



**Direction Départementale des Territoires et de la Mer
de Seine-Maritime**



PRÉFET DE LA
SEINE-MARITIME

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'Inondation sur le bassin versant de la Saône et de la Vienne

Analyse du secteur d'étude (phase1.1)

Volume 2 : relatif à la submersion marine

Version définitive



Mai 2015



Sommaire

Acronymes et abréviations	5
Lexique	5
Liste des Figures	6
Liste des tableaux	7
Chapitre 1 - Introduction	8
1 Règlements	8
2 Contexte et objectifs des PPRN-L	8
Chapitre 2 - Sources	9
1 Documents / sites internet consultés	9
1.1 Documents	9
1.2 Sites internet	10
2 Organismes contactés	10
Chapitre 3 - Analyse géomorphologique du site	11
1 Visite du site d'étude	11
2 Photos aériennes du site	15
3 Levés topo-bathymétriques	16
4 Dynamique hydrosédimentaire	22
4.1 Origine, nature et répartition des sédiments	22
4.2 Mouvements sédimentaires	25
4.3 Dérive littorale et dynamique hydro sédimentaire	27
4.4 Mouvements dans le profil	30
Chapitre 4 - Analyse des systèmes de protection	31
1 Préambule	31
2 La Digue	33
2.1 Description	33
2.2 Gestion des aménagements	35
2.3 Inspection des aménagements	35
2.3.1 L'esplanade	36
2.3.2 La promenade	36
2.3.3 La digue-route	37
2.3.4 Le front de mer de Sainte-Marguerite-sur-Mer	37
2.3.5 Le parement côté mer	38
2.3.6 Le parement côté terre	39
2.3.7 Les épis	40
2.3.8 Le cordon de galets	44
2.3.9 Le dispositif de batardage	45
2.3.10 Les ouvrages traversiers	45
Chapitre 5 - Conditions océano-météorologiques	47
1 Vent	47
2 Courants	52
2.1 Généralités	52

2.2 Courants généraux.....	52
2.3 Courants de marée.....	54
2.4 Courants dus au vent	55
2.5 Courants de houle	55
3 Caractéristiques de plusieurs événements historiques	56
3.1 La tempête du 11 décembre 1979.....	57
3.2 La tempête d'octobre 1987.....	58
3.3 Tempête du 26 février 1990.....	58
3.4 La tempête de décembre 1999.....	61
3.5 L'événement de janvier 1995.....	62
3.6 L'événement de mai 2000	63
3.7 Tempête du 10 mars 2008.....	63
4 Niveaux d'eau.....	66
4.1 Eléments de référence	66
4.2 Marée astronomique	66
4.3 Surcote et décote.....	67
4.4 Houles et Setup.....	68
4.5 Niveaux d'eau extrêmes	71
4.6 Corrélation des niveaux d'eau extrêmes (marée+Setup).....	73
4.7 Etude sur le changement climatique et la hausse du niveau des mers	74
4.7.1 Recommandations de l'ONERC	74
4.7.2 Circulaire du 27 juillet 2011	74
4.7.3 Conclusion dans le cadre de notre étude.....	75

Acronymes et abréviations

ANEMOC	Atlas Numérique d'Etats de Mer Océanique et Côtier
CM	Cote marine
DDE	Direction Départementale de l'Équipement
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
IGN	Institut National de l'Information Géographique et Forestière
MEDDTL	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
PPRSM	Plan de Prévention des Risque de Submersion Marine
PPRL	Plan de Prévention des Risques Littoraux
SHOM	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Lexique

Terrigène	Qui provient de l'érosion des terres émergées
------------------	---

Liste des Figures

Figure 1 : Photos de la géomorphologie des plages de Quiberville-sur-Mer.....	12
Figure 2 : Falaise en érosion	13
Figure 3 : Engraissement de galets.....	14
Figure 4 : Photos aériennes disponibles.....	15
Figure 5 : Levés bathymétriques disponibles	16
Figure 6 : Référentiel altimétrique	17
Figure 7 : Isobathes (m CM) au large du littoral d'étude.....	17
Figure 8 : Localisation des profils transversaux	18
Figure 9 : Présentations graphiques des profils transversaux.....	21
Figure 10 : Répartition des sédiments superficiels le long de la côte d'Albâtre [B1].....	24
Figure 11 : Principe des courants de déferlement.....	25
Figure 12 : Mécanisme de la dérive littorale.....	27
Figure 13 : Dynamique hydro sédimentaire le long de la côte d'Albâtre [B1].....	28
Figure 14 : Localisation des vitesses moyennes de recul entre 1947 et 1995 (A), de la période de retour moyenne des éboulements (B) et du recul moyen par éboulement (C) et ses relations avec la lithologie [B1].	29
Figure 15 : Ouvrages littoraux sur le site d'étude.....	32
Figure 16 : Localisation des épis (source : SOGREAH, 2005).....	40
Figure 17 : Caractéristiques des épis (SOGREAH, 2005).....	41
Figure 18 : Schéma du clapet vu de l'aval (SOGREAH, 2005).....	46
Figure 19 : Rose des vents à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com	48
Figure 20 : Roses des vents mensuelles à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com	49
Figure 21 : Exposition aux vents du littoral d'étude.....	51
Figure 22 : Circulation moyenne en Manche (IFREMER).....	53
Figure 23 : Vitesse et direction des courants de marée, en vive-eau, le long du littoral de la Seine-Maritime (SHOM, 1968).....	54
Figure 24 : Courants de houle (crédits : EGIS)	55
Figure 25 : Chronologie et caractéristiques de la tempête du 11 décembre 1979 (DHI, 2008)	57
Figure 26 : Chronologie et caractéristiques de la tempête du 16 octobre 1987 (DHI, 2008).....	58
Figure 27 : Marégramme de Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990	59
Figure 28 : Analyse des niveaux d'eau à Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990.....	60
Figure 29 : Chronologie et caractéristiques de la tempête de décembre 1999 (DHI, 2008).....	61
Figure 30 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de janvier 1995 (DHI, 2008).....	62
Figure 31 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de mai 2000 (DHI, 2008).....	63
Figure 32 : Surcote à Dieppe lors de la tempête du 10 au 11 mars 2008 ; données SHOM et DDE	64
Figure 1 : Vitesse du vent moyennée (sur 10 minutes) et surcote à Dieppe le 10 mars 2008 ; Données Météo-France.....	66
Figure 34 : Position du profil de plage devant l'épis buse pour le calcul du setup et du point d'extraction des données de houle (DHI, 2008).....	68
Figure 35 : Profils par beau temps et profil par tempête (DHI, 2008) utilisés.....	69
Figure 36 : Rose des fréquences des houles devant la plage de Quiberville-sur-Mer à partir d'une série de données sur la période de 1979-2001 (DHI, 2008).....	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : Etat des épis	43
Tableau 2 : Statistiques des vents sur 3 ans	47
Tableau 3 : Niveaux caractéristiques de la marée astronomique d'après l'annuaire des marées du SHOM (2011).....	66
Tableau 4 : Périodes de retour et hauteurs associées en m des surcotes (DHI, 2008)	67
Tableau 5 : Périodes de retour et hauteur des setup extrêmes en m (DHI, 2008).....	70
Tableau 6 : Période de retour des niveaux extrêmes à Quiberville-sur-Mer (SHOM, B. Simon)	71
Tableau 7 : Période de retour centennale des niveaux extrêmes à partir de la corrélation Hs / Niveaux (DHI, 2008).....	73
Tableau 8 : Niveaux de référence à prendre en considération dans le PPRIL de Saône.....	75

Chapitre 1 - Introduction

1 Règlements

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

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

Ce rapport constitue la première phase (phase 1.1) d'un plan de Prévention des Risques littoraux pour les communes de Quiberville-sur-Mer et de Sainte-Marguerite-sur-Mer.

2 Contexte et objectifs des PPRN-L

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

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

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

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

Le présent rapport constitue la partie relative à la submersion marine et au retrait du trait de côte de la phase 1.1 de l'élaboration du plan de prévention des risques littoraux et d'inondation sur le bassin versant de la Saône.

Chapitre 2 - Sources

1 Documents / sites internet consultés

1.1 Documents

Référence	Liste des documents
A – Documents liés au projet	
A1	Etude détaillée des niveaux marins et de la faisabilité de la mise en place d'un marégraphe, DHI 2008
A2	Etude d'aménagement pour une gestion globale de la Basse Vallée de la Saône, SOGREAH, 2005
B – Autres documents de référence	
B1	IFREMER – Evolution morpho-sédimentaire du domaine littoral et marin de la Seine-Maritime – Mai 2004.
B3	Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux – NOR : DEVP1119962C – République Française, Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.
B4	ONERC (Observatoire National sur les effets du réchauffement Climatique) – Synthèse – Prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles – Direction Générale de l'Energie et du Climat – Synthèse n°2 – Février 2010
B5	Salomon J.C., Breton M., 1993. An atlas of long-term currents in the Channel. Oceanol.Acta., 16, 5-6, 439-448.
B6	Bailly du bois P, Dumas F., 2005. Fast hydrodynamic model for medium and long-term dispersion in seawater in the English Channel and Southern North Sea, qualitative and quantitative validation by radionuclide tracers. Ocean Mod., 9, 169-210.
B7	H. Muller, B. Blanke, F. Dumas and V. Mariette. 2010. Identification of typical scenarios for the surface Lagrangian residual circulation in the Iroise Sea, Journal of Geophysical Research 115 (C7), pp. C07008–389.
B8	Garreau P., 1993. Hydrodynamics of the North Brittany coast. Oceanol. Acta. 16,5-6,469-477.
B9	E. Thiébaud, Y. Lagadeuc, F. Olivier, J.C. Dauvin and C. Retière. 1998.

	Do hydrodynamic factors affect the recruitment of marine invertebrates in a macrotidal area?, Hydrobiologia 375-376, pp. 165–176.
B10	C. Ellien, E. Thiébaud, F. Dumas, J.-C. Salomon and P. Nival, A modelling study of the respective role of hydrodynamic processes and larval mortality on larval dispersal and recruitment of benthic invertebrates: example of Pectinaria koreni (Annelida: Polychaeta) in the Bay of Seine (English Channel), Journal of Plankton Research 26 (2) (2004), pp. 117–132.
C – Données disponibles	
C1	SHOM – Ouvrage de marée, Références altimétriques maritimes, Ports de France métropolitaine et d'outre-mer – Edition 2012

1.2 Sites internet

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

2 Organismes contactés

Nom de l'organisme	Services contactés / Éléments apportés
Archives départementales	■ Recherche des tempêtes et dégâts sur la digue de Quiberville-sur-Mar et Sainte-Marguerite-sur-Mer
SHOM	■ Niveaux marins extrêmes de 2008 et de 2012

Chapitre 3 - Analyse géomorphologique du site

1 Visite du site d'étude

Une visite technique du site a été effectuée par Egis le 2 septembre 2014.

La visite du site a été réalisée à 2 reprises :

- par conditions de pleine-mer le 2 septembre 2014 entre 14h et 16h30 ;
- par conditions de basse-mer le 2 septembre 2014 entre 10h et 13h ;

Une visite avec les élus des communes de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer a été effectuée le 06 novembre 2014 entre 9 h et 12 h 30 par conditions de pleine-mer.

Un reportage photographique de cette visite est présenté en Annexe 1 pour visualiser le site d'étude. Les conditions de niveau de marée lors de la visite y sont également détaillées.

Le littoral de la Saône est découpé en plusieurs casiers sédimentaires par l'intermédiaire d'épis transversaux afin de limiter la perte des sédiments liée au transit littoral longitudinal. Le transit littoral préférentiel est orienté du Sud-Ouest vers le Nord-Est de la pointe du Havre à la Somme. Contrairement à la plage de Pourville, le transit sédimentaire ne s'inverse pas avec un régime de houles incidentes sur quelques jours en provenance de la Mer du Nord.

La plage est protégée par 8 épis transversaux en béton visibles appelés dans l'étude épi n°1 à 8 d'Est en Ouest. Des vestiges d'anciens épis sont encore présents et visibles par basse mer.

Les ouvrages ont été recensés lors de la visite du site (épis, escaliers, rampes d'accès à la mer, digue longitudinale, muret de protection de haut de plage, émissaire, batardeaux, etc...) et localisés.

La nature de la plage est constituée par un mélange de plusieurs types de sédiments :

- le haut de plage est constitué essentiellement par des galets avec une sous-couche composée de sables,
- l'estran (zone concernée par le marnage) est constitué par des sédiments sableux et un substratum rocheux visible par endroit (surtout à l'Est de la plage coté Sainte-Marguerite-sur-Mer).



Figure 2 : Photos de la géomorphologie des plages de Quiberville-sur-Mer

Des falaises de craie sujettes à une érosion naturelle sont situées de part et d'autre de la plage de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer. Le recul du trait de côte est important dans ce secteur comme le témoigne les photos ci-dessous.



Chute du Blockhaus à l'Est de la plage



Erosion menaçant des habitations à l'Ouest de la plage

Figure 3 : Falaise en érosion

D'après les témoignages des élus recueillis sur le site, la plage :

- présente un engraissement important de galets à l'EST et à l'Ouest de la plage, cette engraissement devient problématique sur le front de mer à l'Ouest (des galets se retrouvent régulièrement sur la promenade sur la digue ;
- Un amaigrissement au centre au droit de l'exutoire buse de la Saône ;
- L'engraissement s'effectue toujours par un transit sédimentaire d'Ouest en Est.



Fort engraissement à l'Ouest de l'Epis ayant nécessité la mise en place d'un déversoir pour galets



Fort engraissement à hauteur de la promenade



Fort engraissement retenu par les parapets



Secteur « exutoire de la Saône », le moins engraisé

Figure 4 : Engraissement de galets

Plan de Prévention des Risques littoraux et d'inondation du bassin versant de la Saône et de la Vienne

2 Photos aériennes du site



Figure 5 : Photos aériennes disponibles

3 Levés topo-bathymétriques

Dans le cadre de ce PPRI, nous disposons des données topo-bathymétriques du LIDAR de 2011 ainsi que des données bathymétriques de la carte SHOM.

La figure ci-après présente le levé bathymétrique de la carte SHOM n°7417 sur la plage de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer.



Figure 6 : Levés bathymétriques disponibles

A titre informatif, le zéro du nivellement général se situe au-dessus du zéro hydrographique (0 m ZH ou 0 m CM) correspondant au niveau des plus basses mers (à +4,45 m CM d'après le guide du SHOM 2012) à Dieppe (cf. Figure ci-après).

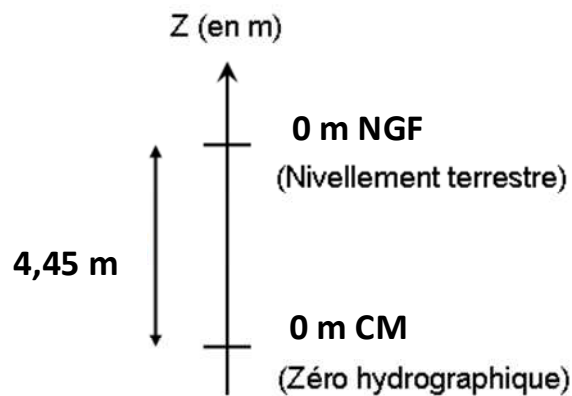


Figure 7 : Référentiel altimétrique

Le SHOM utilise une méthode dite de concordance pour définir le zéro hydrographique dans un port secondaire à partir d'un port référence voisin, où le zéro hydrographique est correctement défini. La concordance porte sur les basses mers mesurées dans les deux ports.

Cependant, dans la pratique une différence entre le zéro hydrographique et les plus basses mers astronomiques suivant les ports peut exister. L'étude A1 a travaillée sur les niveaux moyens pour vérifier cette hypothèse. **Le zéro hydrographique sur la plage de Quiberville a été estimé à 4.434 m par rapport à l'IGN69, ce qui reste proche des 4.45 m du SHOM.**

Le tableau ci-après présente la distance des isobathes -5, -10 et -20 m CM par rapport à la côte ainsi que la pente moyenne des fonds par rapport à la côte.

-5 m CM		-10 m CM		-20 m CM	
Distance (m)	Pente des fonds (%)	Distance (m)	Pente des fonds (%)	Distance (m)	Pente des fonds (%)
600 m	0.8 %	2500 m	0.4 %	5000 m	0.4 %

Figure 8 : Isobathes (m CM) au large du littoral d'étude

Les fonds devant le littoral d'étude sont relativement plats et de pente homogène de l'ordre de 0,5 % entre la côte et l'isobathe -20 m CM.

L'analyse du levé topo-bathymétrique du LIDAR permet d'analyser la géomorphologie des petits fonds de la plage de Quiberville-sur-Mer et Sainte-Marguerite-sur-Mer.

21 profils transversaux (P1 à P21) ont été implantés de l'Est vers l'Ouest sur le littoral d'étude de la plage à partir du levé topo-bathymétrique du LIDAR.

Les figures suivantes présentent la localisation des profils transversaux et la représentation graphique des profils.

