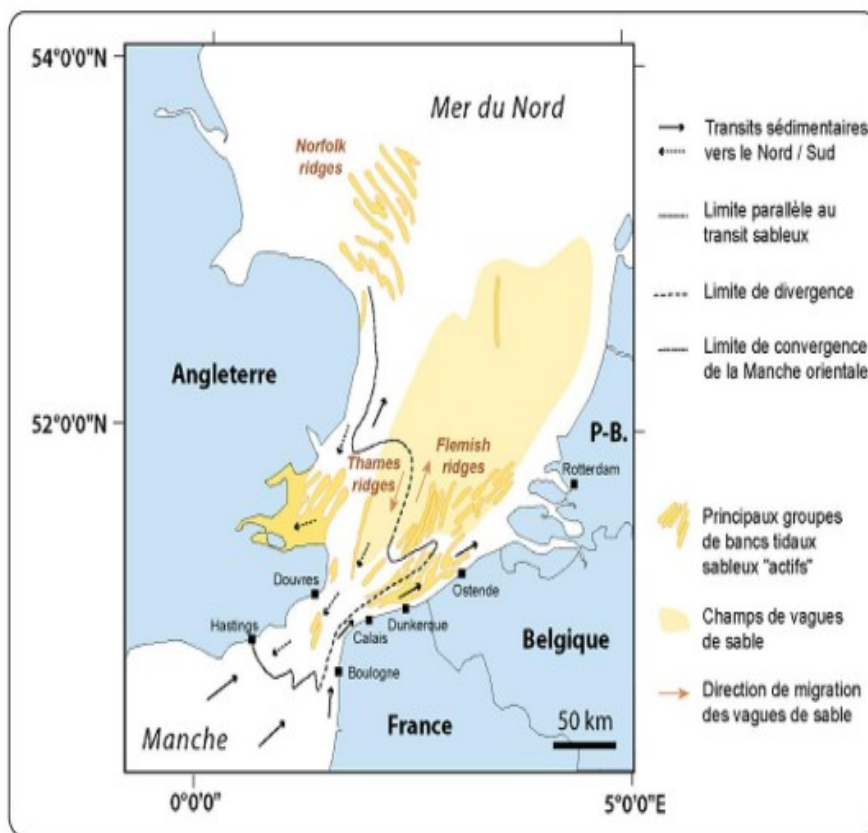


Illustration 7: Transits sédimentaires et bancs tidaux (Cartier, 2013)

Une étude a été réalisée en parallèle par le bureau d'études chargé de la détermination de l'aléa submersion marine.

III.4 La prise en compte du changement climatique dans l'étude et la prévention de la submersion marine

III.4.a Les températures

Dans la région Nord - Pas-de-Calais les températures moyennes sont de l'ordre de 8,8 à 11,9 °C entre 1955 et 2013. À Lille une augmentation de 1,37 °C a été constatée sur ce pas de temps. Il est prévu pour 2050 une augmentation des températures moyennes de 1 à 2 °C, et de 1,5 à 3 °C à l'horizon 2080.

La température de l'air est un signe visible du changement climatique et permet d'en établir un suivi et des indicateurs fiables. Le GIEC² a réaffirmé dans son rapport de 2013³ l'influence de l'Homme sur le réchauffement et l'augmentation de la fréquence des températures extrêmes.

Les dernières données du GIEC de 2019 confirment ces évolutions avec une possible aggravation des dérèglements climatiques notamment quant au rythme d'élévation des niveaux marins (3,5 mm/an au lieu de 2,7 mm/an sur la décennie précédente).

III.4.b Les précipitations

À Lille, entre 1955 et 2013, on a pu constater une augmentation de 20 % des précipitations hivernales. Concernant la région Nord Pas-de-Calais, on a constaté une augmentation du nombre de jours de fortes pluies (plus de 10 mm).

Il est sûr que le changement climatique aura un impact sur les précipitations, mais sans pour autant que l'on sache lequel et dans quelle mesure, ni qu'il soit déjà véritablement visible dans la région. Cela pourrait se traduire par une variabilité spatiale des précipitations plus marquée, la modification du régime annuel, une baisse des volumes précipités, etc.

III.4.c Le niveau de la mer

Dans la région Nord-Pas-de-Calais le niveau de la mer a augmenté d'environ 9 cm depuis 1956, avec une moyenne de 1,6 cm tous les dix ans à Dunkerque. C'est un phénomène qui tend par ailleurs à s'accélérer. Selon les projections de l'ONERC, entre les périodes 1986-2005 et 2081-2100, l'élévation probable du niveau moyen mondial de la mer serait comprise entre 26 et 55 cm pour le scénario le plus optimiste, et comprise entre 45 et 82 cm pour le scénario le plus pessimiste.

Cette augmentation est due essentiellement à la fonte des glaciers et la dilatation thermique des océans (plus ils sont chauds, plus ils prennent de place).

III.4.d La submersion marine

En Nord-Pas-de-Calais le changement climatique implique une augmentation du risque de submersion marine par la hausse du niveau de la mer essentiellement. Il s'agit par ailleurs de la première des sept vulnérabilités climatiques établies dans la région. En effet, selon l'observatoire du Climat en Nord - Pas-de-Calais en 2014, 4 500 ha de zone littorale et 52 600 habitants sont

2 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

3 **Changements climatiques 2013** - Les éléments scientifiques - Résumé à l'intention des décideurs, Résumé technique et Foire aux questions. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

concernés par la submersion marine. Lorsque l'on rajoute les prévisions liées au changement climatique, on rajoute 38 % de population (soit 20 189 habitants) et 51 % de surface (soit 2 303 ha).

IV Le contexte urbain

IV.1 Le territoire historique de Dunkerque

IV.1.a Histoire de la commune

Les premières traces d'une occupation humaine permanente à l'emplacement de Dunkerque remontent au VII^e siècle. À cette époque, il ne s'agit que d'un village de pêcheurs. À partir de 1384, elle passe sous le contrôle du duc de Bourgogne, puis des Habsbourg d'Autriche, puis de l'Espagne et devient une place forte permettant les communications commerciales entre l'Espagne et les Pays-Bas. Rachetée par la France en 1662, la ville est fortifiée par Vauban, mais en 1713 l'Angleterre impose la destruction des fortifications et le comblement de son port.

Au XVIII^e siècle, la ville connaît un grand essor grâce au commerce maritime.

Lors de la première guerre mondiale, la ville reste sous le contrôle des alliés mais le front distant de seulement une vingtaine de kilomètres ne la met pas à l'abri du pilonnage allemand par la mer et par les canons à longue portée. Elle constitue, néanmoins, pendant tout le conflit une base arrière des alliés pour l'approvisionnement du champ de bataille et le repos des combattants.

La seconde guerre mondiale va défigurer la ville. Sujette aux bombardements allemands, la région de Dunkerque va subir une très forte pression où des milliers de soldats français et alliés vont se retrouver acculés à la mer, obligeant les forces anglaises à évacuer par la mer plus de 338 000 soldats britanniques et 110 000 Français (opération « dynamo »). Prise par les Allemands à l'issue de la bataille, la ville sera occupée jusqu'à l'armistice du 8 mai 1945, une poche de combattants s'y étant retranchée après le débarquement des alliés. À la fin de la guerre la ville est dévastée, ainsi que son port. Dunkerque sera un chantier jusqu'au début des années 60. Le centre-ville sera reconstruit à quelques centaines de mètres de son emplacement initial.

IV.1.b Dunkerque vers 1850

À cette époque, le bourg de Dunkerque est ouvert sur la mer, mais enfermé dans les remparts de sa forteresse, à l'image de Gravelines.

L'arrière-pays est très axé sur l'agriculture (en jaune) et les pâturages (en vert). On notera l'extrême complexité des Wateringues qui drainent les terres agricoles.

On constatera également qu'une grande partie des zones portuaires et industrielles lourdes actuelles ont été gagnées sur la mer et des marais.

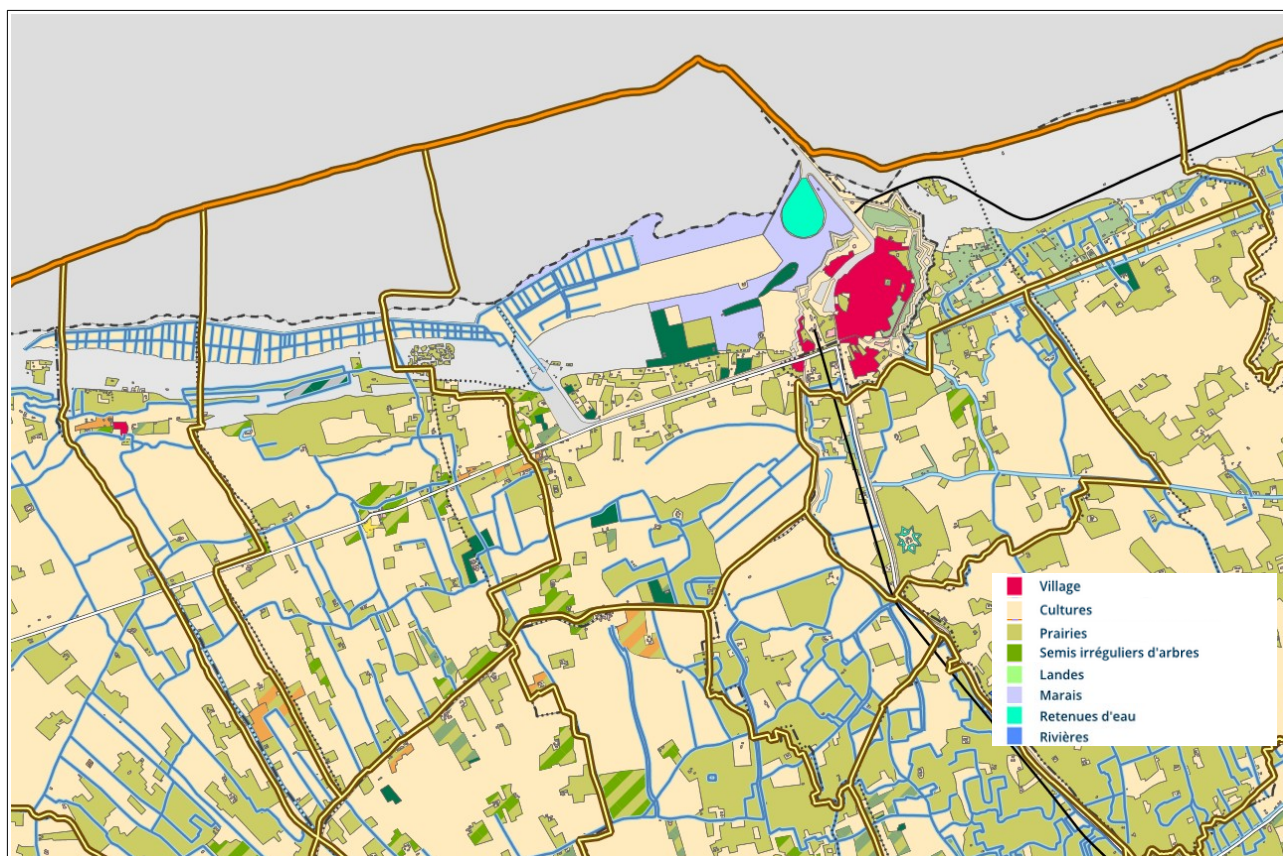
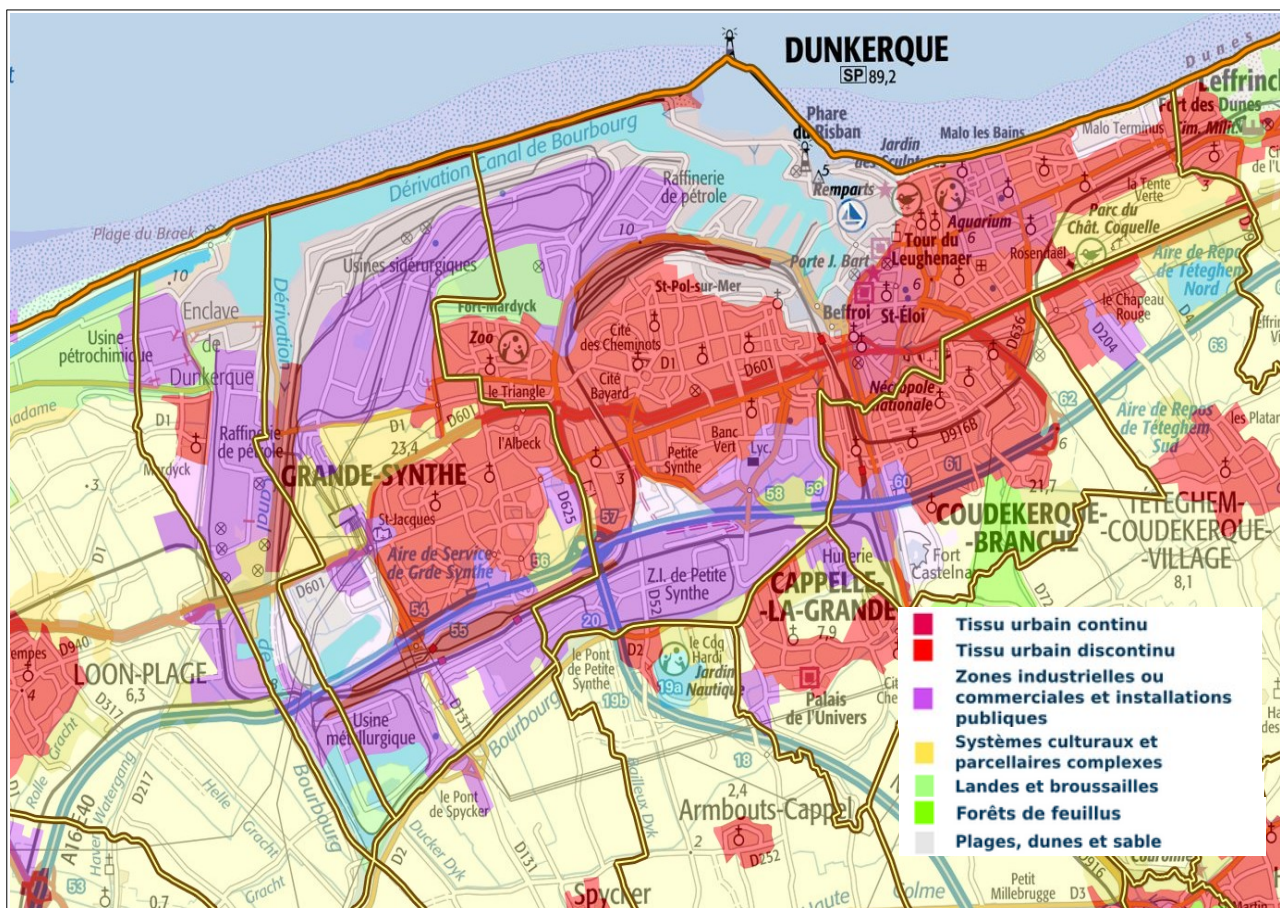


Illustration 8: L'occupation du sol vers 1850 à Dunkerque

IV.1.c L'occupation des sols aujourd'hui

Le territoire de Dunkerque apparaît très anthropisé. Le tissu urbain, portuaire et industriel occupe une très large part de l'espace ne laissant que peu de place aux terrains agricoles et naturels (essentiellement dans la zone maraîchère à l'est de Rosendaël, dans l'enclave de Mardyck et dans les délaissés des zones industrielles).

En raison de la reconstruction de la ville, il n'existe plus de centre historique et les anciennes agglomérations de Malo-les-Bains et de Rosendaël constituent aujourd'hui des quartiers de la ville reconstruite de Dunkerque.



IV.2.b Bray-Dunes vers 1850

Vers le milieu du XIX^e siècle, Bray-Dune n'est pas encore agglomérée et l'habitat très dispersé s'égraine entre dunes et marais. La dune qui occupe plus de la moitié du territoire (en gris) tranche avec la zone rétro-littorale vouée à l'agriculture (en jaune), aux pâturages (en vert) et à la forêt (en vert foncé).

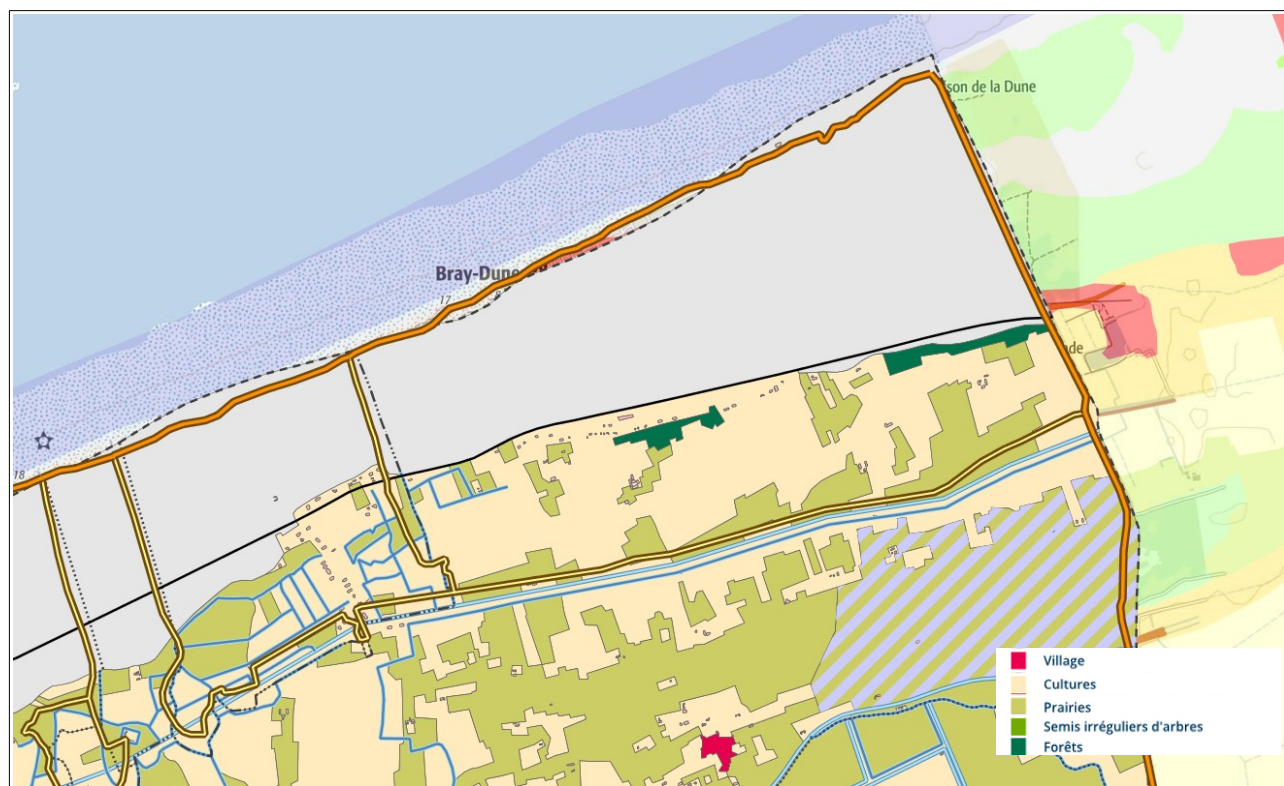


Illustration 10: L'occupation du sol vers 1850 à Bray-Dunes

IV.2.c L'occupation des sols aujourd'hui

Avec une population d'un peu plus de 4 500 habitants, le territoire de Bray-Dunes est aujourd'hui une petite ville. La zone urbaine s'est développée autour du centre historique avec un habitat plutôt pavillonnaire et du petit collectif.

L'habitat s'est aussi implanté dans les dunes pour créer un front de mer d'une longueur d'environ 1400 m, qui donne à ce quartier un statut de station balnéaire, tandis que l'espace entre le front de mer et la RD 60 s'est développée sous forme de pavillons accueillant en son sein des infrastructures sportives, des bâtiments d'enseignement et des services.

Les dunes Marchand et du Perroquet constituent toujours des espaces naturels préservés (les Dunes Marchand sont partiellement classées en Réserve Naturelle), bien que le développement de terrains de camping empiètent sur ces domaines, notamment le long de la frontière franco-belge et à l'est du front de mer.

Le reste du territoire, entre la zone urbaine et le canal de Furnes, est voué aux grandes cultures.

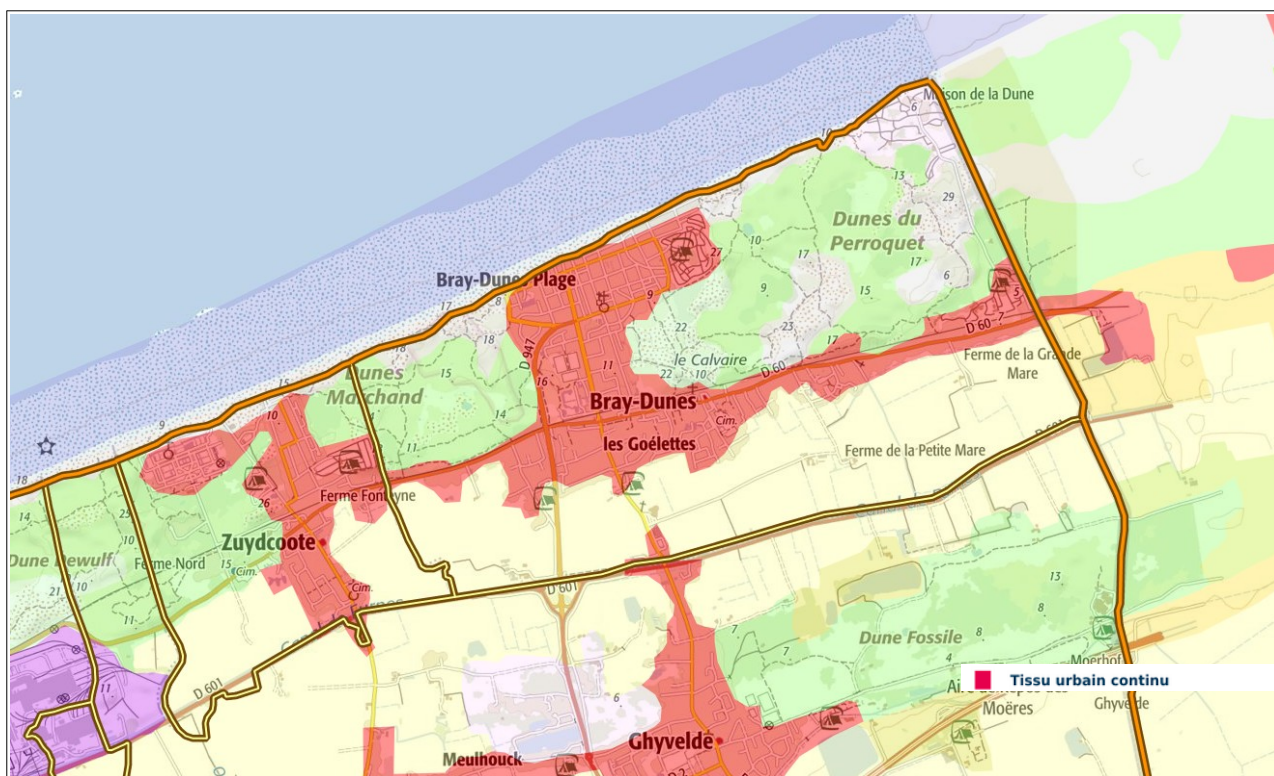


Illustration 11: Carte de l'occupation des sols (source Corine Land Cover 2018)

IV.3 Un territoire littoral soumis au risque de submersion marine

IV.3.a Un espace littoral

Le site concerné par le PPRL Dunkerque et Bray-Dunes est un espace littoral mis en valeur par des activités économiques, telles que le transport de marchandises par voies maritimes, fluviales, ferroviaires et routières ou l'industrie lourde (métallurgie notamment) dans sa partie ouest, tandis qu'à l'est du port, et jusqu'à la frontière belge, règne plus une ambiance de « village » et de villégiature.

Troisième port français, le port de Dunkerque est réputé comme port de grands vracs destinés à ses nombreuses implantations industrielles, il est aussi le premier port français d'importation de minerais et de charbon. L'activité containers est en notable croissance.

Les Ports de Plaisance Dunkerque Neptune comptent aujourd'hui 655 postes d'amarrage répartis sur trois sites.

Ce littoral constitue une interface à forte concentration d'enjeux naturels et anthropiques entre un espace maritime fortement fréquenté et un arrière-pays poldérisé (wateringues) gagné sur les marais et la mer.

IV.3.b Un espace urbain dunkerquois restructuré après la seconde guerre mondiale autour du développement industriel

Déjà très impactée par la première guerre mondiale en raison de la proximité du front et de son rôle stratégique pour approvisionnement par voie maritime, Dunkerque va accueillir au mois de mai 1940 des milliers de réfugiés belges et Hollandais mais surtout un grand nombre de militaires alliés en déroute qui vont se retrouver piégés, avant le déclenchement de l'opération dynamo qui permettra l'évacuation de 438 000 militaires français et britanniques. La ville subit un intense

bombardement allemand à partir du 18 mai 1940 qui trouvera son paroxysme le 27 mai. En ruine et en flamme, la ville s'est vidée de ses habitants contraints à se réfugier dans les communes voisines. Le 4 juin 1940, les Allemands prennent possession de la ville qui restera une place forte stratégique jusqu'à sa reddition le 9 mai 1945.

À la fin du conflit la situation de la cité est désastreuse. Sur 3 362 immeubles, 1 524 sont irrémédiablement détruits, 805 très endommagés et seulement 1 032 sont estimés habitables. La population, évacuée en octobre 1944, revient toutefois dès mai 1945. En 1946, 10 575 habitants ont retrouvé leur ville. Ils étaient 31 017 dix ans plus tôt. Il faudra attendre les années 1950 pour que le centre-ville soit reconstruit et que les dunkerquois retrouvent un logement décent.

En raison de son potentiel industriel, ce territoire s'est fortement développé, grâce au commerce maritime. Pendant les « Trente Glorieuses », accompagnant le développement économique, la population a fortement augmenté sur l'agglomération dunkerquoise, ce qui a entraîné une urbanisation accrue autour des centres-urbains et des zones industrielles. Parallèlement, un habitat pavillonnaire et un front de mer se sont développés sur le secteur allant des Corderies à Rosendaël et Malo-les-Bains, mais aussi à Bray-Dunes.

Cette extension récente des espaces urbanisés peut laisser penser qu'en raison de leur nouveauté sur le territoire, ces populations n'ont pas la culture du risque de submersion marine et que ces habitations y sont plus vulnérables.

De part sa proximité à la mer et ses altitudes généralement basses, ce site est soumis au risque de submersion marine. Les différents dispositifs de protection permanents (digues perrés, écluses) et les actions de re-ensablement des plages ne dispensent pas d'une vigilance particulière. Conformément au guide PPRL, la qualification de l'aléa s'appuie sur un certain nombre de défaillances d'ouvrages.

V Les marées de tempête historiques

V.1 Pourquoi faire un historique des phénomènes ?

V.1.a La mémoire du risque

La connaissance des manifestations historiques d'un risque naturel permet aux habitants du territoire qui y est soumis de prendre conscience de ce risque et de s'en saisir. Ceci est d'autant plus important lorsqu'il s'agit d'un phénomène dont la possibilité d'occurrence est très variable ou faible, par exemple dans le cas où il est conditionné par la rupture d'un ouvrage (qui ne s'est pas produite depuis une soixantaine d'années). Dans ces deux cas, les populations peuvent ne pas avoir connu d'aléa, ce qui remet en question la notion de culture du risque attachée au territoire. Il est donc possible que rien n'ait été récemment (en fonction de l'échelle de temps) mis en place pour prévenir ou lutter contre le phénomène en question. Un inventaire des phénomènes passés permet alors de remettre en mémoire ce risque, et ainsi de permettre la mise en place d'une prévention du risque. L'élaboration du PPRL est donc un instant privilégié pour développer la culture du risque.

V.1.b La localisation des sites à risque

Connaître ces phénomènes passés permet également de localiser les sites qui ont été soumis à l'aléa, dans quelle mesure et donc de déterminer les secteurs qui actuellement sont soumis au risque. Il est d'autant plus important de définir ces sites que certains ont pu être urbanisés entre temps, et ne constituent alors pas les mêmes enjeux. Cependant il s'agit là d'être vigilant aux changements

significatifs qu'a pu connaître le territoire, particulièrement si le pas de temps depuis le dernier événement est important. En effet, des éléments du site ont pu disparaître et d'autres, apparaître, modifiant ainsi les conditions dans lesquelles l'aléa peut se produire : il peut être diminué, mais également amplifié.

V.1.c Le (dys-)fonctionnement du littoral

La réalisation d'un inventaire des phénomènes et l'étude de leurs caractéristiques permettent de définir le fonctionnement du littoral en cas d'événement tempétueux et de connaître les conditions météo-marines pouvant l'engendrer. Cela permet ainsi aux autorités publiques de mettre en place une prévention du risque et d'aménager l'espace littoral de façon à le réduire, qu'il s'agisse de réduire la vulnérabilité ou de lutter contre les conséquences de l'aléa.

V.1.d Déterminer l'aléa de référence

Étudier les événements passés et comprendre comment fonctionne le littoral lorsqu'il est soumis au phénomène permettent enfin de définir un aléa de référence qui va servir de base pour les modélisations et la réalisation du plan de prévention des risques. Ces événements peuvent également servir à la validation des modèles en les comparant, mais il est nécessaire de tenir compte du fait que ces modèles peuvent également apporter de nouveaux éléments concernant le risque.

V.2 Les phénomènes de submersion marine sur le site Dunkerque à Bray-Dunes

Il existe plusieurs marées de tempêtes historiques ayant donné lieu à des submersions marines pour lesquelles on dispose d'informations sur le secteur de Dunkerque à Bray-Dunes.

En 1953, une violente tempête coïncide avec de fortes marées, et la marée, qui devait normalement atteindre 5,60 m, a atteint 8 m cote marine à Dunkerque (une altitude de 5,3 m NGF), soit 2,40 m de plus que la cote normale. Cette tempête occasionne la rupture de la digue Tixier.



Illustration 12: Rupture de la digue Tixier à Dunkerque en février 1953 (photo : Archives Municipales de Dunkerque)

En 1978, une tempête aux vents très forts (137 km/h enregistrés à Dunkerque) amplifie les niveaux

d'eau d'une marée déjà importante (surcote de 1,13 m à Dunkerque). A Gravelines, la mer franchit le perré et y a provoqué une brèche de 40 m. Une importante partie de la jetée de Petit-Fort-Philippe a été emportée et les immeubles de front de mer ont subi des dégâts considérables.

Plus récemment, la tempête Xaver, qui s'est déroulée dans la nuit du 5 au 6 décembre 2013, a conduit à des niveaux marins exceptionnels. La cote marine maximale de 7,43 mètres (soit une altitude 4,73 mètres NGF) a été enregistrée au marégraphe de Dunkerque au moment de la pleine mer, intégrant une surcote de 1,25 mètres.

Le tableau ci-après recense les phénomènes d'érosion ou de submersion du secteur de Dunkerque à Bray-Dunes. Les phénomènes qui ont impacté les communes voisines et qui, de ce fait, ont pu impacter le périmètre du PPRL sont également cités :

DATE	CARACTERISTIQUES	COMMUNES	TYPE DE SUBMERSION	FAITS
Année 820		Zuydcoote	Submersion	Submersion de la plaine maritime
Année 1200		Zuydcoote	Submersion	Presque tout le territoire de Zuydcoote subit une inondation par les eaux de la mer
01/11/1570		Zuydcoote	Submersion	« Toute l'étendue du territoire fut couverte d'une épouvantable inondation »
01/01/1777		Zuydcoote	Submersion	« les maisons étaient sapées dans leurs fondements par les vagues qui se frayaient un passage à travers les dunes »
29/11/1897		Malo-les-Bains	Erosion	La tempête qui a ravagé tout le littoral n'a pas épargné la digue promenade de Malo-les-Bains (détériorée sur 200 ml)
à partir du 10/02/1944, puis du 06/06/1944	Fait de guerre	Les Moères	inondation volontaire	En 1944, les Allemands décidèrent de renforcer leur système de défense en inondant la région de Dunkerque (...). En ouvrant ces écluses à marée haute, on rendit l'ancien golf à l'Océan. Il ne fallut que quelques jours pour noyer les polders : 18 000 ha
01-02/03/1949	Forte tempête	Dunkerque	Rupture de digue Submersion	La digue de la jetée Est est enfoncée en plusieurs endroits(...) A une centaine de mètres de l'extrémité de la digue, en 2 endroits et sur plus de 50 m de long, l'ouvrage a été complètement emporté, mettant le canal Exutoire en communication directe avec la mer (...). Dans toute la partie du canal Exutoire, en aval des 4-Ecluses, le niveau de l'eau a monté jusqu'à atteindre le haut des berges, à ce point que le pont provisoire de Rosendael s'est trouvé complètement immergé. En même temps, le sol des Glacis s'imprégnait et partout les caves s'inondaient. Mercredi 2 à 2h00, le canal exutoire a débordé au pont de Rosendaël, les eaux ont inondé la Cité du Stade Tribut et le quartier des Corderies (Rue Paul-Dufour principalement).

		Malo-les-Bains	Franchissement	Les vagues monstrueuses et blanches d'écume recouvrant entièrement l'étendue sableuse grimpait jusqu'au bord du perré de la digue et arrivait à recouvrir celle-ci en plusieurs endroits. Les flots s'étant livrés à l'assaut de la rotonde réussirent à 14h00 à franchir les ouvertures béantes de celle-ci, et, par gerbes écumeuses, à prendre possession de l'ancien terre-plein.
15 au 17/03/1949	Fort coefficient de marée	Dunkerque	Submersion	La marée de 13h20 a provoqué ce mardi 15 quelques infiltrations au Pont de Rosendaël. L'eau commença à déborder, vers 13h00 entre les baraques de la Cité Tribut et les jardins de M. Plaetvoet. Les eaux du canal ne feront que grossir celles du ruisseau longeant les baraquements commerciaux. Rue Paul Dufour, les égouts débordent une fois de plus. Les caves se remplissent à vue d'œil. Le même phénomène se déroule au même instant dans certaines caves de l'avenue Foch, notamment près de la Poste de Rosendaël
31/01 et 01- 02/02/1953	Fortes marées (prévues à 5,6m) et violente tempête NNE : surcote de plus de 2m	Dunkerque	Rupture	Le processus de la catastrophe de mars 1949 s'est déroulé avec plus de gravité encore. La digue étant presque submergée, les vagues se sont acharnées comme des béliers sur le perré extérieur. A 2h30 par deux larges brèches, la mer avait envahi le canal exutoire (...). En peu de temps, le pont de Rosendaël fut submergé, l'eau envahit la cité du stade Tribut et les rues des quartiers limitrophes de Dunkerque et de Rosendaël, inondant les caves, les jardins, dépassant le niveau des rez-dechaussée des immeubles.
		Malo-les- Bains	Franchissement	La violence du vent poussa les vagues par-dessus la digue-promenade avec un déferlement soudain de raz-de-marée. Les eaux envahirent les sous-sols des immeubles en bordure du rivage et déferlèrent vers la rue Hoche, la rue de Flandre, la rue Belle-Rade, drainant de grosses quantités de sable et d'écume jusque dans l'avenue About. La digue a été défoncée en plusieurs endroits.
		Bray-Dunes	Franchissement	La mer déchaînée monta sur la digue et envahit les abords de l'agglomération de la plage jusqu'à hauteur du Boulevard International emportant tout sur son passage, inondant les sous-sols, défonçant les nombreuses portes et fenêtres.
15-16/09/1966	Tempête et forte marée d'équinoxe	Dunkerque, Malo-les- Bains	Franchissement	« Poussée par la tempête, la marée d'équinoxe a drossé contre le perré quelques 600 kiosques et emporté une centaine d'autres. (...) La cause première en est évidemment cette surcote de la marée favorisée de surcroît par un vent d'Ouest particulièrement violent. En plusieurs endroits la mer a dépassé le niveau de la digue ».