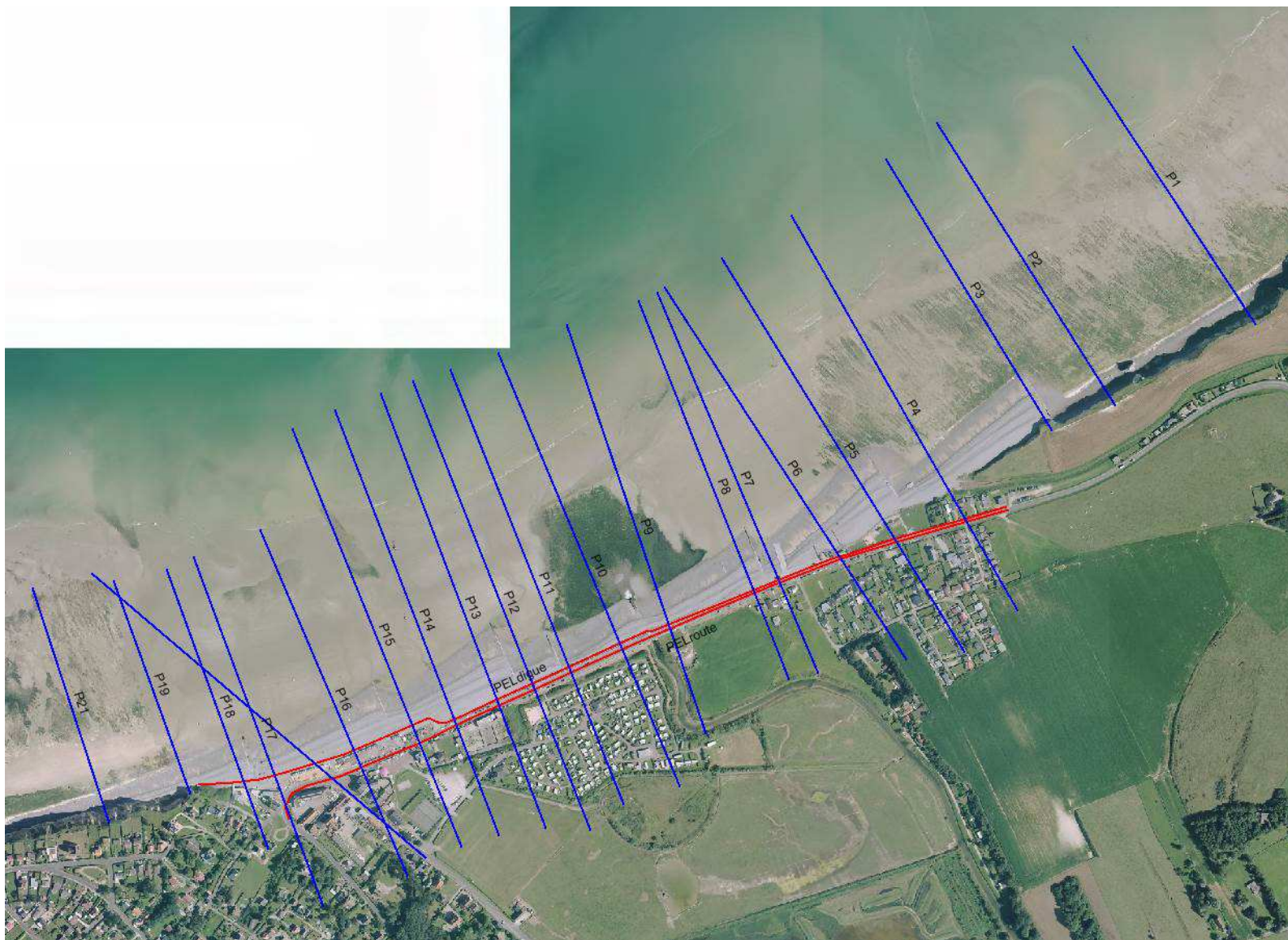
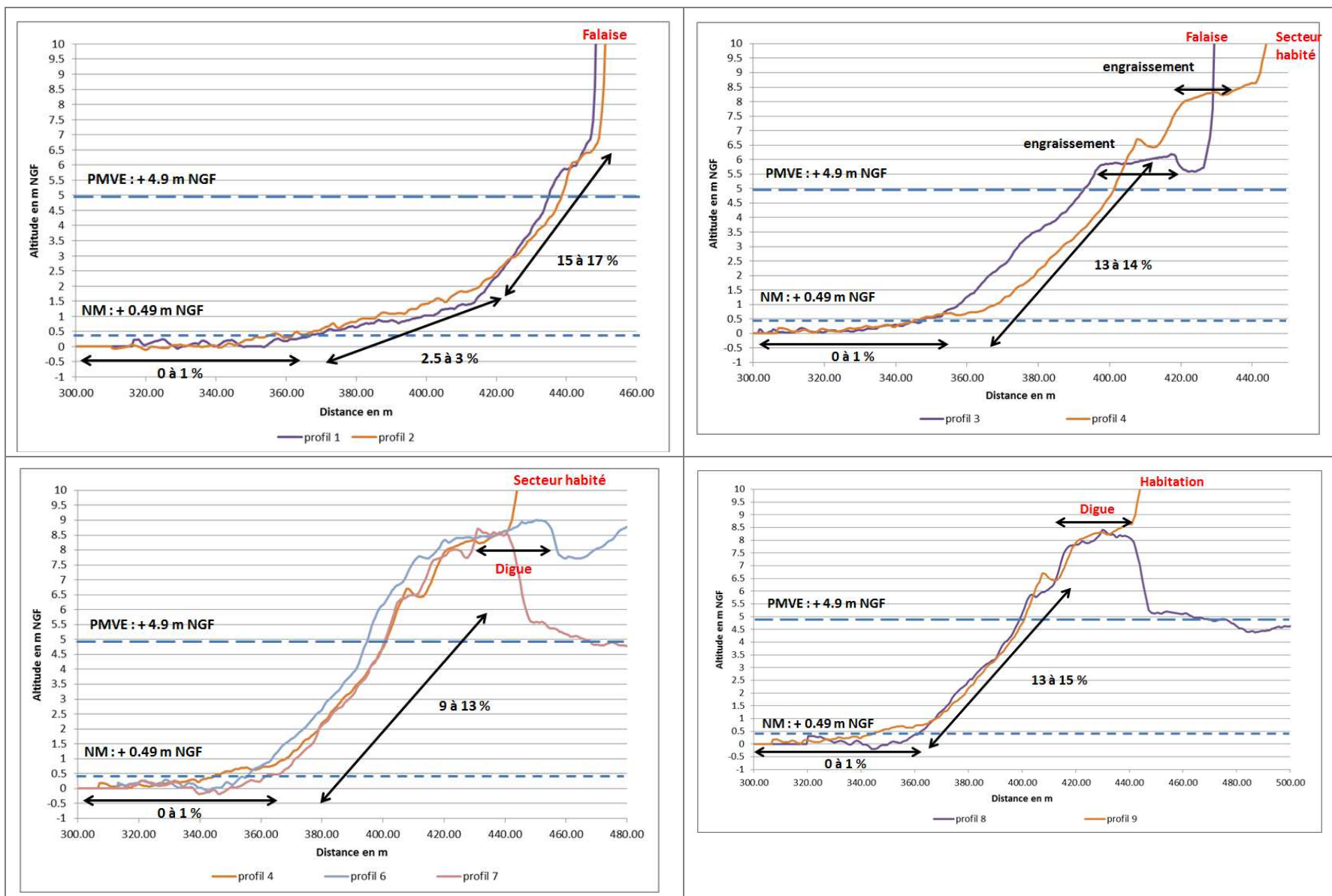
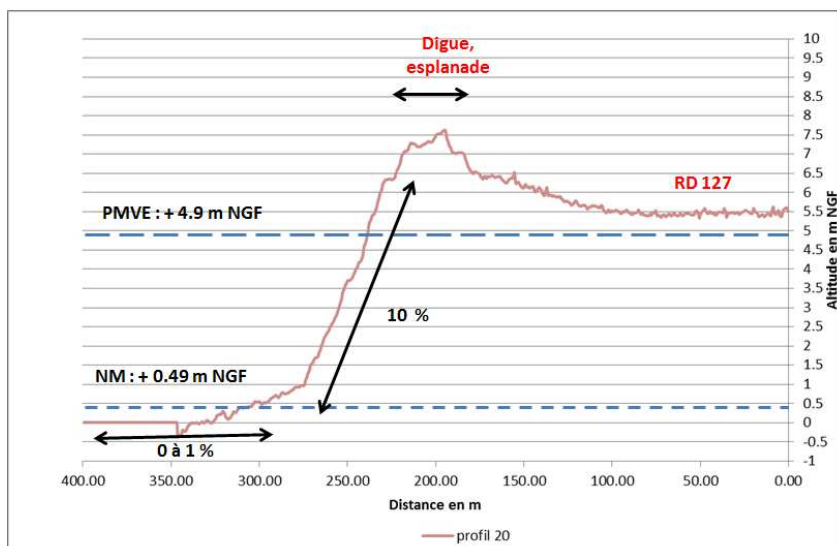
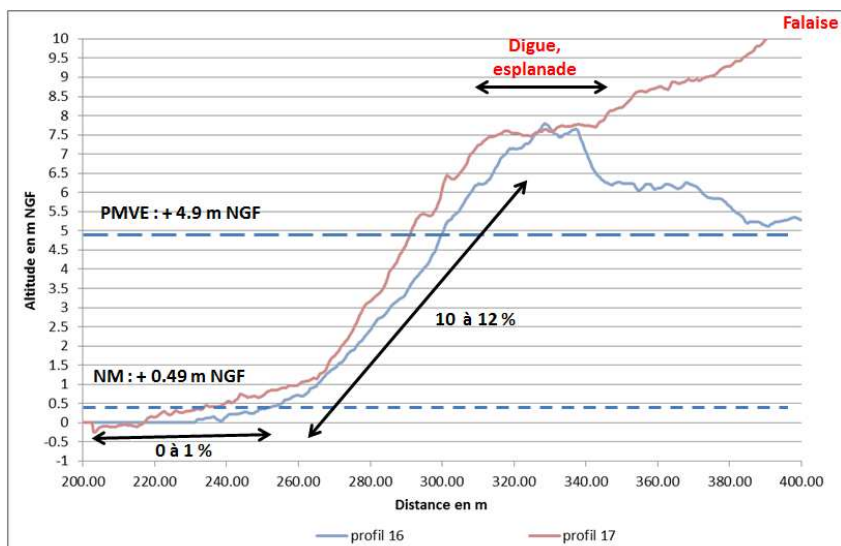
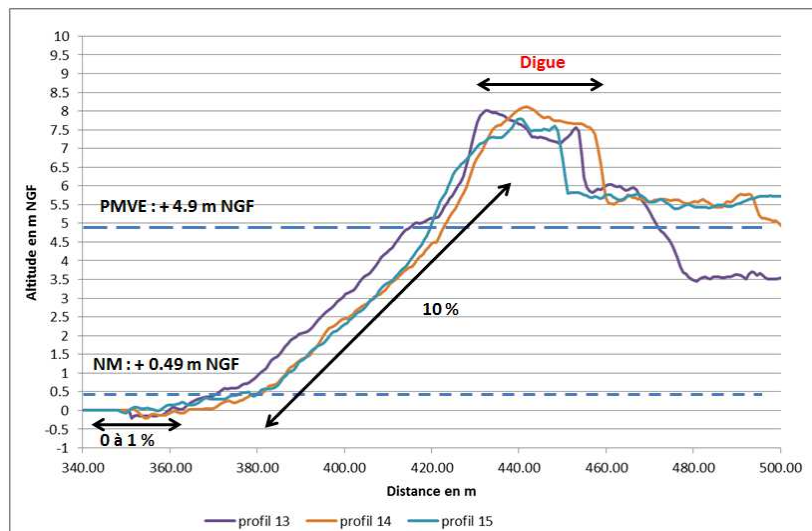
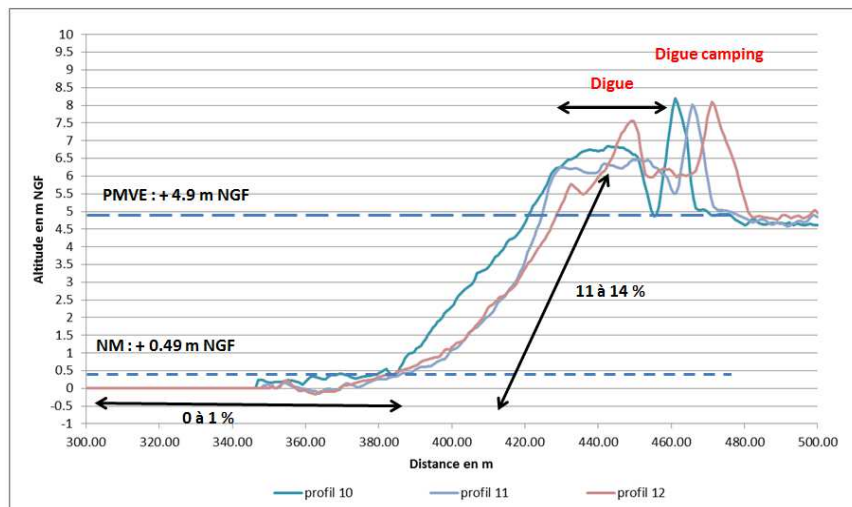


Figure 9 : Localisation des profils transversaux





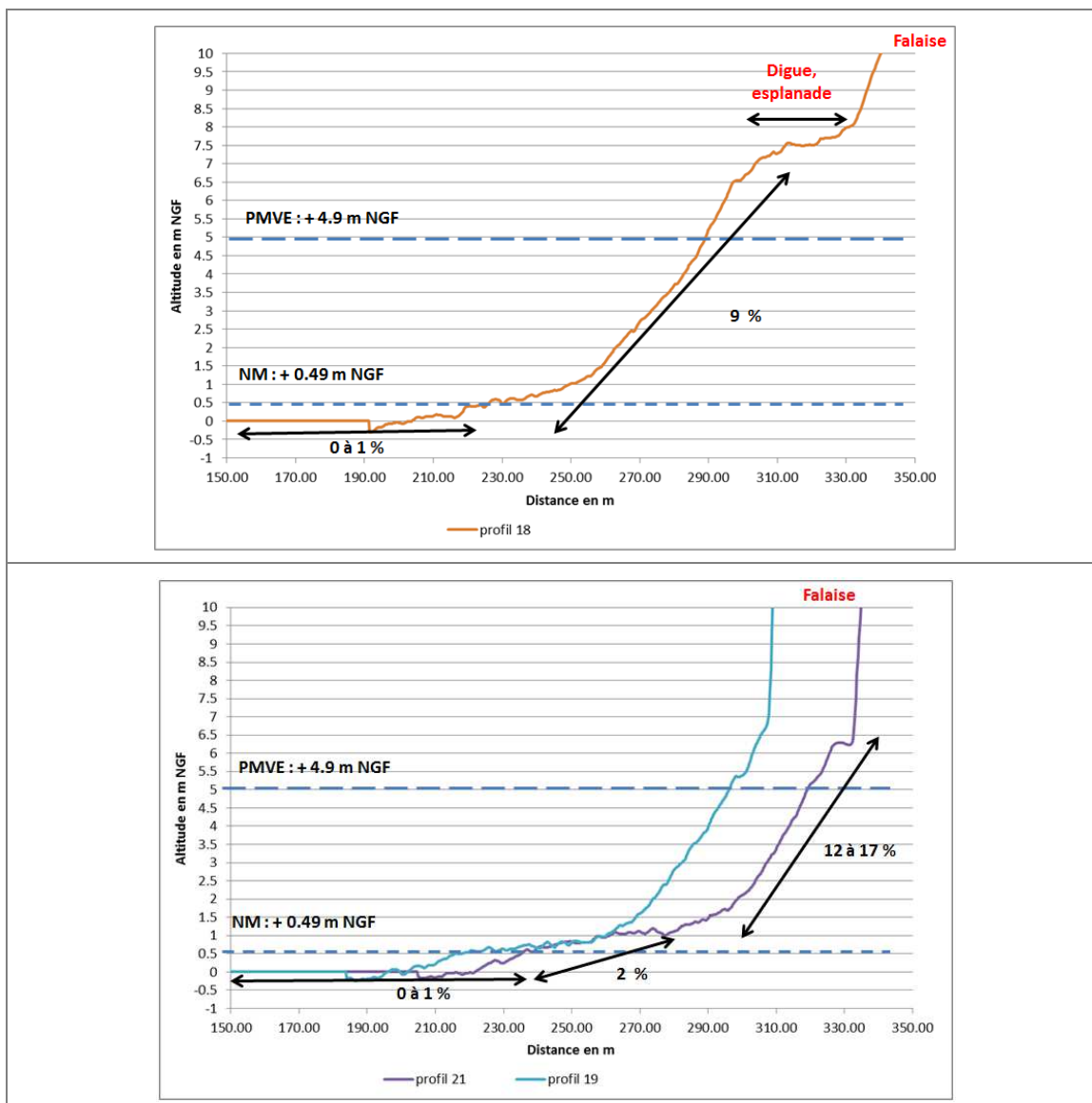


Figure 10 : Présentations graphiques des profils transversaux

L'analyse des graphiques ci-avant montre que :

- Les profils étudiés sur le littoral d'étude présentent des caractéristiques de pente similaires avec globalement les caractéristiques suivantes :
 - o Le haut de la plage de 0.5 m à 6 m NGF constitué de galets est très pentu de l'ordre de 9 à 15 % ;
 - o En dessous de 0.5 m NGF, les fonds sont plats avec une pente de l'ordre de 0 à 1 %. Ce sont essentiellement des sédiments sableux ;
 - o Pour les profils situés de part et d'autres de la plage au droit des falaises, les profils ont 2 inclinaisons différentes : 2 % à 3 % (platier rocheux) et 11 à 17 % (galets) ;
- Les fonds sont relativement cylindriques (pente des fonds rectilignes et régulières).

4 Dynamique hydrosédimentaire

4.1 Origine, nature et répartition des sédiments

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les fonds de la Manche orientale (de la baie de Seine au détroit du Pas-de-Calais) sont caractérisés par un relief peu mouvementé et des profondeurs n'excédant que rarement 50 m. Ils sont recouverts d'une pellicule mince et discontinue de sédiments meubles (sables et cailloutis) (Larsonneur, 1971). Les fonds sont parfois marqués, notamment dans le Pas-de-Calais et la baie de Seine, par des bancs sableux de 10 à 40 m d'épaisseur [B1].

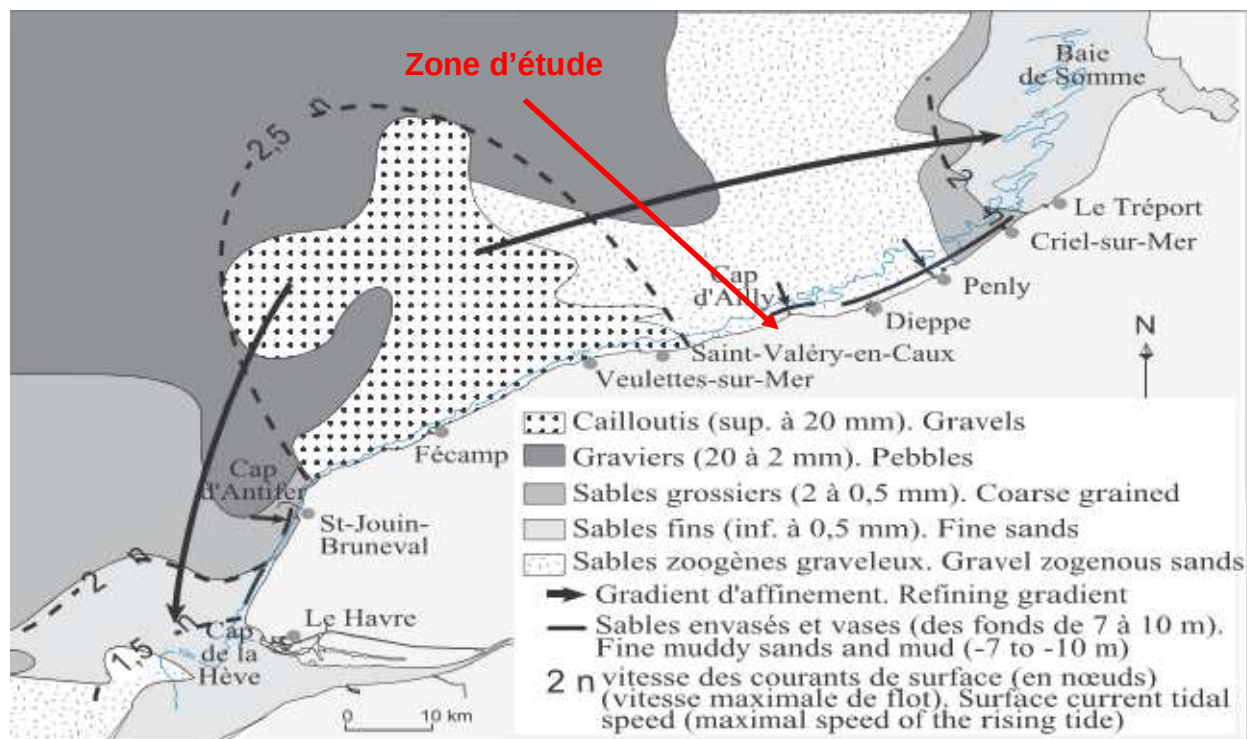
Des formes d'accumulation isolées, appelées « ridins », localisées aux abords de la côte, dans les fonds de 15 à 30 m, se situent au droit du cap d'Antifer et entre Dieppe et la baie de Somme (Augris et al, 1993).

Au droit de la côte d'Albâtre, la topographie de la plate-forme d'érosion marine comprise entre 0 et 20 m est également peu mouvementée. La pente moyenne est faible, de l'ordre de 0,7 %, et croît de la baie de Somme (0,1 %) à Antifer (2 %).

À l'approche des principales baies (Seine, Somme), la pente des fonds s'adoucit encore pour atteindre 0,1 % en raison d'une sédimentation importante correspondant à la formation d'un delta sous-marin (delta de jusant).

Globalement, la nature et la répartition des sédiments au large et dans les petits fonds sont assez simples dans cette partie de la Manche orientale (cf. Figure 11). Le substratum rocheux, généralement calcaire, est surmonté par une couverture sédimentaire meuble peu épaisse, sauf au niveau des ridins du Tréport où elle peut atteindre 8 m.

La couverture meuble est caractérisée, au-delà de 10 m de fond, par un gradient d'affinement, en étroite relation avec les champs de courants de marée, depuis le secteur Antifer/Saint-Valéry-en-Caux, constitué de cailloutis de taille supérieure à 20 mm, jusqu'aux baies de Seine et de Somme constituées de sables fins quartzeux de taille inférieure à 0,5 mm (cf. Figure 11). Les sédiments sont essentiellement terrigènes sauf entre Saint-Valéry-en-Caux et Penly où ils sont à dominance biogène. Du large vers les fonds de 6 à 10 m, les matériaux s'affinent, allant des cailloutis aux sables fins parfois envasés.



Source : Costa (1997), d'après Larssonneur et. al, 1978.

Figure 11 : Répartition des sédiments superficiels le long de la côte d'Albâtre [B1]

Dans le secteur d'étude, **il est constaté une absence de sables fins dans les sédiments du large**. Ceci peut sembler paradoxal lorsque l'on observe que les courants sont plutôt plus faibles au large qu'à quelques milles de la côte [B1].

La cause de cet écart est à rechercher dans les sources d'apport : le secteur côtier est assez faiblement alimenté en sables fins depuis l'embouchure de la Seine, par-delà la zone à cailloutis, tandis que le secteur du large ne bénéficie, potentiellement, que d'alimentation en sédiments plus grossiers.

Cette alimentation du secteur côtier depuis l'embouchure de la Seine est clairement mise en évidence par les différentes observations de courants, de figures sédimentaires, de topographie, de granulométrie au voisinage de points de clapage de sédiments, de résultats de suivi de traceurs radioactifs. Or, cette embouchure est une zone elle-même alimentée continuellement en sédiments fins : d'une part, de façon naturelle par les apports de crue de la Seine, d'autre part, de façon plus artificielle, à la fois par les dépôts de dragage des accès au port de Rouen (dépôts d'Octeville et du Annick) et par l'aménagement de l'estuaire.

En effet, cet aménagement a pour conséquence de déplacer progressivement les dépôts sableux estuariens vers la mer (Lesueur, 1999). La variabilité saisonnière des caractéristiques granulométriques au Nord-Est de l'embouchure montre que cette zone constitue un lieu de transit des sédiments, transit sensiblement plus rapide pour les vases que pour les sables.

Compte tenu de leur taille, des vitesses de courants plus modérées et d'une plus faible action de la houle sur le fond (profondeur plus importante), les sables du large sont transportés en plus faibles quantités que les sables fins rencontrés dans le secteur côtier. Cela pourrait expliquer **l'abondance actuelle, au large, des sables grossiers restés** pour une bonne part en place depuis la dernière transgression, les sédiments les plus fins ayant progressivement migré vers l'Est.

Dans le même temps, les abords de la côte, où les sables étaient en moyenne plus fins, ont été massivement déblayés, laissant apparaître localement le substratum rocheux (comme c'est le cas de part et d'autre de la plage de Quiberville-sur-Mer au droit des falaises).

Au large du littoral d'étude, les fonds sont des sables zoogènes graveleux.

D'après la visite sur site, les sédiments présents sur les plages du littoral d'étude sont constitués par un mélange de galets et de sables.

A pleine-mer seuls les galets sont visibles sur le haut de la plage. A basse-mer, on constate que les fonds de l'estran sont en faible pente et recouverts d'une couche de sédiments sableux et la présence d'un substratum rocheux. Ce dernier est notamment bien présent visuellement à l'Ouest de l'épi n°1.

4.2 Mouvements sédimentaires

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

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

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

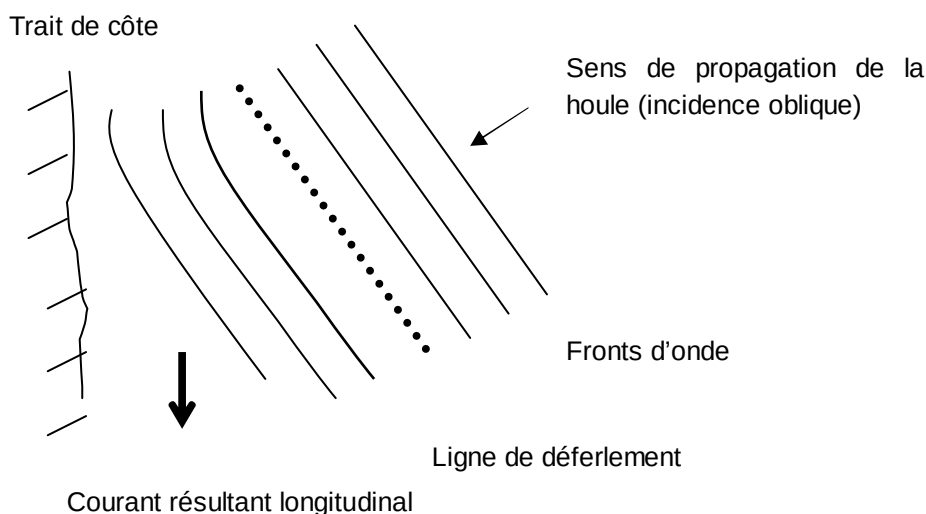


Figure 12 : Principe des courants de déferlement

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

D'autres facteurs influent sur l'érosion littorale :

- La réduction des apports terrigènes¹,
- L'élévation du niveau de la mer.

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

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

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

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

¹ Qui provient de l'érosion des terres émergées

4.3 Dérive littorale et dynamique hydro sédimentaire

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

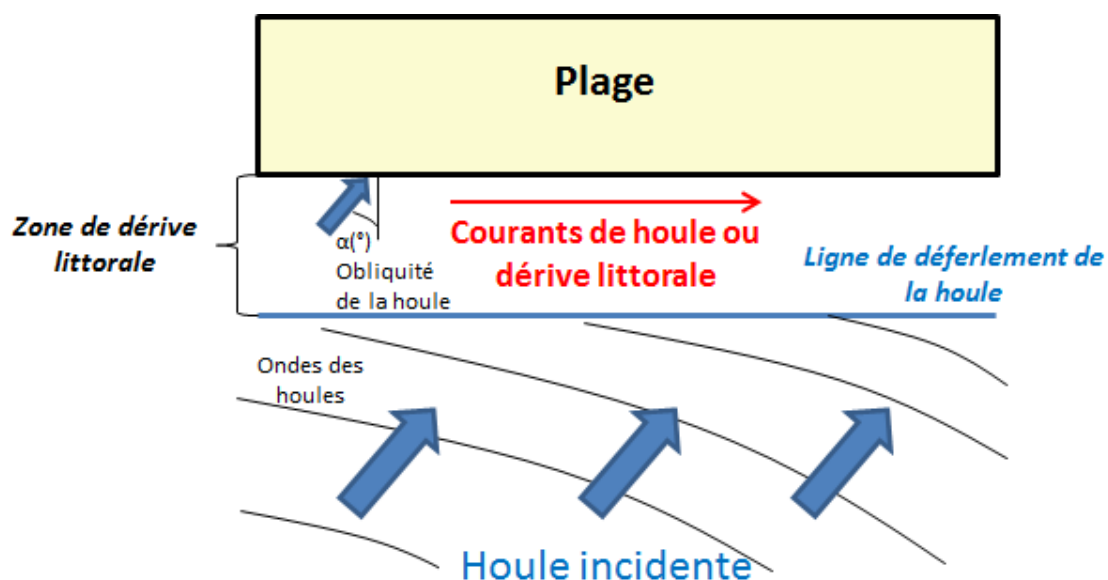


Figure 13 : Mécanisme de la dérive littorale

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

La côte d'Albâtre est séparée en plusieurs cellules hydro sédimentaires indépendantes qui sont présentées sur la figure ci-après.

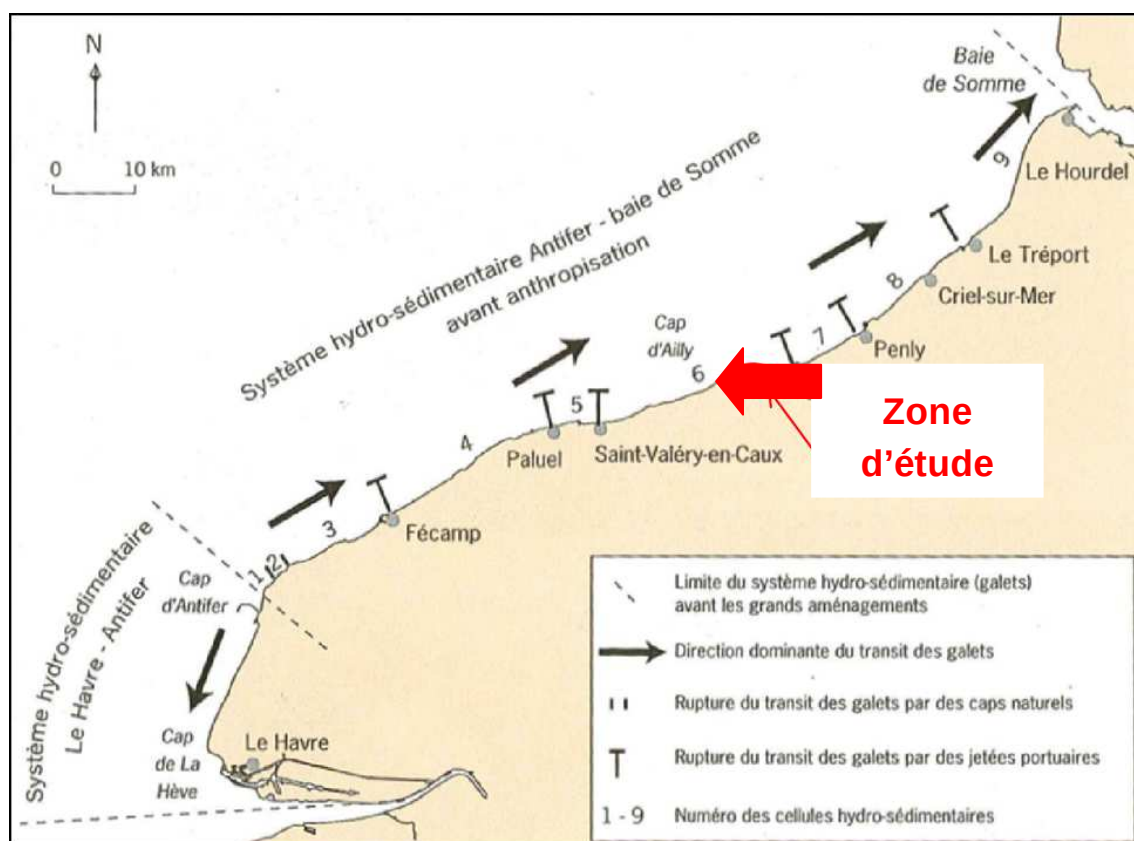
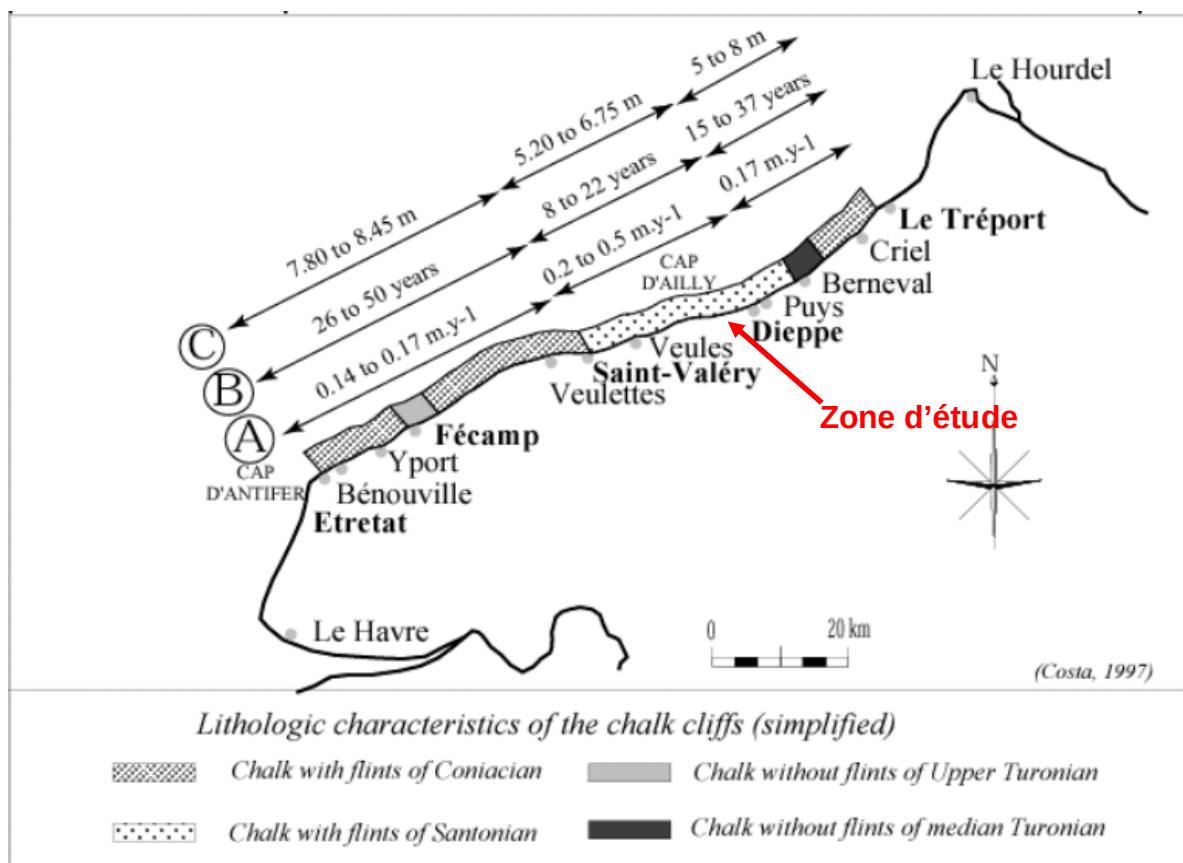


Figure 14 : Dynamique hydro sédimentaire le long de la côte d'Albâtre [B1]

Le littoral d'étude se situe dans la cellule hydro sédimentaire n°6 comprise entre Saint-Valéry-en-Caux et Dieppe.

Le transit sédimentaire est globalement orienté du Sud-Ouest vers le Nord-Est devant le littoral d'étude. Cependant, ce transit sédimentaire peut s'inverser lors de conditions de houles prolongées dans le temps en provenance de la Mer du Nord.

La figure ci-après présente l'évolution passée du littoral et les risques d'éboulement des falaises.



Source : Costa (1997)

Figure 15 : Localisation des vitesses moyennes de recul entre 1947 et 1995 (A), de la période de retour moyenne des éboulements (B) et du recul moyen par éboulement (C) et ses relations avec la lithologie [B1].

Le secteur de Saint-Valéry-en-Caux jusqu'à Berneval est un secteur, où affleure le Santonien, qui est soumis à une grande fréquence d'éboulements et d'écroulements d'un volume réduit.

Sur la période de 1966 à 1995, ce secteur recule en moyenne de 0,2 à 0,5 m/an (cf. Figure 15). Un secteur de fort recul est celui de Saint-Valéry-en-Caux à Dieppe, de l'ordre de 29 cm/an, qui est caractérisé par l'affleurement des craies d'âge Santonien à campanien faiblement garnis en lits de silex [B1].

4.4 Mouvements dans le profil

Selon les conditions d'agitation, une plage a pour objectif de tendre vers un état d'équilibre.

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

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

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

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

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

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

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

Où :

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

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

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

Chapitre 4 - Analyse des systèmes de protection

1 Préambule

La visite du site de la digue de Sainte-Marguerite-sur-Mer et Quiberville-sur-Mer a permis de décrire les ouvrages de protection présents sur cette plage. Des travaux ont été réalisés sur cette digue.

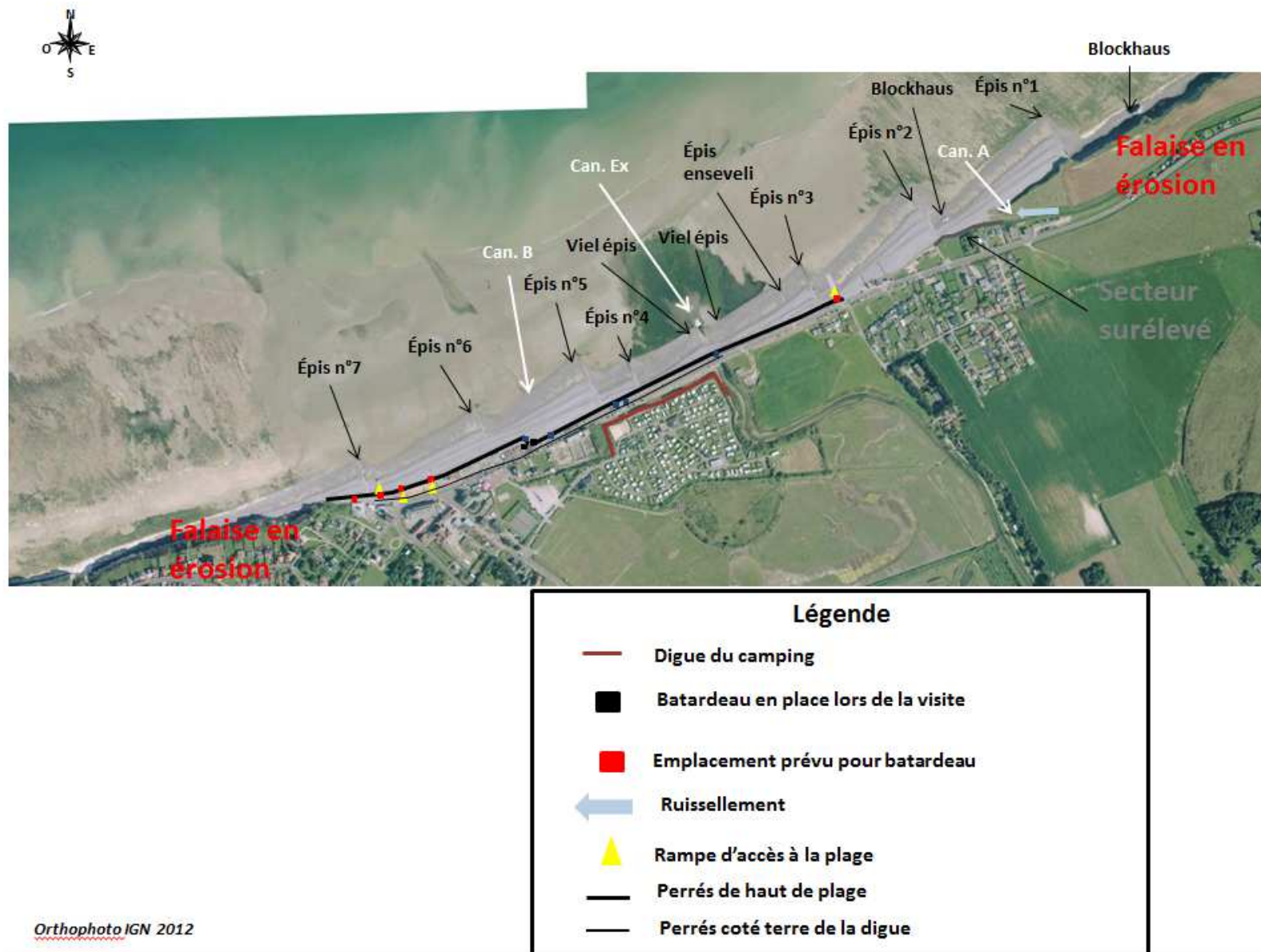


Figure 16 : Ouvrages littoraux sur le site d'étude

2 La Digue

2.1 Description

L'ouvrage dont il est question est un perré maçonné, dont le parement (côté mer) est protégé par un cordon de galets (cf. photo ci-après).



Le cordon de galets permet de protéger l'ouvrage contre le déferlement des vagues. 8 épis transversaux visibles lors de la visite (dont l'épis buse de la Saône) à la digue doivent normalement permettre de maintenir sur la plage une hauteur de galet suffisante. Aucun rechargement artificiel de galets n'est effectué.





En crête de la digue, deux types de murets batardables ont été identifiés. Le muret, présent côté mer, est en béton avec une paroi légèrement incurvée. Le muret, côté zone protégée, se compose de blocs de béton.

Discontinus, ces murets présentent plusieurs zones batardables (cf. ci-dessous), qui peuvent être obstruées par l'insertion de bastaings (cf. photos ci-après), afin d'assurer leur continuité. Ils ont pour fonction d'empêcher toute entrée d'eau, par paquets de mer, dans la zone protégée.

A l'Est de l'esplanade, les batardeaux ont plus un rôle de contenir les galets sur la plage. En effet, le fort engraissement dans ce secteur a considérablement réduit les venues d'eau dans ce secteur.



2.2 Gestion des aménagements

Le Département de la Seine-Maritime est propriétaire et gestionnaire du parement amont du perré, des épis, des murets batardables en crête et de la promenade. La Direction de l'Environnement a en charge la gestion, l'entretien et la surveillance de ces différentes parties. Elle assure également la maîtrise d'œuvre pour les petits travaux de la digue (réfection de la maçonnerie, rejointage).