1978	Vents de secteur N jusqu'à 137km/h et marée important : surcote d'environ 1 m	Dunkerque, Malo-les-Bains	Franchissement	À l'heure de la marée haute, la digue de Dunkerque-Malo a été immergée sous une hauteur d'eau atteignant parfois 1 m. Des dégâts importants ont été causés sur le front de mer et dans les rues voisines : caves inondées, vitrines et terrasses couvertes déformées, lampadaires brisés...
26 au 28/02/1990	Forte tempête	Bray-Dune		Démaigrissement de la plage, dégradation du perré
		Zuydcoote		Démaigrissement de la plage
		Leffrinckoucke		Au-delà de la batterie de Zuydcoote, la dune subit un recul d'une vingtaine m. Les flots de vives-eaux atteignent un « couloir » de 25 m de large et de basse altimétrie débouchant au Sud sur plusieurs dizaines d'hectares de terres basses inondables.
		Malo-les-Bains		Démaigrissement de la plage
09/11/2007	Forte tempête	Malo-les-Bains	Franchissement	Franchissement du perré.
10/02/2009	Forte tempête	Malo-les-Bains	Franchissement	Franchissement du perré.

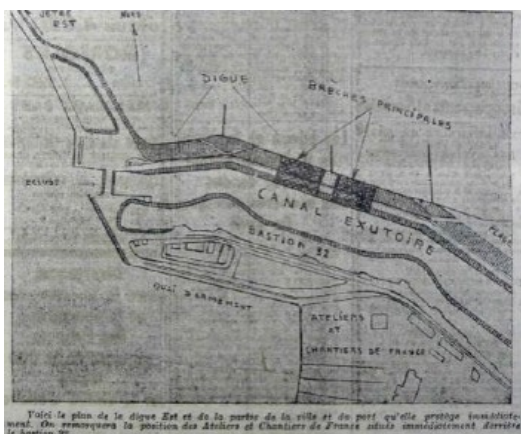
Tableau 2: Grandes tempêtes récentes

V.3 Les tempêtes de 1949

Durant la nuit du 1^{er} au 2 et la journée du mercredi 2 mars 1949, les tempêtes de vent du Nord-Ouest ont soufflé avec rage (plus de 100 à l'heure). Avec un coefficient de marée de 85 à 87. La hauteur d'eau qui était prévue pour la marée du mardi 1^{er} mars à 14h00, à 5,7 m a atteint le chiffre de 7,55 m, soit 1,85 m de plus. Il est à remarquer que la plus forte cote en vives-eaux est de 6,51 m. Ce chiffre a donc été dépassé, de 1,45 m.

La digue de la jetée Est est enfoncée en plusieurs endroits.

(...) À une centaine de mètres de l'extrémité de la digue, en 2 endroits et sur plus de 50 m de long, l'ouvrage a été complètement emporté, mettant le canal Exutoire en communication directe avec la mer. (...) La force des vagues était telle que le flot est venu battre, à travers la première grande brèche, la rive Sud du canal Exutoire, c'est-à-dire le talus du Bastion 32. Une partie de ce talus s'est effondré à son tour sous les lames. (...) À 19h00 nous dit un témoin, ces brèches n'avaient que quelques mètres ; c'est durant la nuit que tout a été emporté. C'est pourquoi dans toute la partie du canal Exutoire, en aval des 4-Ecluses, le niveau de l'eau a monté jusqu'à atteindre le haut des berges, à ce point que le pont provisoire de Rosendaël s'est trouvé complètement immergé. En même temps, le sol des Glacis s'imprégnait et partout les caves s'inondaient.



Tout le plan de la digue Est et de la partie de la ville et du port qu'elle protège instantanément. On remarquera la position des Ateliers et Chantiers de France situés immédiatement derrière le Bastion 32.



Les deux branches de la digue telles qu'on les aperçoit à marée haute. On remarque parfaitement que la mer et le canal exutoire ne forment plus qu'une seule étendue. Photo Desreumaux

(...) Mercredi 2 à 2h00, le canal exutoire a débordé au pont de Rosendaël, les eaux ont inondé la Cité du Stade Tribut et le quartier des Corderies (Rue Paul Dufour principalement).

Jeudi 3, le canal n'a pas débordé face à la cité Tribut au cours de la marée mais les égouts ont continué à provoquer des inondations et les rues Paul Dufour, Machy et des Corderies se sont trouvées de nouveau sous les eaux. (...) La conséquence la plus grave de la destruction de la digue est le fait que le canal Exutoire se trouve en communication directe avec la mer et que les quartiers riverains du canal auront à subir chaque jour et chaque nuit, jusqu'au moment où le barrage aura été établi, les effets des marées. (...) Dans le cas de fortes marées, ou de nouvelles tempêtes, le danger d'inondations plus importantes n'est pas écarté, le niveau de l'eau pouvant dépasser la hauteur des portes des 4-Ecluses. Et l'inondation pourrait alors aller jusqu'à Bergues.



A l'heure de la marée, (14 h. 30) les autos, qui ne sont malheureusement pas amphibies, traversent avec difficulté les zones inondées. Ce cliché a été tiré rue des Corderies à Rosendaël. Photo Desreumaux



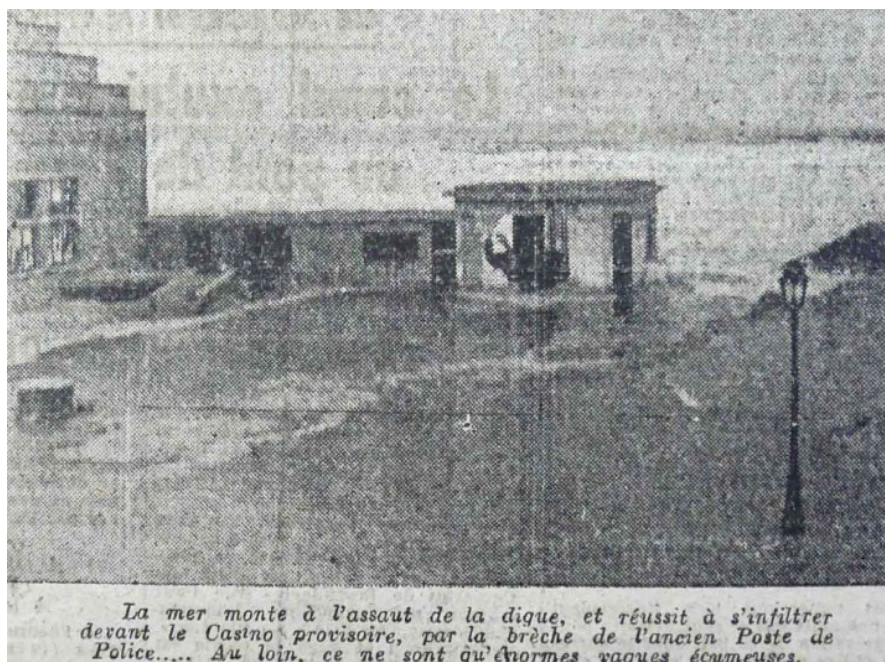
La rue Paul Dufour aux heures critiques. Ph. Desreumaux

Source(s) : Le Nouveau Nord – 3 au 6 mars 1949, Shom

A Malo-les-Bains, Les vagues monstrueuses et blanches d'écume recouvrant entièrement l'étendue sableuse grimpaient jusqu'au bord du perré de la digue et arrivaient à recouvrir celle-ci en plusieurs endroits.

Les flots s'étant livrés à l'assaut de la rotonde réussirent à 14h00 à franchir les ouvertures béantes de celle-ci, et, par gerbes écumeuses, à prendre possession de l'ancien terre-plein, malgré les monts de sable accumulés en cet endroit par les vents de ces derniers temps. Devant le pignon Est du nouveau Casino provisoire, une véritable lagune s'étalait bientôt (cf. photo qui montre le début de cette infiltration), avec sa franche d'écume jaunâtre dont les éclaboussures étaient projetées jusqu'à la façade des logettes. A gauche du Casino, le blockhaus était devenu un îlot battu par les vagues. Fort heureusement, le remblai de sable accumulé par le début de la tempête, devait empêcher la montée de la mer jusqu'aux habitations tandis que celle-ci approchait victorieusement

du quartier sinistré du centre de la digue entre les rues de l'Yser et Belle-Rade, bloquant cette dernière où elle grimpa jusqu'à l'arrière des villas ruinées, contournant l'Hôtel Pyl et la Villa Spéranza.



Source(s) : Le Nouveau Nord – 3 mars 1949, Shom

Avec un coefficient de marée de 111 à 117, la digue Tixier endommagée au début du mois est à nouveau franchie au niveau de la brèche.

La marée de 13h20 a provoqué le mardi 15 mars 1949 quelques infiltrations au Pont de Rosendaël. Le pont, recouvert d'eau dans sa partie centrale, est interdit à la circulation automobile. L'eau commença à déborder, vers 13h00 entre les baraques de la Cité Tribut et les jardins de M. Plaetvoet. En même temps, une autre infiltration se produisait à l'entrée du pont, côté Rosendaël. Là les eaux du canal ne feront que grossir celles du ruisseau longeant les baraquements commerciaux.

Du côté de Dunkerque, l'inondation ne présentera aucun caractère de gravité, aucune habitation ne s'élevant dans les parages immédiats.

Rue Paul Dufour, les égouts débordent une fois de plus et cette artère est transformée en cité lacustre. Les caves se remplissent à vue d'œil. Le même phénomène, très désagréable, se déroule au même instant dans certaines caves de l'avenue Foch, notamment près de la Poste de Rosendaël.

A 13h25, les eaux commencent à baisser, mais les riverains sont très inquiets par la perspective de la nuit et la journée à venir.

⇒ *les dégâts ont été faiblement accentués pendant la marée de la nuit de mardi 15 à mercredi 16, qui s'est montrée moins dangereuse que la précédente, le vent s'étant affaibli.*

⇒ *Les deux marées de mardi après-midi et de la nuit suivante ont causé des dégâts sérieux aux berges du canal exutoire, notamment à la rive Ouest (côté Dunkerque), immédiatement en amont de la passerelle du Bd Carnot. Sur une cinquantaine de mètres, le perré et le talus le surmontant se sont écroulés entraînant vers le lit d'importantes masses de pierres et de terre.*

Jeudi 17 mars– Avec le passage au nord du vent et des rafales sur les côtes, il était à craindre une montée plus importante de la marée, au cours de la nuit. En effet, vers 2h15 ce jeudi matin, ce qui

se passa le mardi 15 au pont de Rosendaël, s'est renouvelé aux mêmes endroits. Débordant, côté Rosendaël, au point le plus bas des berges, c'est-à-dire sur une largeur de 15 m environ, face aux baraquements de la cité Tribut, les eaux empruntèrent la pente puis, se fractionnant en deux ruisseaux, envahirent la troisième rangée de baraquements (...). Automatiquement, à la même heure à Rosendaël, les égouts de la Rue Paul Dufour, et une partie de l'avenue Foch, débordèrent d'importante façon, recouvrant d'eau toute la chaussée et provoquant de nouvelles et sérieuses inondations de caves.

La situation à 14h40 : le vent étant à WNW, les eaux se sont maintenues, aux points critiques du Pont de Rosendaël, à 10 cm des berges, comme la veille.



Source(s) : Le Nouveau Nord (16, 17 et 18 mars 1949), Shom

V.4 La tempête de 1953

La tempête de 1953 est une tempête qui a touché les côtes du Nord de la France, de la Belgique et largement celles des Pays-Bas. Elle est due à une dépression stationnée au Nord-Est de la Mer du Nord, provoquant sur le littoral français des vents forts de secteur Nord-Ouest, perpendiculaires à la côte. Les rafales ont pu atteindre 150 à 180 km/h lors de cet événement, engendrant une importante houle. Malgré un coefficient de marée modéré (coefficient 83), le caractère très marqué de la dépression a provoqué des surcotes considérables (2,4 mètres à Dunkerque, 3,85 mètres relevé aux Pays-Bas), qui plus est, synchronisées avec la pleine-mer. Les niveaux marins maximums atteints, 7,9/8 mètres cote marine à Dunkerque (altitudes de 5,2/5,3 mètres NGF) ont par conséquent été très exceptionnels et constituent aujourd'hui les plus hautes eaux connues.

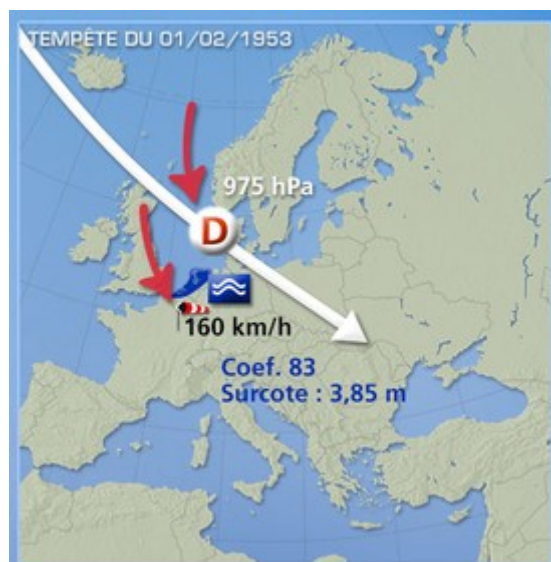


Illustration 13 : Conditions météo de la tempête de 1953 (Lachainemétéo.com)

Le processus de la catastrophe de mars 1949 s'est déroulé avec plus de gravité encore. La digue étant presque submergée, les vagues se sont acharnées comme des béliers sur le perré extérieur démantelant les parties faibles. L'eau s'engouffrant dans les poches ainsi créées, fouilla et suça le sable ; en deux points la digue se « vida » de sa substance et les superstructures de maçonneries s'effondrèrent ; la mer se ruant avec furie dans les passages ainsi creusés, emportant tout de sa masse, broyant la maçonnerie, bousculant la blocaille, nettoyant le sable. Le travail de pilonnage effectué par les vagues montantes fut complété par l'œuvre de sape et de fouille accomplie par la marée descendante, et celles qui allaient suivre. A 2h30 par deux larges brèches, la mer avait envahi le canal exutoire (...). En peu de temps, le pont de Rosendaël fut submergé, l'eau envahit la cité du stade Tribut et les rues des quartiers limitrophes de Dunkerque et de Rosendaël, inondant les caves, les jardins, dépassant le niveau des rez-de-chaussée des immeubles.

Très rapidement de l'eau salée commença à s'écouler dans l'avenue Foch, dans la rue des Corderies, remonta vers le canal de Furnes et s'arrêta à une dizaine de mètres de celui-ci. Mais en même temps, l'eau avait pénétré profondément dans les propriétés de jardiniers, inondant entièrement serres et jardins.

(...) les berges du canal exutoire protégeant la cité de baraquements du Stade tribut furent bientôt incapables de contenir le flot. Subitement, tandis qu'une grande partie de l'avenue Foch se trouvait déjà sous les eaux, les berges débordèrent sous les yeux des riverains angoissés. Avec une extrême rapidité, l'eau progressa dans les allées, cerna les baraques.

(...) La cité Tribut, complètement submergée, l'eau salée remonta la rue Paul-Dufour où elle envahit toutes les caves et tourna à gauche dans la rue du Général De Gaulle, pour faire sa jonction avec les eaux de la rue des Corderies. Après l'étal, vers 14h30, les eaux commencèrent à se retirer, puis disparurent entièrement dans la soirée, des chaussées.

La marée de la nuit de dimanche 1er à lundi 2 février ne provoqua pas d'inondations, le vent s'étant calmé. La marée du lundi 2 février à 15h00, dont la cote prévue était de 5,50 m n'a pas renouvelé les inondations catastrophiques du dimanche après-midi. Dans les quartiers du Stade-Tribut et des Corderies, l'eau n'est pas montée dans les rues ni autour des baraquements, bien que certains jardins et terrains soient restés submergés depuis la veille. Certaines parties basses de la rue Paul-Dufour et d'autres artères sont restées légèrement couvertes d'eau. Au pont de Rosendaël, l'eau n'a pas atteint le platelage, le niveau se maintenant à l'étal, à environ 70 cm du bord des

berges.

La nuit de dimanche 1er au lundi 2 février a été plus calme et l'eau n'a pas atteint un niveau aussi élevé, puisqu'au pont de Rosendaël, elle n'a fait qu'affleurer. Le vent qui souffle du NE va mollissant et on estime que la grande marée de 5,60 m prévue pour la nuit de lundi à mardi ne peut donner lieu à de nouvelles inquiétudes.

Brèche dans la digue de l'Est (Archives Municipales de Dunkerque)



Pont de Rosendaël (Archives Municipales de Dunkerque)



Rue Paul Dufour (Archives Municipales de Dunkerque)

LA SITUATION A LA DIGUE TIXIER



Au centre de la pointe de Marquise et de la rive biterroise, la situation n'a pas sensiblement évolué à la digue Tixier et le long du littoral ouest. La mer de jeudi matin, à 4 heures, n'a pas été plus élevée de quatre décimètres. Quelques parts de sable ont été emportés au sud-est de la fin de la digue d'Est, malgré à la base, l'air légèrement soulevé, et en aucun point n'y a-t-il eu de brèches. Les brèches de la digue de l'Est, malgré à la base, l'air légèrement soulevé, et en aucun point n'y a-t-il eu de brèches. Les brèches de la digue de l'Est, malgré à la base, l'air légèrement soulevé, et en aucun point n'y a-t-il eu de brèches.



Une vue particulièrement saisissante de la plus importante des brèches créées dans la digue Tixier. — A droite, le canal existant et le bassin 25. (Photo: L'Est-Éclair, Dunkerque, 25 fév. 1953)

Source(s) : *Le Nouveau Nord* – 3 février 1953

A Malo-les-Bains, dans la nuit de samedi à dimanche, la violence du vent poussa les vagues par-

dessus la digue-promenade avec un déferlement soudain de raz-de-marée. Les eaux envahirent les sous-sols des immeubles en bordure du rivage et déferlèrent vers la rue Hoche, la rue de Flandre, la rue Belle-Rade, drainant de grosses quantités de sable et d'écume jusque dans l'avenue About. La digue a été défoncée en plusieurs endroits, notamment entre la rue Hoche et la rue de Flandre. Devant l'entrée du Casino, on a constaté 2 grandes brèches et le kiosque à jeux attenant à l'extrémité de l'ancienne Rotonde, entouré par la mer à marée haute, a été totalement éventré. Le blockhaus de la police, face à l'Avenue de la Mer, a eu sa base complètement dégagée et un affaissement a été constaté sur la partie Nord.



Source(s) : Le Nouveau Nord – 3 février 1953, Archives Municipales de Dunkerque

A Bray-Dunes, la mer franchit le perré.

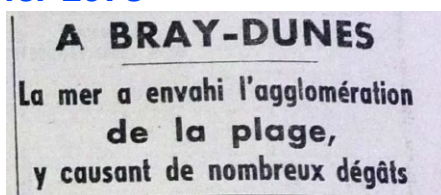
(...) Depuis samedi, pendant que le vent soufflait avec rage, à chaque marée, la mer déchaînée monta sur la digue et envahit les abords de l'agglomération de la plage jusqu'à hauteur du Boulevard International emportant tout sur son passage, inondant les sous-sols, défonçant les nombreuses portes et fenêtres.

Des paquets de mer venant s'écraser sur le bas-flanc de la digue, défoncèrent celle-ci en trois endroits, formant des excavations énormes.

(...) Tout le long de la digue, en raison du raz-de-marée qui enleva des milliers de mètres cubes de sable, on peut apercevoir les piliers qui ont servi à la fondation de la digue.

Source(s) : Le Nouveau Nord – 3 février 1953

V.5 La tempête du 18 janvier 1978



Des pointes de 137 km/h ont été enregistrées au sémaphore de Dunkerque. Tout a commencé dans la nuit du mercredi 11 au jeudi 12 janvier, avec un très fort vent de Nord qui a « gonflé » une marée d'un niveau initial déjà conséquent.

Coefficient de marée : 109 le mercredi 11 et 107 le jeudi 12. Surcote de 113 cm à Dunkerque.



Figure 1: L'après-midi, à la marée haute, la mer déchaînée, a submergée la digue de Malo à nouveau.



Figure 2: Terrasses et vitrines des magasins du front de mer endommagées.

Vers 2h00 du matin, jeudi, à l'heure de la marée haute, la digue de Dunkerque-Malo a été immergée sous une hauteur d'eau atteignant parfois 1 m. Des dégâts importants ont été causés sur le front de mer et dans les rues voisines : caves inondées, vitrines et terrasses couvertes déformées, lampadaires brisés, ... A la marée de 15h00, haute de 6 m., hier, la digue de Dunkerque-Malo a de nouveau été immergée dans sa partie Ouest. (...) Le vent et l'eau se sont engouffrés à l'intérieur des terrasses des cafés, restaurants, étalages de magasins, bousculant mobilier, marchandises et mettant tout sans dessus-dessous. (...). Ajoutons à cela et pour ce qui concerne la digue elle-même : un lampadaire de l'éclairage public brisé comme une allumette, des autos projetées sur les murs, des dégâts causés au revêtement en dallage. (...) des caves inondées, avenue About et digue de Mer. (...) depuis la tempête de 1953, et mis à part les tempêtes et marées d'équinoxe qui amènent la mer « à fleur » de la digue de Malo, celle-ci n'avait jamais été totalement immergée comme elle l'était aux premières heures de la journée de jeudi. Si la tempête avait quelque peu perdu de sa violence, la marée de 15h00 allait de nouveau envahir le front de mer. (...) le flot venait mourir au pied des immeubles et remontait même dans certaines artères adjacentes comme les rues Hoche, de Flandres, Duhan.

Source(s) : *La Voix du Nord* (13 janvier 1978) et Chaverot S., (2006) *Impact des variations récentes des conditions météo- marines sur les littoraux meubles du Nord-Pas-de-Calais*

V.6 La tempête Xaver en 2013

Xaver est une tempête qui a touché les côtes du Nord de l'Europe, de la France à la Suède. Cette dépression s'est formée au large de l'Islande, entraînant la formation de vents de secteur Nord-Ouest sur les littoraux touchés. Les pointes de vents ont été enregistrées dans les Highlands à près de 200 km/h et les pays les plus touchés ont été les Pays-Bas et la Belgique, malgré les plans de gestion de crise. En France, les dégâts ont en comparaison été peu importants, avec principalement la submersion de quelques voies de circulation en bord de mer et de jetées. Les vents sur nos côtes ont affiché des vitesses modérées, de l'ordre de 60 km/h. La surcote météorologique provoquée par la tempête a coïncidé avec une marée de fort coefficient, ce qui a engendré des niveaux marins très importants.

Les niveaux maximaux atteints par la mer le sont au moment du pic de pleine mer du 6 décembre matin entre minuit et 3 heures. Le coefficient de marée était de 100, les prévisions des niveaux marins (d'après marée.info) aux ports de Dunkerque, Gravelines et Calais étaient respectivement de 3,46, 3,69 et 4,1 m NGF. La surcote provoquée par la tempête est très importante, avec un maximum de 2,35 mètres à Dunkerque et 1,87 mètres à Calais, mais le pic de surcote survient à mi-marée avant la pleine mer. Au moment de la marée haute, la surcote reste élevée, 1,25 mètres à Dunkerque et 1,12 mètres à Calais, ce qui, conjugué au coefficient de marée élevé, conduit à ces niveaux marins très importants.

Des érosions du perré de Malo-les-Bains et des franchissements sont observés sur la promenade du front de mer. Dans l'Est dunkerquois et jusqu'à la frontière belge, les dunes sont érodées, en particulier les dunes de Leffrinckoucke, la Dune Dewulf à Guhyvelde et Zuydcoote où un bloelckaus bascule, les Dunes Marchand et la Dune du Perroquet à Bray-Dunes (recul de 5 m environ).

V.7 Les tempêtes Eléonor de janvier 2018 et Egon de janvier 2019

Eléonor s'est formée au large de l'Irlande pour balayer les îles britanniques, la moitié nord de la France, de la Bretagne à la Belgique le 2 et le 4 janvier 2018. Des vents forts ont affecté les côtes de la Manche et de la mer du nord pendant plus de 48 h avec des pointes dépassant les 130 km/h au Cap Gris nez (144 km/h au sommet de la Tour-Eiffel). Coïncidant avec des coefficients de marée élevés (101 à 106), une alerte submersion marine a été lancée dans toute la région nord. Fraiblement débordante sur le Dunkerquois, une forte érosion du cordon dunaire est à déplorer depuis Malo-les-Bains, jusqu'à la frontière belge.

Egon trouve son origine au large de la Bretagne. Elle a traversé le nord de la France sous forme d'une dépression très creuse (982 hPa) en Picardie, en direction de la Belgique et de l'Allemagne. Sur le Dunkerquois, les vents ont dépassé les 110 km/h, créant une forte houle mais avec un coefficient de marée moyen (92 à 102). Les effets de la tempête se sont limités à une érosion du cordon dunaire à l'Est de Malo-les-Bains.

V.8 Conclusion sur l'historicité des tempêtes

Avec sept tempêtes importantes en 75 années et des dégâts récurrents causés par ces événements, le littoral de Dunkerque à Bray-Dunes apparaît particulièrement exposé et vulnérable. Ce constat justifie la mise en œuvre d'un PPRL sur ce territoire et les actions entreprises par l'État et les collectivités pour prévenir les érosions littorales et les ruptures d'ouvrage ; la digue des Alliés et le barrage Tixier étant les ouvrages les plus importants en termes de population protégée.

Chapitre 3 : DÉTERMINATION DE L'ALÉA

VI La submersion marine dans le Dunkerquois

VI.1 Les phénomènes de submersion

VI.1.a Les marées de tempête

Le risque de submersion marine pris en compte dans le PPRL est lié au phénomène des marées de tempête. La marée de tempête est une élévation anormale du niveau de la mer provoquée par le passage d'une tempête. Des niveaux marins exceptionnels peuvent être atteints par la conjugaison d'une marée haute et de la surélévation du niveau marin lié à l'onde de tempête. Ces niveaux sont de nature à provoquer des intrusions d'eaux marines dans les terres, des submersions marines, et à endommager voire à faire rompre les ouvrages de protection du littoral, tels les cordons dunaires ou les digues.

Néanmoins la marée de tempête est un phénomène court, les niveaux exceptionnels ne sont atteints que pendant quelques heures, éventuellement pendant les marées hautes de deux cycles de marée. La dynamique de propagation de l'onde de submersion est donc un facteur clef pour établir l'importance des inondations à l'arrière de la côte.

Cette dynamique courte est importante dans le contexte de polder que constitue le territoire des Wateringues. Ainsi le phénomène n'est pas comparable à une situation où les ouvrages d'évacuation à la mer n'assure plus leur fonction de barrage quotidien aux entrées d'eaux marines, comme lorsque l'armée Allemande ouvrit les écluses à marée haute en 1944. Dans ce cas les niveaux d'eau montent progressivement pendant plusieurs jours dans les zones basses arrières littorales habituellement drainées par le système hydraulique.

On passe en revue ci-dessous les éléments contribuant à générer le niveau marin exceptionnel d'une marée de tempête : marée, onde de tempête et houle.

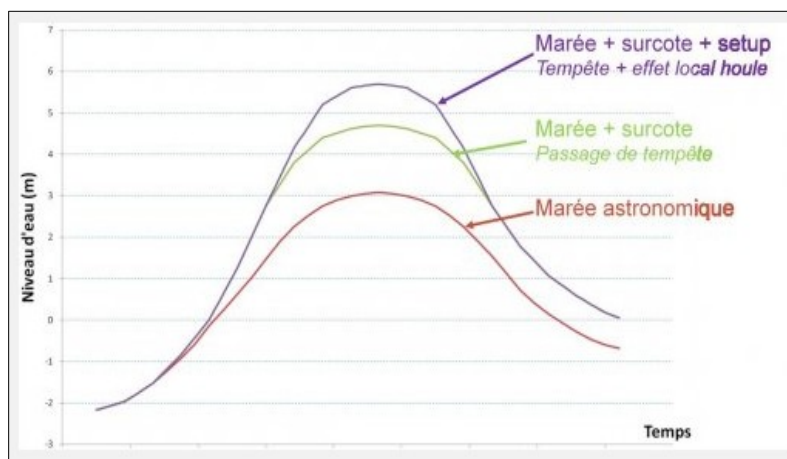


Illustration 14: Éléments concourant au niveau marin à la côte pendant un phénomène de marée de tempête (DHI, 2013)

VI.1.b La marée

La marée est un processus important dans l'hydrodynamisme des environnements littoraux. Il s'agit

d'une variation du niveau de la mer due à l'action gravitationnelle de la lune et du soleil. Le régime tidal est composé de deux périodicités : une composante lunaire semi-diurne avec deux basses mers et deux pleines mers par jour, et une composante bimensuelle pour les vives eaux et les mortes eaux. La circulation des masses d'eau est caractérisée par l'alternance de deux courants qui évoluent parallèlement au littoral: le courant de flot (marée montante) et le courant de jusant (marée descendante). Le littoral étudié, entre Oye-Plage et Bray-Dunes, est un environnement dit macrotidal, c'est-à-dire que le marnage moyen est supérieur à 4 m, ce que l'on peut retrouver dans les larges plages (en moyenne 300 m) caractéristiques de cet espace. L'amplitude de marnage est ici comprise entre 5 et 8 m, et peut atteindre 5,45 m à Dunkerque.

L'amplitude du marnage varie pour chaque marée. Le coefficient de marée (compris entre 20 et 120) est un indicateur de cette amplitude. Les marées de vives-eaux où les plus hauts niveaux marins peuvent survenir à pleine-mer sont des marées à fort coefficient, plus de 70, avec un coefficient moyen autour de 95. Les marées de mortes-eaux au contraire ont des coefficients inférieurs à 70 avec un coefficient moyen autour de 45.

Les hauteurs de mer des marées hautes peuvent être très différentes suivant la puissance de la marée. On comprend donc que cette puissance de la marée est un facteur contributeur clef dans la constitution du niveau marin d'un phénomène de marée de tempête.

VI.1.c L'onde de tempête

Il y a une grande variabilité inter-annuelle des tempêtes dans le Nord Pas-de-Calais, mais elles ont majoritairement lieu en hiver. Les événements qualifiés de tempêtes ici sont des vents modérés à forts (des vitesses de plus de 8 m/s) de secteur N-NO, combinés à une basse pression atmosphérique et pendant plus de 48 h consécutives.

Le passage d'une tempête au-dessus de la mer provoque une onde de tempête, une surélévation du niveau de la mer. Cette surélévation est due à l'action conjointe de la forte baisse des pressions dans la zone affectée et à l'action des vents qui vont pousser et accumuler l'eau selon leur direction. Elle dépend fortement de la configuration du littoral, de la topographie des fonds marins et du déplacement relatif du cyclone par rapport à la côte.

On parle de surcote atmosphérique ou météorologique pour qualifier la surélévation du niveau de la mer dû au passage de la tempête.

Les tempêtes sont en partie responsables de l'érosion des côtes, ce qui a une incidence sur la capacité du site à résister à une submersion. En effet l'érosion tend à amincir les dunes, à fragiliser les ouvrages comme les digues, qui n'ont alors plus le même rôle protecteur.

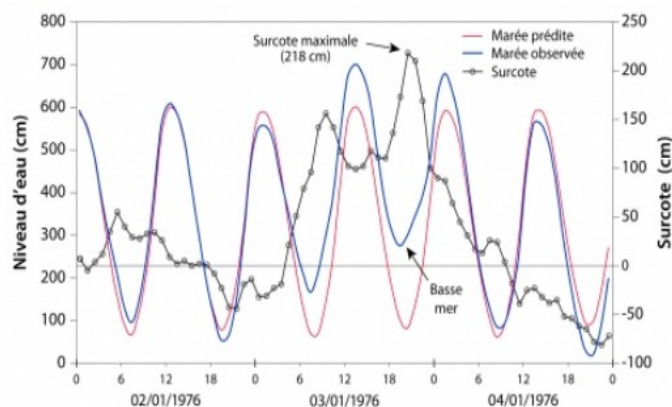


Illustration 15: Variation du niveau d'eau à Dunkerque lors de la surcote de janvier 1976 (Hequette, 2010)

VI.1.d Détermination du niveau marin extrême au large:

Il s'agit là des données en pleine mer, qui ne tiennent donc pas compte des spécificités à la côte (déferlement, houle, etc.). Ces niveaux rassemblent la marée et les phénomènes météorologiques de grande ampleur. En effet une dépression atmosphérique (zone de basses pressions de l'air liée soit à la circulation des masses d'air planétaires, soit à une température élevée de l'air, et se caractérise par une pression inférieure à 1015 hP) peut entraîner une hausse du niveau de la mer: on considère que la perte de 1 hP équivaut à un gonflement de 1 cm. Deux scénarios ont été modélisés : un premier, l'aléa de référence avec une prise en compte du changement climatique par une hausse de 20 cm du niveau marin, et un deuxième, l'aléa à horizon 2100, avec une hausse de 60 cm du niveau marin.

VI.1.e La houle:

La houle est l'action du vent sur la surface de l'eau. C'est un courant parallèle à la côte dans la zone de déferlement, dont l'intensité dépend de son obliquité par rapport au rivage. Elle se propage dans trois domaines avant d'atteindre le littoral : la zone de levée où l'amplitude augmente progressivement, la zone de déferlement où la vague est au maximum de son gonflement, devient instable et s'effondre, la zone de surf où l'énergie du déferlement est dispersée vers le rivage (Cf. Illustration 16). La zone de jet de rive correspond à l'espace de plage successivement immergé par la propagation de l'eau liée au déferlement.

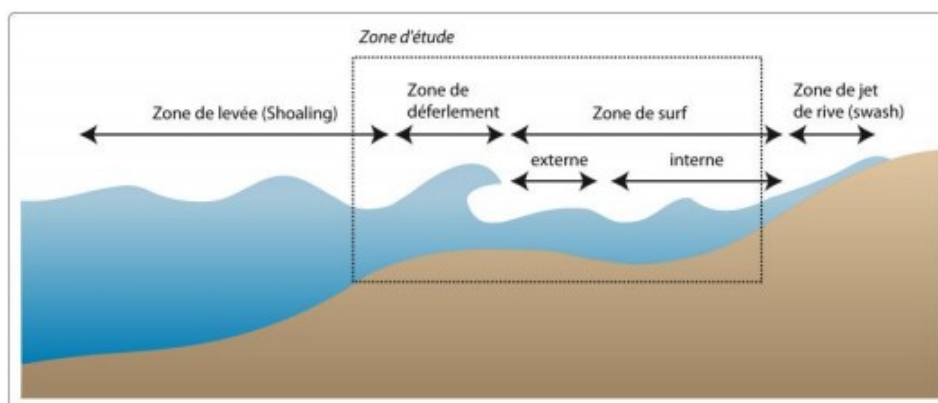


Illustration 16: Zones hydrodynamiques (Cartier, 2013)

Définir les caractéristiques de la houle sur le littoral concerné est nécessaire pour quantifier les niveaux extrêmes, car elle tend à augmenter le niveau de mer localement. Elle a ici été caractérisée avec un modèle propageant les états de mer à la côte. Cela prend alors en compte la hauteur significative de la vague (hauteur mesurée du creux à la crête de la vague), la période pic (le laps de temps entre deux vagues dominantes), la direction moyenne, l'étalement directionnel (le spectre de directions dans lequel partent les vagues).

VI.1.f Le déferlement à la côte

Dans un contexte macrotidal comme le littoral étudié ici, le système barres-bâches entraîne une variation de la localisation du déferlement sur l'estran, car la profondeur sous la vague variera alors en fonction de la marée (localisation de la barre sur l'estran et sa hauteur). Ces systèmes peuvent induire un second déferlement: l'énergie du premier déferlement se dissipe dans la bache pour ensuite provoquer un déferlement sur la barre suivante. Le déferlement est un phénomène qui a lieu lorsque la hauteur de houle est supérieure à 80 % de la profondeur, mais il ne s'agit là que d'une estimation.

Sur le tronçon de littoral étudié, les houles proviennent essentiellement du secteur N-NW. Les vents de secteur NE sont les plus violents et donc les plus susceptibles d'entraîner un phénomène de submersion marine. Les principaux vents sont de secteur SW avec des vitesses en hiver supérieures à 8m/s. Les hauteurs de houle lors des événements tempétueux peuvent atteindre environ 1,80 m sur l'estran, la hauteur maximale de houle enregistrée à Dunkerque étant de 4,7 m. La période la plus agitée s'étend d'octobre à mars. La surélévation du niveau de l'eau et le franchissement des ouvrages dépend des caractéristiques de la houle incidente, du bilan sédimentaire de la plage et du type d'ouvrage. L'élévation du niveau marin liée à la houle déferlante est appelée le wave set up, ou surcote de déferlement (Cf. Illustration 17).