Bien que le Département de la Seine-Maritime soit propriétaire et gestionnaire des murets batardables, présents en crête d'ouvrage, l'acheminement et la mise en place des batardeaux sont assurés par la commune Quiberville-sur-Mer. Cette opération est effectuée par les agents du service technique de la commune. Il n'y a pas de batardeau sur la commune de Sainte-Marguerite-sur-Mer.

2.3 Inspection des aménagements

L'inspection a permis de mettre en exergue plusieurs désordres. Ceux-ci se matérialisent par des fissures longitudinales du couronnement, par des passages d'eau à travers les palplanches, (ancrage et soutènement de l'Épi n°1), par la dégradation du couronnement de plusieurs épis et du parapet de la digue à l'extrémité Ouest et surtout par le déchaussement de blocs béton sur le muret de la digue coté terre.

L'inspection a porté sur les parties de l'aménagement suivantes :

- L'esplanade (Quiberville-sur-Mer) ;
- La promenade (Quiberville-sur-Mer) ;
- La digue-route (Sainte-Marguerite-sur-Mer) ;
- Le front de mer de Sainte-Marguerite-sur-Mer ;
- Le parement côté mer ;
- Le parement côté terre ;
- Les épis ;
- Le cordon de galets ;
- Les dispositifs de batardage ;
- Les ouvrages traversiers.

2.3.1 L'esplanade

Exclusivement piétonne, cette esplanade est destinée aux activités de loisirs. Elle est constituée essentiellement de dalles de béton. La largeur en crête, définie par l'espacement entre les deux murets batardables, est d'environ 8.



Cette esplanade est élargie à son entrée principale (16 m environ) et à son extrémité Ouest (25 mètres). L'esplanade présente une longueur de 300 m environ. L'esplanade présente un bon état visuel et les dalles ne manifestent aucun signe de tassements ou de gonflements. Quelques fissures longitudinales sont visibles.

2.3.2 La promenade

Exclusivement piétonne, de 2 à 3 mètres de large sur environ 325 m de long, la promenade débute à l'Ouest de l'esplanade et se fini à proximité du débouché de la Saône. Des perforations dans le perré permettent aux eaux pluviales de s'écouler côté mer. Des fissures sur le couronnement béton sont visibles tout du long de la promenade.



2.3.3 La digue-route

La digue route s'étend sur la partie Est de l'épi buse de la Saône sur tout le linéaire de la plage. La base de la digue mesure environ 16 m et la largeur de la crête environ 10 m.



2.3.4 Le front de mer de Sainte-Marguerite-sur-Mer

Le front de mer à l'Est de la plage a été récemment aménagé. Cette partie de la plage est en grande partie protégée par un large et épais cordon de galets. Quelques enrochements ont été mis en place côté mer plus d'un point de vue esthétique qu'antiérosif.



2.3.5 Le parement côté mer

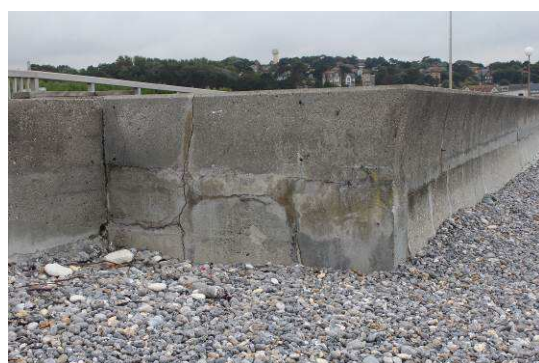
Le parement côté mer : perré est en béton coulé avec une paroi légèrement incurvée.



Extrémité Ouest de la plage



Au niveau de l'esplanade



A proximité de l'épi buse de la Saône



A l'Est de l'épi buse de la Saône au droit de la digue route

De par leur composition identique, le parement amont et le muret batardable en crête, côté mer, se confondent et constituent une seule et même entité.

Lors de la visite, le cordon de galet en haut de plage arrivait entre 30 cm le plus souvent et 1.5 m au-dessous du perré. L'inspection du parement est rendu impossible sur la plupart du linéaire en raison d'un engraissement important sur le haut de plage.

Les parties visitées du perré présentent des fissures longitudinales, transversales et verticales pouvant résulter d'un mouvement relatif de la structure couplé à l'action mécanique des houles.

Coté Sainte-Marguerite-sur-Mer, le parement dépasse d'environ 40 cm la digue route.

La gestion et l'entretien du parement amont sont de la responsabilité du Département de la Seine-Maritime. Des visites régulières sur site permettent d'anticiper tout désordre ou dysfonctionnement éventuel.

2.3.6 Le parement côté terre

Le parement côté terre est en bon état au niveau de l'esplanade. Des déchaussements de blocs béton et de nombreuses fissures sont visibles le long de la promenade. Le parement à l'Est de la Saane est en béton coulé recouvert par une strate herbacée. Le perré à une hauteur de 20 cm à 30 cm au-dessus du niveau de l'esplanade.



Esplanade côté terre



Entrée principale esplanade



Digue au niveau de la promenade



Fisures et déchaussements de blocs béton au niveau du parement de la promenade



Déchaussements de blocs béton au niveau du parement de la promenade



Parement aval digue route

2.3.7 Les épis

D'après l'étude A2, 12 épis dont l'épi buse de la Saône complétaient le système défense de la plage de Quiberville-sur-Mer/Sainte-Marguerite-sur-Mer en 1993 (cf. figure ci-dessous).

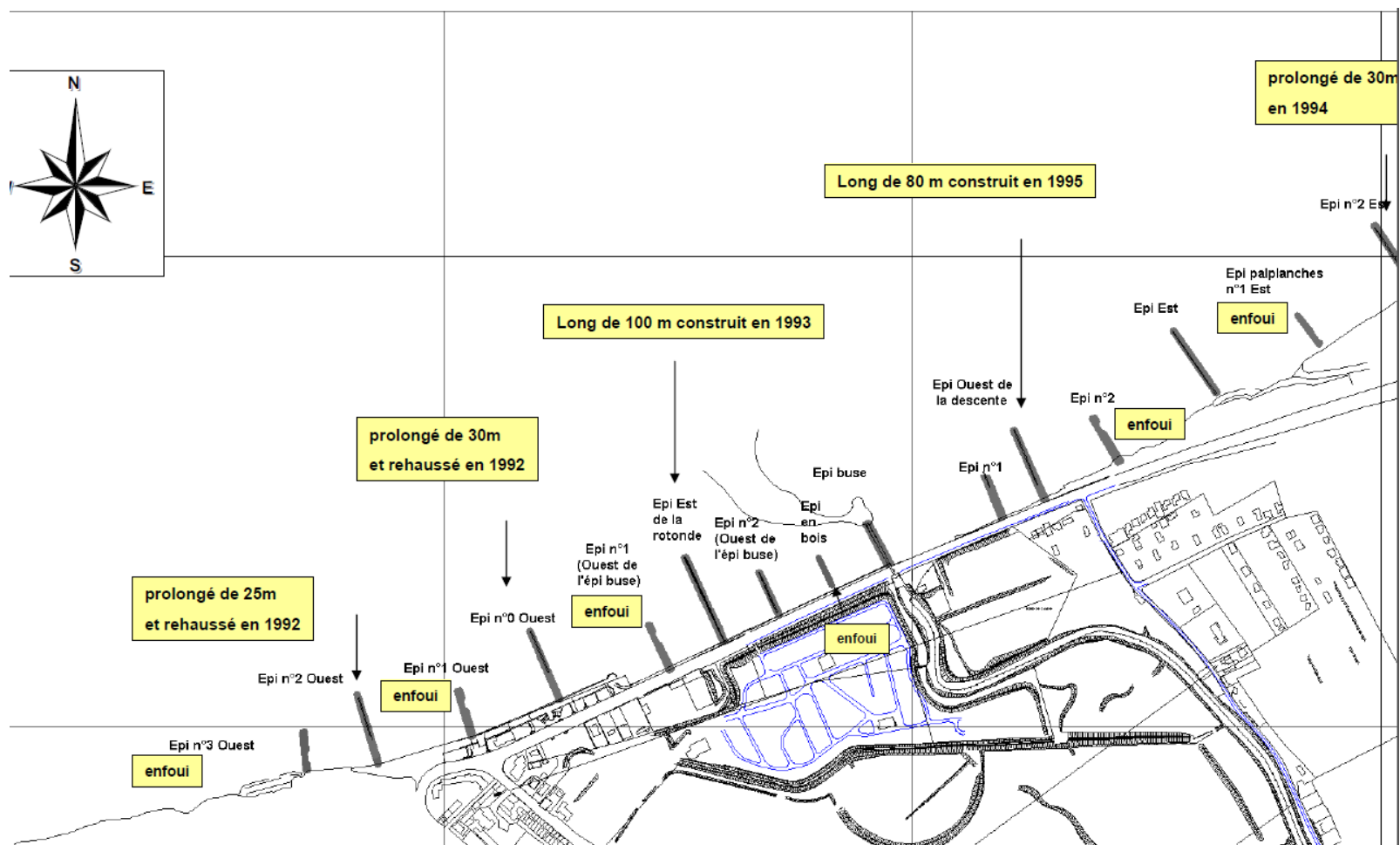


Figure 17 : Localisation des épis (source : SOGREAH, 2005)

Ouvrages transversaux	Longueur	Commentaires
A l'Ouest de l'épi buse		
Epi n°3 Ouest	45 m	Enfoui
Epi n°2 Ouest	80 m	prolongé de 25 m et rehaussé en 1992
Epi n°1 Ouest	50 m	Enfoui
Epi n°0 Ouest	80 m	prolongé de 30 m et rehaussé en 1992
Epi n°1	50 m	Enfoui
Epi Est de la rotonde	100 m	épi long construit en 1993
Epi n°2	50 m	
Epi en bois	40 m	Enfoui
Epi-buse	50 m	
A l'Est de l'épi buse		
Epi n°1	60 m	
Epi Ouest de la descente	80 m	épi long construit en 1995
Epi n°2	55 m	Enfoui
Epi Est	80 m	épi majeur qui bloque la plage et la stabilise sur 300 m
Epi palplanches n°1 Est	45 m	Enfoui
Epi n°2 Est	70 m	prolongé de 30 m en 1994

Figure 18 : Caractéristiques des épis (SOGREAH, 2005)

Les épis, inspectés lors de la visite sur le terrain sont au nombre de 8 dont l'épi buse de la Saône. Transversaux à la digue, ils ont pour fonction de maintenir en place les stocks de galets. Leur longueur est variable et oscille entre 50 et 100 mètres. Ce sont des épis plongeants : la cote d'arase en musoir est plus faible qu'au niveau de la base de l'épi.

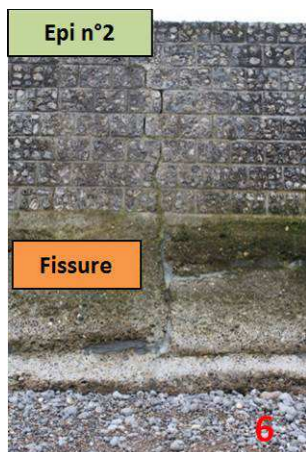
Une grille, destinée à l'évacuation des eaux de franchissement, est présente au-dessus de l'aqueduc, par lequel la rivière de la Saône se jette dans la Manche.



Epis 1 : déchaussement par contournement de l'épi



Epis 2



Fissure et déjointoyage (Epis 2)



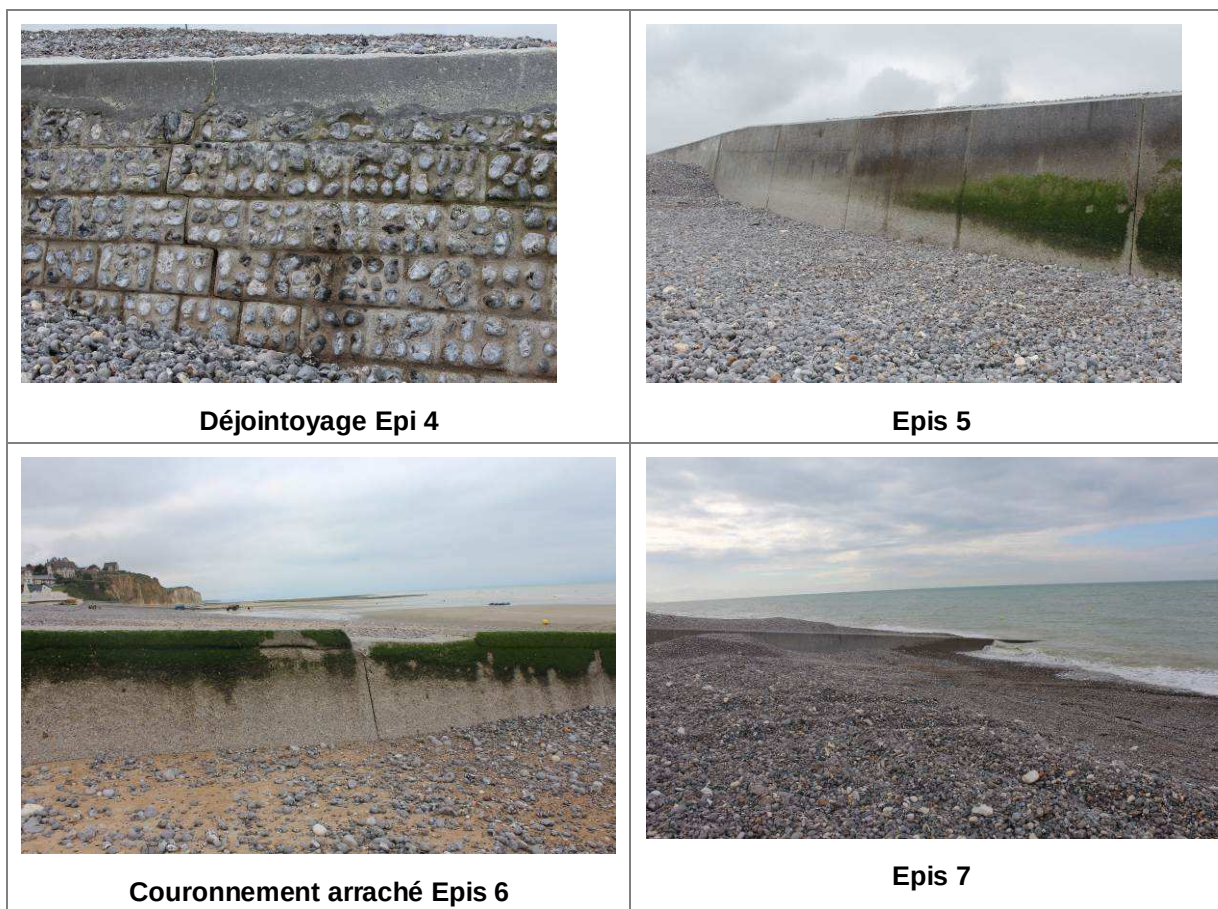
Epis 3



Epis buse de la Saône



Epis 4



Une synthèse de l'état des épis est présentée dans le tableau ci-dessous.

N° Epis	Etat général
1	Bon état général, déchaussement coté terre laisse apparaître les palplanches
2	Bon état général, présence de quelques fissures et d'un léger déjointoyage
3	Bon état général. Présence d'un très léger déjointoyage
Epis Buse	Bon état général
4	Bon état général, présence de quelques fissures et d'un léger déjointoyage
5	Bon état général
6	Couronnement arraché et dégradé globalement. Autrement bon état général des autres parties de l'épi
7	Bon état général

Tableau 1 : Etat des épis

2.3.8 Le cordon de galets

Le cordon de galets ne fait pas partie du système d'endiguement proprement dit. Cependant, il contribue fortement à la protection du perré, en le préservant des assauts de la mer et du déferlement des vagues. Les pleines mers de vives eaux n'atteignent pas le perré coté Saint-Marguerite-sur-Mer et au droit de l'Esplanade côté Quiberville-sur-Mer à cause de l'engraissement important en galet. La base du cordon de galets est à environ 0 à 1 m NGF 69. La teneur en galets augmente avec la cote du cordon.

De par le transit littoral, un léger déficit du volume de galets s'observe au centre de la plage au niveau de l'épi buse. Ce déficit est observable depuis plusieurs dizaines d'années.



Cordon de galets à hauteur de l'esplanade



Large cordon de galets coté Sainte-Marguerite-sur-Mer

La taille des matériaux assez grossiers permet la formation d'une pente entre 9 et 15 %.

La granulométrie des galets sur la plage de Quiberville-sur-Mer/Sainte-Marguerite-sur-Mer (Service Maritime de Dieppe) est la suivante :

- D10 entre 27 et 29 mm ;
- D50 : 54 mm ;
- D90 : 90 à 110 mm.

On retrouve des sables et des graviers (0.04 mm et 20 mm) sur les platiers rocheux et en pied et dans le corps des cordons de galets. Sur les platiers, des placages de sables très mobiles et particulièrement abondants (Ifremer, 2004) s'étendent sur une épaisseur maximale d'environ 1.5 m et sur quelques centaines de mètres carrés.

La base des cordons de galets est constituée par des matériaux sableux.

Des recharges de galets ont été effectuées :

- En 1992-1993 sur la plage de Quiberville-sur-Mer : Entre le pied de falaise ouest et la rotonde 17 500 m³.
- En 1996, sur la plage de Sainte-Marguerite-sur-Mer entre l'épi 2 (descente à la mer) et l'épi buse de 12 500 m³.

2.3.9 Le dispositif de batardage

Le dispositif de batardage de la digue promenade et de l'Esplanade se compose de deux murets batardables en crête (cf. Annexe), un en front de mer et un côté zone protégée, et de bastaings de bois permettant l'obstruction des accès à la promenade. Ce système a pour fonction d'empêcher toute entrée d'eau, par paquets de mer, dans la zone protégée. A l'Est de l'esplanade les bastaings maintiennent les galets sur la plage.

Les murets, d'une hauteur variable (20 à 60 cm), ne présentent pas de désordre particulier. Plusieurs batardeaux étaient en place au moment de la visite, certains passages batardables n'avaient pas de batardeaux.

2.3.10 Les ouvrages traversiers

Canalisation B :

D'un diamètre approximatif de 20 cm, elle est destinée à alimenter l'huîtrière en eau salée. En raison de la hauteur du cordon de galets, en proximité immédiate du perré, la canalisation n'a pu être inspectée. La partie visible de la buse présente une importante corrosion. Cette constatation laisse supposer une corrosion similaire sur toute la longueur de la canalisation.

La propriété et la gestion de cette canalisation relève d'un maître d'ouvrage privé. Les élus ont relaté que la circulation d'eau dans cette canalisation s'effectue aujourd'hui au gré des marées. Ainsi, le niveau d'eau des bassins de l'huîtrière fluctue en fonction des marées.

Ouvrage traversier Ex :

Destiné au rejet des eaux fluviales vers la Manche, l'exutoire de la rivière de la Saâne se compose d'un ouvrage en béton, de section carrée. Il est intégré au corps de l'Épi buse et traverse le perré en intégralité. En amont Immédiat du perré, l'interface entre l'ouvrage et le cours d'eau se matérialise par une voute et une vanne présente. Lors des pleines mers le courant s'inverse et remonte la Saâne.

En raison du rejet permanent des eaux fluviales par l'ouvrage, seul son exutoire a pu être contrôlé. Celui-ci présente un bon état général.

La propriété et gestion de cet ouvrage relève du Département de la Seine-Maritime. Cet ouvrage dispose d'organes mobiles et d'une vanne plate.

L'ouvrage est constitué par un clapet mobile sur un axe horizontal supérieur. Son radier est à la coté de 6 m CM, de 2 m de large et de 1.7 m de haut. Ce clapet est situé à l'aval d'un canal de 1.6 m de large et de plus de 2 m de haut qui est vouté. Ce canal débouche en aval dans une chambre correctrice, puis dans un canal bétonné de 1.5 m par 1.5 m sur 52 m (pente 0.01 %).

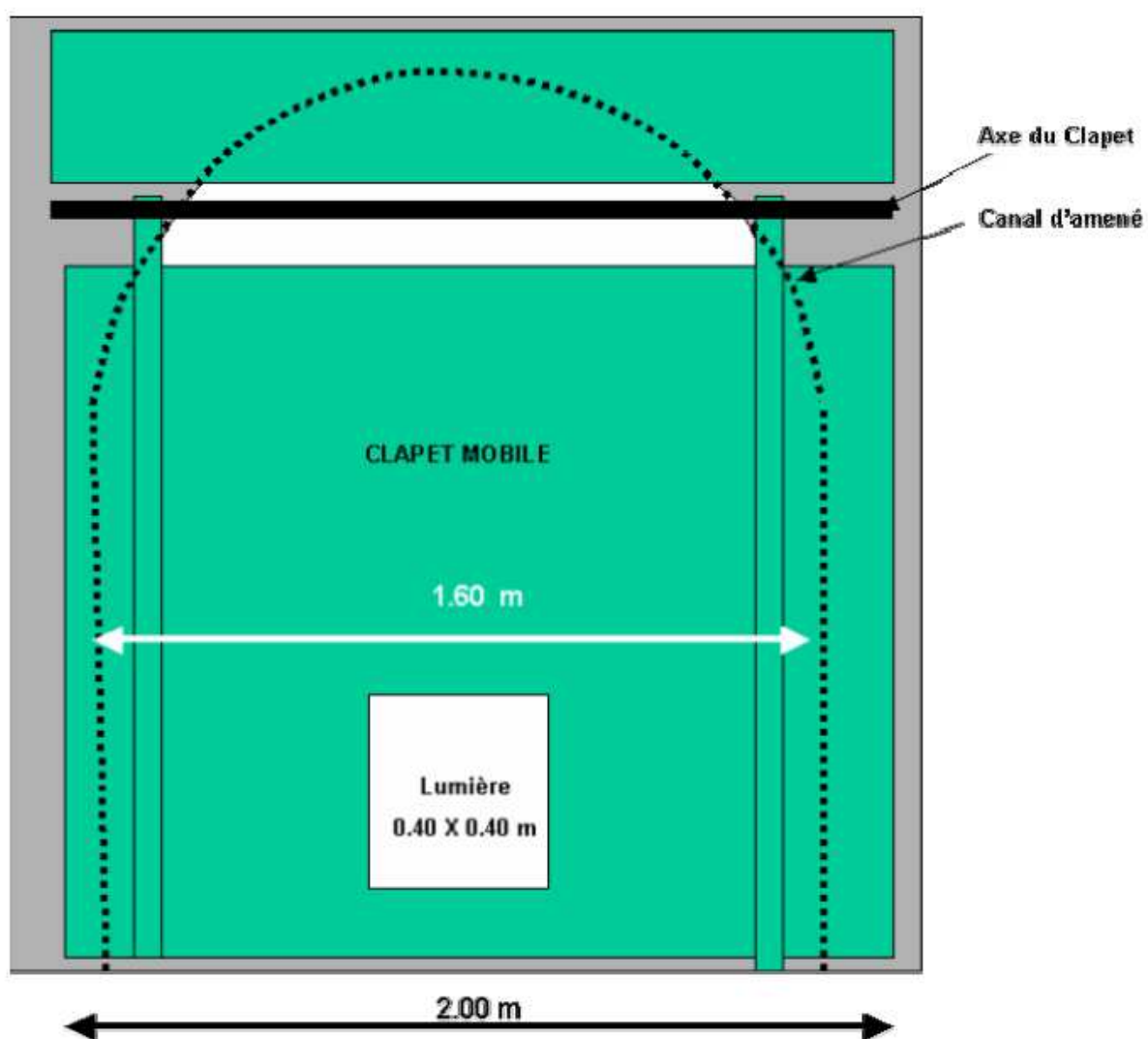


Figure 19 : Schéma du clapet vu de l'aval (SOGREAH, 2005)

Chapitre 5 - Conditions océano-météorologiques

1 Vent

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

Dans le cadre de cette étude, les données disponibles sont : la force et l'orientation du vent au niveau de Dieppe (lat : 49.93 – long : 1.08), de août 2010 à avril 2013 (les données sont issues de relevés effectués de 7h00 à 19h00).

Les statistiques de vent sont basées sur des observations réelles de la station météo à Dieppe.

Ces données sont présentées dans le tableau et sur la figure suivante :

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
Direction dominante des vents	S	S et NE	NE	S et NE	W	NE	W	W	S	S	S	S	S et NE
Vitesse moyenne des vents (en km/h)	20	20	15	19	19	19	19	19	17	19	19	24	19

Tableau 2 : Statistiques des vents sur 3 ans

Remarques : A titre indicatif, nous précisons que : W = Ouest, N = nord, E = Est et S = Sud.

Si la direction dominante des vents est W, cela signifie que le vent provient de l'Ouest.

La rose des vents ci-après présente la vitesse moyenne des vents (en nœuds) sur la période du 08/2010 à 04/2013.

Cette rose des vents permet de distinguer les directions de provenance des vents associées à leurs vitesses moyennes (en nœuds).

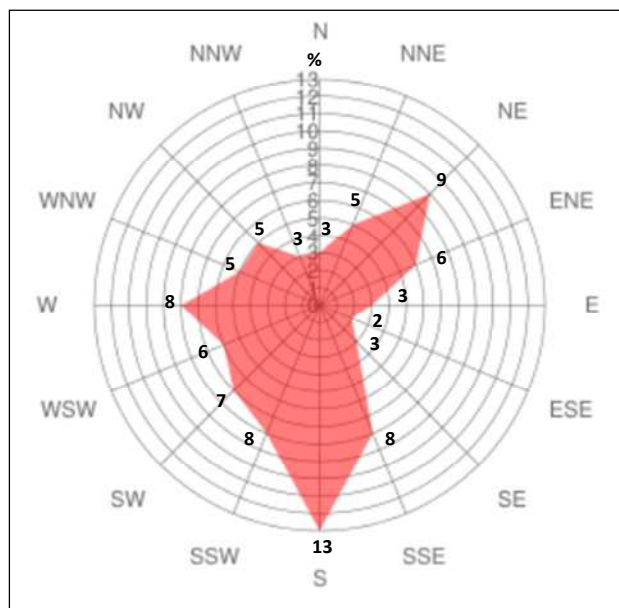


Figure 20 : Rose des vents à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com

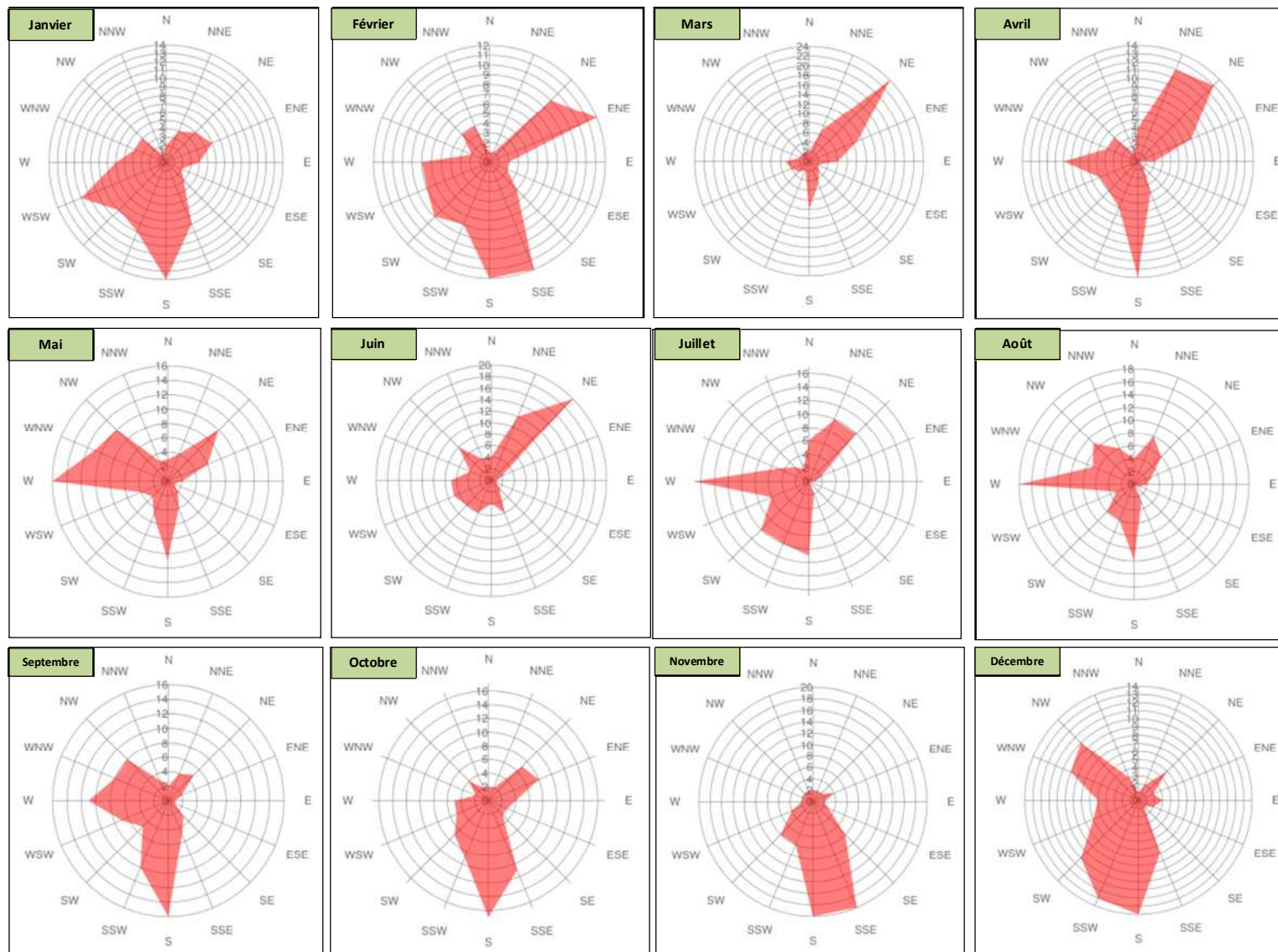


Figure 21 : Roses des vents mensuelles à Dieppe – 08/2010 à 04/2013 – www.windfinder.com

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

- Les vents dominants proviennent principalement du secteur Sud, puis des secteurs Nord-Est et Ouest.
- En période automnale et hivernale (septembre à février), les vents dominants proviennent majoritairement du secteur Sud.
- En période printanière et estivale (mars à août), les vents dominants se répartissent selon les trois principales directions que sont le Sud, le Nord-Est et l'Ouest.
- La vitesse moyenne annuelle des vents est de 19 km/h ou 5 m/s).
- Les vents moyens les plus forts soufflent durant la période hivernale entre les mois de novembre et de février.

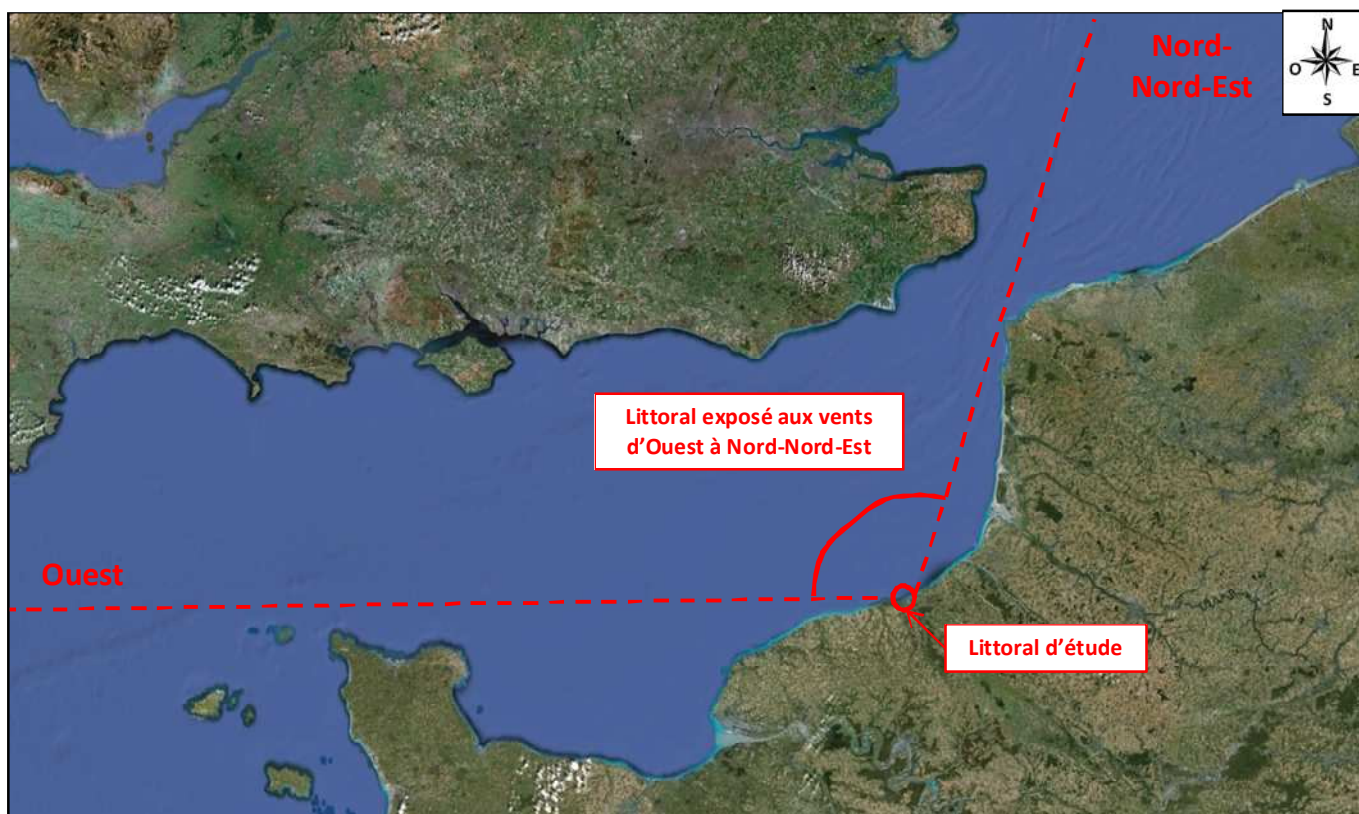
Les vents dominants au niveau de la zone d'étude proviennent du secteur Sud.

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

- **Sur les sables du littoral** : par le transport éolien surtout lorsqu'il s'agit d'une côte basse d'accumulation sableuse. En effet, à partir d'une vitesse critique le vent peut transporter le sable lorsque celui-ci est sec et ainsi participer à l'engraissement d'une dune.
- **Sur les courants de surface et de fonds**. Le vent génère sur une eau calme un courant de 1 à 2 % de sa vitesse. S'il existe un courant de surface, celui-ci peut être atténué ou renforcé suivant la direction du vent. En profondeur, le vent crée des courants suivant une direction et une intensité qui sont décrites par une loi physique nommée la spirale d'Eckman. Les vents sont donc, à la fois, responsables de la houle (sur de grandes échelles) et de l'agitation locale du plan d'eau (clapot).

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

Le secteur d'étude est orienté globalement selon les directions d'Ouest à Nord-Nord-Est.



Source: Google Earth

Figure 22 : Exposition aux vents du littoral d'étude

2 Courants

2.1 Généralités

Le principal processus physique qui génère les courants en Manche est la marée semi-diurne. C'est en Manche que l'on trouve les marnages les plus importants et les courants de marée les plus forts de toutes les côtes métropolitaines. Ces courants de marée ont un rôle important à la fois sur le transport des masses d'eau à court et long terme et sur le mélange vertical (voir §3).

A plus long terme, ces courants ont une composante permanente, appelée courant résiduel de marée, liée à la propagation de la marée et à l'effet du frottement. Ce courant est beaucoup plus faible que le courant instantané mais son influence sur le transport à long terme des masses d'eau est déterminante car ce courant est permanent, sa force étant modulée par les cycles vives eaux mortes eaux (période de 14 jours).

L'action du vent en surface est le second processus physique d'importance en Manche. Le vent peut inverser la circulation moyenne ou détruire des structures tourbillonnaires induites par la marée.

La Manche n'est que peu influencée par les apports fluviaux. Seuls les plus grands fleuves sont susceptibles de créer une circulation spécifique. A l'échelle de la Manche, seule la circulation induite par les apports en eaux douces de la Seine est capable de créer des différences de courants significatives entre la surface et le fond.

2.2 Courants généraux

Les courants résiduels moyens sont dirigés de l'Atlantique vers la Mer du Nord. Le Temps de transit moyen dans la Manche est d'environ 6 mois à 1 an ([B5], [B6]). La figure représente la circulation moyenne des masses d'eau en Manche.

A l'ouest de la Bretagne, et à l'est d'Ouessant, les courants moyens sont dirigés vers le nord [B7]. Ils forment quelques structures tourbillonnaires en mer d'Iroise. Les vents de secteur ouest à nord peuvent s'opposer à cette circulation moyenne et l'inverser temporairement.

L'entrée des eaux en Manche s'effectue le long des côtes de Bretagne ([B5], [B6], [B8]). Les courants moyens sont de l'ordre de 3 à 5 cm/s au large du Finistère Nord. Alors qu'une branche du courant résiduel pénètre en Manche le long des côtes Bretonnes, une seconde branche se dirige vers l'extrémité sud-ouest de l'Angleterre. Ce courant moyen dirigé vers le nord effectue une incursion en Manche Occidentale avant de longer les côtes de la Cornouaille anglaise.

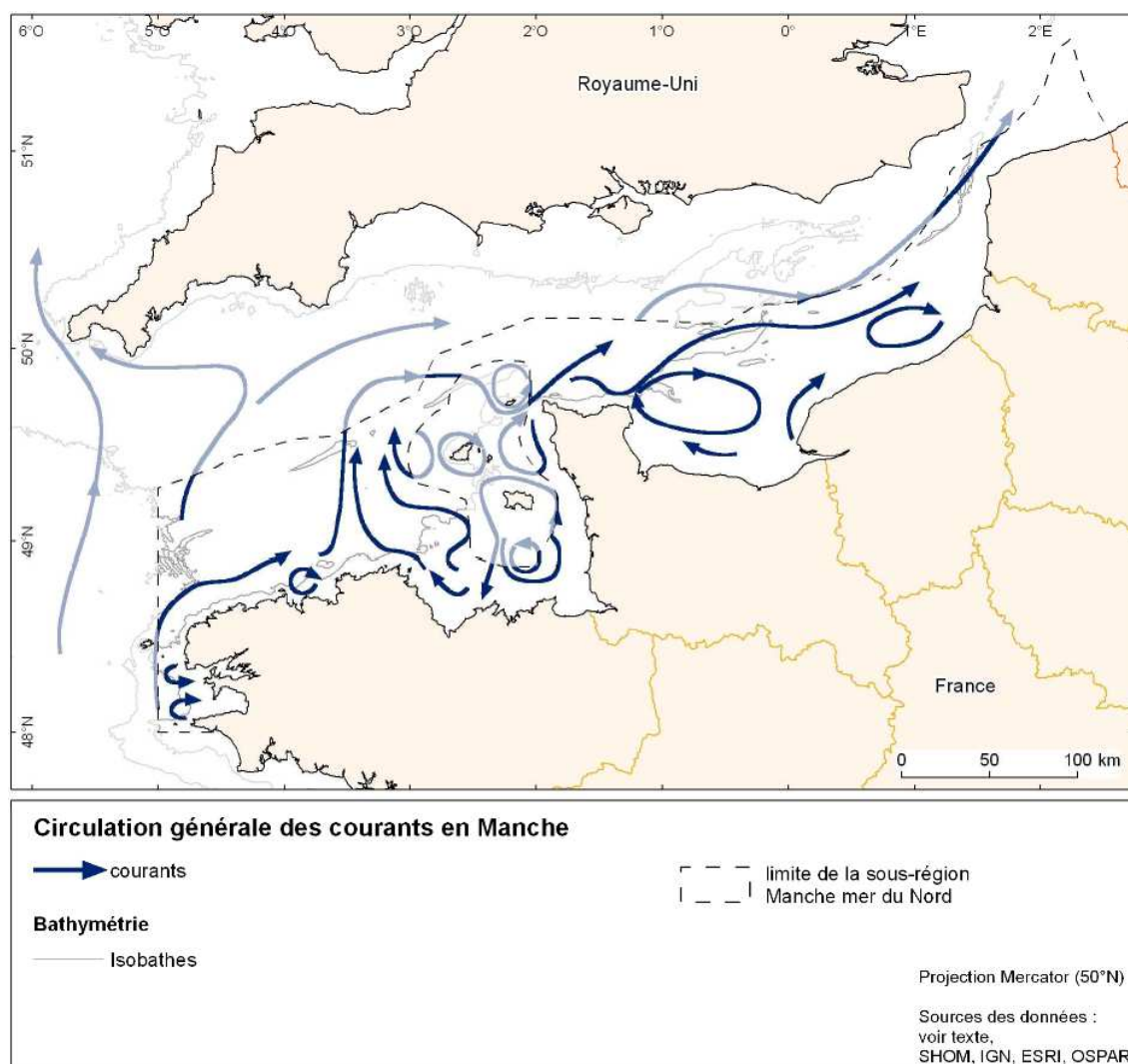


Figure 23 : Circulation moyenne en Manche (IFREMER)

La circulation en Manche Orientale est marquée par la présence d'un vaste tourbillon anticyclonique (sens des aiguilles d'une montre) générée dans le sillage du Cotentin ([B5], [B9]). Ce tourbillon anticyclonique est appelé tourbillon de Barfleur. Les vitesses sont de l'ordre de 2-3 cm/s en l'absence de vent. Plus à l'est, l'estuaire externe de la Seine est sans doute la région où les écarts de courants entre la surface et le fond sont les plus marqués. En surface les courants sont dirigés vers l'ouest puis le nord. Au fond la circulation est dirigée vers l'estuaire [B9].