Ces données ont été adaptées à la côte par l'ajout d'une estimation de la surcote de déferlement: elle correspond à la surélévation du niveau de la mer due au déferlement des vagues de houle.

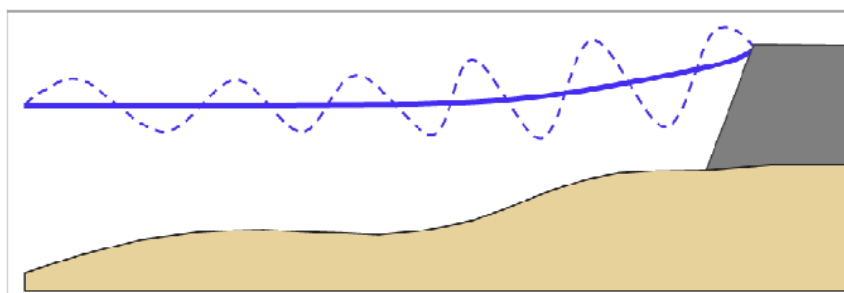


Illustration 17: Effet de la surcote de déferlement de la houle sur le niveau de la mer à l'approche de la côte (DHI, 2013)

VI.1.g Les mécanismes de submersion marine

Les submersions marines tirent leur origine d'un niveau marin anormalement élevé, mais elles génèrent également un transfert d'eau de mer vers les terres. On peut les classer en 3 catégories, selon ces mécanismes de transfert d'eau marine dans les terres :

- le débordement : du fait de son niveau élevé la mer passe au-dessus des ouvrages ou du terrain naturel côtier de façon continue ou quasi-continue ;
- les franchissements par paquets de mer : le sommet des vagues qui déferlent dépasse le niveau des ouvrages ou du terrain naturel côtier, le volume d'eau qui arrive sur la bande côtière subissant le franchissement est plus important que celui qui repart à la mer, il crée une submersion à un niveau plus élevé que le niveau marin de tempête et peut se propager dans les secteurs adjacents plus bas ;
- la rupture du système de protection : une défaillance, par exemple la survenue d'une brèche, d'un ouvrage de protection ou du cordon dunaire permet aux eaux marines de pénétrer les terrains bas qui étaient protégés .

VI.2 Contexte de l'étude de l'aléa

VI.2.a L'Étude de détermination de l'aléa submersion marine DREAL/DHI

L'étude « Détermination de l'aléa de submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais » a été réalisée par le bureau d'études DHI, pour le compte de la DREAL Nord-Pas-de-Calais.

C'est la première étude qui s'intéresse de façon approfondie à cerner le risque de submersion marine sur le littoral Dunkerquois.

Elle a débuté en 2008 par une première étape d'amélioration de la connaissance du risque submersion marine sur le littoral Nord-Pas-de-Calais qui s'est achevée fin 2009.

Un rapport sous-titré « Etape 1 : compréhension du fonctionnement du littoral » a été produit comprenant notamment des fiches sur les tempêtes historiques ayant affecté le littoral régional.

L'étape 2 s'est étalée entre 2010 et 2014, le rapport final est sous-titré : « Etape 2-2 : modélisation des aléas littoraux actuels et à l'horizon 2100 ».

Début 2010 survient la tempête Xynthia qui conduit à une évolution rapide de la politique nationale en matière de prévention des risques naturels littoraux (une circulaire en 2010 et une autre sur les PPRL en 2011) et à la redéfinition des objectifs de l'étude.

Dans une première période, de 2010 à fin 2011, l'étude sélectionne les sites littoraux sur lesquels elle estime devoir envisager une cartographie d'aléa et produit une série de cartographie d'aléas submersion marine qui sont présentées aux élus du territoire.

Sur le littoral situé entre Dunkerque et Bray-Dunes, quatre sites de submersion sont envisagés avec les mécanismes suivants :

- la rupture de la digue des Alliés à Dunkerque qui protège le canal exutoire de la mer,
- le franchissement du perré de la digue-promenade de Malo-les-Bains (Dunkerque),
- le franchissement du perré de la digue-promenade de Bray-Dunes,
- la rupture du cordon dunaire à Bray-Dunes dans un petit secteur situé sur le camping du Perroquet.

À la suite des retours des collectivités et pour prendre en compte les derniers développements au sujet des PPRL (notamment la prise en compte d'un aléa « changement climatique ») une nouvelle période qui s'étale entre 2012 et 2014 voit une refonte de l'étude qui aboutit fin 2013 à de nouveaux résultats et cartographies qui font également l'objet d'une concertation. Les principaux changements entre les deux versions de l'étude sont d'un point de vue méthodologique :

- une évolution de la méthode de sélection des sites sur lesquels il faut considérer un aléa submersion marine
- une évolution de l'estimation des surcotes de déferlement (elles sont calculées par site et sensiblement réduites) ;
- une actualisation des niveaux marins extrêmes de pleine mer (SHOM-CEREMA) en intégrant les résultats du millésime 2012 ;
- des simulations pour deux scénarios qui doivent constituer les aléas de référence : un scénario niveau marin centennal + 20 cm (première prise en compte du changement climatique) et un scénario niveau marin centennal à horizon 2100 c'est-à-dire majoré de 60 cm

Des hypothèses et paramètres de modélisation évoluent spécifiquement pour le modèle Dunkerque en 2013, le modèle est notamment reconstruit et étendu avec une meilleure prise en compte du réseau hydraulique arrière littoral.

VI.2.b L'étude de dangers de la digue des Alliés et du barrage Tixier

Une première étude de dangers a été réalisée en septembre 2012 pour la digue des Alliés et en mars 2013 pour le barrage Tixier. Cette étude est rapidement devenue obsolète parce qu'elle utilisait les résultats de modélisation de submersion marine de la première version de l'étude régionale DREAL/DHI et non de la seconde parue fin 2013. De plus des travaux de confortement de la digue

des Alliés étaient prévus comprenant notamment le rechargement massif en sable du pied de la digue des Alliés.

Une mise à jour de l'étude de dangers a donc été entreprise en 2016 qui s'est achevée fin 2017. Elle prend en compte les travaux de rechargement en sable du pied de digue réalisés en 2014 et de confortement de la digue des Alliés elle-même (travaux achevés en 2018). Dans le cadre de cette étude, DHI a fait évoluer une troisième fois ses modélisations de submersion marine consécutives à la rupture de la digue des Alliés Dunkerque, en prenant en compte le nouveau profil de plage devant la digue pour recalculer les surcotes de déferlement mais aussi en révisant les hypothèses liées à la rupture suite aux éléments avancés dans l'étude de dangers à propos de la résistance des ouvrages (après travaux).

VII Synthèse sur les caractéristiques des aléas de référence du PPRL Dunkerque à Bray-Dunes

L'étude régionale de détermination des aléas submersions marines de la DREAL Nord-Pas-de-Calais fut lancée, en 2009 pour sa phase 1 (connaissance du littoral et des tempêtes historiques) et en 2010 pour sa seconde phase (détermination des aléas). C'est la première étude qui s'intéresse de façon approfondie à cerner le risque de submersion marine sur le littoral Dunkerquois.

L'étude a produit des analyses sur le phénomène de submersion littoral régional qui conduisent à la cartographie de l'aléa submersion marine, c'est-à-dire à une estimation de la localisation et de l'intensité des submersions marines possibles sur ce littoral. Deux scénarios sont notamment développés pour correspondre aux événements de référence requis dans la démarche PPRL depuis la publication de la circulaire PPRL en 2011.

L'étude de dangers de la digue des Alliés réalisée en septembre 2012 et en mars 2013 pour le barrage Tixier a été l'occasion de la mise à jour de cette première étude (par le même bureau d'études pour la partie modélisations hydrauliques) sur le cas précis des zones submersibles à l'arrière du système d'endiguement digue des Alliés/barrage Tixier de Dunkerque. De nouvelles cartographies d'aléas ont été produites pour ce site dont certaines sont désignées comme cartographies pour les événements de référence du PPRL.

La synthèse ci-dessous a pour objectif de présenter les principales caractéristiques et hypothèses de la démarche de détermination des aléas de référence du PPRL Dunkerque à Bray-Dunes. Elle reprend la démarche globale d'analyse et de cartographie des aléas qui a prévalu dans ces études en donnant les éléments les plus à jour et donc en combinant les deux études.

Les différents travaux menés dans ces études peuvent être regroupés dans deux grands volets :

- Dans le premier volet, les analyses ont consisté à repérer les sites littoraux où la mer peut envahir les terres quand elle atteint les niveaux extrêmes des marées de tempête exceptionnelles et à estimer les paramètres (niveaux marins, hauteurs de vague) caractérisant les volumes d'eau marine entrants pour chacun de ces sites et pour différentes intensités de tempête (cf partie ci-dessous : L'estimation des niveaux marins de référence et le choix des sites).
- Dans le second volet on s'est intéressé aux conséquences des entrées d'eau marine estimées à l'étape précédente dans les terres. Il a été produit pour cela, à l'aide de modèles hydrauliques numériques de propagation des écoulements, des cartographies des zones submersibles classées suivant des paramètres traduisant la dangerosité des submersions, des cartographies des aléas submersions marines (cf partie ci-dessous : La modélisation des submersions marines).

VII.1 La démarche

Le processus d'analyse s'est déroulé en plusieurs étapes.

Dans une première étape les niveaux marins de référence ont été identifiés pour le littoral étudié et ont été comparés à l'altitude du trait de côte et de la zone arrière littorale. À cette lecture topographique s'est ajouté des éléments sur les tempêtes historiques et l'état des cordons et ouvrages du front de mer, pour pouvoir définir les sites sur lesquels envisager des aléas submersions marine. Ces sites sont également caractérisés suivant le mécanisme d'invasion marine (débordement, franchissement par paquets de mer ou rupture de la première ligne de défense contre la mer).

Dans une seconde étape les paramètres des entrées d'eau marine pour les événements de références ont été évalués de façon précise pour chaque site identifié à l'étape précédente. Pour les sites à débordement et rupture, le niveau marin extrême est précisé en estimant la surcote de déferlement. Pour les sites où le mécanisme à l'origine des submersions est le franchissement par paquets de mer, les paramètres de houle et de hauteur de vague sont évalués pour calculer des débits entrants d'eau marine.

Il faut rappeler que dans le cadre de l'élaboration des PPRL deux événements de référence doivent être étudiés :

- un événement « actuel » correspondant à une tempête centennale (période de retour $T = 100$ ans) mais qui intègre une première prise en compte du changement climatique sous la forme d'une surélévation des niveaux marins considérés de 20 cm;
- un événement « à horizon 2100 » qui correspond à une tempête centennale (période de retour $T = 100$ ans) où le changement climatique a conduit à une surélévation des niveaux marins de 60 cm.

VII.2 Les niveaux marins extrêmes des extrapolations statistiques marégraphiques

L'estimation des niveaux marins exceptionnels devant servir aux aléas du PPRL s'est d'abord appuyée sur les extrapolations statistiques des niveaux marins extrêmes de pleine mer Manche et Atlantique réalisées par le SHOM et le CETMEF (CEREMA).

Ces extrapolations de niveaux extrêmes, et la cartographie de ces niveaux sur l'ensemble du littoral, a été réalisée par le SHOM et le CEREMA en 2008 et a été mise à jour en 2012. Cette analyse statistique a été menée sur les données mesurées aux marégraphes du réseau national RONIM (Réseau d'Observation du Niveau de la Mer). Pour chaque marégraphe des niveaux marins de pleine mer correspondant à différentes périodes de retour (au maximum 100 ans) ont été extrapolés. Des valeurs ont également été extrapolées pour le littoral situé entre deux marégraphes, à partir de l'interpolation des valeurs calculées sur ces derniers et éventuellement de points secondaires de mesure. Ainsi les valeurs estimées sur le littoral Dunkerquois sont influencées par les valeurs du marégraphe de Dunkerque, et de Calais pour le littoral à l'est de Dunkerque, et des points secondaires situés au large.

Conformément aux préconisations de la note méthodologique qui accompagnait le millésime 2012 des statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France, les niveaux de référence considérés sur le littoral Dunkerquois pour la démarche sont ceux de 2012 pour le port de Dunkerque et le plus fort niveau entre 2008 et 2012 pour le reste du littoral Nord. La méthode d'interpolation des niveaux entre les ports de référence qui a été appliquée en 2012 comprenait une nouvelle méthode de prise en compte des points secondaires de mesures marégraphiques qui a été

jugée trop incertaine pour être considérée seule. Néanmoins les niveaux interpolés 2012 étant plus élevés (de 10 cm, Cf. Illustration 18 et Illustration 19) que ceux de 2008 cela a abouti à retenir les niveaux 2012 sur l'ensemble du littoral de Dunkerque à Bray-Dunes.

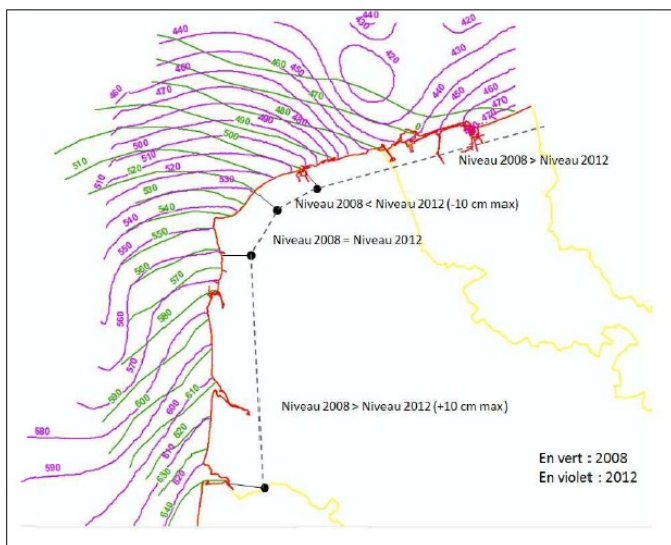


Illustration 18: Comparaison des niveaux marins de pleine mer centennaux (étude de détermina....) des millésimes 2018 et 2012.

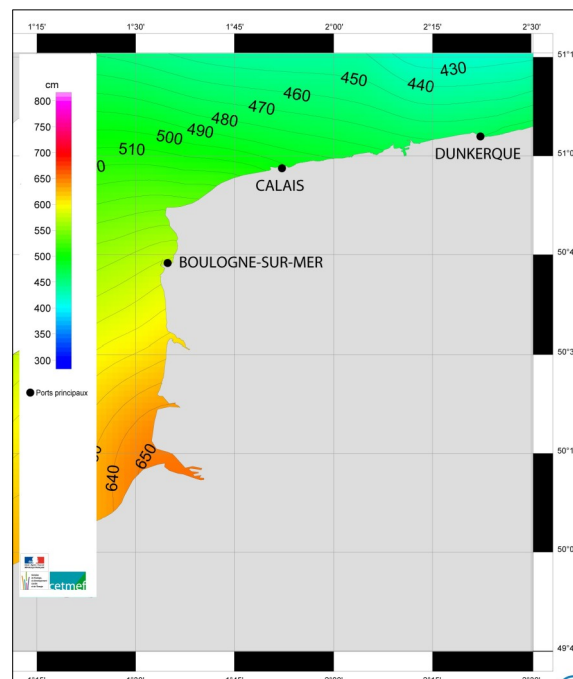


Illustration 19: Carte des niveaux de pleine mer centennaux finaux recommandés par les producteurs de la donnée (Note méthodologique relative au produit « Statistiques des niveaux marins extrêmes des Côtes de France » Édition 2012, SHOM/CETMEF).

VII.3 Comparaison des niveaux marins avec l'altitude du trait de cote

L'approche de base pour cerner la problématique du risque de submersion marine en tout point du littoral a été une analyse topographique consistant à comparer les niveaux marins extrêmes d'occurrence centennale avec l'altitude de la bande côtière qui s'oppose aux venues d'eau marine et celle des terrains en arrière.

Pour caractériser l'altitude en tout point du territoire, la donnée topographique numérique utilisée a été celle produite par un lever Lidar acquis par la DDTM 59 en 2009. La résolution du lever sur le secteur de Dunkerque est de 50 cm (un point levé tous les 50 cm de terrain) avec une précision en altitude de l'ordre de 10 cm.

Conformément à la circulaire PPRL qui demande de prendre en compte des niveaux de référence intégrant des surcotes pour anticiper les effets du changement climatique, les deux niveaux de référence considérés ont été le niveau extrême de pleine mer centennal (T100)+ 20 cm et le niveau centennal (T100) + 60 cm traduisant une probable situation dégradée par le changement climatique à l'horizon 2100.

VII.3.a Le débordement

Si dans un secteur la bande côtière a une altitude inférieure aux niveaux extrêmes de référence alors un site de débordement est identifié.

Le seul cas de ce type identifié sur la zone d'étude est situé dans l'avant-port est de Dunkerque, où des quais et quelques rues proches ont une altitude inférieure à ces niveaux.

VII.3.b Le franchissement par paquets de mer

Si la bande côtière a une altitude supérieure, la question de son franchissement par des vagues se pose alors. Ainsi, si cette bande a une altitude supérieure, mais proche des niveaux de référence, et que la topographie à l'arrière de la bande n'empêche pas la propagation de la submersion de l'eau vers les terrains voisins, alors des submersions par franchissement sont à envisager.

C'est le cas, sur le littoral dunkerquois, des deux digues promenades de Dunkerque/Malo-les-Bains et de Bray-Dunes qui ont une altitude supérieure aux niveaux marins, mais qui peuvent être franchies significativement par des vagues. Ces digue-promenades et des terrains immédiatement adjacents, étant situés à une altitude comparable, ont été retenus comme site où la submersion par franchissement de paquets de mer devait être étudiée.

VII.3.c La rupture du premier rang de protection

Si l'altitude de la bande côtière est bien supérieure aux niveaux de référence, il faut identifier la nature du front de mer et la présence, à l'arrière, de zones basses, pour cerner le potentiel à définir des sites de rupture du système de protection (ouvrages et cordons dunaires).

La première approche topographique consiste donc à vérifier la présence de zones basses derrière les ouvrages et cordons dunaires du front de mer. La particularité de la bande littorale Dunkerquoise est qu'elle constitue une plateforme dépassant l'altitude 5,6 m NGF (T100+90 cm) sur environ 1 km de profondeur à l'arrière du trait de cote. Quelques petites zones, des cuvettes, peuvent être situées sous cette altitude, à l'intérieur de cette plateforme. Mais surtout, cette plateforme est traversée par un réseau hydraulique permettant l'évacuation des eaux des waterings, vers la mer.

Cette analyse a amené le repérage des points de faiblesse suivants :

- la digue des Alliés et le barrage Tixier : ce sont des ouvrages qui protègent directement de la mer un des principaux exutoires des waterings, le canal exutoire. Par nature, il peut permettre la propagation d'ondes de submersions vers l'intérieur des terres ;
- des cuvettes dans la plateforme littorale entre Dunkerque et Bray-Dunes sont proches du front de mer et séparées de la mer par un cordon dunaire plus étroit

VII.4 Autres critères pour la sélection de sites

D'autres informations ont été ensuite utilisées pour valider ou compléter cette analyse topographique.

D'abord la revue des tempêtes historiques a permis de valider le choix :

- de la digue des Alliés comme site de rupture ;
- les sites de Malo-les-Bains et de Bray-Dunes pour le franchissement par paquets de mer ;
- l'avant-port est de Dunkerque comme site de débordement.

Des submersions marines se sont produites pour ces trois sites, notamment lors de la tempête de 1953, la tempête historique connue la plus dommageable survenue sur le territoire.

Ensuite, les données d'une étude VSC (Visite Simplifiée Comparée) menée par la DDTM62 sur l'ensemble du littoral ont été consultées. Sur le littoral de Dunkerque à Bray-Dunes, elles ont été utilisées pour évaluer l'état des cordons dunaires et leur vulnérabilité aux ruptures. Cette approche n'a pas conduit à retenir de sites de rupture de cordon dunaire sur la zone d'étude du PPRL.

Enfin, une analyse morphologique des cordons dunaires protégeant des cuvettes rétro-littorale a été réalisée. Elle a pris en compte la hauteur et la largeur du cordon par rapport aux niveaux marins

extrêmes de référence (Cf. Illustration 20). À partir d'un retour d'expérience nationale sur les profils de côtes ayant connus une rupture, des critères morphologiques sont fixés pour déterminer les situations où il faut considérer un risque de rupture du cordon. Ainsi les cordons jugés vulnérables sont ceux dont la morphologie se rapproche de celle d'une digue protégeant des zones basses.

Un site a été retenu vulnérable à la suite de cette analyse. Il s'agit d'une cuvette à l'arrière d'un cordon dunaire relativement étroite à l'est de Bray-Dunes, dans un secteur occupé par un camping.

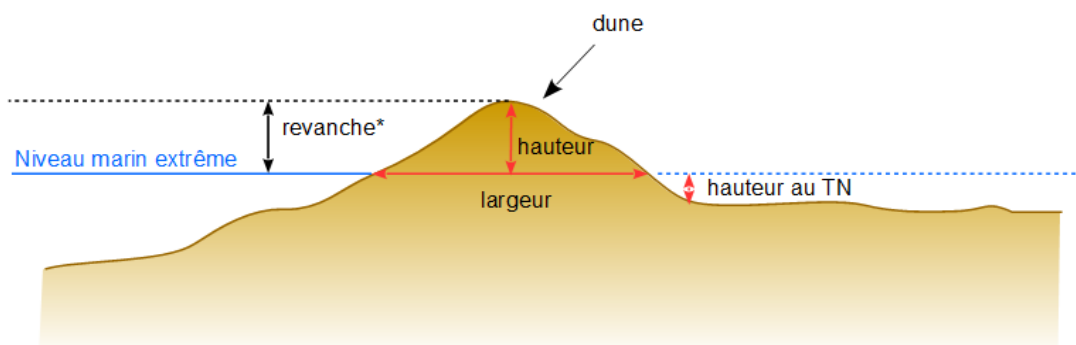


Illustration 20: Paramètres de l'étude morphologique des cordons dunaires.

VII.5 Les sites finaux retenus

L'ensemble de la démarche de sélection de sites à considérer pour évaluer le risque de submersion marine est résumée sur le schéma présenté à l'illustration 21 ci-dessous.

Les sites retenus au final sont listés ci-dessous (et localisés sur l'illustration 22).

Site avec submersion par débordement de la mer sur les terres :

- avant-port est de Dunkerque

Site avec franchissement de la cote par des paquets de mer :

- digue promenade de Dunkerque/Malo-les-Bains
- digue promenade de Bray-Dunes

Site avec rupture d'ouvrage de défense contre la mer :

- système d'endiguement digue des Alliés/barrage Tixier

Site avec rupture de cordon dunaire :

- petit tronçon de cordon à l'est de Bray-Dunes au niveau du camping du perroquet

Pour le site de rupture du système d'endiguement barrage Tixier/digue des Alliés, seule la rupture de la digue des Alliés est considérée. La rupture de l'ouvrage Tixier entraînerait les mêmes conséquences, c'est-à-dire des entrées d'eau marine à l'extrémité Nord du canal exutoire. Mais il a été estimé que la rupture du barrage amènerait moins d'eau dans le canal pour un événement marin de période de retour centennal. Le scénario majorant (rupture de digue des Alliés) a donc été retenu.

L'étape suivante va s'intéresser à définir les conditions marines précises des événements de référence PPRL pour chacun des sites.

* Revanche : désigne ici la différence de niveau entre le niveau marin extrême et le sommet de la dune.

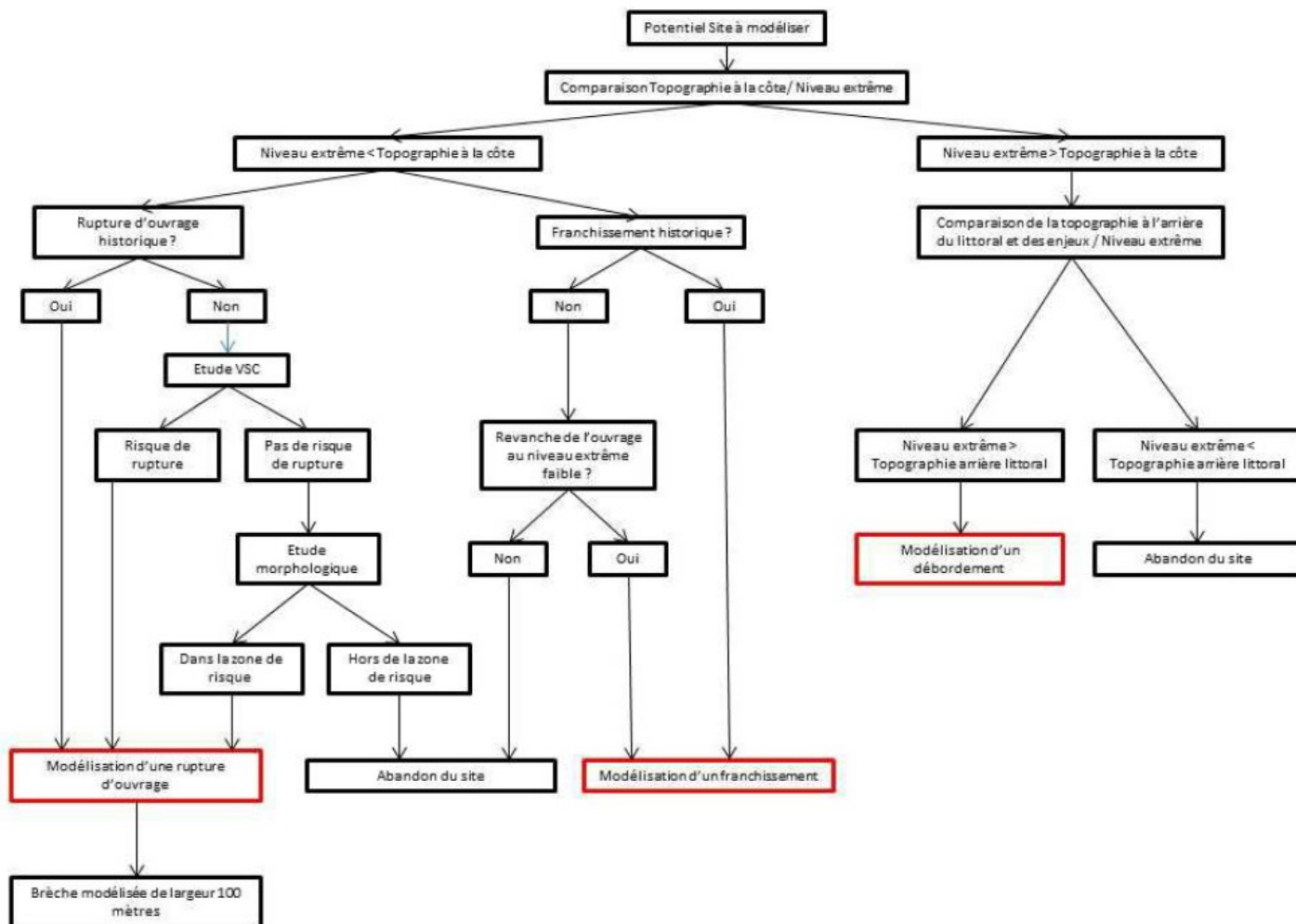


Illustration 21: Arbre de décision utilisé pour la sélection des sites pour lesquels ont été considérés le risque les submersions marine (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013)

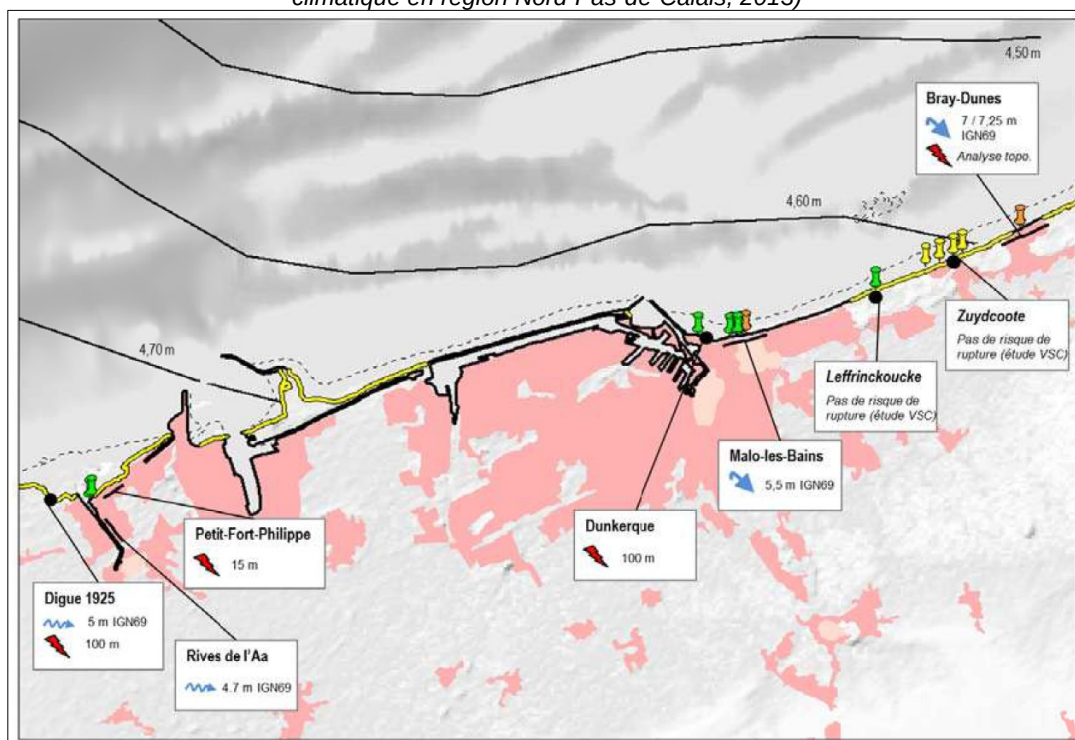


Illustration 22: Sites retenus sur le littoral Nord pour la définition d'aléas submersion marine (Étude de détermination de l'aléa submersion)

VII.6 Principes des estimations des conditions marines précises pour chaque site

Comme expliqué plus haut dans ce document (Cf. § VI) un niveau marin de tempête extrême intègre plusieurs composantes : la marée astronomique, la surcote liée au passage de la tempête et éventuellement une surcote liée au déferlement de la houle. Les deux premières composantes sont comprises dans les niveaux extrêmes statistiques évalués par le SHOM-CEREMA mais pas la dernière. En effet les marégraphes sur lesquels s'appuient les extrapolations statistiques sont situés à l'intérieur des ports, normalement à l'abri de la houle, et donc non concernés par cette surcote liée au déferlement de la houle. Pour chaque site il fallait donc estimer cette surcote de déferlement qui est dépendante de la bathymétrie proche au droit des sites.

De plus pour les sites au-dessus des niveaux marins exceptionnels où le franchissement par paquets de mer a été retenu, on doit s'intéresser aux vagues d'une tempête exceptionnelle dont il faut définir les paramètres afin d'évaluer le débit entrant dans les terres.

Pour ces raisons, le recours à plusieurs outils de modélisation a été nécessaire afin de définir les conditions marines au droit des sites de submersions. Ensuite pour chaque site retenu, le niveau marin maximum ou les débits de franchissement ont été estimés pour chaque scénario de référence. Des détails sont donnés plus bas.

Les marégrammes qui sont retenus au final pour représenter les événements de tempête comprennent deux cycles de marée et donc deux pleine-mer. Ils sont construits à partir d'un signal de marée observé et intègrent les différentes surcotes. Il a été considéré que la surcote météorologique liée au passage de la tempête s'applique complètement sur le premier cycle avec la surcote liée au déferlement de la houle. Ainsi les niveaux extrêmes extrapolés selon les méthodes explicitées ci-dessous sont les niveaux définis pour la pleine-mer du premier cycle de ces marégrammes de tempête. Pour le second cycle, seul 30 % du signal de la surcote météorologique est gardé pour majorer le signal de marée astronomique.

VII.7 La définition des conditions de mer

La définition des conditions de mer pour chaque site s'est appuyée sur des outils de modélisation :

- un modèle numérique de houle spectrale reconstituant des conditions de houle au large et permettant d'associer des hauteurs de houle à différentes périodes de retour ;
- des modèles propageant les conditions de mer du large à la cote le long de profils de plage et permettant l'estimation des surcotes de déferlement.

VII.7.a Le modèle de houle

Un modèle de houle spectrale a été construit sur la Mer du Nord entre la France et la Grande-Bretagne selon l'emprise visible à l'illustration 12 ci-dessous. La bathymétrie prise en compte s'appuie sur les données du SHOM.

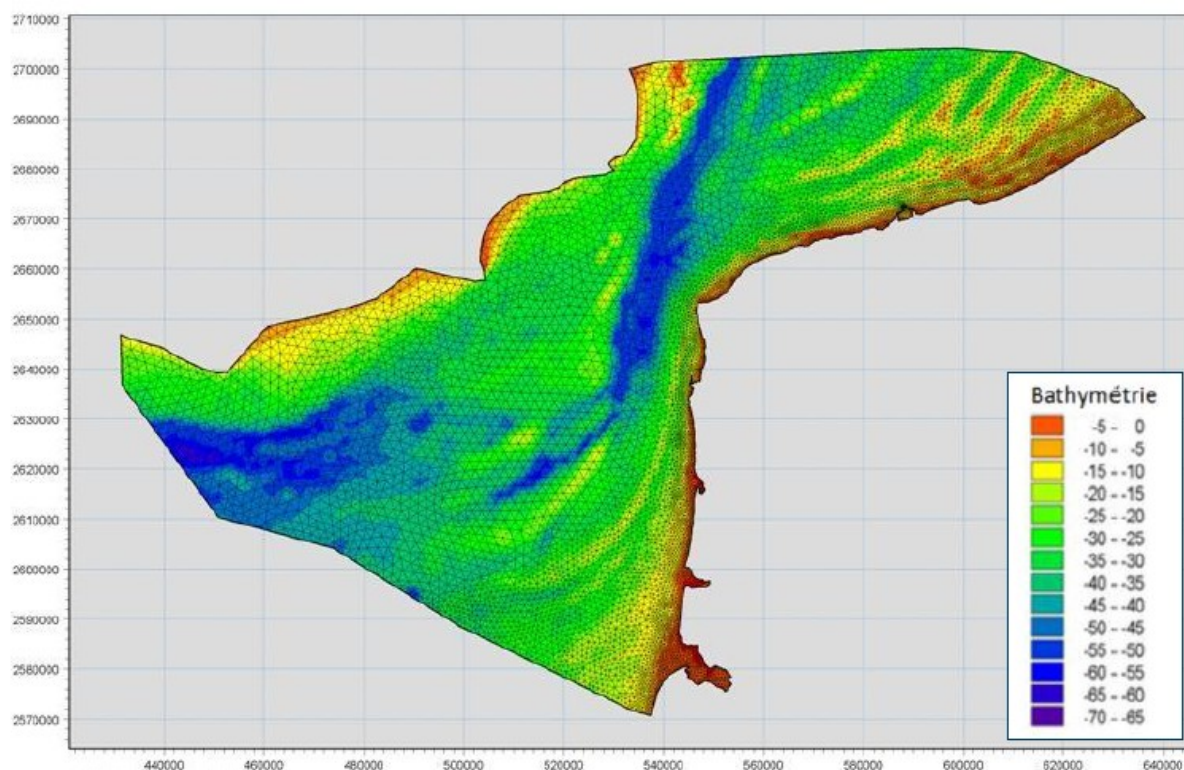


Illustration 23: Emprise et maillage du modèle MIKE 21 SW utilisé pour l'Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais.

Les données d'entrée du modèle, les états de mer de la façade Atlantique/Manche/mer du Nord sont issues de l'Atlas Numérique d'Etats de Mer Océanique et Côtier (ANEMOC) qui couvre la période 1979-2002. Les niveaux mesurés pour cette période aux marégraphes de Boulogne, Calais et Dunkerque sont intégrés ainsi que les données de vent mesurées aux stations Météo-France de Boulogne-sur-Mer et Dunkerque.