Le vent peut modifier notablement le schéma de circulation proposé. Les vents de sud-ouest auront tendance à augmenter la dérive vers l'est. A l'inverse, les vents de nord-ouest à nord est vont diminuer cette circulation et sont même susceptibles de l'inverser [B10]. Les vents pouvant créer des inversions sont les vents de nord : à titre d'exemple, un vent soufflant du nord durant quelques jours à 5 m/s peut inverser le flux, sur l'ensemble de la colonne d'eau, en condition de marée moyenne.

Les courants généraux dans la Manche et en particulier dans la Manche orientale au large du littoral d'étude sont faibles et surtout négligeables par rapport aux courants de marée qui sont les courants prépondérants.

On peut considérer qu'au niveau de la dynamique sédimentaire de la zone littorale, les courants généraux en Manche sont sans incidence notable.

2.3 Courants de marée

Le régime des courants de marée est très influencé par les conditions locales (topographie et frottement de la côte, présence de bancs, de chenaux...).

Les études menées en Manche sont présentées sur la figure ci-après et montrent que (doc. 27):

- la circulation résultante des courants de marée en Manche orientale s'effectue parallèlement à la côte vers le Nord-Est, mais peut être ponctuellement perturbée par des forçages météorologiques (Qanin & Le Vaillant, 1995; Janin & Anriébicque, 1996);
- les courants de marée en Manche orientale sont forts (fréquemment de 2 à 3 nœuds, soit 1 à 1,5 m/s);
- les vitesses maximales en vive-eau moyenne croissent du cap de La Hève (0,6 m/s) à Étretat (près de 2 m/s; SHOM, 1996), puis décroissent progressivement vers l'Est pour atteindre 0,90 m/s devant la baie de Somme ;

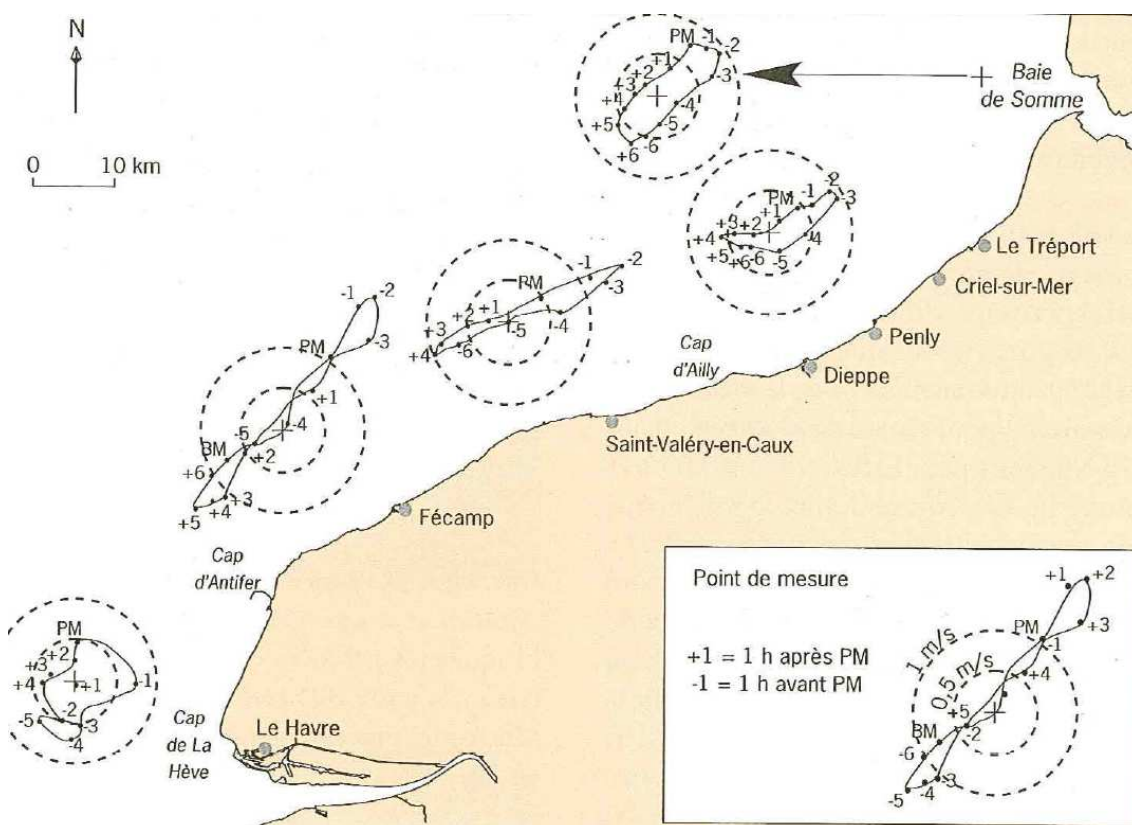


Figure 24 : Vitesse et direction des courants de marée, en vive-eau, le long du littoral de la Seine-Maritime (SHOM, 1968)

Devant le littoral d'étude de Quiberville on constate que :

- les courants de marée sont alternatifs et parallèles au littoral.
- Les courants de flot (de PM -4h à la PM) sont orientés vers le Nord-Est et peuvent atteindre jusqu'à +1 m/s.
- Les courants de jusant (de PM +2h à PM +6h) sont orientés vers l'Ouest et peuvent atteindre jusqu'à +0,6 m/s.
- La vitesse des courants au flot est plus importante que celle des courants au jusant.

2.4 Courants dus au vent

Il n'y a que peu de données quantitatives sur les courants liés aux vents. Les vents ont une importance considérable sur les courants. Selon qu'ils sont de directions proches ou opposées aux courants, les vents les renforcent ou les affaiblissent.

Dans l'hémisphère Nord, le courant dû au vent porte à droite par rapport au vent qui le génère.

2.5 Courants de houle

Quand la houle déferle avec une certaine obliquité par rapport au rivage, elle donne naissance à un courant parallèle au rivage dont le sens est celui de la composante de la célérité des vagues. Ce courant est localisé dans la zone comprise entre le déferlement et la côte.

La figure ci-après présente le mécanisme des courants de houle appelés aussi dérive littorale.

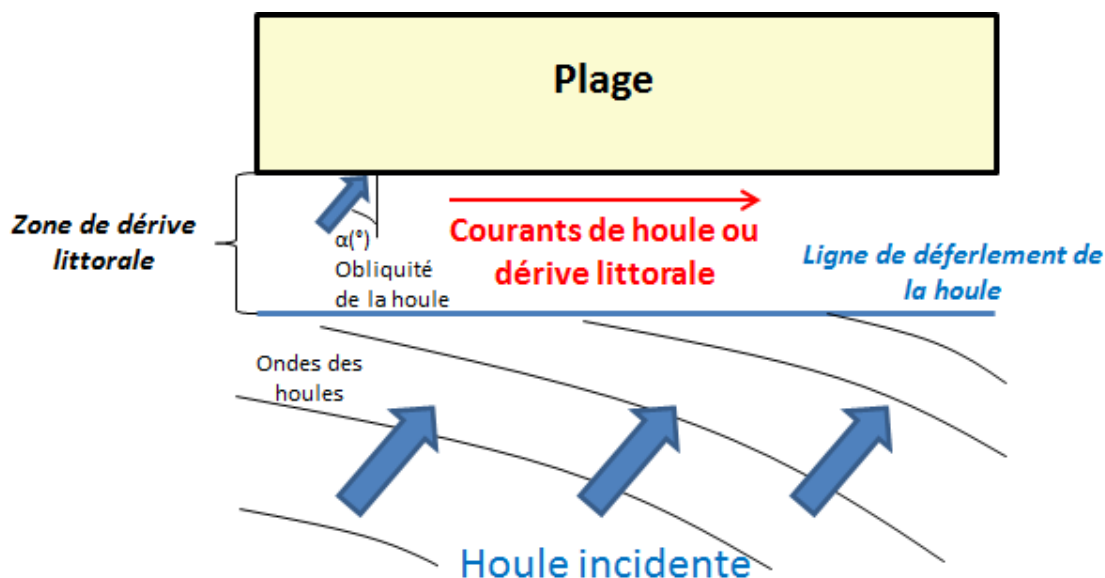


Figure 25 : Courants de houle (crédits : EGIS)

Ces courants parfois violents, notamment en période de tempête, varient en fonction de l'obliquité des lignes de crête de la houle par rapport aux lignes bathymétriques et de la morphologie des fonds marins.

Pour des plages de pente classique, on a, en ordre de grandeur, des courants de 0,5 m/s pour une houle de 2 m et une obliquité de 10°.

3 Caractéristiques de plusieurs événements historiques

Cinq événements sont décrits dans cette partie à partir de l'étude A1 :

- La tempête de décembre 1979 ;
- La tempête d'octobre 1987 ;
- La tempête du 26 février 1990 ;
- L'événement de janvier 1995 ;
- La tempête de décembre 1999 ;
- L'événement de mai 2000 ;
- La tempête du 10 mars 2008.

Les trois événements suivant janvier 1995, décembre 1999 et mai 2000 correspondent aux trois crues récentes de la Saône.

D'autres tempêtes se sont abattues au cours du dernier siècle sur les plages de Haute-Normandie mais où les informations techniques manquent pour les décrire :

- La tempête du 15 et 16 janvier 1922 ;
- La tempête du 20 décembre 1918 et 30 août 1923 ;
- 15 novembre 1977 ;
- 12 janvier 1978 ;
- 23 novembre 1984 ;
- 29 novembre 1996 ;
- 27 et 28 février 2010 (Xynthia).

3.1 La tempête du 11 décembre 1979

Lors de cette tempête, la surcote maximale fut de 1.5 m avec des surcotes de 0.5 m dépassées pendant 14 h consécutives.

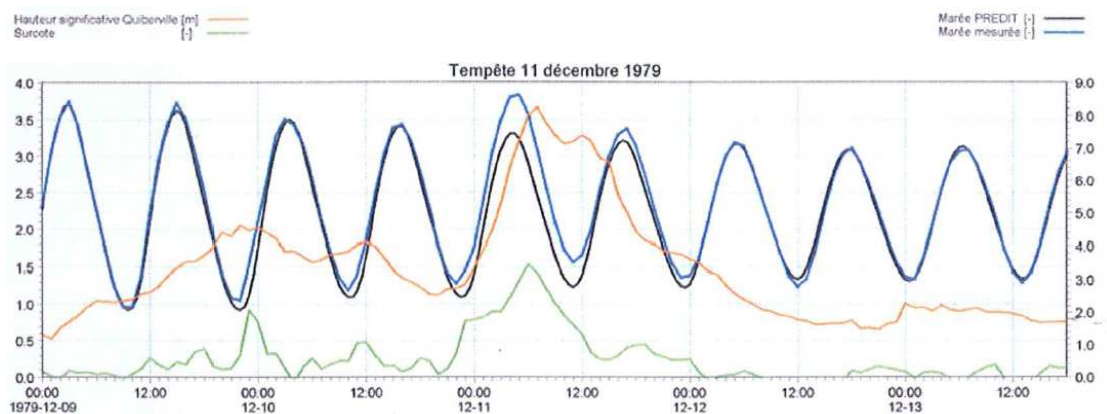


Figure 26 : Chronologie et caractéristiques de la tempête du 11 décembre 1979 (DHI, 2008)

3.2 La tempête d'octobre 1987

Cette tempête est restée dans les mémoires notamment par les dégâts qu'elle occasionna. Le marégraphe de Dieppe a enregistré un niveau de 8 m CM contre 6.4 m CM prévu soit une surcote de 1.6 m estimée à 200 ans de périodes de retour (DHI, 2008). Le coefficient de marée était de 24 et la surcote a dépassé les 0.5 m pendant 16 h consécutives.

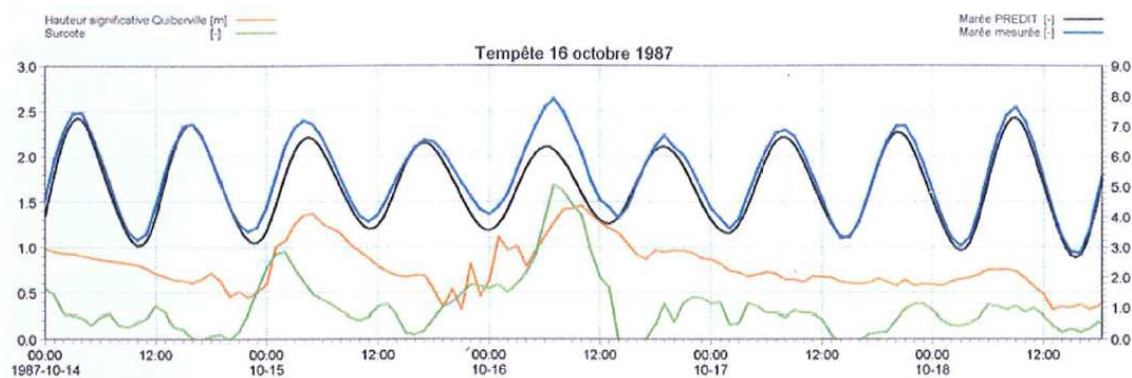


Figure 27 : Chronologie et caractéristiques de la tempête du 16 octobre 1987 (DHI, 2008)

3.3 Tempête du 26 février 1990

Cette tempête du 26 février 1990 qui a causé de nombreux dégâts et de la submersion s'est produite dans un contexte particulier. En effet, le début d'année 1990 a été marqué par de nombreuses tempêtes qui ont progressivement mis à mal le cordon de galets présent au pied de la digue.

Ainsi, la conjonction entre :

- une marée astronomique élevée de coefficient 102,
- une tempête se produisant au même moment que la pleine mer,
- un cordon de galets amoindri au pied de la digue,
- une houle de l'ordre de $H_s=4,71$ m (valeur au point ANEMOC 3232), soit une tempête de période de retour comprise entre 5 et 10 ans.

Nous avons constaté lors de l'analyse des niveaux d'eau du marégraphe de Dieppe fournis par le REFMAR que les valeurs de niveaux enregistrés lors de la tempête du 26 février 1990 étaient manquantes.

Cependant, le Cerema, nous a fournis dans le cadre de ce PPRL, un document papier avec les niveaux mesurés au marégraphe de Dieppe (cf. ci-après).

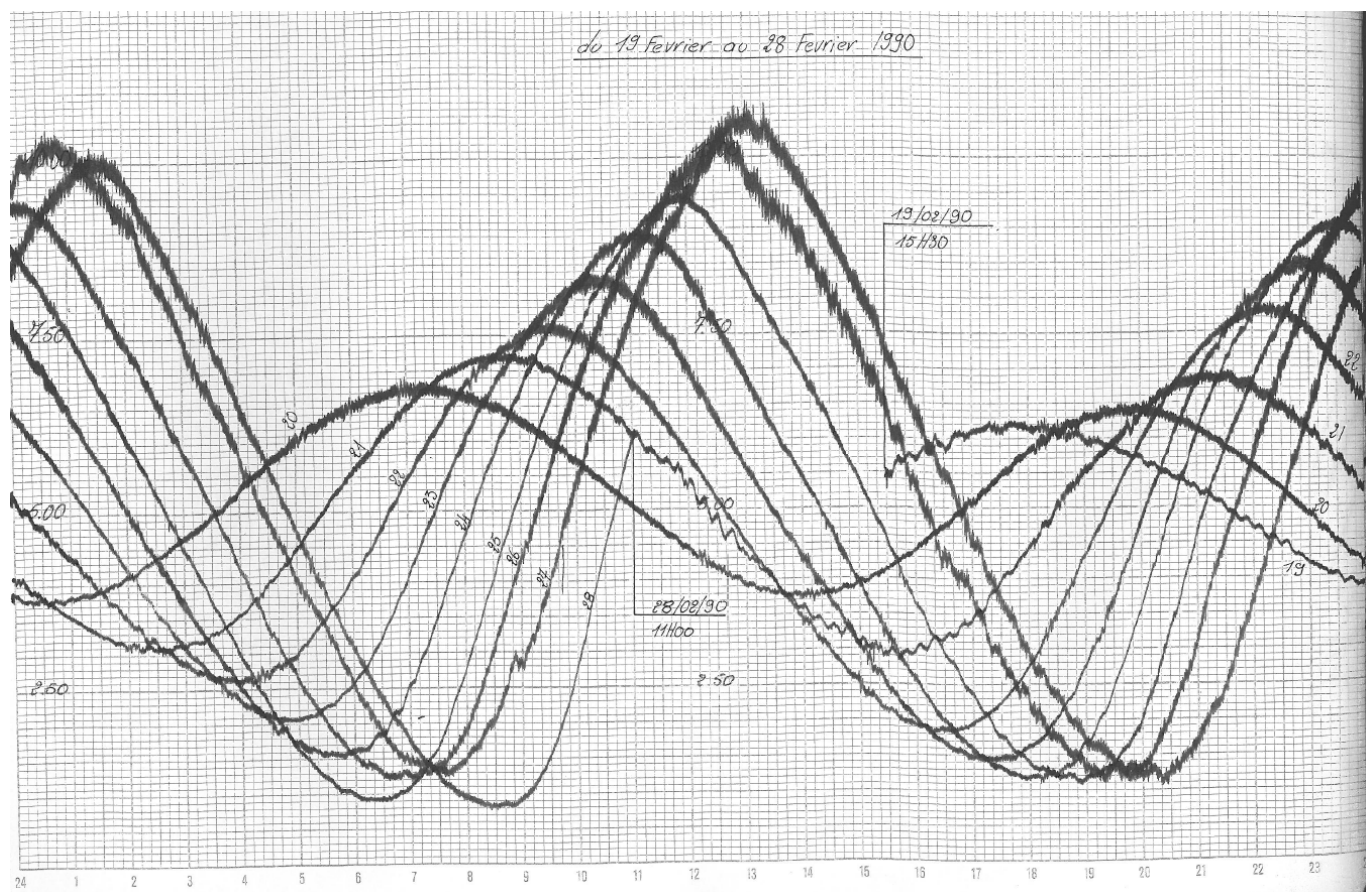


Figure 28 : Marégramme de Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990

Nous avons analysé le marégramme ci-avant et l'avons retranscrit en format numérique et avons comparé les mesures enregistrées avec les prédictions du SHOM afin d'avoir une approximation de la surcote au moment de la tempête.

La figure ci-après présente cette analyse :

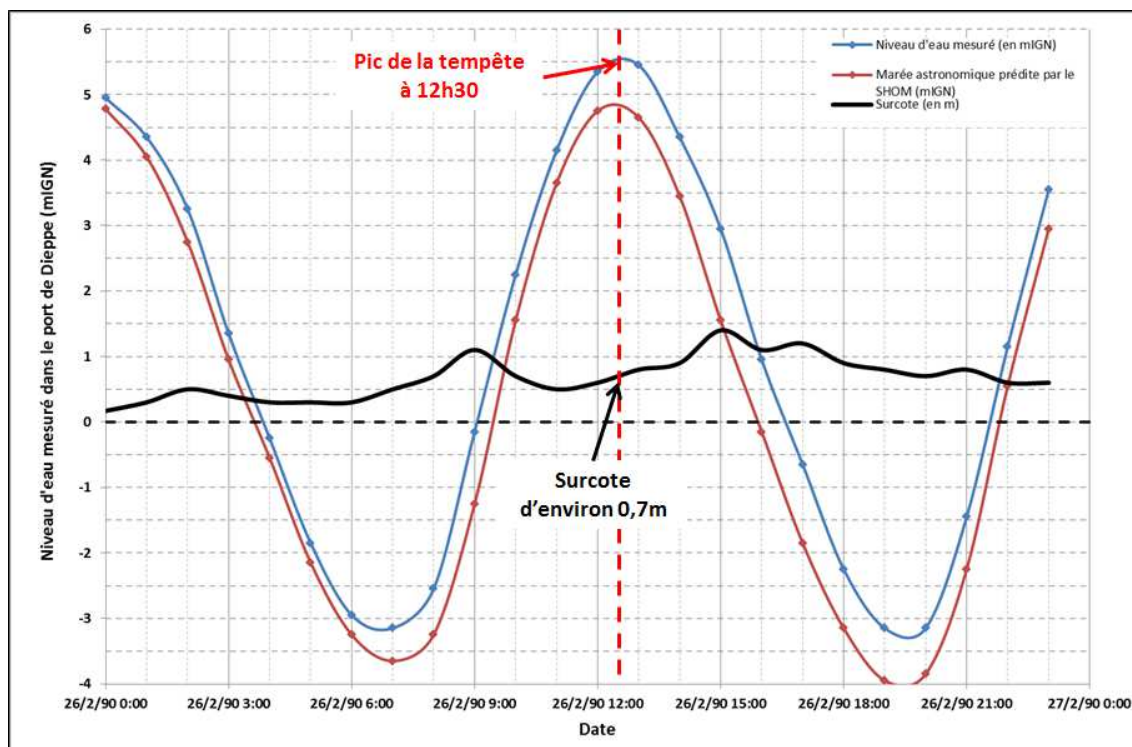


Figure 29 : Analyse des niveaux d'eau à Dieppe lors de la tempête du 26 février 1990

Au moment du pic de tempête, la surcote était de l'ordre de +0,7 m.

Les caractéristiques de l'évènement historique du 26 février 1990 retenues sur la plage de Pourville sont : $H_s = 4,71$ m, $T_p = 11,1$ s, $Dir = N284^\circ$ et $Niv = +5,75$ m IGN.

3.4 La tempête de décembre 1999

La tempête de décembre 1999 dispose des caractéristiques suivantes :

- Un coefficient de marée de 105 le 23 décembre 1999 qui descend à 45 le 31 décembre 1999. Lors du pic de la tempête le coefficient était de 94 ;
- Deux pics de houle ont été enregistrés : le premier le 25 décembre à 4 h 00 UT et le second le 27 décembre à 00 h 00 UT ;
- La surcote ne coïncide pas avec la marée haute, elle augmente avec le montant. La surcote maximale enregistrée fût de 1.5 m et elle a dépassé les 0.5 m pendant 5 h consécutives. La surcote moyenne maximale de pleine mer de 0.6 m à une période de retour de 2 an (DHI, 2008) ;
- Le niveau d'eau de 5.76 m NGF dispose d'une période de retour de 4 ans environ (DHI, 2008).

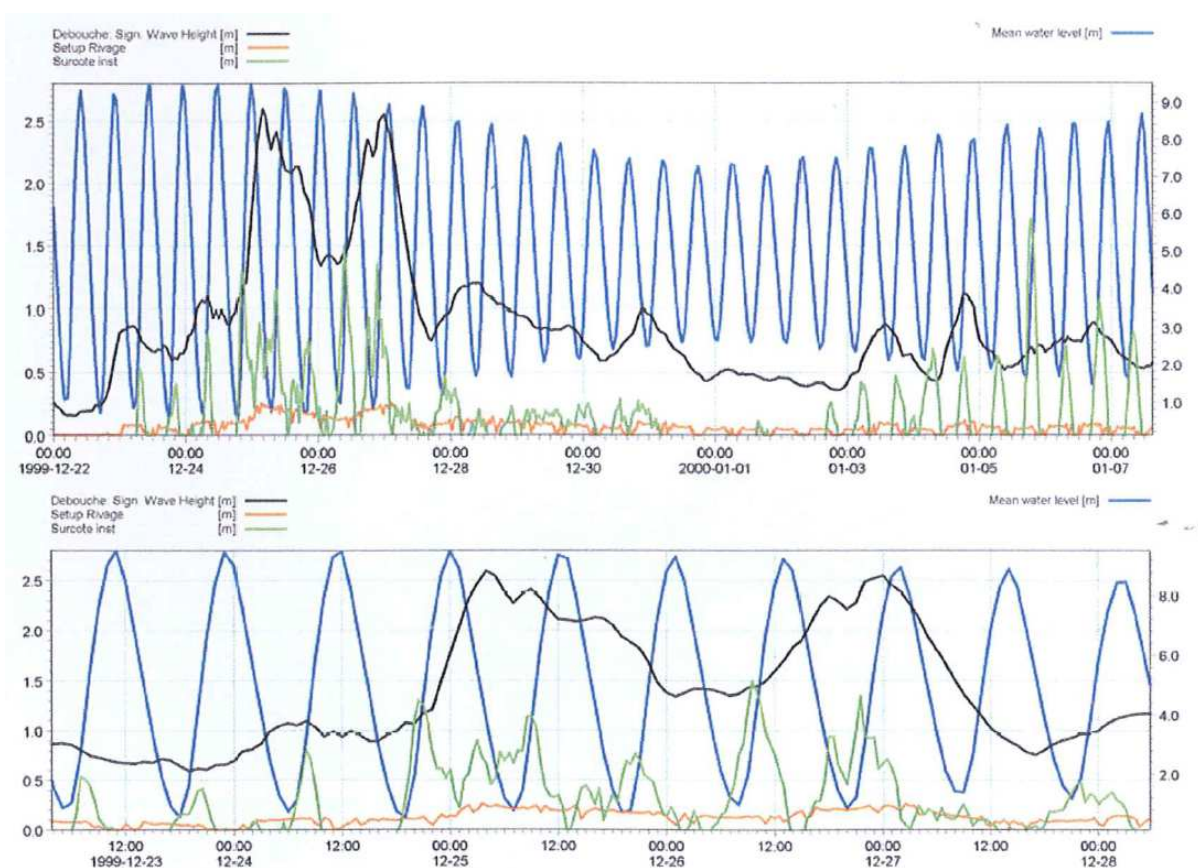


Figure 30 : Chronologie et caractéristiques de la tempête de décembre 1999 (DHI, 2008)

3.5 L'événement de janvier 1995

Lors de cet événement, le coefficient de marée passe de 80 (29 janvier) à 104 (2 février).

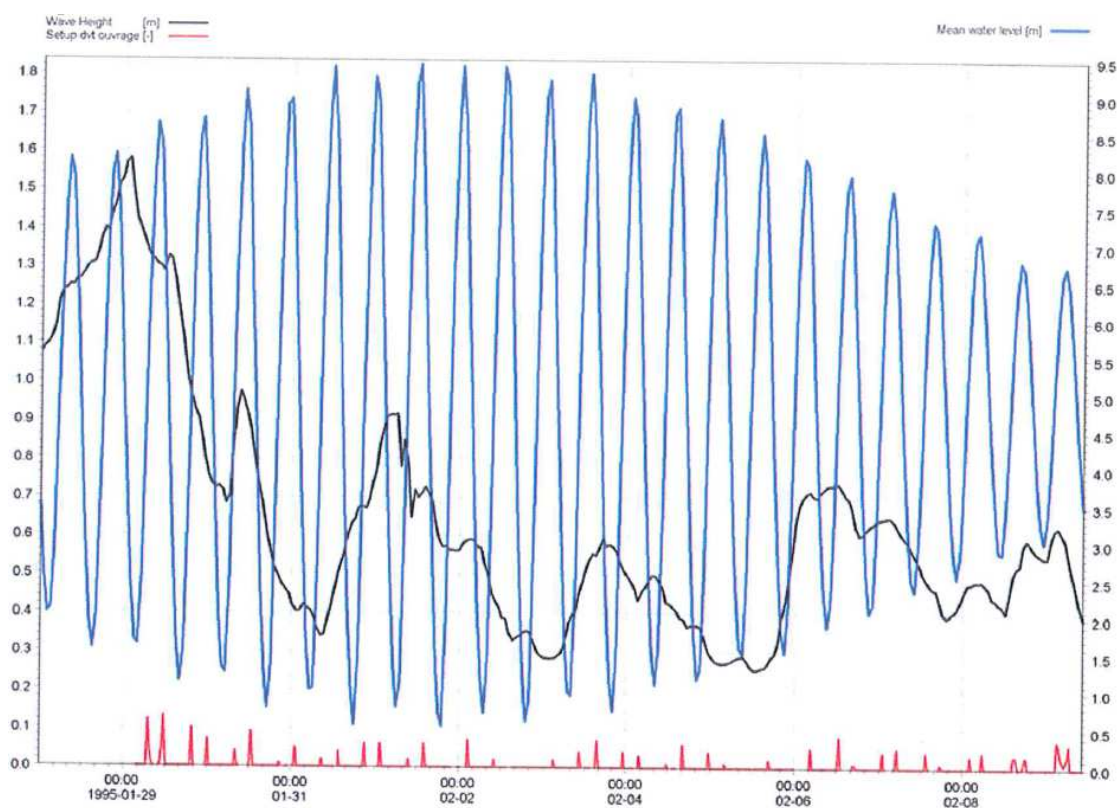


Figure 31 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de janvier 1995 (DHI, 2008)

3.6 L'événement de mai 2000

Lors de cet événement, le coefficient de marée passe de 80 (16 mai) à 86 (18 mai).

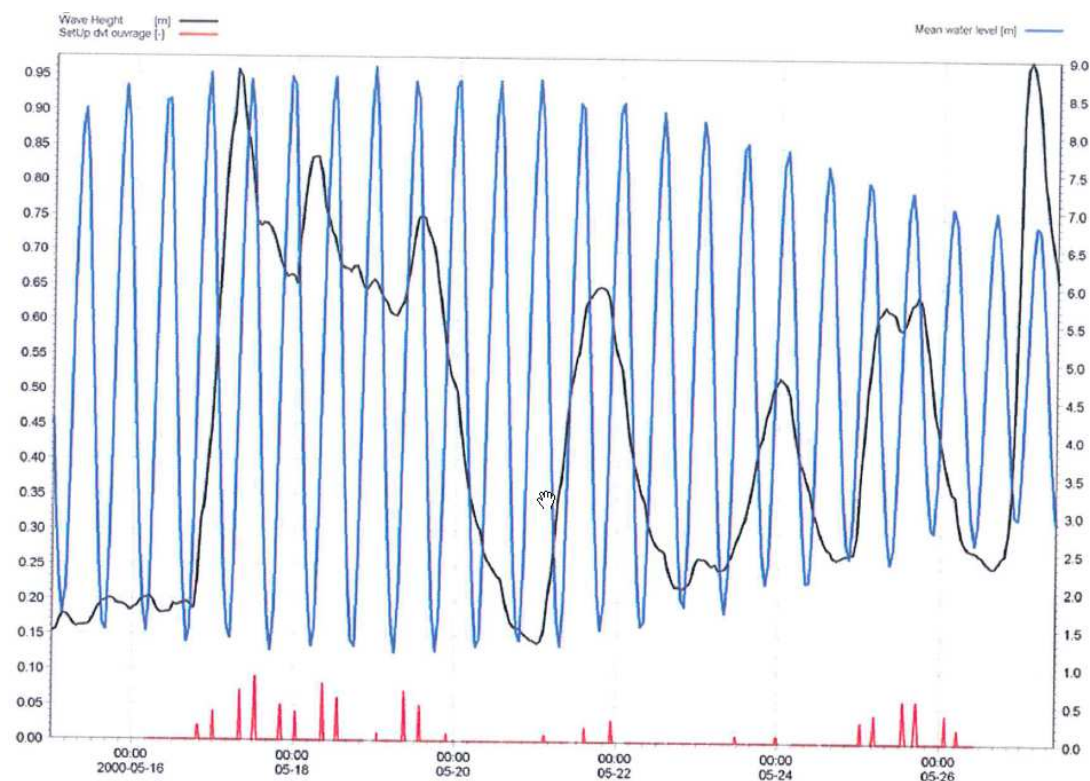


Figure 32 : Chronologie et caractéristiques de l'événement de mai 2000 (DHI, 2008)

3.7 Tempête du 10 mars 2008

NB : De nombreuses informations intéressantes sur la tempête du 10 mars 2008 ont été issues de l'article intitulé « Aspects météo-marins de la tempête du 10 mars 2008 en Atlantique et en Manche » [B1].

La tempête du 10 Mars 2008 a touché la pointe nord-ouest de l'Europe pendant une marée de vive-eau engendrant de nombreux dégâts et des cas de submersion sur les côtes nord-ouest de la France. La Haute-Normandie a été touchée dans la nuit du 10 au 11 mars 2008 durant la pleine mer et pendant le passage de la « traîne active ».

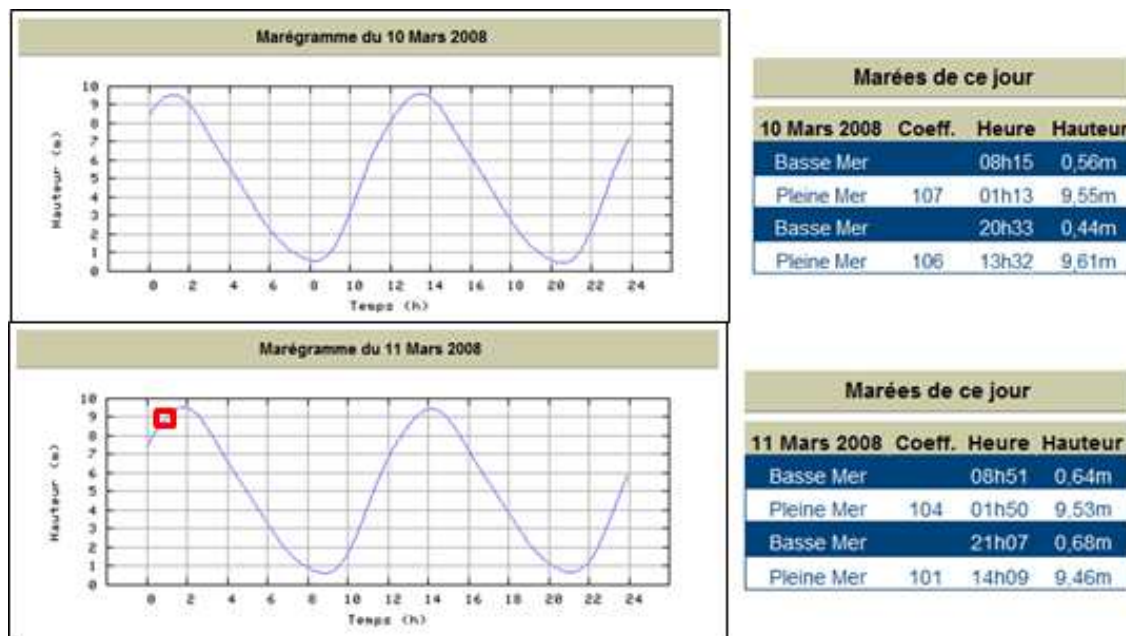
Les observations et les études réalisées sur cette tempête s'accordent sur le caractère exceptionnel du phénomène.

Le soir du samedi 8 mars 2008, quelques jours avant que la tempête ne touche les côtes de l'ouest de la France, une dépression prend naissance au niveau de Terre-Neuve, avec une pression en son centre de 1010 hPa. Elle se déplace assez lentement le long du 55e parallèle nord et atteint l'Irlande le 10 mars à 06 h 00 UTC. La trajectoire de la dépression est conforme à la configuration la plus fréquente du rail des dépressions, dite « zonale ».

Les niveaux d'eau ont atteint lors de cette tempête des valeurs inattendues. Ils étaient dus à la combinaison de phénomènes indépendants (surcote importante accompagnée d'une mer énorme et pleine mer de vive-eau). Les niveaux d'eau maximums à l'origine de la submersion

des côtes basses ont été à chaque fois précédés par le passage d'un front froid. Les vitesses de vent et les hauteurs de houles atteintes pendant cette tempête avaient une période de retour de deux ans. Les niveaux d'eau mesurés par les marégraphes du SHOM sur la façade Atlantique et sur la Manche avaient une occurrence de deux à cent ans.

En première approche de notre réflexion, voici le cycle de marée astronomique prédit par le SHOM le jour de la tempête (les valeurs sont fournies en CM, il faut soustraire 4,45m pour obtenir les valeurs en mIGN).



La figure suivante présente la surcote à Dieppe enregistrée lors de la tempête du 10 au 11 mars 2008.



Figure 33 : Surcote à Dieppe lors de la tempête du 10 au 11 mars 2008 ; données SHOM et DDE

Ainsi, la surcote au moment de la pleine-mer était de l'ordre de 60 cm. Le niveau d'eau enregistré était de +10,13 m CM, soit +5,68 m IGN.

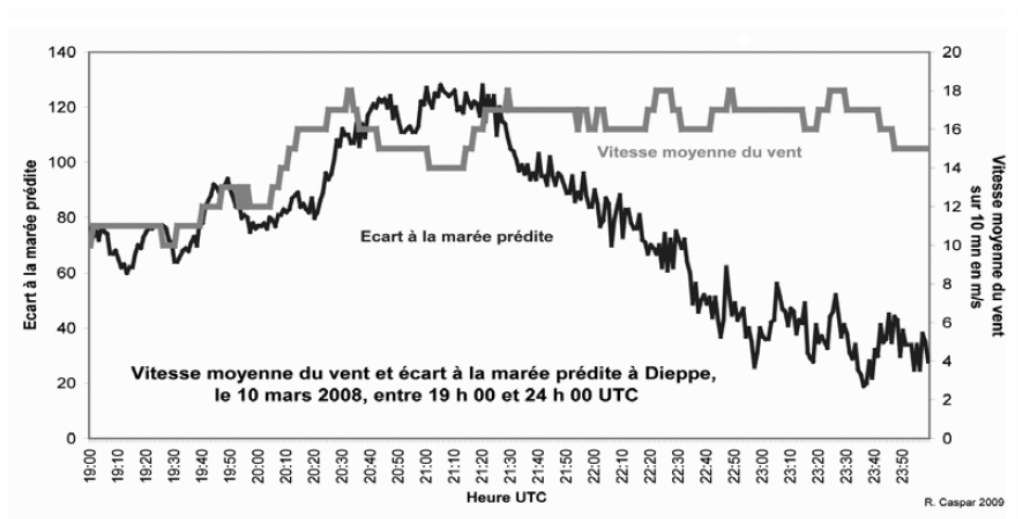


Figure 34 : Vitesse du vent moyennée (sur 10 minutes) et surcote à Dieppe le 10 mars 2008 ; Données Météo-France

Les caractéristiques de l'évènement historique du 10 mars 2008 retenues sur la plage de Pourville : $H_s = 3,9$ m, $T_p = 9$ s, $Dir = N280^\circ$ et $Niv = +5,68$ m IGN.

4 Niveaux d'eau

Le niveau de la mer est la conjugaison des trois phénomènes suivants : la marée astronomique, les surcotes (et décotes) et d'un Setup. L'élévation moyenne du niveau de la mer liée au réchauffement climatique va s'ajouter à ces 3 phénomènes.

4.1 Eléments de référence

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

4.2 Marée astronomique

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

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

La détermination des niveaux d'eau caractéristiques est issue du SHOM (« Références altimétriques maritimes – Edition 2012 », (cf. [C1])).

Les caractéristiques des niveaux de mer (en m NGF et m CM) dans le port de Dieppe sont données dans le tableau suivant :

Dieppe			
Cycles de marée	Abbréviations	Cote (m CM)	Cote (m NGF)
Plus Haute Mer Astronomique	PHMA	10.11	5.66
Pleine Mer de Vive Eau	PMVE	9.35	4.90
Pleine Mer de Morte Eau	PMME	7.40	2.95
Niveau moyen	NM	4.94	0.49
Basse Mer de Morte Eau	BMME	2.55	-1.90
Basse Mer de Vive Eau	BMVE	0.80	-3.65
Plus Basse Mer Astronomique	PBMA	-0.07	-4.52

Tableau 3 : Niveaux caractéristiques de la marée astronomique d'après l'annuaire des marées du SHOM (2011)

On constate que le marnage peut atteindre près de 10,2 m dans ce secteur d'étude.