Les 23 années de données sont simulées dans le modèle. Le calage s'effectue sur l'année 1992 en utilisant les données de houle mesurées au large de Dunkerque par un houlographe du réseau CANDHIS (Cf. illustration 24). Le modèle permet ainsi d'extraire en chaque point du modèle les caractéristiques de houle (période, hauteur, direction).

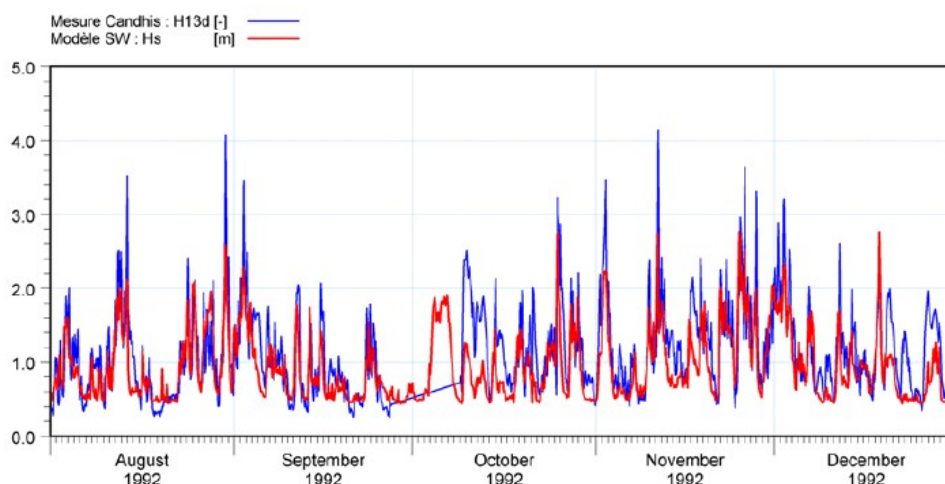


Illustration 24: Comparaisons des hauteurs significatives de la houle (Hs) issues du modèle avec les données CANDHIS. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

La hauteur significative de houle (Hs) est un paramètre caractérisant la hauteur de houle défini comme la valeur moyenne du tiers supérieur des hauteurs de vagues observées au cours d'une période donnée.

À partir du résultat des simulations de ces 23 années par le modèle calé, des estimations statistiques sont réalisées sur les hauteurs significatives de houle (Hs) en différents points situés au large des sites choisis. A titre d'exemple, l'illustration 25 ci-dessous montre le résultat des extrapolations statistiques menées au large de la digue des Alliés à Dunkerque.

Périodes de retour (ans)	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100
Hs (m)	2,07	2,15	2,23	2,25	2,32	2,39	2,44	2,49	2,54	2,57

Illustration 25: Hauteurs significatives de la houle (Hs) au large de la digue des Alliés de Dunkerque associées aux périodes de retour de 0,1 à 100 ans. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

VII.7.b Probabilités conjointes niveaux extrêmes/hauteurs de houle

Houle et tempête ne sont pas forcément des phénomènes conjoints, les hauteurs extrêmes de houle sont considérées ici comme indépendantes des niveaux extrêmes de tempête estimés par ailleurs aux marégraphes. Une analyse de probabilité conjointe de ces deux paramètres a été donc réalisée pour s'assurer de produire des événements de période de retour globale 100ans

L'analyse statistique des deux paramètres croisés (Niveaux marins extrêmes et Hauteur de houle) est nécessaire pour définir la période de retour de l'évènement global. La caractérisation d'un évènement de période de retour T revient à s'intéresser aux périodes de retour des éléments du couple niveaux extrême/houle. La méthode employée (préconisée par le DEFRA, le département de l'environnement anglais et décrite par Hawkes en 2005) permet ainsi d'obtenir les statistiques combinées fournissant les relations entre niveaux marins extrêmes et hauteur de houle.

L'illustration 26, ci-dessous, montre les résultats de ces statistiques combinées obtenues pour un point au large de la digue des Alliés de Dunkerque. Chaque courbe visible sur le graphe correspond à une période de retour. Chaque point de cette courbe est un couple de valeur de houle significative/niveau marin extrême. On observe que pour une période de retour donnée, le niveau marin augmente lorsque la hauteur de houle diminue et inversement. Une même période de retour peut donc correspondre à un niveau marin élevé associé à de petites vagues ou à un niveau marin plus faible associé à de fortes vagues.

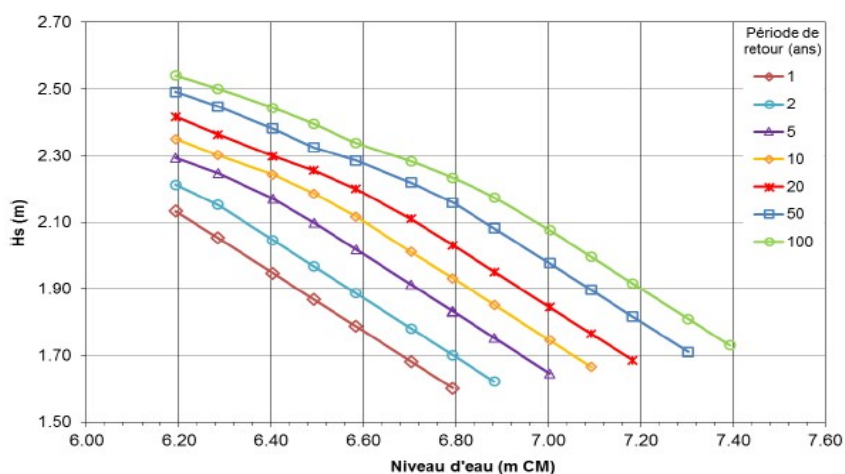


Illustration 26: Périodes de retour des combinaisons de niveaux extrêmes / houle au large de la digue des Alliés. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017)

VII.7.c Transfert aux conditions de mer à la côte

Pour un scénario donné (niveau marin - houle significative), on peut estimer, avec le modèle de houle, réalisé d'autres caractéristiques significatives de la houle comme la période pic (T_p) qui correspond au temps écoulé entre le passage de deux crêtes consécutives au même point. Enfin la direction d'incidence de la houle est choisie de façon à être la plus pénalisante, perpendiculaire à la direction des ouvrages.

Ces caractéristiques estimées grâce au modèle de houle sont données au large et non à la côte parce que le modèle de houle n'est pas pertinent pour les définir au niveau de la côte. Donc pour évaluer la surcote de déferlement au pied d'un ouvrage ou d'un cordon on doit propager ces conditions de mer définies au large à la côte via un modèle spécifique. Ce modèle est construit le long d'un profil de plage perpendiculaire à la côte (à l'ouvrage ou au cordon dunaire), sur une distance de l'ordre de 2 km et permet notamment de suivre l'évolution du niveau d'eau conséquent au déferlement de la houle. La différence entre le niveau à la côte et le niveau au large constitue la surcote de déferlement. Le modèle ainsi construit permet de passer des conditions de houle retenues au large à celles au niveau de la côte pour un scénario (niveau marin extrême/hauteur significative de houle) et un site donné et donc de définir notamment la surcote de déferlement et le niveau marin extrême final.

VII.8 Les sites de rupture et débordement

Pour les sites de submersion marine de type rupture d'ouvrage/cordon dunaire on cherche à évaluer le niveau marin maximum en prenant en compte la surcote de déferlement au pied de l'ouvrage ou du cordon considéré. Le schéma méthodologique des différentes étapes pour arriver aux niveaux finaux est donné sur l'illustration 27 ci-dessous.

Le scénario de probabilité conjointe centennal choisi qui donne le niveau marin final le plus élevé (niveau marin extrême + surcote de déferlement) est celui où le niveau marin extrême est le plus élevé et donc où la hauteur significative de houle (H_s) est la plus basse. Il correspond au scénario où le niveau marin extrême issue des données SHOM/CETMEF est de la probabilité centennale (période de retour $T = 100$ ans). La hauteur significative de houle (H_s) du couple est connue, la période T_{pic} est déduite grâce au modèle et la direction de houle fixée selon un axe perpendiculaire au front de mer. Ces caractéristiques de houle sont propagées le long d'un profil de plage à l'aide d'un modèle spécifique pour calculer la surcote de déferlement associée à ce scénario de niveau marin exceptionnel.

Les sites de rupture/débordement retenus à l'étape précédente sont :

- la digue des Alliés, comme site de rupture ;
- l'avant-port est de Dunkerque comme site de débordement ;
- le cordon dunaire au droit du camping du perroquet à Bray-Dunes, comme site de rupture.

Le site de débordement est situé à l'intérieur d'un port, normalement à l'abri de la houle. Le calcul des niveaux marins extrêmes finaux y est ainsi particulier. On explicite ci-dessous les estimations faites devant la digue des Alliés et ensuite celles faites pour l'avant-port est de Dunkerque (qui sont valables pour le débordement et au droit du barrage Tixier).

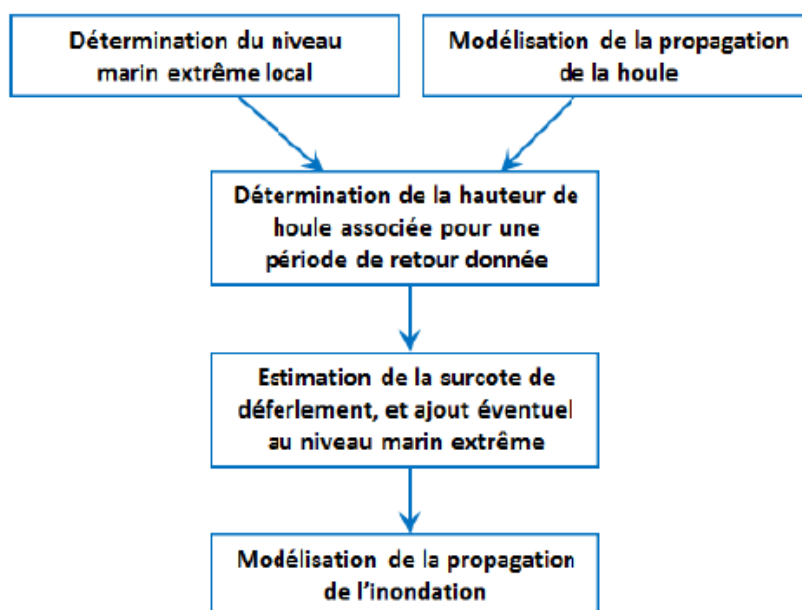


Illustration 27: Méthodologie pour la modélisation des débordements et rupture d'ouvrage (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

VII.8.a Estimation des niveaux marins extrêmes finaux au droit de la digue des Alliés de Dunkerque

Les données statistiques des niveaux marins de pleine mer à Dunkerque sont issues du document « Statistiques des niveaux marins extrêmes des cotes de France (Manche et Atlantique) » réalisé par le SHOM et le CETMEF et actualisé en 2012, comme développé plus haut, pour les périodes de retour 5 ans, 10 ans, 20 ans, 50 ans et 100 ans. Dunkerque est doté d'un marégraphe et constitue donc un des ports de référence sur lesquels les niveaux statistiques sont directement extrapolés. Les études ont également extrapolé pour les besoins des calculs des probabilités conjointes, les périodes de retour inférieures à 5 ans. L'ensemble des niveaux marins extrapolés au large de Dunkerque pour les différentes périodes de retour est donné à l'illustration 28 ci-dessous.

Niveaux d'eau à Dunkerque	Périodes de retour (ans)									
	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100
m NGF	3,80	3,89	4,01	4,10	4,19	4,31	4,40	4,49	4,61	4,70
m CM ⁽¹⁾	6,49	6,58	6,70	6,79	6,88	7,00	7,09	7,18	7,30	7,39

⁽¹⁾ A Dunkerque : ZH/Ref = -2,693 m (Réf. /4/).

Illustration 28: Niveaux marins de pleine mer retenus pour différentes périodes de retour à Dunkerque (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

L'exploitation du modèle de houle au large de la digue des Alliés donne les valeurs de hauteur significative de houle (H_s) pour les différentes périodes de retour. Les calculs de probabilité conjointe donnent les relations Niveau marin extrême au large/Hauteur significative de houle. Les couples (Niveau marin/hauteurs significative de houle) retenus comme ceux donnant les plus hauts niveaux à la cote, sont les couples correspondant aux points les plus à droite des courbes (Cf. illustration 26). Ainsi le couple de probabilité centennal retenu est le point de la courbe verte le plus à droite, celui où le niveau marin extrême au large est le plus élevé. Ce niveau correspond au niveau centennal tel que défini dans les statistiques SHOM/CETMEF 2012, 7,39 m CMDK. La hauteur

significative de houle pour ce niveau est de 1,73 m. Les périodes pic (T_p) de la houle sont associées aux valeurs de hauteur significative grâce à un diagramme de corrélation construit grâce au modèle de houle. L'ensemble des caractéristiques de houles estimées et retenues pour chaque période de retour est donné à l'illustration 29 ci-dessous.

Conditions de mer	Périodes de retour (ans)					
	10	20	50	100	100 + 20 cm	100 + 60 cm
Niveau d'eau (m CM)	7,09	7,18	7,30	7,39	7,59	7,99
Hs (m)	1,67	1,68	1,71	1,73	1,73	1,73
T_p (s)	6,69	6,71	6,75	6,77	6,77	6,77
MWD ($^{\circ}$ N)	12	12	12	12	12	12

Illustration 29: Conditions de mer associées à différentes période de retour au large de la digue des Alliés (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

Comme expliqué plus haut, la surcote de déferlement pour un scénario donné résulte du transfert de ces conditions de houle du large à la cote via un modèle dédié. Ce modèle propage la houle le long d'un profil de plage perpendiculaire à la digue (incidence 12° N) sur une distance de l'ordre de 2 km. Pour Dunkerque, au droit de la digue des Alliés, plusieurs simulations ont été effectuées pour tenir compte de plusieurs profils de plage. En effet le rechargement massif en sable de la plage au droit de la digue réalisé en 2014 modifie significativement le profil de plage. Mais le retour sur son évolution est encore peu significatif (quelques années). Trois différents profils de plage (Cf. Illustration 30) correspondant à une situation plus ou moins dégradée par rapport à la situation initiale ont été testés.

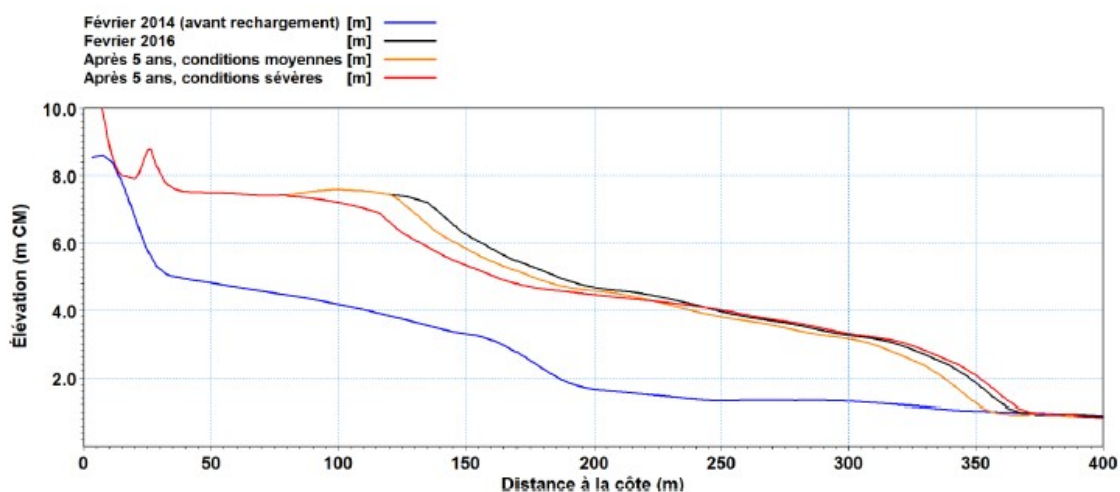


Illustration 30: Profils de plage avant rechargement (février 2014), profil mesuré en 2016, profil estimé après 5 ans en conditions moyenne et profil estimé après 5 ans en conditions sévères. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

On peut voir l'évolution du niveau marin à l'approche de la digue des Alliés (intégration de la surcote de déferlement) pour différentes périodes de retour et le profil de plage de l'état 2016 sur l'illustration 31.

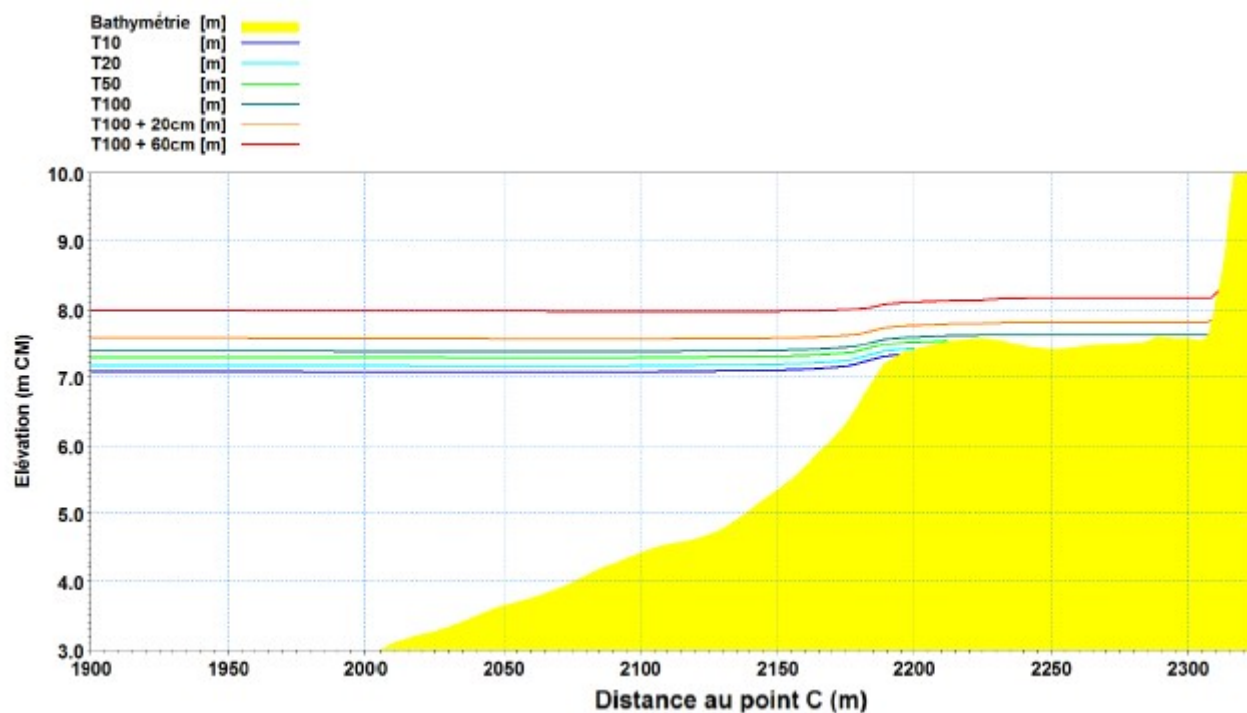


Illustration 31: Évolution du niveau dans le profil actuel pour différentes période de retour. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

Les résultats des calculs de surcote de déferlement pour les différents profils sont donnés dans le tableau de l'illustration 32.

Périodes de retour (ans)		10	20	50	100	100 + 20cm	100 + 60cm
Surcote de déferlement (m)	Etat actuel	-	-	-	0,24	0,22	0,18
	Après 5 ans (conditions moyennes)	-	-	-	0,24	0,22	0,18
	Après 5 ans (conditions sévères)	-	-	0,23	0,22	0,19	0,15

Illustration 32: Exemple de surcote de déferlement calculée au pied de la digue des Alliés pour différents scénarios de niveaux marins extrême (différentes périodes de retour) et différents profils de plage (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

La surcote la plus élevée correspond aux profils 2016 avec une érosion considérée comme normale. Ce sont ces surcotes qui ont été retenues pour définir les niveaux de référence finaux qui sont donnés à l'illustration 33. On rappelle que les deux scénarios de référence à prendre en compte pour le PPRL sont ceux correspondant à un niveau marin centennal plus une surélévation de prise en compte du changement climatique (20 cm et 60 cm).

Périodes de retour (ans)		10	20	50	100	100 + 20cm	100 + 60cm
Niveau (m NGF)	Niveau statique	4,40	4,49	4,61	4,7	4,9	5,3
	Surcote	0	0	0	0,24	0,22	0,18
	Incertitude sur la surcote	nc	nc	0,23	0,02	0,03	0,03
	Total	4,40	4,49	4,84	4,94*	5,12*	5,48*
Niveau (m CM)	Total	7,09	7,18	7,53	7,63	7,81	8,17

Illustration 33: Niveaux marins extrêmes totaux estimés au pied de la digue des Alliés. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

VII.8.b Estimation des niveaux marins extrêmes finaux dans l'avant-port Est de Dunkerque

L'avant-port est de Dunkerque est un bassin à marée, les niveaux d'eau évoluent avec ceux de la marée. La profondeur de l'avant-port est supérieure à celle du littoral voisin. Cela plus l'évolution bathymétrique dans l'intérieur du port ne sont pas des éléments de nature à générer de surcote liée au déferlement dans le port. On considère que le port est à l'abri de la houle.

Néanmoins les phénomènes hydrodynamiques à l'intérieur des ports sont complexes et mal connus. Des phénomènes comme la bascule de plan d'eau dans le bassin ou le clapot peuvent générer des surcotes en plus de la possibilité de propagation de niveaux surélevés par le déferlement de la houle à l'entrée du port (plage du Braeck) vers l'intérieur du port.

C'est pourquoi il a été choisi de majorer les niveaux marins exceptionnels issus des statistiques du SHOM/CETMEF d'une surcote égale à 50 % de celle estimée au droit de la digue des Alliés.

Les niveaux marins exceptionnels finaux estimés dans l'avant-port est de Dunkerque sont donnés à l'illustration 34.

Périodes de retour (ans)		10	20	50	100	100 + 20cm	100 + 60cm
Niveau (m NGF)	Niveau statique	4,40	4,49	4,61	4,7	4,9	5,3
	50 % de la surcote de déferlement	0	0	0,12	0,12	0,11	0,09
	Total	4,40	4,49	4,73	4,82*	5,01*	5,39*
Niveau (m CM)	Total	7,09	7,18	7,42	7,51	7,70	8,08

Illustration 34: Niveaux marins extrêmes totaux estimés dans l'avant-port est de Dunkerque. (EDD digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

VII.8.c Estimation des niveaux marins extrêmes finaux pour le site de rupture de cordon dunaire de Bray-Dunes

Les données statistiques des niveaux marins de pleine mer au large de Bray-Dunes Dunkerque sont issues du document « Statistiques des niveaux marins extrêmes des cotes de France (Manche et Atlantique » réalisé par le SHOM et le CETMEF et actualisé en 2012, comme expliqué plus haut. Ces niveaux ont été extrapolés à partir du marégraphe de Dunkerque et de points secondaires selon

la méthodologie 2012. Les valeurs sont de 4,3 m NGF pour la période de retour décennal et de 4,7 m NGF pour la période de retour centennal.

L'extrapolation de la surcote de déferlement a suivi la méthodologie explicitée plus haut pour la digue des Alliés en utilisant les résultats du modèle de houle au large du site de Bray-Dunes. Une incertitude supplémentaire sur le calcul de la surcote a été intégrée dans les valeurs finales. Les résultats sont donnés ci-dessous dans le tableau de l'illustration 35.

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T10	4,30	-	0,44	0,07	4,81
T100	4,70	0,20	0,39	0,07	5,36
T100 à l'horizon 2100	4,70	0,60	0,30	0,07	5,67

Illustration 35: Niveaux marins extrêmes (cotes NGF) totaux estimés dans l'avant-port est de Dunkerque. (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

VII.9 Les sites de franchissement par paquets de mer

Pour les sites de submersion marine de type franchissements par paquet de mer, le niveau marin extrême « moyen » étant inférieur à l'altitude de la côte, on cherche à évaluer les quantités d'eau amenées par le sommet des vagues (débits entrants) qui s'écrasent sur la bande côtière, ici représentées par les deux grandes digues-promenade du littoral Dunkerquois, celles de Malo-les-Bains et Bray-Dunes. On se retrouve dans le cas décrit dans l'illustration 36.

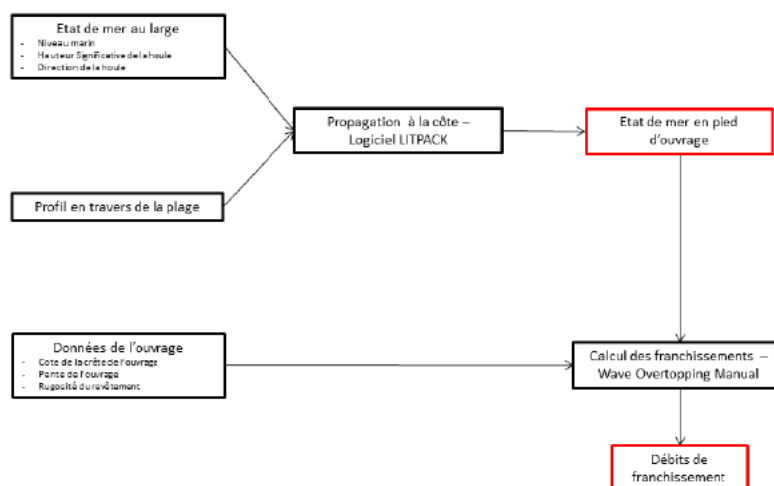


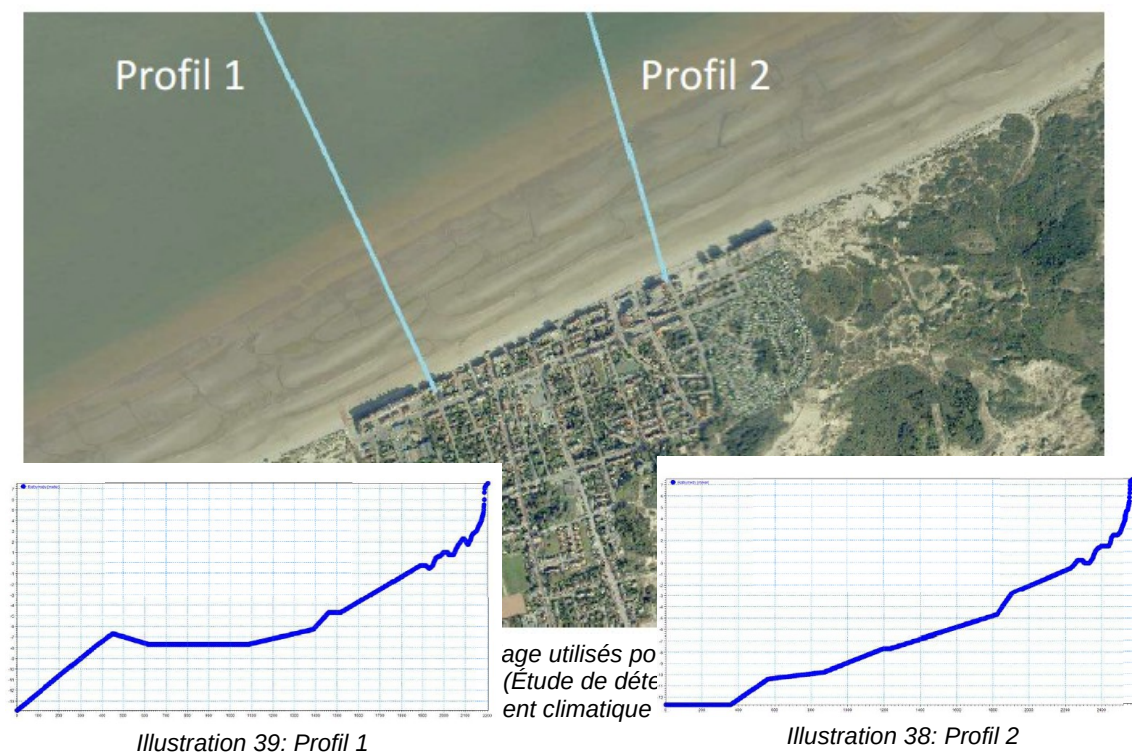
Illustration 36: Méthodologie pour la modélisation des franchissements par paquets de mer (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

VII.9.a La digue promenade de Bray-Dunes

Les niveaux marins décennaux et centennaux au large de Bray-Dunes sont les mêmes que ceux donnés pour le site de rupture de Bray-Dunes, à savoir 4,3 m NGF pour le niveau décennal et 4,7 m NGF pour le niveau centennal.

Deux profils de plage+ouvrage ont été considérés pour la propagation des états de mer du large à la digue. Ils permettent de prendre en compte la différence entre le profil de plage à l'est et à l'ouest de la digue promenade qui possède sinon une altitude homogène sur tout son long.

Les deux profils caractéristiques pris en compte sont localisés sur l'illustration 37 et présentés dans les illustrations 39 et 38



Les surcotes de déferlement que l'on peut calculer le long des deux profils pour les niveaux marins cités plus haut (4,3 m NGF et 4,7 m NGF) sont données à l'illustration 40.

T10	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,30	-	0,32	0,08	4,70
Profil 2	4,30	-	0,44	0,07	4,81

T100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,70	0,20	0,30	0,08	5,28
Profil 2	4,70	0,20	0,39	0,07	5,36

T100 à l'horizon 2100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,70	0,60	0,22	0,08	5,60
Profil 2	4,70	0,60	0,30	0,07	5,67

Illustration 40: Niveaux marins extrêmes et surcotes de déferlement correspondantes pour les deux profils de la digue-promenade de Bray-Dunes (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

Les caractéristiques au pied de l'ouvrage des houles sélectionnées pour les différentes périodes de retour sont données au tableau de l'illustration 41.

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)	
			Profil 1	Profil 2
T10	1,8	7,86	0,36	0
T100	2,9	9	1,17	0,80
T100 à l'horizon 2100	2,9	9	1,62	1,25

Illustration 41: Caractéristiques au pied de la digue-promenade de Bray-Dunes des houles sélectionnées pour les différentes périodes de retour (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

On rappelle qu'elles correspondent au scénario Niveau marin/hauteur significative de houle au large qui a donné le plus de débit de franchissement.

Les caractéristiques prises en compte pour les perrés pour le calcul des débits de franchissement sont donnés au tableau de l'illustration 42.

	Profil 1	Profil 2
Direction des houles (°N)	336	344
Cote du perré (m IGN 69)	7,25	7
Pente du perré (h / l)	1 / 3	1 / 3,67
Linéaire (m)	500	875

Illustration 42: Caractéristiques prises en compte pour les perrés de la digue-promenade de Bray-Dunes (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

Enfin les débits de franchissement maximaux retenus pour les différentes périodes de retour sont donnés au tableau de l'illustration 43.

		Profil 1	Profil 2
10 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	2,54	-
	Débit linéique maximal (l/s/m)	0,4	-
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,97	1,64
	Débit linéique maximal (l/s/m)	115	40
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,65	1,33
	Débit linéique maximal (l/s/m)	329	185

Illustration 43: Débits de franchissement maximaux retenus pour la digue-promenade de Bray-Dunes pour différentes périodes de retour (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

VII.9.b La digue promenade de Malo-les-Bains

Les niveaux marins décennaux et centennaux au large de Malo-les-Bains sont les mêmes que ceux donnés pour le site de rupture de Dunkerque, à savoir 4,3 m NGF pour le niveau décennal et 4,7 m NGF pour le niveau centennal.

Trois profils de plage+ouvrage ont été considérés pour la propagation des états de mer du large à la digue. Ils permettent de prendre en compte les variations de géométrie (hauteur et pente) de la digue.

Les trois profils caractéristiques pris en compte sont localisés sur l'illustration 44 et présentés dans les illustrations 45, 46 et 47.

* Revanche : désigne ici la différence de niveau entre le niveau marin extrême et le sommet du perré.

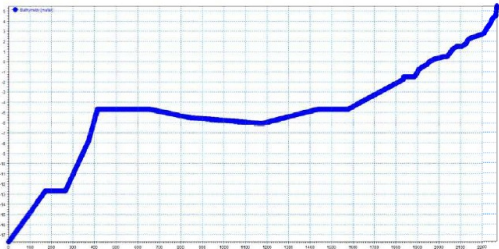


Illustration 45: Profil 1

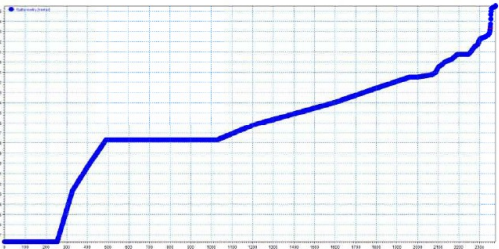


Illustration 46: Profil 2

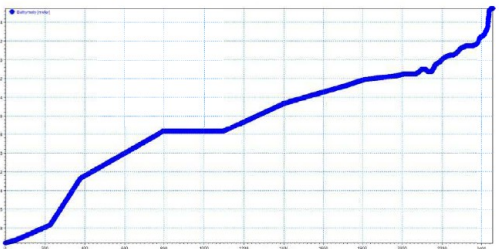


Illustration 47: Profil 3

Illustration 44: Position des trois profils de plage utilisés pour les calculs de débits de franchissement pour la digue-promenade de Malo-les-Bains (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

Les surcotes de déferlement que l'on peut calculer le long des trois profils pour les niveaux marins centennaux sont données à l'illustration 48.

T100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,70	0,20	0,24	0,03	5,17
Profil 2	4,70	0,20	0,10	0,03	5,03
Profil 3	4,70	0,20	0,12	0,03	5,05

T100 à l'horizon 2100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitude sur le calcul de la surcote de déferlement	Niveau extrême de pleine-mer total au pied de l'ouvrage
Profil 1	4,70	0,60	0,19	0,04	5,53
Profil 2	4,70	0,60	0,09	0,02	5,41
Profil 3	4,70	0,60	0,10	0,02	5,42

Illustration 48: Niveaux marins extrêmes et surcotes de déferlement correspondantes pour les trois profils de la digue-promenade de Bray-Dunes exprimés en cotes NGF (Étude de détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, 2013).

Les caractéristiques au pied de l'ouvrage des houles sélectionnées pour les différentes périodes de retour sont données au tableau de l'illustration. On rappelle qu'elles correspondent au scénario Niveau marin/hauteur significative de houle au large qui a donné le plus de débit de franchissement.

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)		
			Profil 1	Profil 2	Profil 3
T10	2,5	8,7	0,08	1,02	0,94
T100	3,2	9	0,64	1,61	1,47
T100 à l'horizon 2100	3,2	9	0,99	1,82	1,69

Illustration 49: Caractéristiques au pied de la digue-promenade de Malo-les-Bains des houles sélectionnées pour les différentes périodes de retour.

Les caractéristiques prises en compte pour les perrés pour le calcul des débits de franchissement sont donnés au tableau de l'illustration 50.

	Profil 1	Profil 2	Profil 3
Direction des houles (°N)	11	339	342
Cote du perré (m IGN 69)	5,5	5,25	5,25
Pente du perré (h / l)	1 / 4,7	1 / 2,86	1 / 4
Linéaire (m)	125	110	330

Illustration 50: Caractéristiques prises en compte pour les perrés de la digue-promenade de Malo-les-Bains.

Enfin les débits de franchissement maximaux retenus pour les différentes périodes de retour sont donnés au tableau de l'illustration 51.

		Profil 1	Profil 2	Profil 3
10 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,91	0,77	0,79
	Débit linéique maximal (l/s/m)	0	439	204
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,33	0,22	0,20
	Débit linéique maximal (l/s/m)	257	1629	1154
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	Débordement	Débordement	Débordement
	Débit linéique maximal (l/s/m)	-	-	-

Illustration 51: Débits de franchissement maximaux retenus pour la digue-promenade de Malo-les-Bains pour différentes périodes de retour.

On remarque que le débit estimé au niveau du profil 1, le profil le plus à l'est, est faible par rapport aux autres profils. La topographie de la digue, et donc du sommet du perré, remonte en allant vers l'est au-delà du profil 1. La modélisation de propagation de la houle sur des profils à l'est du croisement de la digue et de la rue de Flandre a montré que le risque de submersion par franchissement devient négligeable.

VIII Cartographie des aléas submersion marine

VIII.1 La modélisation hydraulique de propagation de submersions

Cette partie aborde la seconde étape de la démarche d'étude aboutissant à la production de cartographies d'aléas submersions marine sur le Dunkerquois.

Les sites d'entrée d'eau marine ont été choisis à l'étape précédente et les conditions marines relatives aux deux événements de référence à prendre en compte pour les PPRL ont été déterminées pour chacun. Cette étape s'intéresse aux conséquences des entrées d'eau marines ainsi estimées, aux écoulements et submersions dans les terres, et à leur cartographie.

Pour ce faire à l'arrière de chaque site d'entrée d'eau marine, à l'exception du site de rupture de cordon dunaire de Bray-Dunes, un modèle hydraulique numérique qui propage les écoulements a été construit. À partir des résultats de ces modèles, des cartographies des aléas submersions marines peuvent être élaborées avec des paramètres classés traduisant la dangerosité de la submersion comme la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement.

Pour le site de rupture de Bray-Dunes, du fait de son extension très limitée, le recours à la modélisation hydraulique a été jugée inutile. En effet à la suite d'une éventuelle rupture la petite cuvette se remplira très rapidement jusqu'au niveau marin maximum. Une approche topographique a donc été menée, les hauteurs de submersion ayant été évaluées en soustrayant la topographie des niveaux marins de référence.

Les modèles hydrauliques de propagation des écoulements construits sont des modèles bidimensionnels ou « 2D » qui vont résoudre les équations hydrauliques (équations de Barré-St Venant) en chaque maille, unité spatiale élémentaire. Les territoires à l'arrière des entrées d'eau sont couverts par un maillage adapté qui permet de cerner l'extension maximale des submersions.

Les modèles ont des caractéristiques homogènes pour tous les sites, à l'exception de celui à l'arrière du système d'endiguement digue des alliés/barrage Tixier, ils :

- disposent d'un maillage carré de 3 m de côté
- s'appuient sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT) issu du lever lidar littoral 2009 de la DDTM59 pour décrire la topographie du secteur

On aborde ci-dessous les détails des hypothèses de modélisations réalisées pour le site de rupture derrière la digue des alliés qui constitue un cas à part.

VIII.2 La modélisation pour le site de rupture du système de protection digue des Alliés/barrage Tixier

Le scénario de submersion du site lié à la digue des alliés décrit une entrée d'eau marine dans les terres qui fait suite à l'ouverture d'une brèche dans la digue des Alliés. Cette brèche met en connexion la mer et le canal exutoire, ce qui veut dire que l'onde de submersion va se propager dans le réseau hydraulique des waterings. Ce scénario implique donc de prendre des hypothèses :

- sur la brèche, sur sa géométrie, son moment de survenue et sa dynamique d'ouverture ;
- sur l'état du réseau hydraulique au moment où la brèche apparaît.

La modélisation elle-même a vu ses caractéristiques adaptées à la complexité de la configuration de ce scénario.

VIII.2.a Hypothèses de brèche

Le scénario de rupture retenu se produit lorsque la montée des eaux provoque une défaillance structurelle de l'ouvrage digue des alliés qui prend la forme d'une brèche.

L'étude de détermination des aléas submersions marine DHI/DREAL de 2013 et l'étude dangers de 2016-2017 prennent en compte des hypothèses de rupture différentes.

L'étude de dangers actualisée en 2017 justifie ces hypothèses de rupture par une meilleure connaissance de la résistance de la digue post études et travaux, en particulier :

- par la prise en compte du rechargement massif effectué en 2014,

et de la garantie de son maintien dans le temps par la collectivité responsable grâce à des rechargements annuels (premier intervenu en 2019) et aux consignes de gestion mises en place

L'hypothèse de largeur de brèche est cohérente avec les préconisations du guide PPRL à ce sujet.

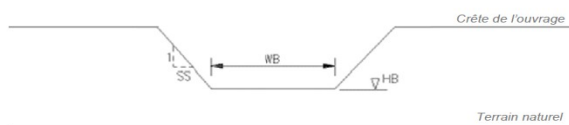


Illustration 52: Exemple de représentation de brèche trapézoïdale.

Hypothèse	Étude DHI 2013	Aléa PPRL
Niveau marin de référence Q100 + CC 2020	7,97 m CMDK	7,81 m CMDK
Niveau marin de référence Q100 + CC 2100	8,25 m CMDK	8,17 m CMDK
Conditions aval (niveau canal exutoire...)	identiques	
Moment d'initiation de la brèche	1 heure avant la pleine mer	A la pleine mer
Durée de formation totale de la brèche	15 minutes soit brèche totale 45 minutes avant pleine mer	30 minutes soit brèche totale 30 minutes après pleine mer
Largeur brèche après formation	Identique (100 m)	
Affaissement brèche	Identique (arase à la cote de 3,50 m CMDK)	
Durée simulation	Identique (2 cycles de marée)	

Tableau 3: Comparaison des hypothèses retenues pour l'étude d'aléas de 2013 et l'étude de danger (EDD) de 2016-2017.

La modélisation hydraulique de la brèche intègre les paramètres préconisés par l'EDD, dont les principaux éléments sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous :

Pour tenir compte de la présence d'un noyau interne en béton entre les cotes 1,00 et 7,00 m CMDK, et, compte-tenu des éléments de connaissance de la qualité de ce noyau, il a été retenu qu'en cas de brèche, le basculement du noyau béton sur la totalité de la largeur de la brèche maintiendrait une hauteur de protection d'environ 4 m, soit un fond de la brèche limité à la cote 3,50 m CMDK environ.

L'étude de dangers de la digue des alliés retient donc les principaux paramètres de brèche suivants :

- pour les paramètres géométriques (Cf. Illustration 52) :
 - forme trapézoïdale
 - avec cote de fond de brèche à 3,5 m CMDK (0,8 m NGF)
 - et largeur de 100 m
- pour les paramètres cinétiques
 - moment d'initiation : pleine mer
 - durée d'ouverture : 30 minutes

VIII.2.b Construction du modèle

Le modèle réalisé pour ce site est un modèle hydraulique mixte 1D/2D qui intègre le réseau hydraulique des wateringues connecté au canal exutoire. Les canaux (en dehors du canal exutoire) du réseau sont couverts par de la modélisation hydraulique unidimensionnelle (1D) qui les discrétise pour le calcul hydraulique sous forme de profils en travers. Les canaux susceptibles de déborder sont couplés avec le maillage d'un modèle 2D pour représenter les écoulements en dehors des canaux. Ces deux types de modélisations sont couplés par des liens latéraux. Les canaux du réseau hydraulique des Wateringues intégrés dans le modèle sont montrés à l'illustration 53 ci-dessous.

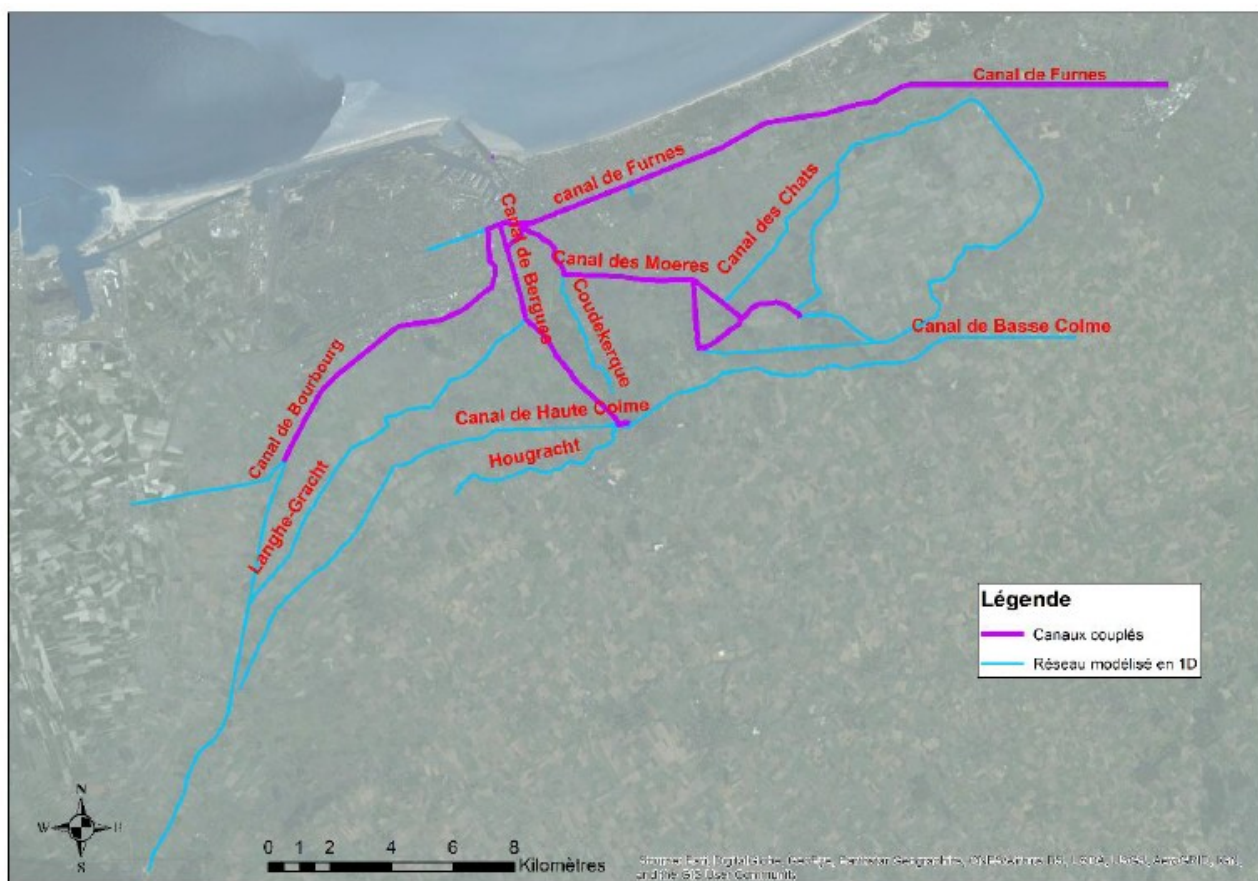


Illustration 53: Réseau hydraulique des canaux intégrés dans la modélisation (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017)

Des illustrations sur le couplage 1D/2D de ce modèle sont présentées aux illustrations 54 et 55.

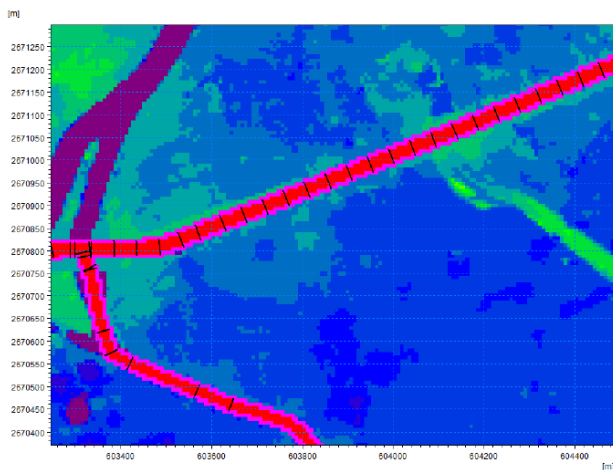


Illustration 54: Exemple de représentation des canaux en rouge (canal de Furnes, canal des Moères) dans le modèle hydraulique du site de rupture de Dunkerque (un pixel est une maille de calcul 2D, les traits noirs des canaux sont les profils 1D décrivant les canaux).

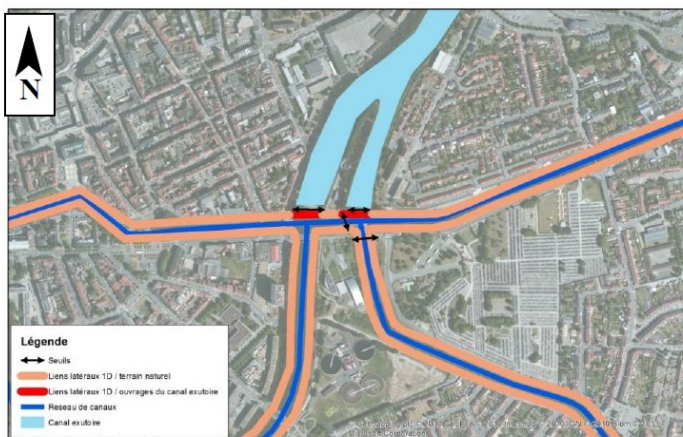


Illustration 55: Détail sur les modalités de couplage 1D/2D au niveau du site des 4 écluses (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).

Les ouvrages hydrauliques du système intégrés dans la modélisation sont montrés à l'illustration 56.

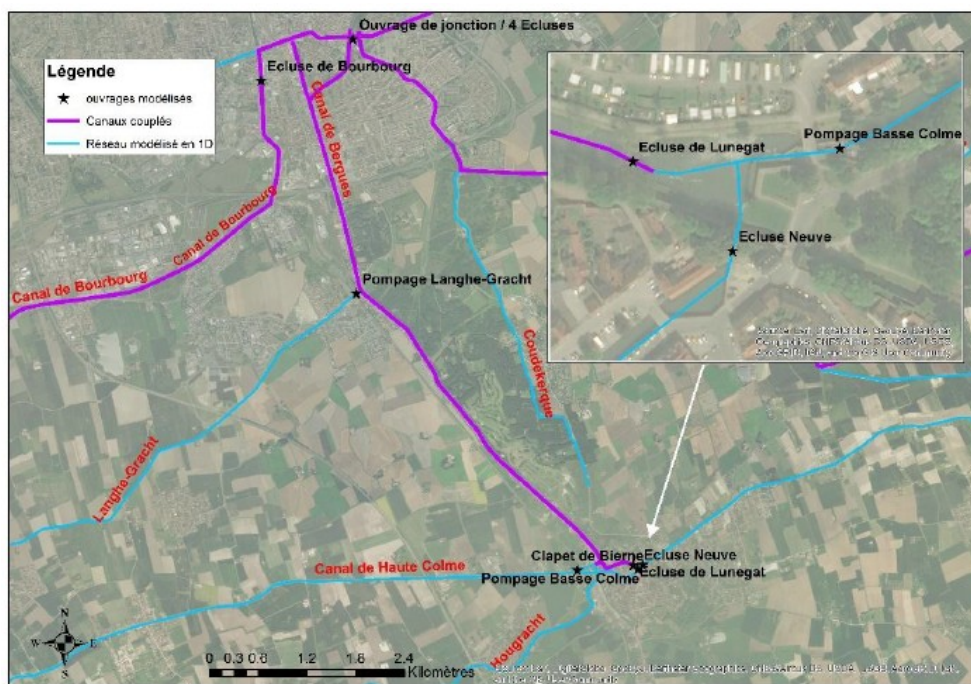


Illustration 56: Réseau hydraulique des canaux intégrés dans la modélisation (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).

Le principal intérêt de cette construction a été de pouvoir représenter au mieux la réalité des écoulements dans ce système complexe tout en gardant un modèle opérationnel, et sans dégrader fortement d'autres paramètres.

La description principale de la topographie du secteur provient du MNT du lever Lidar 2009 de la DDTM59. En complément des données topographiques et bathymétriques ont été collectées auprès de la CUD et la DREAL et ont permis d'actualiser le MNT et de fiabiliser la description bathymétrique du canal exutoire (Cf. Illustration 57).

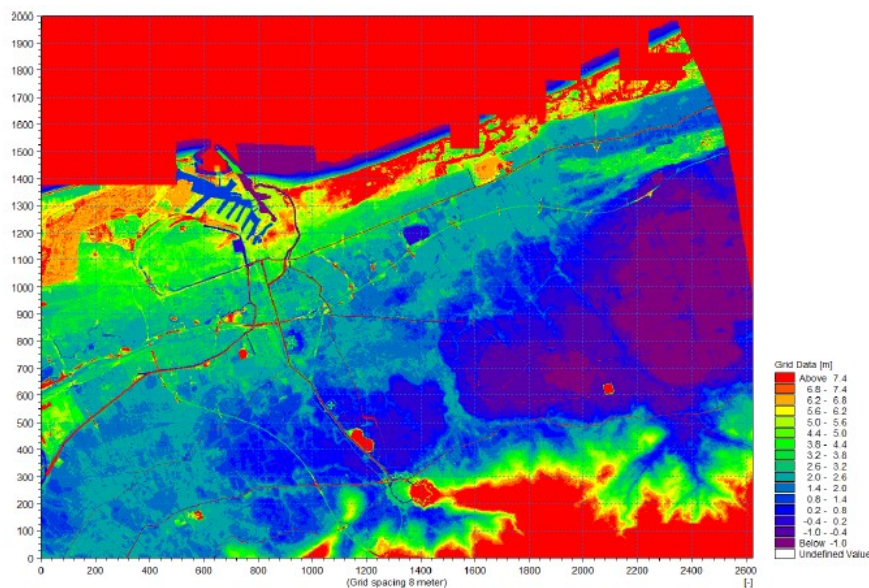


Illustration 57: Description topo-bathymétrique utilisée dans la modélisation s (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).

VIII.2.c Hypothèses liées à l'état du réseau hydraulique

Les conditions du réseau hydraulique au moment où la brèche survient et la submersion commence sont importantes à définir pour permettre de modéliser les écoulements des scénarios de référence.

Ces conditions initiales à fixer sont les niveaux d'eau dans les canaux et le fonctionnement des ouvrages modélisés.

L'hypothèse générale est que le système des waterings n'est pas en crue, en effet les aléas étudiés pour le PPRL ne sont pas ceux résultants d'une concomitance crue continentale et submersion marine.

Pour fixer le niveau d'eau initial du canal exutoire, le niveau qui a le plus de chance d'influer sur les résultats de la modélisation, une analyse statistique des niveaux observés sur 5 années a été réalisée (Cf. Illustration 58). Le niveau canal exutoire a ainsi été fixé à 1,18 m CM (-1,51 m NGF) ce qui correspond au 25^e percentile du total de l'échantillon. Cette valeur caractérise un fonctionnement hydraulique conforme à la régulation des niveaux effectués dans le canal exutoire et ne représente pas une situation de crue.

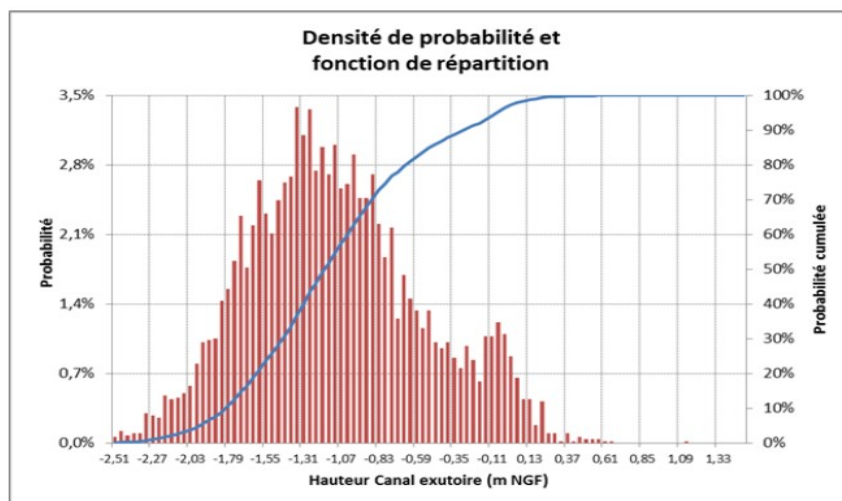


Illustration 58: Densité de probabilité (en rouge) et fonction de répartition (en bleu) des niveaux d'eau dans le canal exutoire entre 2006 et 2011 (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).

Les niveaux initiaux des autres canaux sont indiqués dans le tableau de l'illustration 59 et correspondent à des niveaux pratiqués dans le cadre de la gestion normale du réseau.

Canal	Niveau d'eau initial (m IGN 69)	Niveau d'eau initial (m CM)
Furnes	0,90	3,59
Jonction	-0,17	2,52
Bourbourg	1,26	3,95
Grand Gabarit	1,26	3,95
Bergues	-0,17	2,52
Langhe-Gracht	-0,10	2,59
Haute Colme	0,71	3,40
Basse Colme	0,00	2,69
Hougracht	0,00	2,69
Moères	-1,30	1,39
Chats	-1,30	1,39
Ringsloot	-1,30	1,39
Coudekerque	-1,30	1,39

Illustration 59: Niveaux d'eaux initiaux pris en compte dans les canaux du réseau hydraulique modélisé (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).

Le fonctionnement des ouvrages est fixé en cohérence avec une situation de gestion normale du réseau au moment de la rupture. Par exemple l'ouvrage de jonction qui isole le canal exutoire du canal de jonction/canal de Bergues est considéré comme fermé.

VIII.2.d Scénario de rupture

L'étude de danger de la digue des Alliés / barrage Tixier a permis de requalifier l'aléa sur le périmètre d'étude. Elle précise la zone protégée par le dispositif (Cf. Illustration 60).

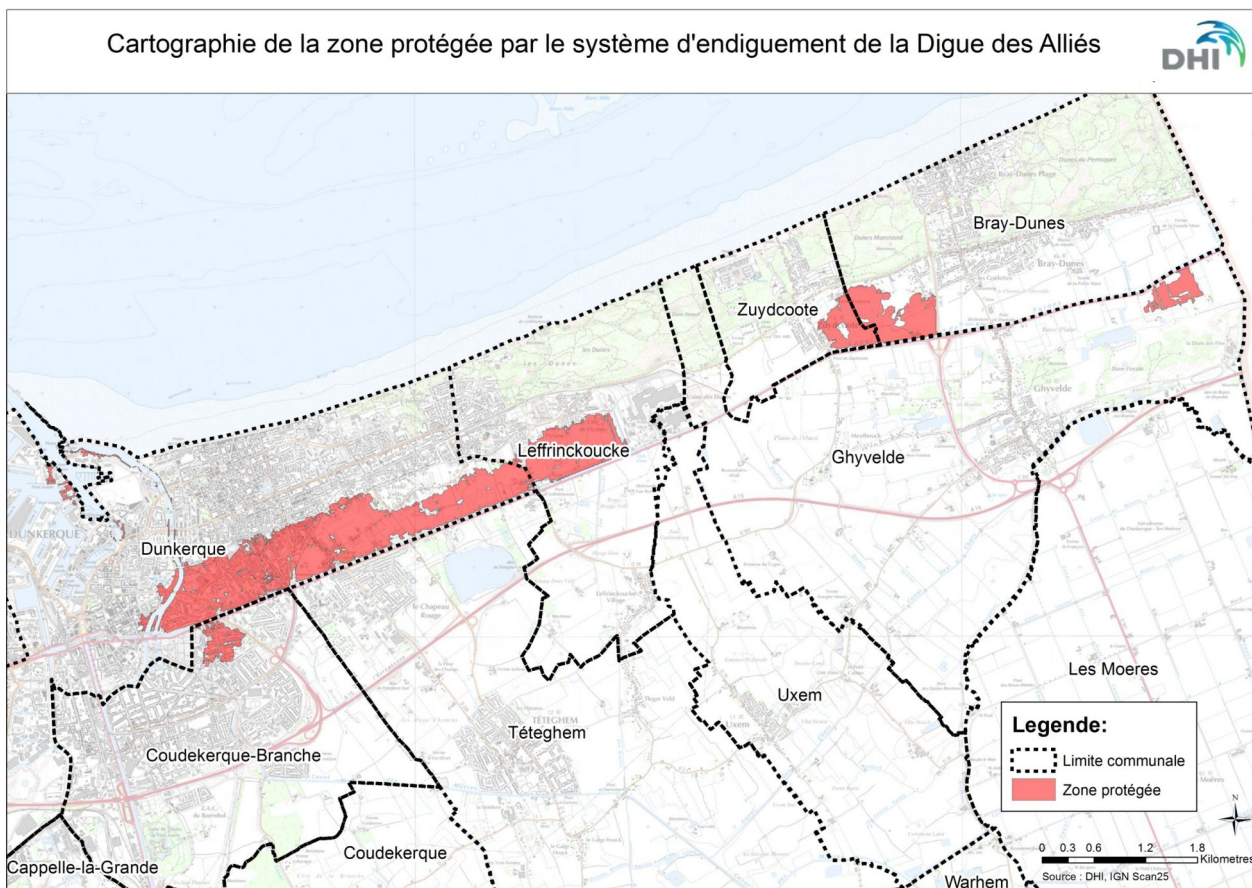


Illustration 60: Cartographie de la zone protégée par le système d'endiguement (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).

Divers scénarios de défaillance ont été analysés par DHI. Les scénarios jugés les plus significatifs sont ceux conduisant aux situations les plus pénalisantes en termes de gravité des conséquences (les plus dommageables). Au final, le scénario retenu pour l'élaboration du PPRL est la rupture de la digue des Alliés par défaillance structurelle (plus dommageable que la rupture du barrage Tixier ou que l'effacement complet d'une vanne Tixier).

Ce scénario de défaillance structurelle du système d'endiguement se produit lorsque la montée des eaux provoque une défaillance structurelle de l'ouvrage digue des Alliés qui débouche sur une rupture qui prend la forme d'une brèche (Cf. illustrations 61 et 62).



Illustration 61: Localisation de la brèche prise en compte dans les scénarios de rupture de la digue des alliés (EDD Digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

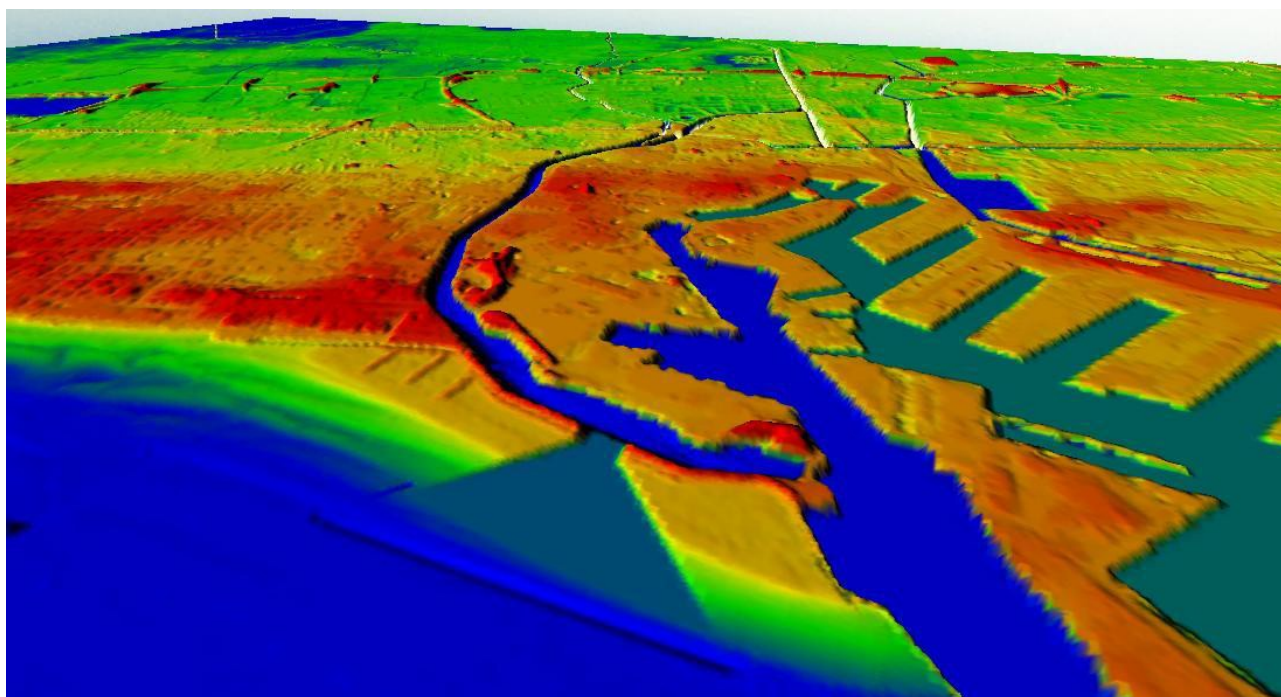


Illustration 62: Vue 3D de la brèche modélisée pour les scénarios de rupture de la digue des alliés (EDD Digue des Alliés/barrage Tixier, 2017).

Les paramètres cinétiques sont les seuls différents de ceux pris en compte dans l'Étude de détermination des aléas submersions marine DHI/DREAL (le moment d'initiation était 1h avant la

pleine mer et la durée d'ouverture de 15 minutes).

L'évolution des paramètres entre l'étude initiale de 2013 et l'étude de dangers est justifiée dans cette dernière par une meilleure connaissance de la résistance de la digue après études et travaux.

À propos de la largeur de brèche, le guide PPRL donne des préconisations précises, la largeur choisie de 100 m correspond à la largeur recommandée par défaut. Le guide indique qu'une largeur de brèche plus grande doit être préférée si elle correspond à des brèches historiques. Les brèches historiques de 1953 sont plus larges (en cumulé) que 100 m et une brèche plus large aurait pu être choisie pour les scénarios PPRL conformément aux préconisations du guide. Cela n'a pas été fait, la justification de l'EDD est que les caractéristiques physiques de la digue actuelle ne sont plus les mêmes que celle ayant rompu en 1949 et 1953. La présence du noyau central de la digue et les travaux de confortement réalisés sont les éléments particuliers avancés lui conférant une meilleure résistance qu'avant 1953 et justifiant une largeur de brèche choisie de 100 m.

Les conditions du système hydraulique sont les mêmes que celles définies pour tous les autres scénarios et qui sont celles qui avaient été définies auparavant dans l'étude régionale DHI/DREAL sur la détermination des aléas de submersion marine.

Pour le scénario retenu pour le PPRL, le niveau est le niveau T100+60 cm (8,17 m CMDK). Les zones inondées conséquentes de ce scénario sont présentées ci-après.

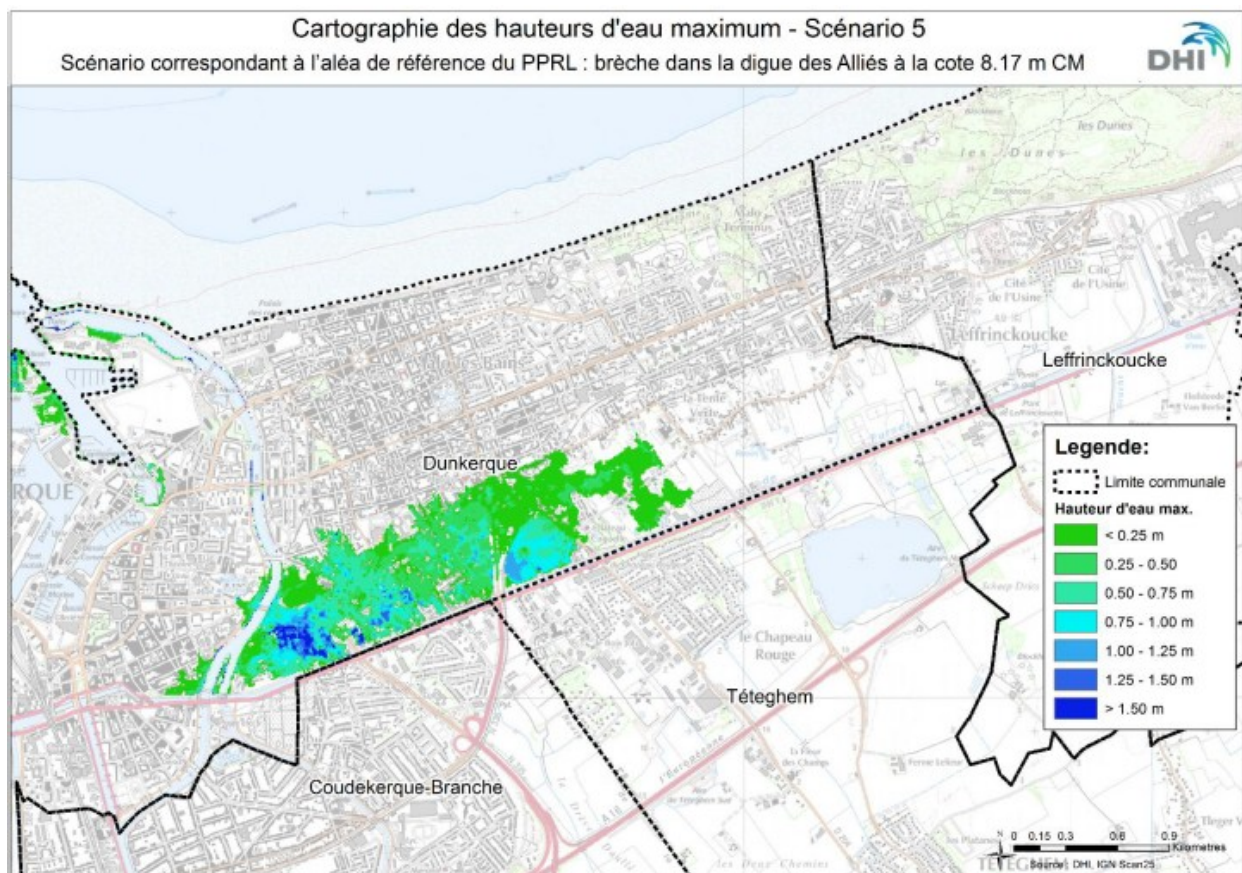


Illustration 63: Cartographie des hauteurs d'eau du scénario 3 (EDD Digue des alliés/barrage Tixier, 2017).

Chapitre 4 : L'ÉLABORATION DU PPRL

IX Nature du risque et justification du périmètre

IX.1 Nature et caractéristiques du risque

Le présent Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles porte sur les risques littoraux et plus particulièrement sur le risque de submersion marine des communes de Dunkerque et de Bray-Dunes. Le PPRL s'attache à délimiter les zones pouvant être submergées ou inondées du fait de l'augmentation du niveau de la mer.

La submersion marine est un phénomène d'inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques défavorables (surcote due aux fortes dépressions et vents de mer) et marégraphiques sévères engendrant des niveaux marins importants et des conditions d'état de mer défavorables, provoquant des ondes de tempêtes. Trois modes de submersion marine sont distingués :

- La submersion par débordement, lorsque le niveau marin est supérieur à la cote de crête des ouvrages ou du terrain naturel;
- La submersion par franchissement de paquets de mer liés aux vagues, lorsque après déferlement de la houle, les paquets de mer dépassent la cote de crête des ouvrages ou du terrain naturel;
- La submersion par rupture du système de protection, lorsque les terrains situés en arrière sont au-dessous du niveau marin : défaillance d'un ouvrage de protection ou formation de brèche dans un cordon naturel, suite à l'attaque de la houle, au mauvais entretien d'un ouvrage, à une érosion chronique intensive, au phénomène de surverse, à un déséquilibre du cordon naturel, etc.

Bien que l'arrêté mentionne les risques littoraux en général, ce PPRL ne prend en compte que le risque de submersion marine, les études du bureau d'études DHI ayant montré que le phénomène de migration dunaire est peu présent et essentiellement géré par le Conservatoire du littoral. Elles ont également conclu qu'en raison de la configuration hydraulique particulière de ces sites, il n'y a pas à proprement parler de « débordement de cours d'eau associé aux phénomènes marins ».

Le recul ou l'érosion du trait de côte a fait l'objet d'une autre étude, réalisée pour le compte de la DREAL Nord-Pas-de-Calais par le bureau d'études DHI, les zones identifiées comme étant en recul à l'horizon 2100 ne concernent ici que des secteurs naturels, propriétés du conservatoire du littoral et protégés par ailleurs de toute urbanisation (sites inscrits ou classés). Seule la submersion marine fait donc l'objet du présent PPRL.

L'étude DHI prend également en compte le risque lié aux franchissements par paquets de mer qui concerne principalement le front de mer de Malo-les-Bains.

IX.2 La submersion marine à Dunkerque et Bray-Dunes

IX.2.a Les aléas historiques

Les submersions marines déjà observées sur Dunkerque et Bray-Dunes et leurs conditions sont détaillées plus haut. Ces aléas et leurs conséquences montrent la nécessité d'un PPRL sur ce territoire, mais permettent également de définir le périmètre d'étude.

IX.2.b L'aléa de référence

Les études réalisées lors de l'élaboration du PPRL ont permis de modéliser des scénarios d'événements qui serviront d'aléa de référence pour les périodes de retour 10 ans, 100 ans et 100 ans avec prise en compte du changement climatique.

L'aléa le plus important est ici l'aléa centennal avec changement climatique. C'est cet aléa qui a été utilisé pour définir le nouveau périmètre de prescription du PPRL. Les communes touchées par cet aléa sont Dunkerque et Bray-Dunes.

Chaque zone d'aléa est cartographiée avec un code de couleurs conventionnelles dont l'intensité croissante caractérisera le niveau d'aléa.

La gravité de l'aléa est déterminée en tout point du territoire, en fonction de l'intensité maximale au cours de la submersion des valeurs prises par des paramètres physiques de l'inondation de référence. Ces paramètres peuvent être essentiellement :

- les hauteurs d'eau ;
- les vitesses d'écoulement ;

La gradation d'un ou plusieurs de ces paramètres permet de construire les différents niveaux d'aléa.

La détermination des limites de ces classes s'appuie également en partie sur les études réalisées pour évaluer la capacité de déplacement en zone inondée en fonction des paramètres de l'inondation et de l'âge et de l'état physique des personnes exposées (Cf. Tableau 4).

La cartographie des aléas est réalisée sur l'ensemble de la zone d'étude. Elle respecte les classes d'aléa établies selon les critères hauteur-vitesse en vigueur dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais :

Tableau 4: Grille de qualification des aléas submersion marine

Aléa submersion marine		Dynamique de submersion (V)		
		V < 0,2 m/s	0,2 < V < 0,5 m/s	V > 0,5 m/s
Hauteur d'eau (H)	H < 0,50 m	Faible	Moyen	Fort
	0,5 < H < 1 m	Moyen	Moyen	Fort
	H > 1 m	Fort	Fort	Très fort

La valeur de 1 mètre d'eau, exprimée une première fois dans la circulaire du Premier Ministre du 2 février 1994, correspond à une valeur conventionnelle significative en matière de prévention et gestion de crise :

- limite d'efficacité d'un dispositif de batardeau mis en place par un particulier ;
- mobilité fortement réduite d'un adulte et impossible pour un enfant ou une personne âgée ;
- soulèvement et déplacement des véhicules qui vont constituer des dangers et des embâcles ;
- difficulté d'intervention des engins terrestres des services de secours qui sont limités à 60-70 cm.

Cette qualification de l'aléa a été confortée par des études sur la capacité de déplacement en zone inondée comme décrit dans l'illustration 64 qui montre que quelle que soit la vitesse d'écoulement la limite de mobilité est atteinte, y compris pour un adulte sportif en situation de stress, au-delà de 1 mètre de hauteur de submersion.

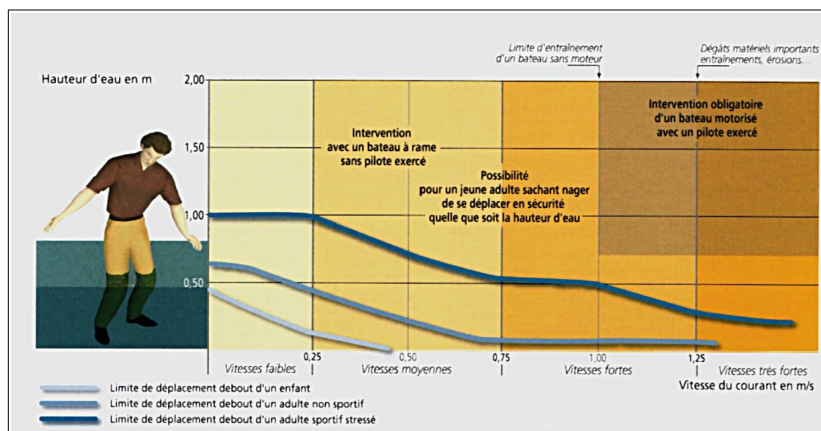


Illustration 64: Schéma des limites de déplacement debout (source : MEDDE)

IX.2.b.1 Prise en compte des ouvrages hydrauliques

Une zone protégée par une digue reste une zone inondable (loi du 28 mai 1858, circulaires n°MATE/SDPGE/BDIPF/CCG n°234 du 30 avril 2002 et n°MEDDTL/ DEVP1119962C du 27 juillet 2011).

L'événement centennal qui sert de référence dans le cadre du PPRL, ne peut être a priori réduit par de simples travaux de protection : il doit à ce titre voir ses impacts limités par la prévention.

Selon les termes de la circulaire Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux – NOR : DEVP1119962C, « ...les zones urbanisées soumises à un aléa fort ... doivent être rendues inconstructibles (sauf cas très particulier...) c'est le **principe d'inconstructibilité derrière les digues.**

Les terrains protégés par des ouvrages de protection (digues et dunes notamment) sont toujours considérés comme restant soumis aux aléas, c'est-à-dire vulnérables conformément à la circulaire de novembre 2002.

Ainsi, si leur efficacité est indéniable pour des événements plus fréquents, ils risquent de ne pas avoir d'impact pour un événement majeur, c'est pourquoi la méthodologie ministérielle pour l'établissement des PPRL prévoit de tenir compte d'hypothèses de défaillance de ces ouvrages.

IX.2.c Affichage de l'aléa

La carte des aléas distingue les aléas pour le phénomène de référence (centennal) et pour le phénomène de référence en tenant compte du réchauffement climatique (à échéance 2100).

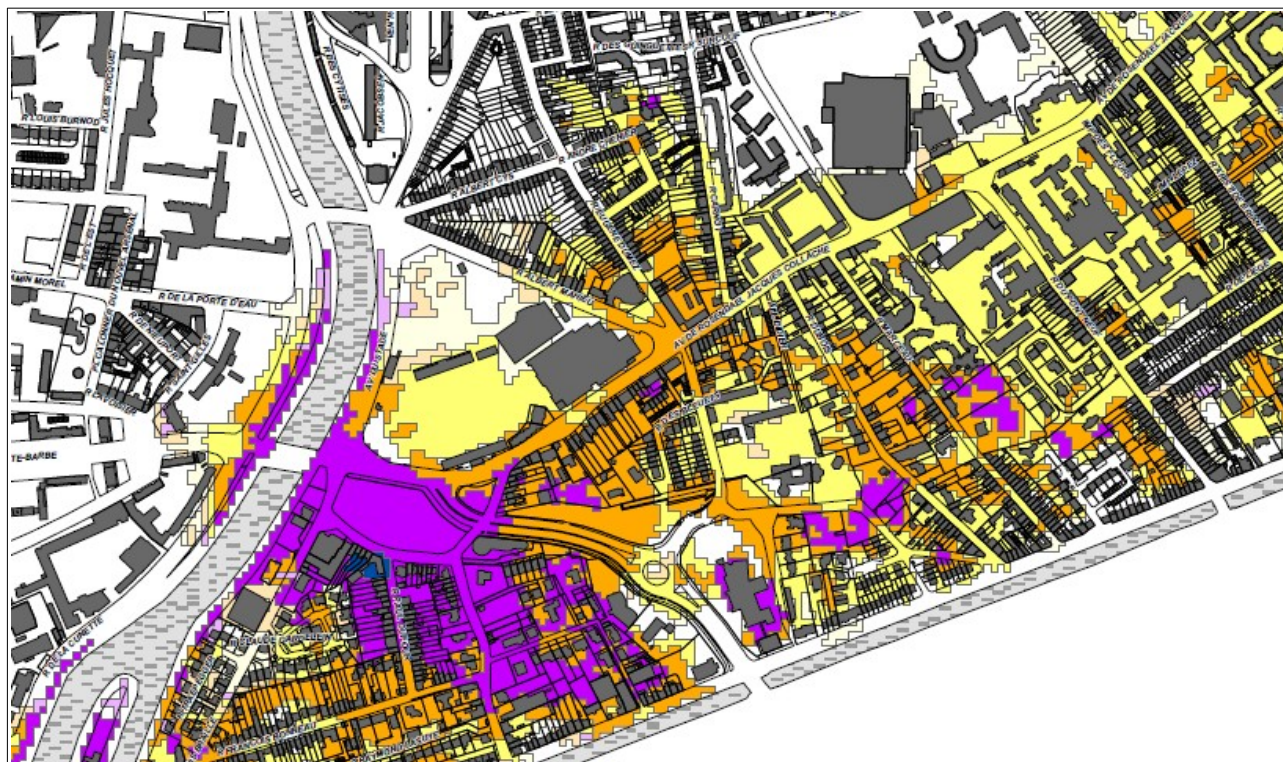


Illustration 66: Extrait de la carte des aléas de Dunkerque.









Aléa de référence		Aléa changement climatique	
	Aléa très Fort		Aléa très Fort
	Aléa Fort		Aléa Fort
	Aléa Moyen		Aléa Moyen
	Aléa Faible		Aléa Faible

Illustration 67: Affichage de l'aléa en fonction de son origine (centennal ou changement climatique)

IX.2.d Bande de précautions

La bande de précaution correspond à deux phénomènes possibles :

- Une bande de 100 m de largeur le long des digues et cordons dunaires pouvant présenter un risque de rupture, caractérisée par un aléa très fort. Cette bande est justifiée par le fait que le modèle ne représente qu'un nombre limité de positions de brèches, derrière lesquelles est calculé un aléa très fort du fait de l'invasion brutale de l'eau. Or il existe en réalité une infinité de positions possibles de la brèche le long des ouvrages à risques. L'application de cette bande, conformément à la circulaire Xynthia, permet donc de tenir compte de l'ensemble des positions possibles des brèches. Un pictogramme indique le position de la brèche ;

Bray-Dunes :

La bande de 100 m est limitée au secteur situé sous le niveau marin centennal.

Dunkerque :

La bande de 100 m relative au risque de rupture de la digue des Alliés est limitée au linéaire de la digue compris entre la porte à la mer du canal exutoire, et l'intersection avec la digue des Alliés. Cette bande s'applique donc en grande partie sur le canal exutoire lui-même.

- Une bande de 100 m spécifique aux sites soumis au franchissement de perré, située le long de ces ouvrages. Cette seconde bande vise à tenir compte de phénomènes ne pouvant pas être reproduits par le modèle. Le franchissement par paquet de mer est en effet un phénomène discontinu, ce qui rend délicate l'estimation de ces débits. Ainsi le débit de franchissement, variable suivant la fréquence des vagues, est représenté par un débit moyen, qui ne représente pas l'amplitude maximale du débit instantané. La force et la vitesse maximale de ces paquets de mer, qui se traduisent par des projections de galets et un étalement important de l'eau, sont ainsi représentées par cette bande. Cette bande est représentée par des hachures, uniquement lorsqu'il y a franchissement.

Bray-Dunes :

L'ensemble du linéaire du perré, rectiligne et de géométrie constante, est couvert par la bande de 100 m. Au-delà des extrémités de l'ouvrage, le littoral est constitué de dunes ne présentant pas de risque de franchissement, du fait de leur altitude et de leur géométrie.

Dans le sens perpendiculaire au trait de côte, la bande s'applique finalement sur une largeur de 100 m à partir du bord supérieur du perré.



Illustration 68: Extrait de la carte des aléas de Bray-Dunes

Malo-les-Bains :

La bande de 100 m est délimitée à l'Ouest par la rue de la Plage, au-delà de laquelle la topographie est rapidement plus élevée. A l'Est, cette bande s'étend jusqu'à la rue de Flandre. En effet, la modélisation de la propagation de la houle sur un profil situé au-delà de cette rue a montré qu'il n'y existait pas de risque de franchissement pour l'événement centennal.

IX.3 Caractérisation de l'occupation des sol

Une cartographie des zones homogènes d'occupation du sol de l'intégralité des communes du périmètre d'étude a été préalablement dressée, que les zones soient ou non impactées par un ou plusieurs aléas.

La cartographie de l'occupation du sol, établie sur fond cadastral au 1/5 000, permet de cerner les zones qui présentent une vulnérabilité vis-à-vis des phénomènes étudiés dans le PPRL de Dunkerque et Bray-Dunes. La typologie de l'occupation du sol réelle retenue différencie les zones urbanisées et les zones naturelles ou agricoles.

La qualification de l'urbanisation existante permet de caractériser la vocation des bâtiments ou des secteurs délimités (dans le cas de certains quartiers). Les parties non-urbanisées du territoire ont été analysées afin de déterminer leur appartenance à l'une ou l'autre des deux catégories ci-dessous. Au sein de ces deux grands groupes, plusieurs sous-groupes ont été identifiés (dans cette analyse, on considère la tendance à l'échelle de l'îlot (c'est-à-dire un groupe de parcelles ceinturées par une voirie) ou du groupe de parcelles mais pas chaque parcelle prise individuellement) :

- Zones urbanisées :
 - zones urbaines denses (bâti continu en front de rue, l'arrière peut être occupé par des cours et des jardins occupant une part importante de la parcelle. Un calcul permet de cerner ces îlots : on effectue le ratio entre le total des surfaces au sol des bâtiments d'un îlot et la surface de l'îlot : si plus de 50 % de la surface de l'îlot est occupé par des bâtiments, l'îlot est considéré comme très dense). Certaines zones sont reclassées dans cette catégorie par extrapolation et continuité, même si les 50 % ne sont pas atteints ;
 - zones d'habitat (zones urbaines ou périurbaines, petits collectifs, lotissements et habitats pavillonnaires) ;
 - zones à grands ensembles d'habitat collectif (barres d'immeubles et tours) ;
 - zones à grands ensembles d'activités (grands bâtiments destinés à une activité commerciale, artisanale ou industrielle) ;
 - zones à grands ensembles d'équipements (bâtiments ou infrastructures destinés aux services publics, à la santé, à l'enseignement, à la culture, aux sports et aux loisirs) ;
 - zones aménagées non bâties (voirie, parking, chemin de fer, cimetière, etc.) ;
 - friches industrielles (espaces industriels abandonnés).
- Zones naturelles et agricoles :
 - zones naturelles ou semi-naturelles (forêts, parcs et jardins publics, campings, terrains de sport, zones naturelles non-boisées) ;
 - réseau hydrographique (réseau fluvial, canaux, bassins portuaires, surface en eau : étangs, lacs, gravières, etc.) ;
 - zones d'activités agricoles (cultures et prairies) ;
 - zones de bâti isolé (bâti disséminé en périphérie des zones urbaines, à proximité de zones agricoles ou naturelles et semi-naturelles).

IX.3.a Les Zones urbanisées

La détermination de l'urbanisation des communes du secteur d'étude a permis de définir deux grands types de « zones urbanisées » :

- Les zones résidentielles définies dans l'occupation du sol désignent les zones urbaines des communes du périmètre d'étude, où l'habitat exerce la fonction prépondérante, mais où se rencontrent aussi ponctuellement d'autres fonctions, comme les administrations, l'enseignement, les hôpitaux, les zones de loisirs.
- Les zones d'activités économiques définies dans l'occupation du sol correspondent aux zones d'activités commerciales, aux zones artisanales et aux zones d'activités tertiaires parfois en périphérie des communes ou intégrées aux zones centrales des communes, et incluent aussi les zones industrielles à l'intérieur ou en périphérie des communes du périmètre d'étude. Ces zones d'activités économiques sont desservies par un large faisceau d'axes de communication importants, qu'elles soient incluses dans le tissu urbain ou situées à sa périphérie, au sein de ces deux grands groupes, plusieurs sous-groupes ont été identifiés comme suit.

IX.3.a.1 Les zones urbaines denses

Il s'agit le plus souvent des îlots composant les cœurs de bourg des zones urbaines les plus denses. Le bâti est continu ou quasiment continu et occupe la plus grande part des îlots bâtis. Cet espace particulier présente une densité et une continuité importantes qui seront utilisées dans le cadre de la définition des centres urbains denses.

La qualification de la densité est résolue par un calcul entre la surface d'un îlot d'habitat (zone de parcelles ceinte d'une voirie) et la surface totale bâtie au sol de cet îlot d'habitat : lorsque la surface totale bâtie au sol représente plus de 50% de la surface de l'îlot, alors l'îlot est classé en zone urbaine dense.



Illustration 69: Zone urbaine dense, Dunkerque

IX.3.a.2 Les zones d'habitat

Il s'agit du type de zone le plus répandu à l'échelle des communes de la zone d'étude. Il est composé d'immeubles de ville ou d'habitations individuelles (en front de rue ou sous la forme pavillonnaire) et peut être contiguë à d'autres types d'urbanisation (bâti collectif, commerces, services, établissements d'enseignement, etc.) dans la proximité immédiate du centre-ville.

La trame bâtie reste majoritairement continue, les bâtiments présentent une ou plusieurs mitoyennetés ou sont distants de quelques mètres.

À la périphérie des centres urbains, ce type d'habitat peut se rencontrer sous la forme de vastes zones pavillonnaires (pavillons individuels, plans architecturaux et positionnement sur les parcelles différentes, trame viaire organisée vers l'extérieur).

Cette zone inclut les hameaux constitués de quelques maisons (une dizaine environ) en zones rurales ou périurbaines (Cf. §IX.3.b).



Illustration 70: Zone d'habitat, Dunkerque

IX.3.a.3 Les zones à grands ensembles d'habitat collectif

Il s'agit de zones ou d'îlots disséminés dans le tissu urbain et qui regroupent l'habitat collectif prédominant. La taille des îlots est assez variable : on trouve certains bâtis collectifs à l'échelle d'une parcelle (ex : plusieurs HLM disséminés au milieu de résidences individuelles), voire à l'échelle du quartier.

Ce type de bâti est prépondérant dans une première ceinture autour du centre-ville, et il revient ponctuel-

lement sous forme de grands ensembles (barres d'immeubles, tours, etc.) aux périphéries immédiatement urbanisées des communes du périmètre d'étude.



Illustration 71: Zone à grands ensembles d'habitat collectif, Dunkerque

IX.3.a.4 Les zones à grands ensembles d'activités

Il s'agit de zones géographiques aménagées où l'on peut trouver des grands bâtiments ou une concentration de bâtiments majoritairement voués à une activité commerciale, industrielle ou professionnelle. Les bâtiments qui les composent sont repérables grâce à leur forme généralement quadrangulaire, leur taille, les zones de stationnement ou de stockage adjacentes.

Ces zones, dans le but d'optimiser les coûts de production, concentrent les infrastructures sur un même secteur (transports, ressources, main d'œuvre, services, etc.). Elles comportent le plus souvent un accès privilégié aux grands axes routiers, mais aussi dans le cas des plus anciennes, un accès ferroviaire prépondérant.



Illustration 72: Zone à grands ensembles d'activités, Dunkerque

IX.3.a.5 Les zones à grands ensembles d'équipement

Il s'agit d'espaces occupés par des installations particulières, souvent sensibles en raison de la vulnérabilité de leurs occupants ou de leur caractère patrimonial. Il s'agit le plus souvent d'ERP. On regroupera dans cette catégorie les infrastructures destinées aux services publics (administrations, services municipaux, centres de secours, etc.), de santé (hôpital, clinique, maison de retraite, etc.) d'enseignement (école, collège, lycée, université, etc.), culture (musée, salle de spectacles, etc.), loisirs et sports (gymnase, salle de sport, piscine, etc.), etc.



Illustration 73: Zone à grands ensembles d'équipements, Dunkerque

IX.3.a.6 Les zones aménagées non-bâties

Il s'agit d'espaces non naturels, mais non-bâtis. On classera dans cette catégorie : la voirie, les voies ferrées, les parkings, les champs de foire, les cimetières, etc.

IX.3.a.7 Les friches industrielles

Il s'agit d'anciens sites ayant accueilli une activité industrielle aujourd'hui abandonnée. Ces zones ont été déterminées à partir des modifications de l'occupation du sol, grâce aux photographies aériennes de différentes époques. Certaines de ces zones ont pu récemment retrouver un usage différent ou sont en cours de mutation.

Par ailleurs, aucune zone d'activités future (réhabilitation de friches, projets en cours, extension des zones commerciales sur les terrains agricoles, etc.) n'a volontairement été répertoriée ni incluse à la cartographie des enjeux par manque de données. La doctrine PPRN stipule que seuls les enjeux existants peuvent être pris en compte. Les enjeux futurs tels que ceux définis par les documents d'urbanisme ne peuvent être retenus par le PPRN, à l'exception des projets déjà autorisés (dotés d'un permis de construire ou de toute autre autorisation administrative) en attente de construction.

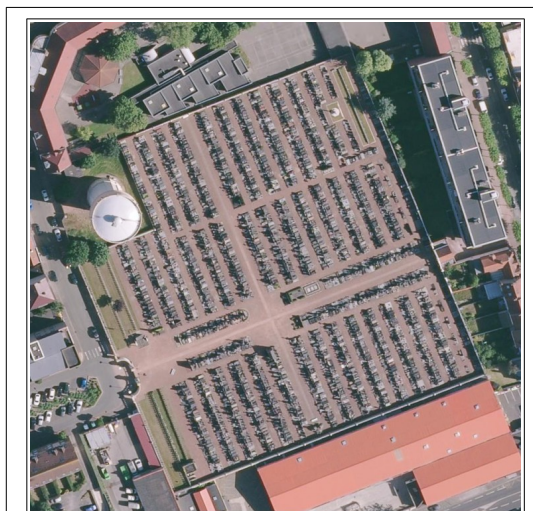


Illustration 74: Zone aménagée non-bâtie, Rosendaël

IX.3.b Les Zones naturelles

La détermination des espaces dits « naturels » présents sur les communes de la zone d'étude a permis de distinguer trois types de zones :

1. Les zones naturelles et semi-naturelles définies dans l'occupation du sol désignent les forêts, les friches agricoles en périphérie de la ville, les parcs et jardins publics dans le tissu urbain et le réseau hydrographique ;
2. Les zones agricoles définies dans l'occupation du sol correspondent aux zones où l'activité agricole est prépondérante, et incluent terres labourables, prairies, vergers et les jardins familiaux. Le cas des jardins familiaux est particulier puisqu'il s'agit de zones cultivées en milieu urbain ;
3. Les zones de bâti isolé ou regroupant quelques maisons dans les zones naturelles et agricoles, sans qu'il soit possible de retenir la qualification de « hameau » (Cf. §IX.3.a.2).

IX.3.b.1 Les zones naturelles et semi-naturelles

Il est possible de rencontrer plusieurs sous-types de zones naturelles et semi-naturelles :

Les forêts : Il s'agit d'espaces boisés qui ont une surface suffisamment importante pour être considérée comme telle. Les squares et autres jardins de ville en ont été exclus même s'ils présentent une surface boisée



Illustration 75: Terrains de sports, Bray-Dunes

importante.

Les parcs et jardins publics : il s'agit des parcs, des jardins publics et des squares urbains. Ils sont inclus dans le tissu urbain et représentent la plupart du temps de petites surfaces.

Les campings : il s'agit de regroupement de parcelles qui accueillent une activité liée à l'hébergement touristique (tente, caravane, camping-car, mobile-home).

Les terrains de sports : il s'agit uniquement des terrains aménagés (ex. : stades) pour une activité sportive ; la caractérisation de l'occupation du sol distingue les bâtiments (tribunes, vestiaires, etc.) des terrains proprement dits.

Les zones naturelles non-boisées : il s'agit des quelques friches agricoles présentes sur les territoires communaux, des abords de canaux, etc.

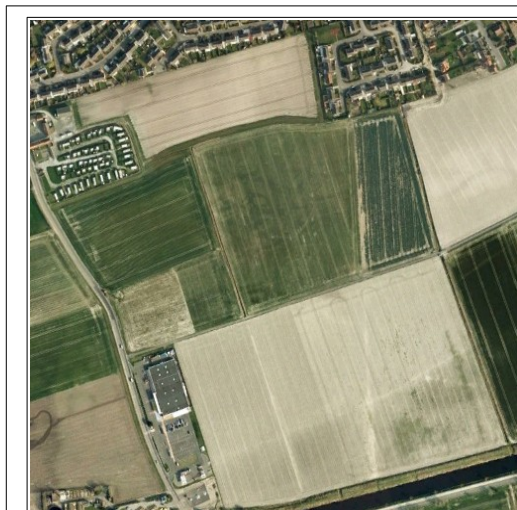


Illustration 76: Zone agricole, Bray-Dunes

IX.3.b.2 Les zones agricoles

Ces espaces regroupent les zones de grande culture, les parcelles liées à une activité pastorale et les zones de maraîchage présentes sur la zone d'étude.

IX.3.b.3 Le réseau hydrographique

Cette catégorie regroupe l'ensemble des espaces en eau sur la zone d'étude : le réseau fluvial, les canaux, les bassins portuaires, ainsi que l'ensemble des espaces en eau (étang, lac, gravière, etc.).

IX.3.b.4 Les zones de bâti isolé

Il s'agit d'un type d'occupation du sol rencontré plus fréquemment aux périphéries des zones urbanisées. Il est généralement limité à moins d'une dizaine d'habitations, parfois accompagné d'un ensemble de bâtiments agricoles (ex. : hangars, corps de ferme, etc.). Ils sont disséminés en bordure des territoires communaux, au milieu des parcelles agricoles ou en lisière de forêt.

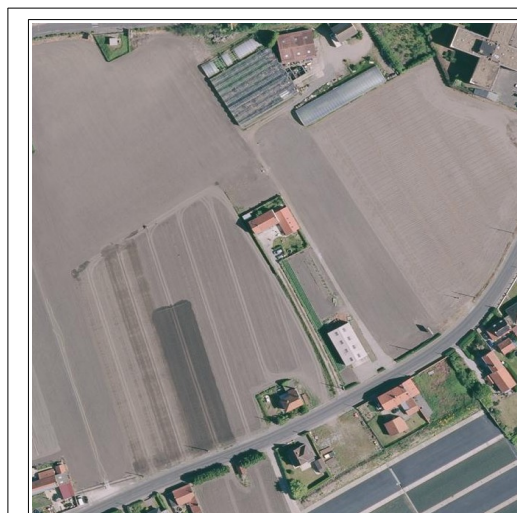


Illustration 77: Zone de bâti isolé, Dunkerque

IX.3.c Entretiens et présentation de la cartographie aux collectivités

L'objectif de ces entretiens a été triple :

- collecter de l'information ;
- conforter l'information déjà traitée à la vision des acteurs locaux ;
- identifier les points de conflits potentiels.

Chaque carte d'occupation du sol a été transmise à la commune correspondante en vue d'entretiens

réalisés au cours de cette phase, après validation du Maître d'ouvrage.

Un second jeu a été remis aux communes au cours des entretiens dans le but de les faire annoter par la commune pour repérer les éventuelles erreurs d'attribution et les changements potentiels (mise à jour du cadastre, nouveaux bâtiments construits, destruction d'anciennes friches, etc.).

Les cartes d'occupation du sol présentées au cours des entretiens ont permis de présenter les zones impactées par un aléa, d'identifier le centre-ville ressenti (c'est-à-dire, tel que la commune l'entend) et les zones de projets d'envergure :

- rénovation urbaine ;
- urbanisation future d'habitat ;
- urbanisation future d'activité ;
- projets communaux/intercommunaux ;
- projets structurants départementaux, régionaux, nationaux ;
- projets stratégiques.

Chaque entretien a permis de conforter la majeure partie des cartes d'occupation du sol et de recueillir les commentaires des communes.

IX.3.d Mise à jour de la cartographie de l'occupation du sol

Les cartes d'occupation du sol du PPRL ont fait l'objet de plusieurs remaniements suite aux différents entretiens et aux retours des remarques des communes, des acteurs du territoire et du Maître d'ouvrage.

***NB** : Il est nécessaire de préciser que les cartes correspondent à un constat de l'occupation du sol à un moment « t », c'est-à-dire au moment de la réalisation de la phase 2 de l'étude PPRL (juillet 2014). Les cartes présentées sont les dernières versions des cartes d'occupation du sol mises à jour et intégrant les observations des collectivités.*

IX.3.e Restitution cartographique

La carte d'occupation des sols établie dans le cadre du présent PPRL est un document de travail ne faisant pas partie du dossier final. Sa présentation n'a d'autre intérêt que d'apporter au lecteur la compréhension de la démarche entreprise pour parvenir à la carte des enjeux de PPRL, puis au plan de zonage.

La légende retenue est présentée ci-après :












Légende	
	Zone urbaine dense : Îlots les plus denses pouvant correspondre au cœur de bourg et de faubourg des zones urbaines
	Zone d'habitat : Zone urbaine et périurbaine, petit collectif, lotissement et zone pavillonnaire
	Zone à grands ensembles d'habitat collectif : Barres d'immeubles et tours
	Zone à grands ensembles d'activités : Grands bâtiments destinés à une activité commerciale ou artisanale ou industrielle
	Zones à grands ensembles d'équipements : Bâtiment ou infrastructure destiné aux services publics, à la santé, à l'enseignement, à la culture, aux sports ou aux loisirs
	Zone aménagée non bâtie : Voirie, parking, chemin de fer, cimetière, etc.
	Friches industrielles : Espace industriel abandonné
	Zone naturelle et semi-naturelle : Forêt, parc et jardin public, camping, terrain de sport, zone naturelle non boisée
	Réseau hydrographique : Réseau fluvial, canal, bassin portuaire, surface en eau (étang, lac, gravière, etc.)
	Zone agricole : Culture et prairie
	Zone de bâti isolé : Bâti disséminé en périphérie des zones urbaines à proximité de zones agricoles ou naturelles et semi-naturelles

Illustration 78: Légende de la carte d'occupation des sols

La carte d'occupation des sols a été réalisée à l'échelle parcellaire du 1/5 000.

Nota : Les zones impactées par l'aléa apparaissent en couleurs vives, les autres sont estompées.

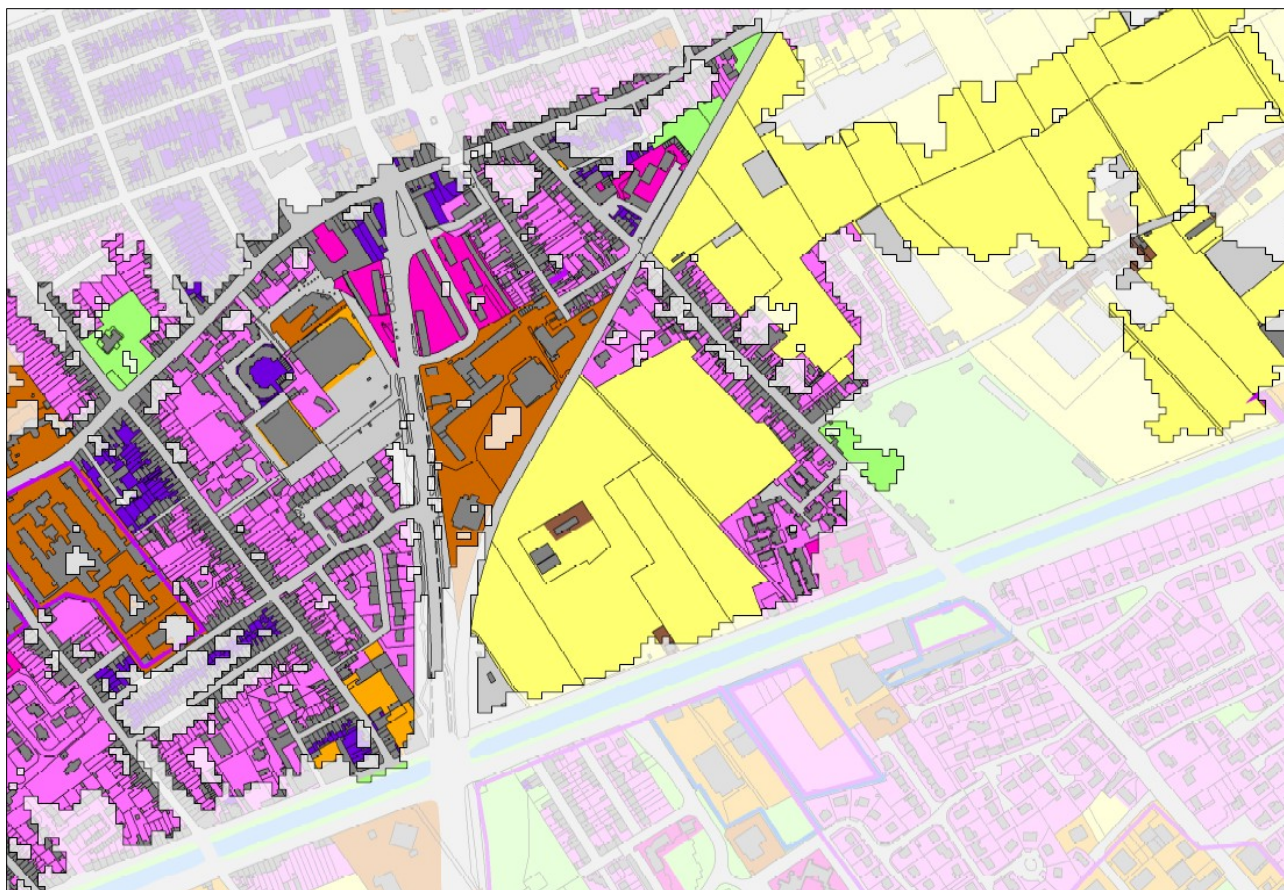


Illustration 79: Extrait de la carte d'occupation des sols de Dunkerque

IX.4 Identification des enjeux du PPRL

Dans le cadre du PPRL de Dunkerque et Bray-Dunes, la détermination des enjeux permet d'orienter l'élaboration des objectifs de prévention et des documents réglementaires. Les enjeux pris en compte sont ceux actuellement existants. Il est rappelé que les enjeux futurs tels que ceux définis par les documents d'urbanisme ne peuvent être retenus par le PPRL, à l'exception des projets déjà autorisés (dotés d'un permis de construire ou d'une autorisation administrative).

Une cartographie des zones homogènes d'occupation du sol de l'intégralité des communes du périmètre d'étude a été préalablement dressée, que les zones soient ou non impactées par un ou plusieurs aléas.

IX.4.a PAU et PNAU

Les enjeux ont été ainsi repérés sur fond cadastral. Au sens du PPRL, les cartes d'enjeux délimitent des espaces distincts :

- **Les Parties Actuellement Urbanisées (PAU)** qui regroupent :
 - les zones urbaines construites qui correspondent aux centres urbains (centres anciens qui intègrent bien souvent une mixité d'activités (équipements publics, commerces, habitat)) et aux prolongements bâtis des centres urbains : ce sont des zones urbanisées qui connaissent une densité de construction conséquente ;
 - les zones d'activités existantes à la date d'élaboration du présent document : ce sont les

unités foncières effectivement bâties et destinées à cet usage.

La PAU ne correspond pas forcément aux zones urbanisées identifiées lors de l'étude de l'occupation du sol. En effet, le caractère effectivement bâti de la parcelle concernée est prédominant dans la détermination de la PAU.

● **Les Parties Non Actuellement Urbanisée (PNAU)**, qui correspondent aux parties du territoire non actuellement urbanisées et qui, par élimination, sont constituées du reste du territoire communal non inscrit dans les Parties Actuellement Urbanisées et qui regroupent notamment :

- les prairies et forêts ;
- les cultures ;
- les zones de hameaux et d'urbanisation lâche qui correspondent aux constructions isolées et aux petits hameaux. Ces zones sont donc considérées comme étant dans des zones naturelles, servant à l'expansion des eaux marines débordantes ;
- les terrains de sport ;
- les parkings.

IX.4.a.1 Méthode de caractérisation de la PAU

La réalisation de la cartographie des enjeux PPRL passe par plusieurs étapes :

- la détermination de la PAU brute et de la PNAU brute ;
- l'affinage de la PAU et de la PNAU ;
- l'affichage de la PAU, de la PNAU et des projets des collectivités.

La carte des enjeux PPRL ainsi réalisée permet d'identifier clairement les zones impactées par un aléa au travers de la PAU et de la PNAU et de préparer le zonage réglementaire. Par ailleurs, indirectement, et même si ce n'est pas un objectif principal de la cartographie des enjeux, les projets qui ont pu être recensés dans le cadre des entretiens ont été reportés sur la carte des enjeux. Cela permet notamment d'identifier les points de blocage potentiels liés aux zones de projets d'envergure, par exemple :

- rénovation urbaine ;
- urbanisation future d'habitat ;
- urbanisation future d'activité ;
- projets communaux/intercommunaux ;
- projets structurants départementaux, régionaux, nationaux ;
- projets stratégiques.

IX.5 Détermination de la PAU et de la PNAU brute

La caractérisation de la « PAU brute » est une étape de la détermination de la PAU. La démarche se compose de plusieurs sous-étapes présentées ci-dessous. Cela passe par la définition du « périmètre urbanisé » correspondant à une auréole autour du bâti existant et la superposition de cette information sur l'enveloppe des aléas. En effet, par définition, la « PAU brute » n'est caractérisée que dans les zones impactées par l'aléa. Selon la même logique, tout le reste du territoire en zone d'aléa est appelé « PNAU brute ».

IX.5.a Critère de détermination du périmètre urbanisé

Dans le cas du présent PPRL, un périmètre est considéré comme urbanisé dans une périphérie de 20 mètres autour des bâtiments existants. En zone urbaine, cette valeur constate la continuité du bâti et lisse les espaces vides (arrière-cours, jardinets, etc.). En zone rurale, l'effet rue est conservé lorsque les bâtiments sont proches mais les zones de mitage important sont exclues de la définition de zones urbanisées.

Cette valeur de 20 mètres est également apparue adaptée au territoire dense, car elle permet :

- de découper le fond des longues parcelles (pour éviter la division parcellaire et donc limiter l'augmentation générale de vulnérabilité des espaces urbanisés) ;
- de pouvoir potentiellement garder les espaces non bâtis mesurés du tissu urbain en PAU ;
- de ne pas créer de trop petits espaces inutiles non PAU dans la PAU.

Remarque : les bâtiments d'une superficie inférieure à 20 m², de même que les hangars agricoles et les serres sont exclus du traitement.



Illustration : périmètre urbanisé à 20 mètres en zone urbaine



Illustration 80: périmètre urbanisé à 20 m en zone rurale

IX.5.b Détail de la méthode

IX.5.b.1 Affichage de la carte d'occupation du sol

Afin de préciser la démarche de détermination de la partie actuellement urbanisée (PAU) et de la partie non actuellement urbanisée (PNAU), les actions permettant d'aboutir à la carte finale sont décomposées.

A titre d'exemple, un extrait du territoire a été choisi sur lequel un zoom est appliqué et où apparaît l'occupation réelle du sol selon le découpage évoqué plus haut.

Remarque : les grosses structures grisées sont en fait des serres et donc non considérées comme du bâti.



Illustration 81: Occupation du sol réelle

IX.5.b.2 Application du périmètre urbanisé à 20 mètres automatisé

Le périmètre urbanisé à 20 mètres est déterminé sur les zones d'urbanisation dense (en rose). Le périmètre urbanisé à 20 mètres est représenté sous la forme d'une emprise délimitée par une ligne orange à l'intérieur de laquelle s'organise un semis de points jaune (Cf. figure ci-contre). Le périmètre urbanisé à 20 mètres ne s'applique pas sur les zones d'urbanisation isolée (en marron), ni sur les hangars agricoles et les serres.

Cette règle s'applique sur tous les autres types de bâtiment à l'intérieur des zones urbanisées d'une superficie supérieure à 20 m², sauf sur les zones d'activités industrielles et commerciales (Cf. §IX.5.b.6)

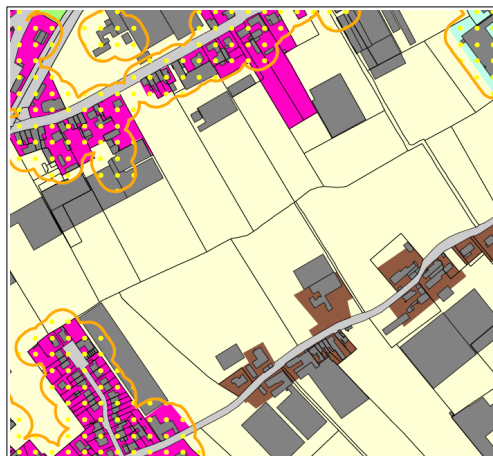


Illustration 82: Application de la zone des 20 mètres

IX.5.b.3 Application de l'enveloppe des aléas sur la carte d'occupation du sol

La PAU n'est considérée que dans l'emprise des zones inondables. La seconde étape consiste donc à confronter les limites de l'aléa (tous niveaux confondus) avec l'occupation du sol.

Sur cette carte, l'aléa apparaît sous la forme d'une surcharge bleutée.

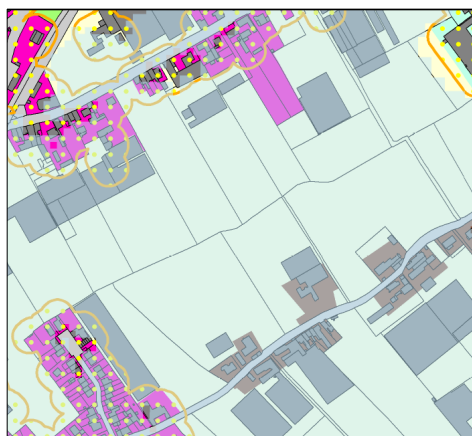


Illustration 83: Superposition de l'aléa

IX.5.b.4 Extraction des zones exposées

Le masque des aléas est ensuite appliqué sur l'occupation des sols. Les bâtiments situés hors zone d'aléa ne sont désormais plus considérés. Toute l'analyse présentée ci-après ne s'appliquera donc qu'aux espaces inondables.

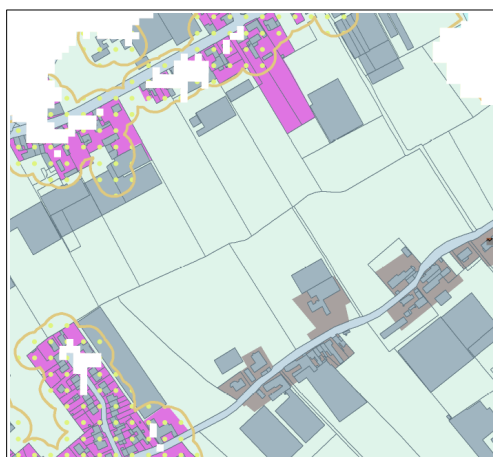


Illustration 84: Extraction des zones impactées

IX.5.b.5 Identification de la PAU brute et de la PNAU brute

La suppression de l'information aléa laisse apercevoir la PAU brute (pointillé jaune cerclé de orange) qui sera affinée par la suite. Le reste du territoire affiché étant, de fait, rattaché à la PNAU brute.

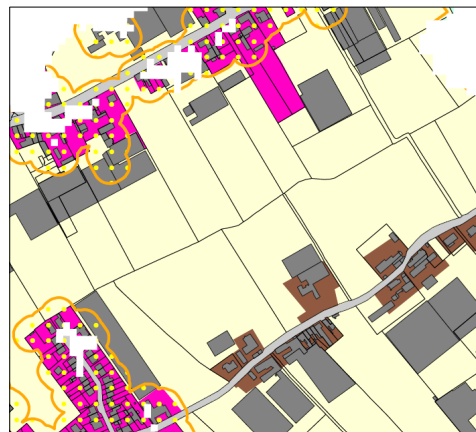


Illustration 85: Affichage de la PAU brute et de la PNAU brute

IX.5.b.6 Cas particulier des zones de grands Bâtiments

Ces zones urbaines particulières sont en général caractérisées par des bâtiments de surface au sol importante, inscrits dans un tènement⁴ ou un îlot⁵ vaste voué en grande partie à des aires de stationnement et des espaces verts.

Sur ces zones, la PAU brute ne sera pas déterminée par une distance par rapport aux bâtiments mais sera appliquée sur la totalité de la parcelle ou du tènement.

En zone inondable, ces espaces sont intégrés dans leur globalité à la PAU brute.

IX.6 AFFINAGE DE PAU

IX.6.a Principes

La définition de la PAU finale consiste à affiner le tracé de la PAU brute en s'aidant de l'occupation des sols. Quatre cas de figure apparaissent :

- le cas ❶ où la PAU brute dépasse la zone urbanisée (rose) définie dans l'occupation du sol. Dans ce cas, la limite de la PAU vient se fixer sur celle de l'occupation du sol constatée (flèche bleue) ;
- le cas ❷ où la PAU brute intègre une « dent creuse » (flèche verte) ;
- le cas ❸ où la PAU brute est en deçà de la limite de la zone urbanisée définie par l'occupation du sol (rose). Dans ce cas, la limite de la PAU vient se calquer sur celle de la PAU brute 20 mètres et découpe la parcelle urbanisée en deux (flèche rouge) :

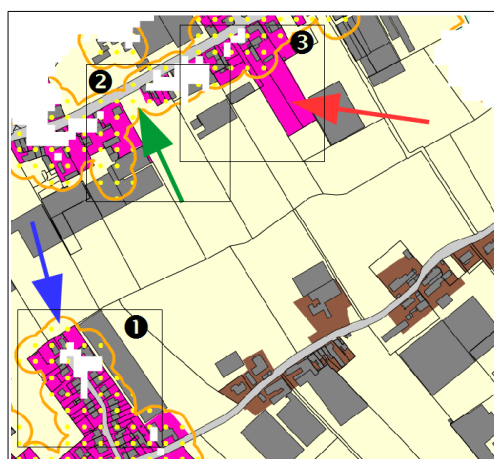


Illustration 86: cas particuliers dans la PAU Brute.

4 Ensemble de maisons mitoyennes, qui se tiennent

5 Unité topographique minimale, délimitée par des rues et composée de parcelles construites mitoyennes

- le cas ④ où un petit espace non-bâti se situe à l'intérieur du tissu urbain (cas non représenté sur l'extrait de carte ci-dessus – Cf §IX.6.d).

IX.6.b Cas numéro 1 : la PAU est calée sur les limites de l'occupation du sol réelle

La PAU brute englobe des espaces non bâtis (ENB), non enclavés, car la PAU brute déborde de la zone urbanisée définie par l'occupation du sol (rose). Il s'agit d'espaces naturels qui n'ont pas vocation à être intégrés à la PAU. La PAU (en cyan) est alors calquée sur l'occupation du sol constatée.

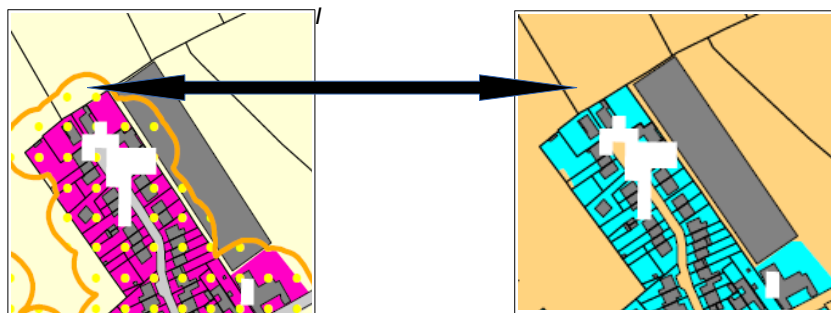


Illustration 87: cas de la PAU brute débordant sur des espaces naturels non enclavés

Cas numéro 2 : intégration à la PAU

La PAU brute englobe des espaces non bâtis (ENB) enclavés. Ceux-ci vont pouvoir être rattachés à la PAU (en cyan).

Dans ce cas on considère les intersections entre la PAU brute (trait orange) et les limites de parcelle. La ligne droite reliant ces deux points définit la limite de la PAU.

IX.6.c Cas numéro 3 : requalification de certaines zones « urbanisées »

La PAU (cyan) n'est retenue que dans l'emprise de la PAU brute (rose). Comme précédemment, la limite de la PAU est définie par l'intersection de la PAU brute avec les limites parcellaires. Les

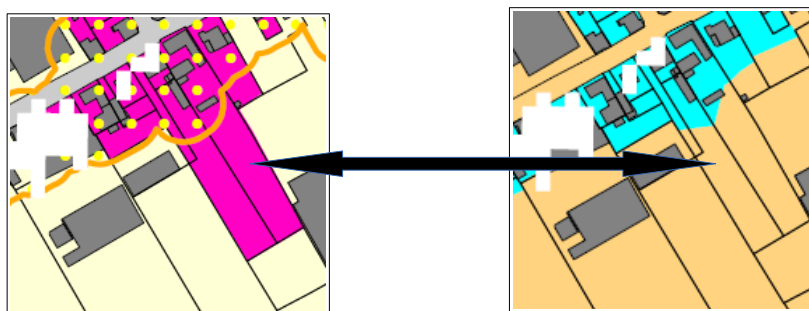


Illustration 88: Gestion des fonds de parcelles urbanisées

fonds de parcelles anciennement décrits comme urbanisés sur la carte de l'usage du sol sont alors requalifiés en PNAU.

IX.6.d Cas numéro 4 : intégration de petites PNAU dans la PAU

L'application de la procédure de définition de la PAU brute fait apparaître de petits espaces non bâtis enchâssés dans le tissu urbain dense (figurés en vert sur la carte et pointés par des flèches bleues). Lorsque leur superficie est très limitée et que le découpage qui serait ainsi généré ne correspondrait pas à un objectif de prévention adapté, ces petits espaces sont intégrés à la PAU (en cyan).



Illustration 89: Espaces non bâtis de petite taille intégré à la PAU

IX.7 Carte finale des enjeux PPRL

La carte des enjeux PPRL finale distinguera en à-plat de couleur deux types de zones : la partie actuellement urbanisée et la partie non actuellement urbanisée. ;

Le regroupement des différentes catégories d'occupation du sol conduit à une cartographie plus simple ne comportant que la PAU (cyan), la PNAU (bistre).

Conformément à la méthodologie nationale rappelée dans les différents guides élaborés par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, la définition des zones urbanisées se fait sur la base de l'existant et non sur celle des intentions d'urbaniser inscrites aux Plans Locaux d'Urbanisme. Ainsi, toute zone identifiée comme « à urbaniser » dans les documents d'urbanisme peut être identifiée en tant que PNAU dans le cadre de la cartographie des enjeux du PPRL.

De ce fait, les zonages du Plan Local d'Urbanisme (PLU) ou un projet particulier, même porté par les maîtres d'ouvrages publics et privés, ne sont pas susceptibles de conduire à une modification des enjeux, à l'exception des zones à potentiel de projet arrêtées en concertation avec les collectivités. Le PPRL peut, par définition, remettre en cause un projet s'il n'est pas viable du point de vue de la sécurité publique.

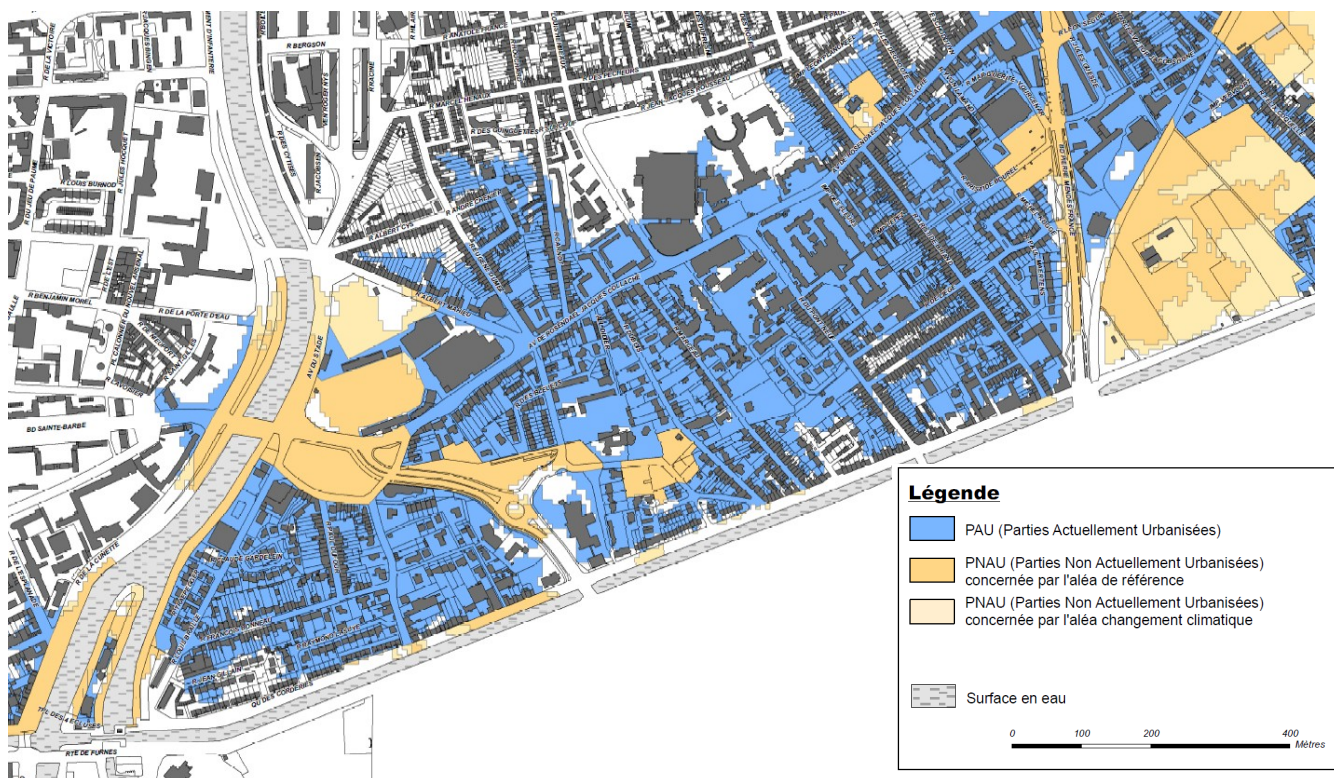


Illustration 90: Extrait de cartes des enjeux sur Dunkerque.

Une exception est faite pour les parcelles non bâties inscrites en « dents creuses » dans les secteurs homogènes urbanisés et pour les zones de projets supportant une autorisation d’urbanisme régulièrement autorisée antérieurement à la présentation du projet de PPRL (dès le stade de l’aléa). Celles-ci sont alors considérées comme faisant partie d’un espace déjà urbanisé et sont soumises alors aux prescriptions concernant les secteurs bâtis.

Cette démarche favorise le confortement des secteurs déjà bâtis tout en s’assurant que le pétitionnaire sur ces secteurs identifiés prend toutes les précautions pour se protéger du risque. Pour cela, il devra respecter les prescriptions retenues dans le cadre du règlement joint au zonage réglementaire. A contrario, cette démarche permet d’éviter de mettre en œuvre de nouvelles zones urbanisées là où le risque est trop important et de réorienter l’urbanisme communal vers une solution plus pérenne quant au risque.

IX.8 Enjeux ponctuels liés à la gestion de crise

IX.8.a Définition

Les enjeux concernés regroupent des types de bâtiments et/ou activités très différents pouvant se classer en grandes catégories. Il s’agit en particulier :

- des bâtiments et infrastructures intervenant dans la gestion de crise (établissements stratégiques) ;
- des bâtiments et infrastructures sensibles en raison de la population qu’ils accueillent (Cf. écoles, maisons de retraite, etc.) ;
- des bâtiments et infrastructures pouvant constituer des lieux de replis dans le cadre de l’hébergement des personnes hors zone exposée (écoles, salles des fêtes, gymnases, etc.) ;

- des bâtiments et infrastructures qui du fait de leur activité peuvent avoir un effet défavorable en cas de crise (Cf. effet domino pour certaines installations industrielles classées SEVESO, etc.).

IX.8.b Structures identifiées

IX.8.b.1 Classification des établissements recevant du public (ERP)

Établissements stratégiques :

- Mairies ;
- Services techniques ;
- Centres de secours ;
- Gendarmeries ;
- Centres de l'équipement ;
- Quartiers militaires ;
- etc.

Établissements sensibles (scolaire et petite enfance) :

- bâtiments d'enseignement ;
- crèches ;
- etc.

Établissements sensibles (soins et santé) :

- Hôpitaux ;
- Cliniques ;
- Maisons de retraite ;
- etc.

Infrastructures d'hébergement d'urgence :

- Gymnase ;
- Salle des fêtes/polyvalente ;
- Bâtiments publics ;
- Terrains de camping ;
- etc.

IX.8.b.2 Les équipements structurants

- Les réseaux ferrés ;
- Les moyens électriques ;
- La ressource en eau ;
- Les réseaux d'hydrocarbures ;
- Les réseaux d'air liquide ;

- La ressource en gaz ;
- Les moyens de télécommunications ;
- Les systèmes d'alerte.

IX.8.b.3 Les enjeux à risque supplémentaire

- Les enjeux présentant un risque de sur-accident (Cf. stations services, etc.) ;
- Les établissements classés SEVESO.

IX.9 Vulnérabilité à l'échelle du territoire

IX.9.a La vulnérabilité du bâti

L'analyse des bâtiments vulnérables de par leur occupation verticale répond au besoin de déterminer en zone d'aléa quel est le bâti le plus vulnérable de par sa morphologie. Il s'agit notamment d'identifier les bâtiments de plain-pied, ne disposant pas d'un étage refuge. C'est dans ce type de bâtiment que la plupart des victimes a pu être recensée lors de la tempête Xynthia.

On a pu noter que la base de données n'était pas renseignée pour un certain nombre de bâtiments. Pour pallier ce manque d'information, il a été nécessaire d'utiliser les différents outils disponibles, notamment les outils Street-View et Google Earth.

Remarque : le renseignement du nombre d'étages a été effectué, lorsque les informations n'étaient pas présentes, uniquement pour les bâtiments compris dans la zone d'aléa la plus large (à savoir l'événement 2100 avec changement climatique).

D'autres bâtiments peuvent également poser problème en termes de sécurité, sans qu'il soit toujours possible de les identifier automatiquement :

- Bâtiments possédant un niveau enterré ou semi-enterré (aménagé ou non en habitation) ;
- Bâtiment dont le premier niveau habitable est de plain-pied, sans communication avec les niveaux supérieurs (Cf. cas des maisons disposant de plusieurs appartements).

Dans le cadre de la concertation, les communes ont été invitées à se prononcer sur ce recensement des habitations sensibles et, le cas échéant, à compléter cet état des lieux. À cette fin, une première version de la carte des éléments vulnérables du territoire a été transmise aux collectivités et a été présentée lors des réunions de travail avec les acteurs du territoire.

IX.9.b Analyse des routes coupées

L'analyse des routes coupées peut se présenter sous plusieurs formes compte tenu des croisements effectués. L'objectif est de déterminer, dans le cadre des PPRL, les routes touchées par un aléa, mais aussi de déterminer quels peuvent être les tronçons de routes les plus dangereux compte tenu des vitesses et des hauteurs présents sur chaque axe.

Plusieurs types de restitutions cartographiques sont possibles. Il a été choisi une représentation linéaire pour éviter toute ambiguïté avec les cartes d'aléas en représentation zonale.

La surimpression aléas-routes n'offre qu'une part d'information limitée. Il a été retenu d'utiliser les cartes des hauteurs et les cartes des vitesses pour produire des scénarios combinés (Cf. tableau ci-dessous).

<div> <div>H (m)</div> <div>V (m/s)</div> </div>	0 à 0,5	> 0,5
0 à 0,2		
0,2 à 0,5		
> 0,5		

Tableau 5: Tableau de combinaison des hauteurs-vitesses utilisé dans le cadre de l'analyse de la vulnérabilité des axes de circulation

Au-delà de 0,5 m de hauteur d'eau et de 0,2 m/s de vitesse, il est considéré qu'il n'est plus possible de circuler à pied pour les riverains victimes d'une inondation.

Grâce aux informations obtenues auprès du SDIS59, il a été possible de déterminer jusqu'à quelle hauteur d'eau les véhicules d'intervention spécialisés motorisés étaient capables de circuler sans risque pour les secours. La limite de 0,5 mètre de hauteur d'eau a été retenue dans ce cas. Au-delà, les secours utilisent des bateaux d'intervention pour accéder aux zones inondées.

Au-delà de 0,5 m de hauteur d'eau et de 0,5 m/s de vitesse, il est considéré qu'il n'est plus possible de circuler sur les axes routiers.

Au final, quatre catégories de routes ont été identifiées pour décrire la viabilité lors d'un événement de submersion :

1. les routes non submergées : pas de problème particulier de circulation ;
2. les routes submergées par moins de 0,5 m d'eau s'écoulant avec une vitesse inférieure à 0,2 m/s : un adulte peut se déplacer sans danger ;
3. les routes submergées par moins de 0,5 m d'eau s'écoulant avec une vitesse comprise entre 0,2 et 0,5 m/s : accessible avec un véhicule d'intervention spécialisé (Cf. camion de pompiers) ;
4. les routes submergées par plus de 0,5 m d'eau et/ou s'écoulant avec une vitesse supérieure à 0,5 m/s : accessible uniquement en bateau à moteur, sauf cas extrêmes.

IX.10 Cartographie de synthèse des enjeux de gestion de crise

La carte des enjeux de gestion de crise est forcément une carte complexe et très riche d'informations. Il a été nécessaire d'adapter la sémiologie graphique à l'importante quantité d'informations utiles.

- La classification des informations se veut la plus claire possible et comprend :
- les caractéristiques du bâti (plain-pied, étage refuge, etc.) ;
- la classification des ERP comme présentée au § 4.3.2.1. ;
- la classification des routes selon les critères présentés au § 4.4.2. ;
- les équipements structurants présentés au § 4.3.2.2. ;
- les enjeux à risque supplémentaires présentés au § 4.3.2.2.

Nota : La carte des enjeux de gestion de crise n'intervient pas dans la traduction réglementaire du PPRL. Compte tenu de son rôle strictement informatif pour les communes, ce document n'est pas annexé au dossier final du PPRL.

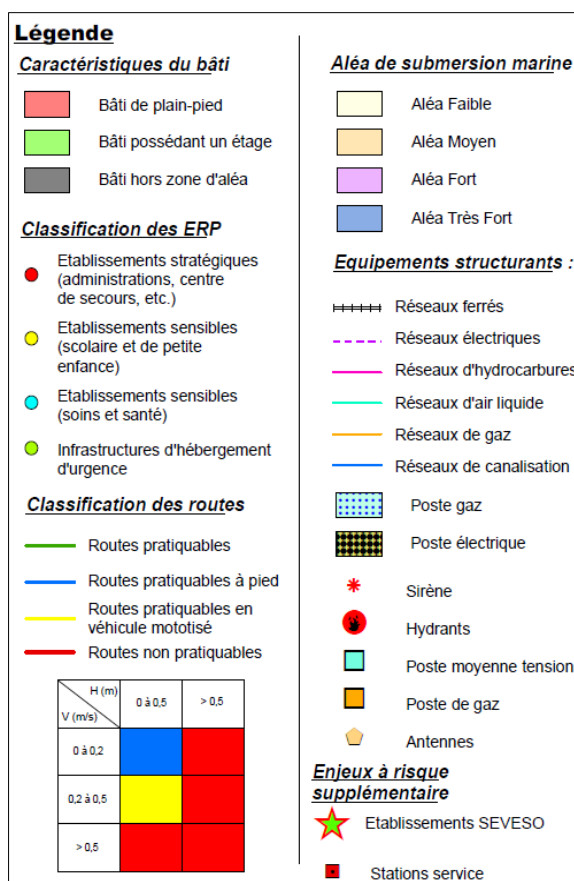


Illustration 91: Légende de la carte des enjeux de gestion de crise et de vulnérabilité

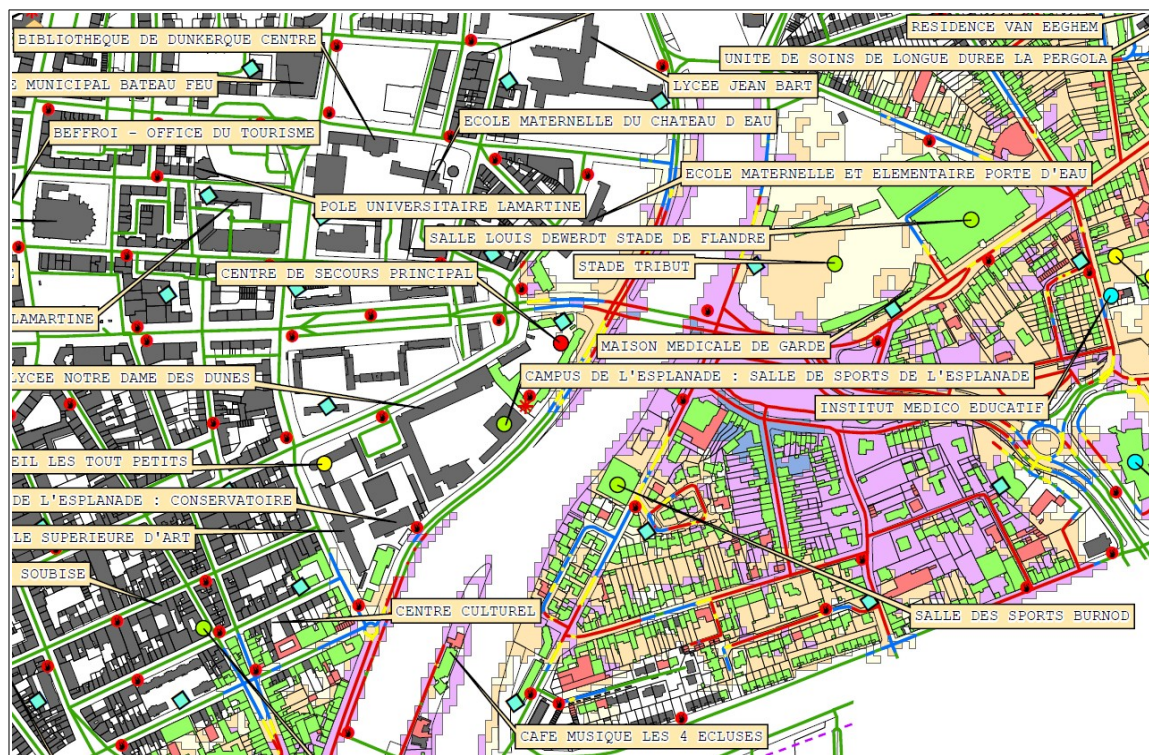


Illustration 92: Extrait de la carte des enjeux de gestion de crise de Dunkerque.

IX.11 Analyse complémentaire

À la demande de la DDTM du Nord, il a été procédé à l'analyse d'enjeux spécifiques que constituent les sous-sols aménagés au-dessous des habitations. Il peut s'agir d'anciennes caves à charbon reconverties en dépendances (caves, buanderies, locaux techniques, etc.), voire en habitation. Dans certains cas, il peut s'agir de garages enterrés transformés ou non en locaux professionnels ou d'habitation.



Illustration 93: Maison de ville avec cave aménagée

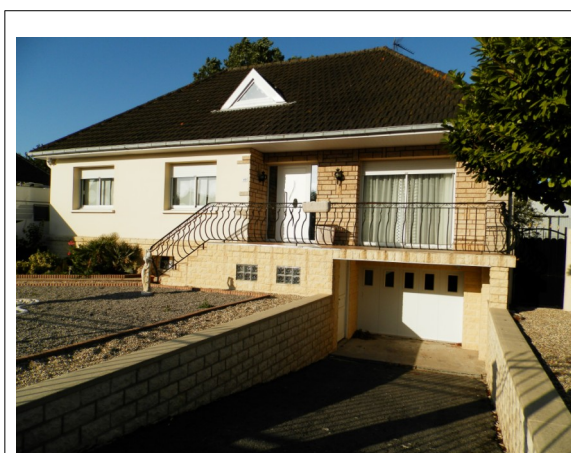


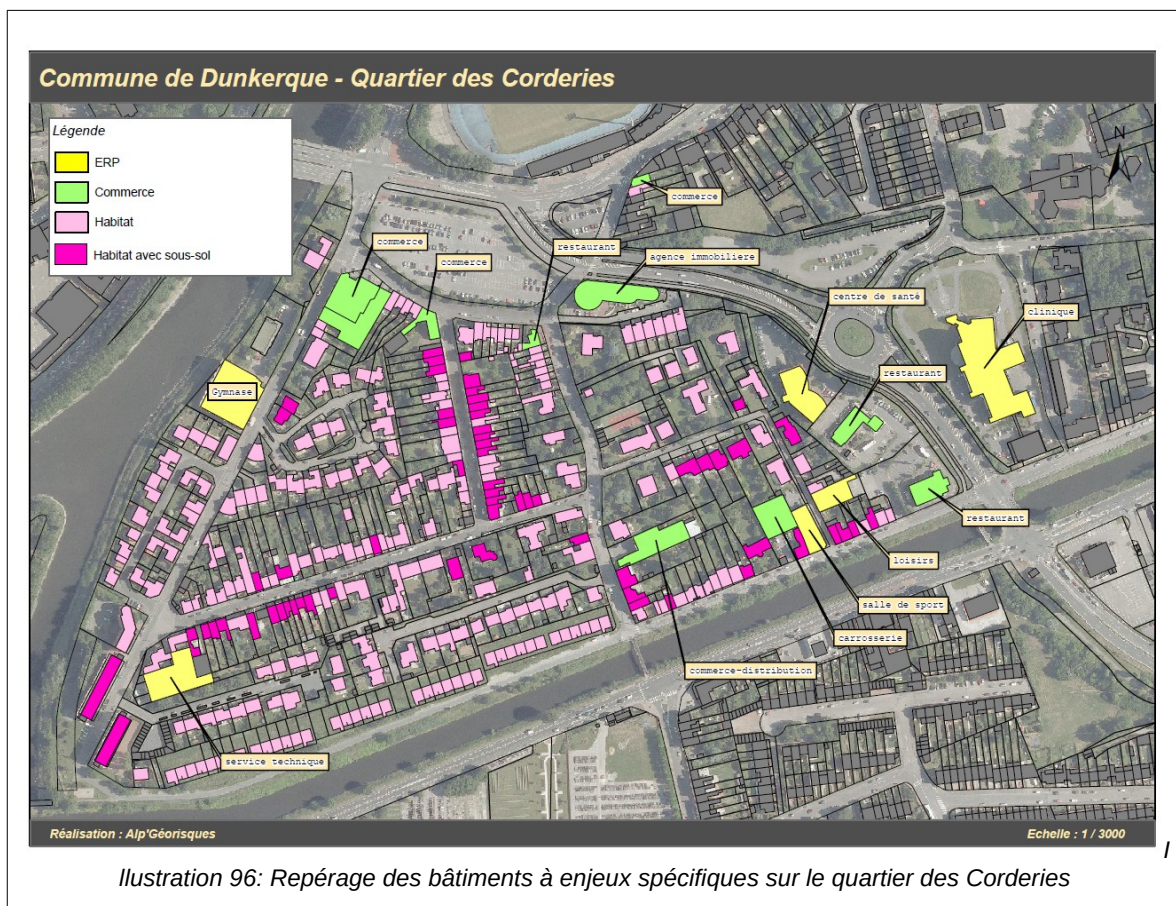
Illustration 94: Pavillon avec sous-sol et garage enterrés



Illustration 95: Pavillon avec garage enterré transformé en local d'activité

Une telle organisation de l'habitat est une source potentielle de danger dans les zones inondables, en particulier s'il n'y a pas de communication intérieure assurée entre le sous-sol et les niveaux supérieurs. En cas d'inondation rapide des sous-sols, les occupants peuvent, dans un délai très court, se retrouver prisonnier de tels locaux.

Le quartier des Corderies à Dunkerque étant fortement inondable et particulièrement concerné par la présence de sous-sols a fait l'objet d'un recensement de ces enjeux particuliers.



Cette configuration n'est pas propre au quartier des Corderies. On la rencontre également à Rosendaël, Malo-les-Bains, etc. Cet habitat n'a toutefois pas été recensé de façon systématique dans

le cadre de ce PPRL.

En effet, le PPRL a pour vocation de réglementer la surface du sol. De ce fait, il sera amené à interdire la création de sous-sols et la transformation de caves existantes en pièce de vie dans les zones inondables. Il n'en demeure pas moins que l'utilisation des sous-sols à des fins d'habitation, telle qu'elle est parfois pratiquée actuellement, est problématique en termes de sécurité publique. Ce risque est accru, notamment lorsqu'il n'existe pas de connexion intérieure avec l'étage, soit du fait de l'absence d'escalier, soit du fait de la condamnation des accès. La sécurité des populations concernées ne pourra être assurée que dans la prise en compte de ce contexte particulier dans le cadre d'un PCS notamment en réalisant un recensement des sous-sols aménagés. Il sera alors possible à la collectivité d'assurer une vigilance particulière, en connaissance de cause, pour ce type d'habitat, accompagnée d'une mise en garde de la population et, si nécessaire, d'une évacuation préventive en situation de crise.

X Le zonage réglementaire

Comme exposé précédemment, le risque est établi par croisement entre l'aléa et les enjeux du territoire. L'objectif du zonage réglementaire est d'informer sur le risque encouru et d'identifier des zones homogènes, pour lequel le règlement édicte des mesures de prévention, protection ou de sauvegarde. Chacune des zones se voit donc identifiée de manière homogène par :

- Un niveau d'aléa (faible, moyen, fort ou très fort) ;
- Un objectif de prévention ;
- Des mesures réglementaires permettant d'assurer la mise en œuvre des objectifs précédemment identifiés.

Le zonage réglementaire est étudié et représenté pour chaque commune au 1/5 000 sur fond cadastral.

X.1 Définition des objectifs de prévention et zonage

Le PPRL poursuit les objectifs généraux de prévention suivants :

- Préserver les zones d'expansion marines actuelles afin de ne pas aggraver les impacts des inondations ;
- Cesser l'implantation de constructions et de logements dans les zones urbanisées les plus exposées (aléa fort) ;
- Réglementer la construction dans les zones urbanisées moins exposées, de sorte que la vulnérabilité des nouveaux enjeux (humains ou matériels) soit maîtrisée ;
- Réduire la vulnérabilité des enjeux existants.

X.2 Principe de la transcription réglementaire

X.2.a Cas de la submersion marine

Les modalités de passage des aléas et des enjeux au plan de zonage réglementaire traduit les objectifs de prévention du PPRL. Ainsi, le zonage PPRL est obtenu par l'application de la matrice suivante :

Type d'occupation des sols	Parties Non Actuellement Urbanisées (PNAU)	Parties actuellement urbanisées (PAU)
Aléa		
Aléa fort et très fort	Zone vert foncé	Zone rouge
Aléa moyen et faible	Zone vert clair	Zone bleu foncé
Aléa 2100	Zone jaune	Zone bleu clair

Tableau 6: Tableau récapitulatif de la division du territoire en zones⁶

Ainsi le PPRL identifie sept zones par sept couleurs :

Deux types de zones vertes : Il s'agit des zones naturelles ou d'habitat diffus, exposées à la submersion pour le phénomène de référence centennal, où l'urbanisation doit être soit interdite, soit strictement contrôlée. Il existe alors :

- **Trois types de zones « naturelles » :** Il s'agit de zones peu ou pas urbanisées, exposées à des degrés divers à la submersion marine. Il existe alors :
 - une **zone vert foncé** fortement ou très fortement exposée au risque ;
 - une **zone vert clair** faiblement ou moyennement exposée ;
 - **Une zone jaune :** Il s'agit des zones naturelles ou d'habitat diffus, exposées à la submersion en tenant compte du changement climatique à échéance 2100, où l'urbanisation doit être soit interdite, soit strictement contrôlée ;
- **Deux types de zones bleues :** Il s'agit de zones d'activités ou d'habitat moyennement ou faiblement exposées. Il existe alors :
 - une **zone bleu foncé** exposée au phénomène de référence (phénomène centennal) ;
 - une **zone bleu clair** faiblement ou moyennement exposée (phénomène centennal en tenant compte du changement climatique à échéance 2100) ;
- **Deux types de zones urbanisées fortement exposées :** Il existe alors :
 - **une zone rouge :** Il s'agit de zones d'activités ou d'habitat fortement ou très fortement exposées au risque ;
 - **un liseré orange :** Il identifie les façades exposées aux franchissements par paquets de mer.

Chaque zone fait l'objet d'une réglementation spécifique, avec les précisions suivantes :

- les **zones vert clair** et les **zones jaunes**, compte tenu de leurs caractéristiques, sont soumises au même règlement ;
- les **zones bleu foncé** et les **zones bleu clair** disposent pour les mêmes raisons d'un règlement identique.

6 Nota : Les aléas faible et moyen du présent PPRL correspondent à l'aléa « Modéré » de la doctrine « submersion marine » applicable à la zone. Les aléas fort et très fort du PPRL correspondent à l'aléa « Fort » de la doctrine.

Par ailleurs, la carte affiche des périmètres délimités en orange. Une étiquette attachée à chaque zone précise le cote de référence à appliquer. Cette cote est exprimée en altitude NGF⁷.

On remarquera que la submersion n'est pas homogène sur les zones impactées. Cela traduit le fait que l'aléa est établi en tenant compte de la dynamique de remplissage et de ressuyage des différents casiers.

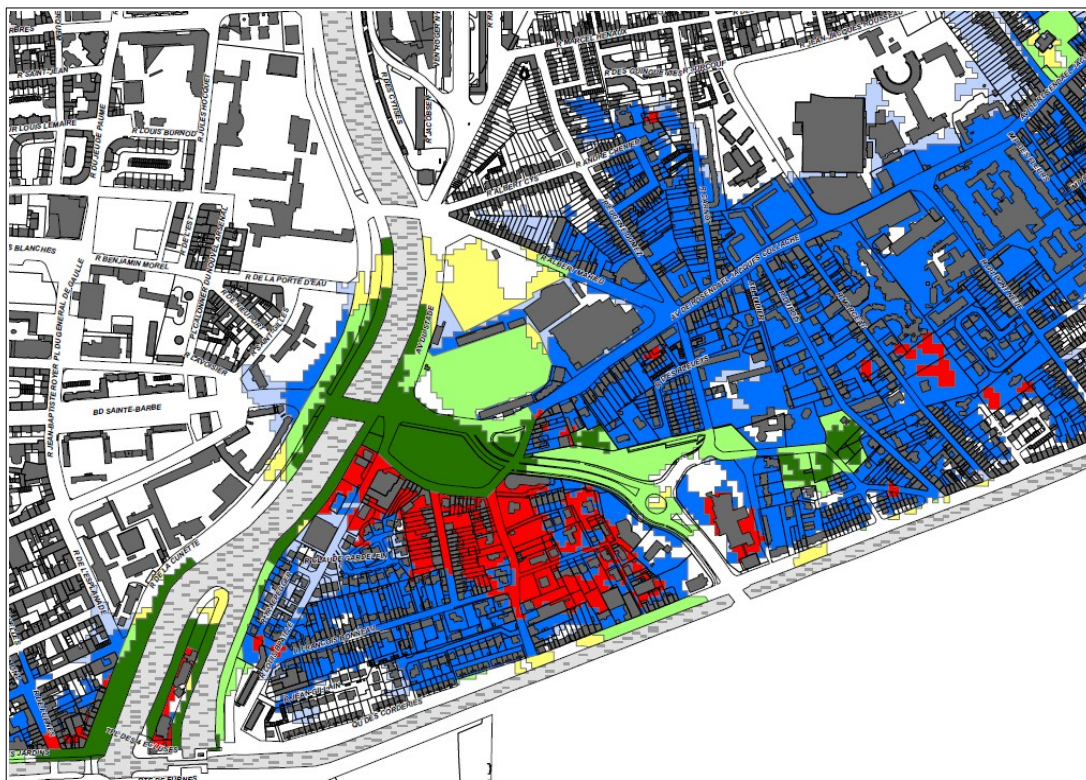


Illustration 76: Extrait du plan de zonage réglementaire de Dunkerque

Pour déterminer à quelle zone appartient un territoire et pour appliquer ce règlement, il convient de se reporter au plan communal à l'échelle 1/5 000, seul format juridiquement opposable au tiers. Les autres cartes ont une valeur strictement informative.

X.3 Du zonage au règlement

Le règlement précise les règles s'appliquant à chacune des zones. Le règlement définit ainsi les conditions de réalisation de tout projet, les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers ou aux collectivités, mais aussi les mesures applicables aux biens et activités existants. Le règlement édicte des prescriptions ou émet des recommandations au titre du Code de l'Urbanisme et du Code de la Construction notamment. En cas de non-respect des prescriptions définies par le PPRL, les modalités d'assurance des biens et personnes sont susceptibles d'être modifiées. Les recommandations n'ont pas de caractère réglementaire.

X.3.a Organisation du règlement

Le règlement est présenté par zones, chacune d'elle correspondant à des objectifs de prévention déterminés.

➔ Pour chaque zone, sont rappelés les objectifs de prévention, puis est indiqué ce qui est interdit, et

7 NGF : Nivellement Général de la France = altitude absolue officielle.

ce qui est réglementé.

- ➔ Les biens réglementés sont soumis au respect des prescriptions édictées : celles-ci sont différenciées selon les types de projets, mais sont identiques quelle que soit la zone, elles sont donc regroupées dans une seule partie du règlement.

Le tableau ci-après résume, pour chaque zone, les objectifs de prévention associés et les principales dispositions réglementaires.

De façon générale, les zones vertes et rouges ont un caractère d'interdiction. En effet, il s'agit pour le vert, de zones d'expansion marines à préserver de toute urbanisation. Les secteurs bâtis, soumis à un aléa fort ou très fort, sont placés en zone rouge.

Les zones bleues concernent les zones urbanisées faiblement ou moyennement exposées : elles permettent les constructions neuves (à l'exception de celles qui, de par leur vocation principale, accueillent ou hébergent un public particulièrement vulnérable), sous réserve de mesures de prévention qui assurent que toute nouvelle construction prend en compte le risque existant et limite son aggravation par ailleurs.

Vert foncé : Partie non actuellement urbanisée en zone submersible d'aléa fort et très fort	
Préserver leurs capacités de stockage et d'expansion. Ne pas implanter de nouvelles activités ou de nouveaux logements. Réduire la vulnérabilité de l'existant.	Le principe général dans la zone vert foncé est d'interdire toute nouvelle construction, sauf celles strictement nécessaires à la poursuite de l'activité agricole et de l'activité exigeant la proximité de la mer. Seuls sont réglementés l'entretien courant du bâti existant, et les opérations de démolition / reconstruction. Les remblais sont interdits, et les infrastructures sont réglementées de telle sorte que la transparence hydraulique soit établie. Les aménagements destinés à améliorer l'expansion des crues et qui participent ainsi à la lutte contre les inondations sont autorisés sous conditions.
Vert clair : Partie non actuellement urbanisée en zone submersible d'aléa faible à moyen Jaune : Partie non actuellement urbanisée en zone submersible à échéance 2100 au-delà du phénomène centennal	
Préserver leurs capacités de stockage et d'expansion. Ne pas implanter de nouvelles activités ou de nouveaux logements. Réduire la vulnérabilité de l'existant.	Le principe général dans la zone vert clair et jaune est d'interdire toute nouvelle construction, sauf celles strictement nécessaires à l'activité agricole et aux d'activités exigeant la proximité de la mer. L'entretien courant du bâti existant, les opérations de démolition / reconstruction <u>et les changements de destination augmentant la vulnérabilité</u> sont réglementés. <u>Les extensions mesurées, les garages et abris de jardin sont autorisés sous la cote de référence sous certaines conditions.</u> Les remblais sont interdits, et les infrastructures sont réglementées de telle sorte que la transparence hydraulique soit établie. Les aménagements destinés à améliorer l'expansion des crues et qui participent ainsi à la lutte contre les inondations sont autorisés sous conditions
Rouge : Parties Actuellement Urbanisées en zone submersible d'aléa fort	
Interdire les nouvelles constructions et ne pas créer de nouveaux logements. Permettre les transformations de l'existant qui améliorent la situation Réduire la vulnérabilité de l'existant.	Le principe général dans la zone rouge est d'interdire toute nouvelle construction, de ne pas créer de nouveaux logements, et de favoriser les transformations de l'existant (changement de destination, réhabilitations,

	renouvellement urbain) de sorte qu'elles diminuent la vulnérabilité du territoire. Seuls sont réglementés l'entretien courant du bâti existant, les opérations de démolition / reconstruction et les changements de destination n'augmentant pas la vulnérabilité. Les remblais sont interdits, et les infrastructures sont réglementées de telle sorte que la transparence hydraulique soit établie.
--	--

Bleu foncé : Parties Actuellement Urbanisées en zone submersible d'aléa faible à moyen Bleu clair : Parties Actuellement Urbanisées en zone submersible à échéance 2100 au-delà du phénomène centennal	
Permettre la poursuite de l'urbanisation de manière limitée et sécurisée. Permettre les transformations de l'existant qui améliorent la situation. Réduire la vulnérabilité de l'existant.	Le principe général dans la zone bleu foncé et dans la zone bleu clair est d'autoriser la construction sous réserve du respect de certaines conditions. Les extensions de taille significative sont autorisées dans les mêmes conditions que la construction neuve. Les extensions mesurées, les garages et abris de jardin sont autorisés sous la cote de référence, sous certaines conditions. Les opérations de démolition / reconstruction et les changements de destination augmentant la vulnérabilité sont réglementés. Les remblais sont interdits (hors mise en sécurité des biens ou projets admis), et les infrastructures sont réglementées de telle sorte que la transparence hydraulique soit établie.
Liseré orange : Les façades et premiers retours exposés aux franchissements par paquets de mer doivent respecter les prescriptions édictées au titre III, le cas échéant.	

Tableau 7: Principaux objectifs de prévention par zone

Principes et mesures de réduction de la vulnérabilité

Un des objectifs du PPRL est de réduire la vulnérabilité des biens déjà exposés et construits antérieurement à l'approbation du PPRL. Cela se traduit de deux manières :

- des mesures relatives aux projets intervenant sur du bâti existant : changements de destination, extensions, annexes ;
- des mesures applicables à l'ensemble des biens ou bâtiments déjà implantés dans l'une ou l'autre des zones du PPRL.

Dans les deux cas, le repère commun est la cote de référence : il constitue un objectif pour la mise en sécurité des biens et des personnes, correspondant au niveau pouvant être atteint pour l'événement de référence centennal. Bien entendu, il s'agit d'un objectif minimum, et le pétitionnaire peut choisir d'aller au-delà.

X.3.a.1 Objectifs et cadre réglementaire des mesures applicables à l'existant

Les mesures **prescrites** ou **recommandées** pour les biens et activités existants à la date d'approbation du PPRL, ont pour but de permettre aux habitants et aux activités déjà existantes mais situés en zone inondable de poursuivre l'occupation normale des locaux, en prenant des dispositions permettant de limiter les dégradations éventuelles. Elles sont prises en application du 4° du II de l'article L. 562-1 du code de l'environnement. Elles sont mises en œuvre par les personnes physiques ou morales propriétaires, exploitants ou utilisateurs des biens concernés, sous réserve, lorsqu'il s'agit de biens à usage professionnel. Seules **les prescriptions ont un caractère obligatoire**.

Les mesures prescrites peuvent être financées par le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM), conformément à l'article L.561-3 du code de l'environnement. Les taux de

financement maximum sont de 80 % **pour les biens à usage d'habitation ou à usage mixte**, et 20 % **pour les biens à usage professionnel** (entreprises de moins de vingt salariés). Les financements sont calculés sur des coûts TTC (ou HT si le maître d'ouvrage récupère la TVA). Ce sont uniquement les prescriptions obligatoires (à réaliser dans un délai maximal de 5 ans ou moins si spécification contraire) qui sont finançables, alors que les mesures simplement recommandées ne le sont pas.

Pour bénéficier d'un financement et avant tout démarrage des travaux, il est nécessaire au préalable de déposer un dossier complet auprès de la préfecture du Nord, Service Interministériel Régional des Affaires Civiles et Économiques de Défense et de Protection Civiles (Direction des Sécurités). Des renseignements peuvent être demandés en préfecture ou à la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM).

Pour des propriétés privées, le montant des mesures rendues obligatoires est **limité à 10 % de la valeur vénale** des biens exposés conformément à l'article R 562-5 du code de l'environnement et à l'article 5 du décret du 5 octobre 1995. Le règlement précise les modalités d'adaptation lorsque le montant des travaux prescrits conduit à dépasser ce plafond.

Le non-respect des mesures imposées par le PPRN est sanctionné par le Code de l'urbanisme, le Code pénal et le Code des assurances, comme le stipule les articles L 562-1 et L. 562-5 du Code de l'environnement. Se référer aux réglementations en vigueur (rappelées notamment par l'annexe du règlement relative au code des assurances).

La nature et les conditions d'exécution des mesures de prévention sont définies et mises en œuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre concernés par les constructions, travaux et installations visés. Ceux-ci sont également tenus d'assurer les opérations de gestion et d'entretien nécessaires pour maintenir la pleine efficacité de ces mesures.

X.3.a.2 Mesures inscrites au règlement et applicables au bâti pré-existant en zone réglementée du PPRL

Le PPRL prescrit ou recommande la mise en œuvre d'un certain nombre de dispositifs d'accompagnement visant à réduire, plus qu'annuler, les effets des submersions, notamment les phénomènes les plus courants. Il s'agit par exemple de la mise en place de batardeaux ou de pompes de refoulement.

Les mesures choisies pour être prescrites correspondent à un coût modéré au regard des dommages évités, et peuvent être mise en œuvre en évitant l'exécution de travaux de gros-œuvre. Les mesures visant à la protection des personnes et à la limitation de la pénétration de l'eau dans le bâtiment sont privilégiées.

Mesures / Objectifs	Assurer la sécurité des personnes	Éviter des effets induits polluants ou dangereux	Réduire les dommages aux biens et le délai de retour à la normale
Limitation de la pénétration des eaux : dispositifs temporaires sur les ouvertures (ex : batardeaux, sacs de sables)	X		X

Mesures / Objectifs	Assurer la sécurité des personnes	Éviter des effets induits polluants ou dangereux	Réduire les dommages aux biens et le délai de retour à la normale
Limitation de la pénétration des eaux : colmatage des voies d'eau (entrées d'air, tuyaux, câbles, gaines, etc.)		X	X
Mise en place de pompes d'épuisement : valable pour les pièces dont l'eau ne s'évacuera pas gravitairement (ex : cave)			X
Neutraliser produits et matériels polluants ou dangereux : (ex : stocker hors d'eau les produits d'entretien polluants ; arrimer et étanchéifier une cuve d'hydrocarbure).	X	X	X
Matérialiser les emprises de piscines ou bassins	X		

Tableau 8: Mesures applicables au bâti-préexistant

Ces mesures techniques ne pourront pas toujours soustraire le bien protégé d'une submersion centennale, cependant, ils pourront se montrer efficaces sur des submersions plus courantes avec des phénomènes de moindre importance. Ils joueront également un rôle dans le cadre de la gestion de crise pour les inondations plus conséquentes : les batardeaux pourront ainsi éviter ou limiter l'intrusion d'eau dans les habitations et les pompes pourront permettre un retour à une situation « normale » dans les meilleurs délais.

X.3.a.3 Réduction de la vulnérabilité à l'occasion de projets concernant l'existant

Dans le cas de projets intervenant sur du bâti existant, l'objectif des mesures inscrites au règlement est de favoriser les transformations qui conduiront à améliorer la situation : diminuer le nombre de personnes résidant en zone à risques, ne plus y accueillir un public vulnérable, créer des espaces refuges lorsqu'ils étaient inexistants, interdire les pièces de vie nouvelles en sous-sol, etc.

Ainsi, on considère que les changements de destination qui visent à exposer des enjeux moins vulnérables qu'initialement, c'est-à-dire qui sont moins importants (baisse de la valeur financière des biens exposés, réduction du nombre de personnes exposées, etc.) ou qui sont mis en sécurité (rehausse du plancher par exemple, etc.) prennent en compte le risque et sont une occasion de diminuer globalement la vulnérabilité de la zone.

De même, une rehausse pour les extensions de bâtiments permet à la fois une mise en sécurité des nouveaux biens, et constitue en outre une zone refuge en cas d'inondation, par rapport au reste du bâtiment. **La règle générale pour les extensions, est donc de situer leur niveau de plancher au-dessus de la cote de référence.** Des conditions d'accessibilité spécifiques peuvent être prises pour les personnes particulièrement vulnérables, permettant de faciliter leur évacuation.

Néanmoins, au même titre que des annexes (garages, abris de jardin), les extensions de surface limitée peuvent être confrontées à des difficultés (d'origine architecturale ou technique) dans la mise en œuvre de la rehausse du plancher. De manière dérogatoire au principe général, une possibilité est donc laissée aux pétitionnaires de situer le plancher au niveau de l'existant ou du terrain naturel : cette possibilité s'accompagne de conditions à vérifier (pré-existence d'un niveau refuge, pas de pièce de sommeil) ainsi que de prescriptions constructives renforcées (résistance et étanchéité des parties situées sous la cote de référence ; positionnement hors d'eau de tous les réseaux, ainsi que des appareils électroménager, etc.).

La règle pour ce type d'extensions mesurées, lorsqu'elles sont autorisées sous la cote de référence dans le règlement du PPRL, est donc la suivante : une unique extension mesurée (c'est-à-dire dans la limite d'une emprise au sol de 10 ou 20 m² selon la zone), de bâtiment à usage d'habitation ou d'hébergement est autorisée, sous réserve que l'extension dispose d'un accès direct (depuis l'intérieur du bâtiment, sans passer par l'extérieur) à un étage refuge situé au-dessus de la cote de référence et suffisamment dimensionné au regard de la population potentiellement accueillie, que l'extension ne comprenne pas de pièce de sommeil.

Le choix de rehausser ou non est laissé au pétitionnaire pour ces projets (relevant du régime déclaratif), dans le cadre d'une optimisation fonctionnelle, technique, financière ou architecturale : il est bien entendu encouragé à situer le plancher au-dessus de la cote de référence chaque fois que possible. Les pétitionnaires sont donc incités à prendre en compte le risque à l'occasion de leur projet, mais plus généralement à réfléchir à une adaptation du bâtiment vis-à-vis du risque (distribution des pièces au regard de leur vulnérabilité, adaptation des réseaux techniques, mise hors d'eau des matériels et équipements sensibles, etc.).

X.3.b Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

En complément de la réglementation des projets et des mesures applicables au bâti et aux activités existants, le PPRL prescrit des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui ont pour objectifs : la limitation des risques et des effets ; l'information de la population ; la préparation à la gestion de la crise et l'organisation des secours. Ces mesures sont prises en application du 3° du II de l'article L. 562-1 du code de l'environnement (les mesures de réduction de la vulnérabilité relevant du 4° du II du même article).

Afin de faciliter le repérage et le suivi des mesures, le titre IV du règlement regroupe à la fois les mesures à l'existant, et les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Il est divisé en chapitres identifiant les différents responsables de leur mise en œuvre : propriétaires et exploitants de biens et activités existants à la date d'approbation du PPRL ; collectivités ; établissements recevant du Public (ERP) ; gestionnaires de réseaux ou d'équipements sensibles ; gestionnaires de campings, gestionnaires du milieu aquatique.

Enfin, des prescriptions ou recommandations d'intérêt général pour l'entretien des cours d'eau, la gestion des eaux pluviales, les activités agricoles et celles nécessitant la proximité de la mer sont également formulées dans le présent règlement.

GLOSSAIRE

Activités nécessitant la proximité de la mer

Sans prétendre à l'exhaustivité et sous réserve de la jurisprudence, peuvent être admis comme nécessitant la proximité immédiate de l'eau :

- les équipements et bâtiments directement nécessaire au bon fonctionnement des ports (capitainerie, installations de chantiers navals dans une enceinte portuaire, etc.) ;
- les installations de chantiers navals ;
- certains bâtiments et installations liés au cœur de l'activité portuaire : chargement déchargement, atelier de mareyage, etc.
- certains bâtiments d'exploitation de conchyliculture ;
- certain bâtiments liés aux activités touristiques (vestiaires, cabanes de plage, etc.) et sportives (hangars à bateaux, à chars à voile, etc.)
- les postes de secours et sanitaires.
- etc.

De ce fait, ne relèvent pas de ces activités nécessitant la proximité de la mer :

- les centres de thalassothérapie ;
- les équipements touristiques liés à la présence d'un port (casino, immeubles de logements, etc.)
- les restaurants ;
- les zones commerciales ;
- les logements touristiques ou pour les saisonniers ;
- les campings ;
- etc.

Aléa

Un aléa naturel est la manifestation d'un phénomène naturel. Il est caractérisé par sa probabilité d'occurrence (décennale, centennale, etc.) et l'intensité de sa manifestation (hauteur et vitesse de l'eau pour les inondations, magnitude pour les séismes, largeur de bande pour les glissements de terrain, etc.). Il entre dans le domaine des possibilités, donc des prévisions sans que le moment, les formes ou la fréquence en soient déterminables à l'avance.

Centennal

Un phénomène centennal est un phénomène qui a 1 % de chance (1 « chance » sur 100) de se produire en 1 an. Il a 26 % de chance de se produire en 30 ans (1 « chance » sur 4) et 63 % de chance (2 « chances » sur 3) de se produire en 100 ans. L'expérience montre que l'incidence des événements anciens n'est pas conservée dans la mémoire collective au-delà d'une cinquantaine d'années. Il convient de se rappeler que le concept de période de retour est issu d'un calcul de probabilités. Il est ainsi possible de ne pas observer de phénomène centennal pendant plusieurs siècles ou de les voir se succéder dans un laps de temps réduit.

Changement de destination

Changement d'usage d'un bien susceptible de modifier la nature d'un enjeu, le nombre de biens et de personnes exposés et / ou leur vulnérabilité.

Cote de référence

La cote de référence correspond à la cote de la submersion centennale.

Enjeux

En matière de risques, les enjeux sont les personnes, biens et activités susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. Leur détermination permet, en fonction d'aléas déterminés d'évaluer les risques supportés par une collectivité d'après la vulnérabilité observée. Lors de l'élaboration d'un projet de PPRN, la détermination des enjeux permet d'orienter l'élaboration des objectifs de prévention et des documents réglementaires

Extension

Sur une parcelle déjà construite, ajout de surface bâtie, jouxtant ou non les constructions existantes.

Gestion de crise

Lorsqu'un événement supérieur au centennal survient, il va submerger les ouvrages de protection, et aller au-delà des zones de prévention : seule la gestion de crise permet alors une atténuation des conséquences. Celle-ci est composée de deux volets qui sont la préparation de l'intervention des services de secours et leur coordination lors de la survenance d'une catastrophe naturelle ou technologique. Les Plans Particuliers d'Intervention, Plans d'Urgence et Plans ORSEC organisent l'intervention des secours. L'étude de terrain réalisée lors de la définition des enjeux dans le PPRN aide à l'élaboration de ces plans d'intervention par le repérage des éléments stratégiques pour la gestion de crise.

IGN 69

C'est le système d'altitude légal en France métropolitaine. Ces référentiels se caractérisent par 1 type d'altitude, un repère fondamental (ce point est situé à Marseille) et des observations (400 000 repères sont situés le long des routes).

Logement

Un logement est un local, un appartement ou une maison, et plus généralement, tout endroit où une ou plusieurs personnes peuvent s'abriter pour habiter. Il est affecté d'une adresse postale particulière.

Mise en conformité des exploitations agricoles et des activités nécessitant la proximité de la mer

Travaux ou aménagements imposés par les normes réglementaires s'appliquant aux professions agricoles et aux activités nécessitant la proximité de la mer, ou par les besoins de modernisation.

Mise en sécurité

Placer au-dessus de la cote de référence (cote de référence à horizon 2100), tous les biens ou personnes vulnérables à l'inondation.

Modélisation hydraulique

Simulation mathématique d'une submersion marine à partir de données d'entrées comme les conditions marines (coefficient de marée, surcote atmosphérique, houle, etc.) et la topographie du littoral. Cette simulation donne des résultats sur l'intensité de la submersion recrée (la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la durée de la submersion) en tout point du territoire.

Ouvrage de protection

Le rôle des dispositifs de protection (digues, cordons dunaires) est limité: leur comportement et leur efficacité sont fonctions de leur mode d'édification, de la qualité de leur gestion et de leur entretien, et du niveau de référence pour laquelle les digues ont été dimensionnées.

Parties Actuellement Urbanisées (PAU)

Le caractère urbanisé des PAU s'apprécie en fonction de la réalité physique de l'urbanisation et non en fonction d'un zonage opéré par un PLU (POS). Sont exclus des zones PAU du bourg les zones inscrites comme constructibles au PLU (POS) mais non actuellement construites, ainsi que les écarts situés en zone inondable, même s'ils peuvent en eux-mêmes être qualifiés comme une PAU.

Parties Non Actuellement Urbanisées (PNAU)

Le caractère urbanisé des PNAU s'apprécie en fonction de la réalité physique de l'urbanisation et non en fonction d'un zonage opéré par un PLU (POS). Il s'agit en particulier des zones naturelles, et agricoles mais également des zones non bâties à l'intérieur du tissu urbain et par extension tout le territoire non classé en PAU.

Plan de Prévention des Risques

Document valant servitude d'utilité publique, il est annexé au Plan Local d'Urbanisme en vue d'orienter le développement urbain d'une commune en dehors des zones à risques. Il vise à réduire les dommages lors de catastrophes (naturelles ou technologiques) en limitant l'urbanisation dans les zones à risques et en diminuant la vulnérabilité des zones déjà urbanisées. C'est l'outil essentiel de l'État en matière de prévention des risques.

A titre d'exemple, on distingue :

- le Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) ;
- le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) ;
- le Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) ;
- le Plan de Prévention des Risques Miniers (PPRM).

Ce document est réalisé par l'État en étroite concertation avec les communes concernées. En fonction du niveau de risque sur les zones concernées, certaines constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations sont interdits. Le PPRN approuvé est une servitude d'utilité publique et s'impose à tous. Il permet de garantir le niveau d'indemnisation en cas de sinistre ayant pour origine le risque naturel en cause. Il correspond aux composantes de prévention et d'information prises en compte en gestion des risques. En aucun cas il ne constitue un programme de travaux, ni une organisation de gestion de crise

(Néanmoins, il permet d'identifier les enjeux les plus exposés, ainsi que les structures relatives à la gestion de crise qui seraient touchées par l'aléa).

Prescriptions

Le règlement du PPRN précise les mesures applicables à chaque zone du document cartographique en distinguant les mesures obligatoires et les simples recommandations.

Les prescriptions ont un caractère réglementaire : elles constituent des mesures obligatoires qui doivent être mises en œuvre. Ces mesures obligatoires qui peuvent aller jusqu'à l'interdiction, peuvent concerner les projets nouveaux et activités nouvelles, ou les biens existants ou encore relever des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Lorsque les mesures portent sur l'existant, le règlement fixe le délai dans lequel ces mesures doivent être mises en œuvre sans que ce délai ne puisse excéder 5 ans à compter de l'approbation du PPRN. Pour que ces mesures soient obligatoires, leur coût ne peut en outre dépasser 10 % de la valeur vénale du bien à la date d'approbation du PPRN.

Le non-respect des prescriptions d'un PPRN approuvé constitue une infraction au code de l'urbanisme relevant de l'article L 480-4 du code de l'urbanisme. En outre ce non-respect peut être sanctionné sur le plan de l'assurance (refus d'indemnisation en cas de sinistre par exemple, ou refus de reconduction des polices d'assurance...).

Prévention

Consiste à ne plus ajouter de nouveaux enjeux vulnérables à des biens actuellement exposés à l'aléa, et à soustraire progressivement les enjeux à l'aléa.

Protection

Lorsque les aléas sont de faible importance, il est possible de s'en protéger, par la réalisation d'ouvrages tels que les digues, les bassins de rétention, déversoirs, casiers... Cette politique, limitée par son coût et par l'étendue du territoire à traiter, ne sera mise en place que pour des enjeux déjà exposés et réellement importants, afin d'améliorer leur situation. Il est à noter que ces travaux n'annulent pas le risque, puisque pour des aléas plus importants, ces ouvrages ne suffisent plus (ils ont par définition une limite de fonctionnement).

Recommandations

Le règlement du PPRN précise les mesures applicables à chaque zone du document cartographique en distinguant d'une part les mesures obligatoires et d'autre part, les simples recommandations.

Les recommandations n'ont pas un caractère réglementaire: elles ne constituent pas des mesures obligatoires et sont des conseils utiles notamment pour ne pas aggraver le phénomène ou réduire la vulnérabilité.

Remblai

Les remblais ont pour effet de diminuer la capacité de stockage d'eau. Ils sont en principe interdits, sauf s'ils sont indispensables à la mise en sécurité du projet.

Risque

Le risque est la combinaison d'un aléa (événement susceptible de porter atteinte aux personnes, aux biens et / ou à l'environnement) et d'un enjeu (personnes, biens ou environnement) susceptible de subir des dommages et des préjudices. Un événement grave observé en un lieu désert n'est donc pas un risque important, mais un événement moyennement grave survenant dans une zone à forte présence humaine représente un risque non négligeable. Le risque est majeur lorsque aléas et enjeux

sont forts, qu'il est susceptible de dépasser les moyens de réaction des services de secours et / ou que ses conséquences sur le tissu socio-économique sont de nature à affecter durablement la zone touchée. Il est caractérisé par des conséquences très importantes et une faible fréquence.

Servitude d'utilité publique

Une servitude est une charge existant de plein droit sur les immeubles (bâtiments et terrains) e qui a pour effet, soit de limiter voire d'interdire l'exercice du droit des propriétaires sur ces immeubles, soit d'imposer la réalisation de travaux. Une servitude est dite d'utilité publique lorsqu'elle est instituée dans un but d'intérêt général. Elle s'impose à tous (État, collectivités territoriales, entreprises, particuliers, etc.).

Transparence hydraulique

Influence négligeable d'un aménagement sur l'écoulement des eaux et la capacité de stockage. Pour être conservée, la transparence hydraulique suppose des dispositions compensatoires visant notamment à rétablir l'équilibre déblais – remblais.

Vulnérabilité

Au sens le plus large, exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux.

SOURCES

Bibliographie

AGUR, *Les Wateringues, Hier, aujourd'hui et demain*. 2014

Cartier A., *Évaluation des flux sédimentaires sur le littoral du Nord Pas-de-Calais: vers une meilleure compréhension de la morphodynamique des plages macrotidales*. ULCO, 2011.

CEREMA, *Cartographie des zones inondées par submersion marine dans le Nord pendant l'événement de tempête Xaver*, 2014

CETMEF, *Analyse régionale des conséquences du changement climatique, rapport du séminaire sur le changement climatique et la prévention des risques sur le littoral*, 2007

DDTM59, *Fiche réflexe submersion marine*, 2015

DGPR, Service des Risques naturels et hydrauliques, *Guide méthodologique: PPRL*, 2013

DHI et DREAL Nord Pas-de-Calais, *Détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences sur changement climatique en région Nord-Pas de Calais, Étape 1: Compréhension du fonctionnement du littoral*. Septembre 2009.

DHI et DREAL Nord Pas-de-Calais, *Détermination de l'aléa submersion marine intégrant les conséquences sur changement climatique en région Nord-Pas de Calais, Étape 2: Modélisation des aléas littoraux actuels et à l'horizon 2100*. Septembre 2013.

Héquette A., « Les risques naturels littoraux dans le Nord-Pas-de-Calais, France », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors-série 8 | octobre 2010.

Observatoire du Climat NpdC, Feuillet « Changement climatique, réalités et impacts pour les habitants du NpdC », 2014

ONERC et Ministère de l'Environnement, du Développement durable et de l'Énergie, d'après le GIEC et Rapport Jouzel, « Le climat de la France au 21^e siècle », volume 5 Niveau de la mer, 2015

Suanez, Diaporama d'introduction à la géographie physique des littoraux

Ressources Internet

DREAL Nord – Pas-de-Calais : <http://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?-Prevention-des-risques->

Ministère de la transition écologique et solidaire : www.georisques.gouv.fr

DDTM du Nord : <http://www.nord.gouv.fr/Politiques-publiques/Prevention-des-risques-naturels-technologiques-et-miniers>

INSEE : www.insee.fr

La Voix du Nord

Ressources cartographiques

DHI

PPRIGE

IGN

DDTM59

SIGALE



Illustration 97: Pavillon avec garage enterré transformé en local d'activité