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

- PMVE (Coeff. 95) = +9,35 m CM ou +4,9 m NGF,
- NM = +4,94 m CM ou +0,49 m NGF,
- BMVE (Coeff. 95) = +0,80 ou -3,65 m CM.

4.3 Surcote et décote

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

- Les facteurs météorologiques (pression atmosphérique et vent).
 - o Un vent de terre pousse l'eau vers le large et provoque une décote, alors qu'un vent de mer accumule l'eau au rivage et provoque une surcote.
 - o Une variation de 1 hPa en pression atmosphérique se traduit par une variation du niveau de la mer de 1 cm. Pour une dépression, on constate une augmentation du niveau de la mer (phénomène d'aspiration) et l'inverse pour un anticyclone (phénomène de pression).

L'analyse statistique des surcotes (DHI 2008) fait ressortir que la loi de Log-Pearson est la plus adaptée selon le coefficient de corrélation.

Période de retour [années]	Weibull	Log-Pearson type 3
1.00	0.517	0.501
5.00	0.737	0.712
10.00	0.839	0.825
50.00	1.088	1.156
100.00	1.199	1.336
PPCC1	0.959	0.974
PPCC2	0.971	0.993

Tableau 4 : Périodes de retour et hauteurs associées en m des surcotes (DHI, 2008)

4.4 Houles et Setup

La configuration du littoral : les effets dynamiques dus aux vents, aux courants, aux déferlements des vagues, etc... sont très dépendants de la morphologie du rivage.

Le déferlement de la houle à la côte : l'effet de set-up est fonction de la hauteur et de la période des vagues et peut atteindre des valeurs décimétriques lors des tempêtes. Cet effet est nul dans les ports car le déferlement est inexistant.

Les données de houle calculées par DHI en 2008 ont été extraites au point ci-dessous dont le référencement est en Lambert II. La modélisation du Setup s'est effectuée sur ce profil (cf. ci-dessous).



Figure 35 : Position du profil de plage devant l'épis buse pour le calcul du setup et du point d'extraction des données de houle (DHI, 2008)

Lors d'événement de tempête, le cordon de galets est lessivé par la houle et le sable interstitiel se retrouve sur l'estran sableux (observations du profil de tempête selon les relevés de Costa les 10 et 15 février 1996 sur la plage de Quiberville-sur-Mer). Ainsi, l'étalement du cordon s'effectue par le bas. A contrario en période de temps calme, l'engraissement sableux de l'estran va participer au redressement du profil et à la reconstitution de sa partie interne par percolation.

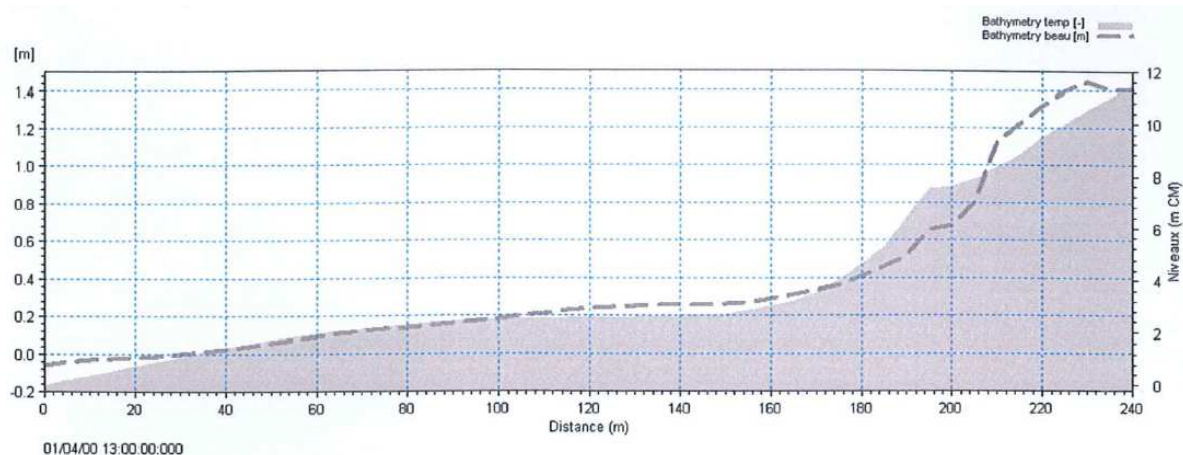


Figure 36 : Profils par beau temps et profil par tempête (DHI, 2008) utilisés

Les houles proviennent du Nord-Ouest essentiellement au droit de la plage de Quiberville-sur-Seine.

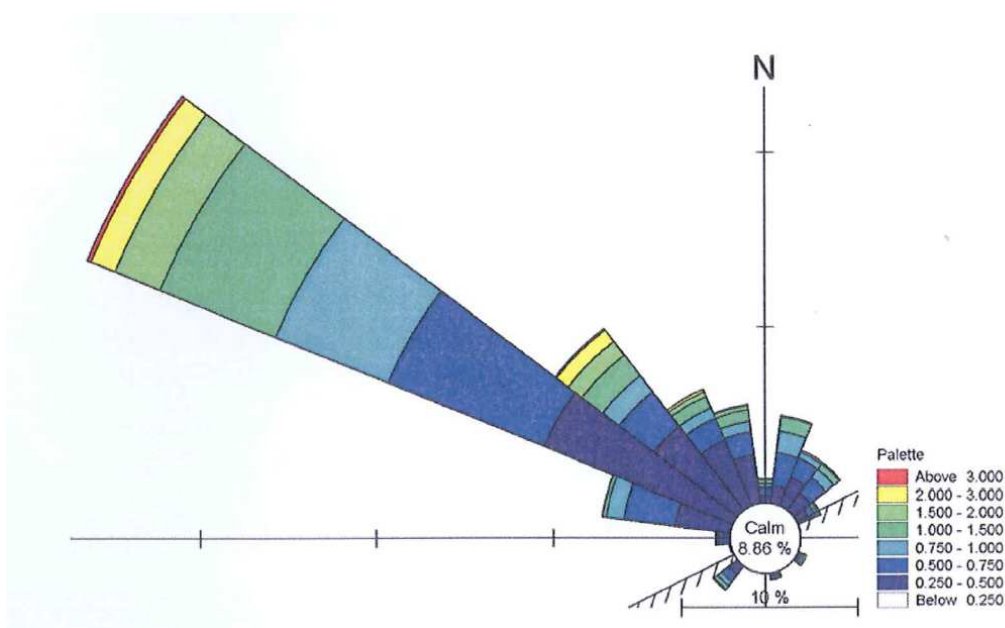


Figure 37 : Rose des fréquences des houles devant la plage de Quiberville-sur-Mer à partir d'une série de données sur la période de 1979-2001 (DHI, 2008)

L'analyse statistique des Setup (DHI 2008) fait ressortir que la loi de Pareto est la plus adaptée selon le coefficient de corrélation.

Période de retour [années]	Pareto Généralisée	Weibull
0.25	0.419	0.415
0.5	0.474	0.472
1	0.525	0.529
2	0.574	0.584
5	0.634	0.657
10	0.676	0.711
20	0.716	0.765
50	0.765	0.835
100	0.8	0.888
PPCC1	0.999	0.998
PPCC2	0.999	0.998

Tableau 5 : Périodes de retour et hauteur des setup extrêmes en m (DHI, 2008)

4.5 Niveaux d'eau extrêmes

Le SHOM a édité en 2012 un rapport intitulé « Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique) ». Cette version est la mise à jour du premier rapport édité en 2008. Le SHOM recommande de considérer, lorsque les deux valeurs de niveau sont différentes entre les deux versions 2008 et 2012, la valeur la plus sécuritaire.

Ce rapport indique pour les périodes de retour 5 ans, 10 ans, 20 ans, 50 ans et 100 ans les niveaux d'eaux extrêmes de pleine mer et de basse mer pour 18 ports de référence dont le port de Dieppe (37,7 ans de mesure : 01/01/1954 au 25/11/2009).

Ces niveaux sont présentés en m NGF et prennent en compte :

- Un niveau de marée PMVE : pleine mer de vives eaux (coefficient 95),
- Une surcote liée aux phénomènes météorologiques (vent + pression).

Précisons que ces valeurs ne prennent pas en compte :

- La surcote liée à l'action des vagues à la côte : phénomène de setup lié à la hausse du niveau de l'eau due au déferlement des vagues.
- La hausse future du niveau des mers due au réchauffement climatique. Dans le cadre d'un PPRL, il est signifié d'intégrer systématiquement au niveau marin de référence une surcote de 20 cm constituant une première étape de prise en compte du changement climatique (cf. [B3]).

Une actualisation des périodes de retour des niveaux extrêmes a été faite en 2007 (DHI, 2008) au droit de la plage de Quiberville-sur-Mer. Les cotes des niveaux extrêmes à Quiberville (SHOM, 2007) sont données dans le tableau ci-dessous.

Période de retour [années]	10	20	50	100
Cote maximale [m]	5.75	5.81	5.9	5.97

Tableau 6 : Période de retour des niveaux extrêmes à Quiberville-sur-Mer (SHOM, B. Simon)

Dans le cadre de ce PPRL, les cartes servant de référence sont celles de la Manche Est établit par le SHOM en 2008 et 2012.

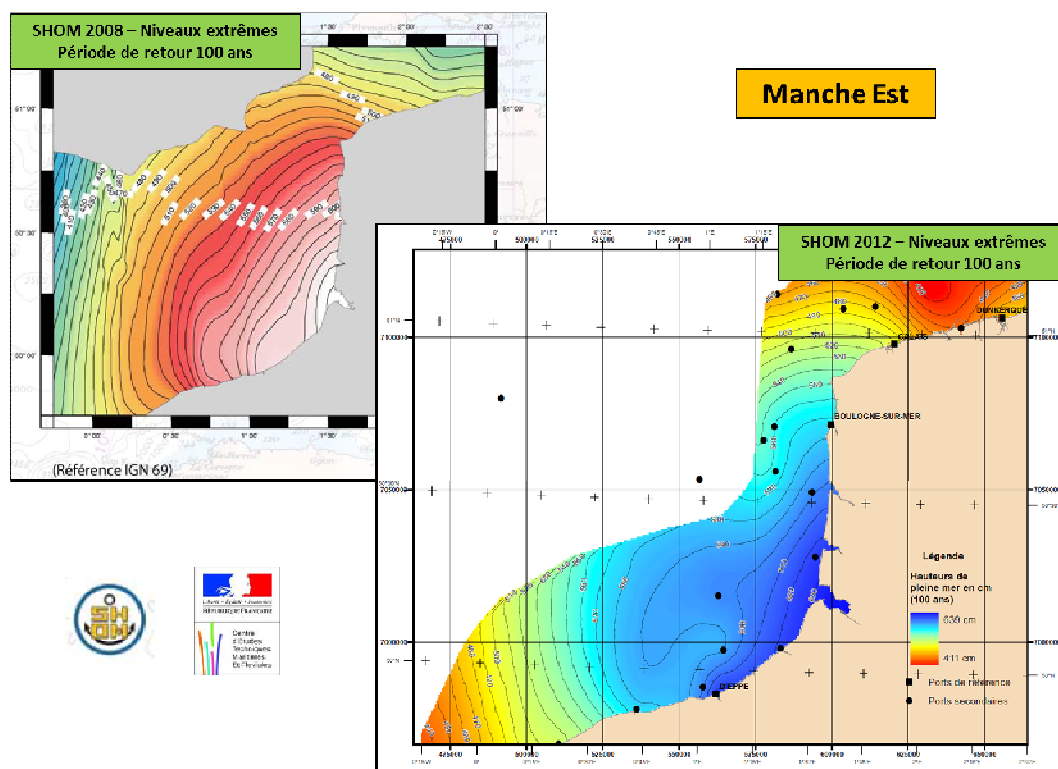


Figure 37 : Niveaux extrêmes de pleines mers en Manche (Nord de la France) – Période de retour de 100 ans (SHOM version 2008 et 2012)

Les niveaux extrêmes de pleine mers sur la plage de Quiberville-sur-Mer sont comprises entre :

- Les isobathes 5.9 et 6 m NGF pour la carte du SHOM 2008 ;
- Les isobathes 5.8 et 5.9 m NGF pour la carte du SHOM 2012.

Le guide PPRIL version 2014 recommande d'utiliser les niveaux extrêmes les plus élevés entre les 2 guides. Ainsi, les isobathes **5.9 et 6 m NGF sont retenus**.

La côte de 5.97 m NGF (DHI, 2008) sera donc retenue comme niveau marin extrêmes centennial.

4.6 Corrélation des niveaux d'eau extrêmes (marée+Setup)

L'analyse statistique donne plusieurs couples niveau / Setup pour une même période de retour, ici 100 ans.

Niveau (marée + surcote) [m IGN69]	Hs [m]	Setup [m]	Niveau extrême [m IGN69]
5.30	3.94	0.65	5.95
5.38	3.64	0.60	5.97
5.46	3.21	0.66	6.12
5.53	2.89	0.61	6.14
5.59	2.57	0.57	6.16
5.68	2.15	0.51	6.19
5.75	1.83	0.18	5.93
5.81	1.51	0.13	5.94
5.90	1.09	0.09	5.99
5.97	0.77	0.02	5.99

Tableau 7 : Période de retour centennale des niveaux extrêmes à partir de la corrélation Hs / Niveaux (DHI, 2008)

Le niveau extrême retenu est de 6.19 m NGF.

Il est obtenu avec un niveau 5.68 m NGF, une houle de 2.15 m et un setup de 0.51 m.

4.7 Etude sur le changement climatique et la hausse du niveau des mers

Suite à la conférence des Nations-Unies sur le changement climatique qui a eu lieu à Copenhague du 7 au 18 décembre 2009, une note a été rédigée en février 2010 par l'ONERC (cf. [B4]) (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique). La synthèse est présentée ci-après et concerne la prise en compte de l'élévation du niveau de la mer en vue de l'estimation des impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation possibles.

4.7.1 Recommandations de l'ONERC

Dans le cadre des études sur les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptation possibles, il y a lieu d'utiliser les hypothèses suivantes dans la prise en compte de l'élévation du niveau de la mer (cf. [B4]) :

- 3 hypothèses à l'horizon 2100 :
 - o Hypothèse optimiste : 0,40 m,
 - o Hypothèse pessimiste : 0,60 m (guide PPRL version 2014),
 - o Hypothèse extrême : 1 m.

Il convient d'utiliser la même hypothèse quelle que soit la zone étudiée.

4.7.2 Circulaire du 27 juillet 2011

La circulaire du 27 juillet 2011 (cf. [B3]), établie suite aux catastrophes provoquées par la tempête Xynthia de février 2010 concernant les risques de submersion marine préconise que : « les plans de prévention des risques littoraux devront intégrer un aléa calculé sur la base de l'hypothèse pessimiste d'augmentation du niveau de la mer à l'horizon 2100. »

Dans la dernière version du guide PPRL, 2 hypothèses de changement climatique sont à prendre en compte :

- 1 hypothèse en situation actuelle (guide PPRL version 2014) :
 - o + 20 cm
- 1 hypothèse à l'horizon 2100 :
 - o Hypothèse pessimiste : 0,60 m (guide PPRL version 2014),

4.7.3 Conclusion dans le cadre de notre étude

Les données existantes sur les tempêtes historiques au droit de la plage de Quiberville-sur-Mer donnent des niveaux marins inférieurs aux niveaux extrêmes centennaux estimés. **Ainsi, dans le cadre de ce PPRIL les niveaux extrêmes centennaux estimés seront retenus.**

Les niveaux à retenir sont les suivants :

	Etat actuel	A l'horizon 2100
Niveaux marins (marée+surcote) en m	5.68	5.68
Setup en m	0.51	0.51
Hausse niveau des mers (changement climatique) en m	0.20	0.60
Incertitude en m	0.25	0.25
Total en m	6.64	7.04

Tableau 8 : Niveaux de référence à prendre en considération dans le PPRIL de Saône

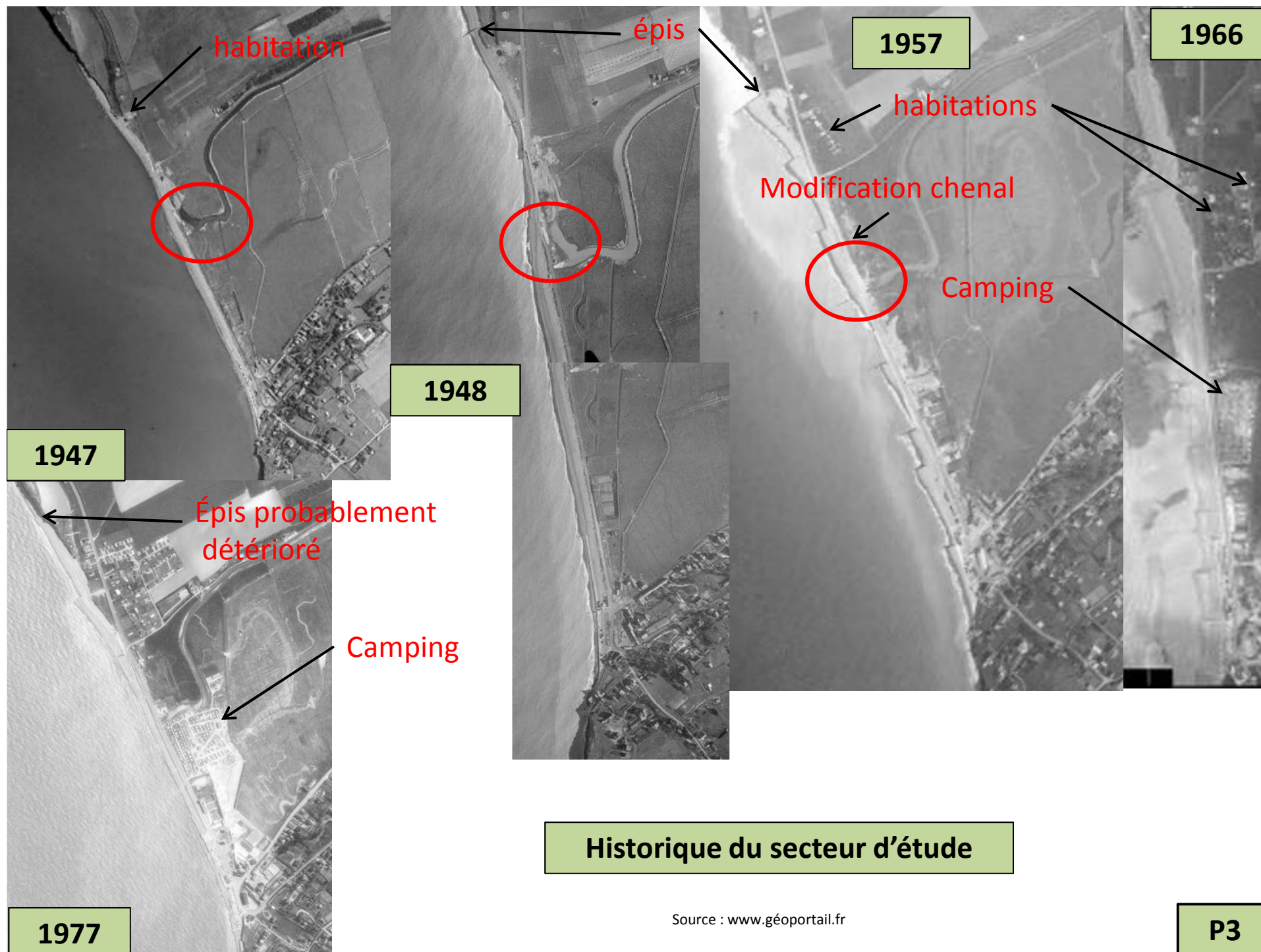
Dans le cadre de ce PPRIL les niveaux extrêmes à prendre en considération sont de 6.64 m NGF en état actuel et de 7.04 m NGF à l'horizon 2100.

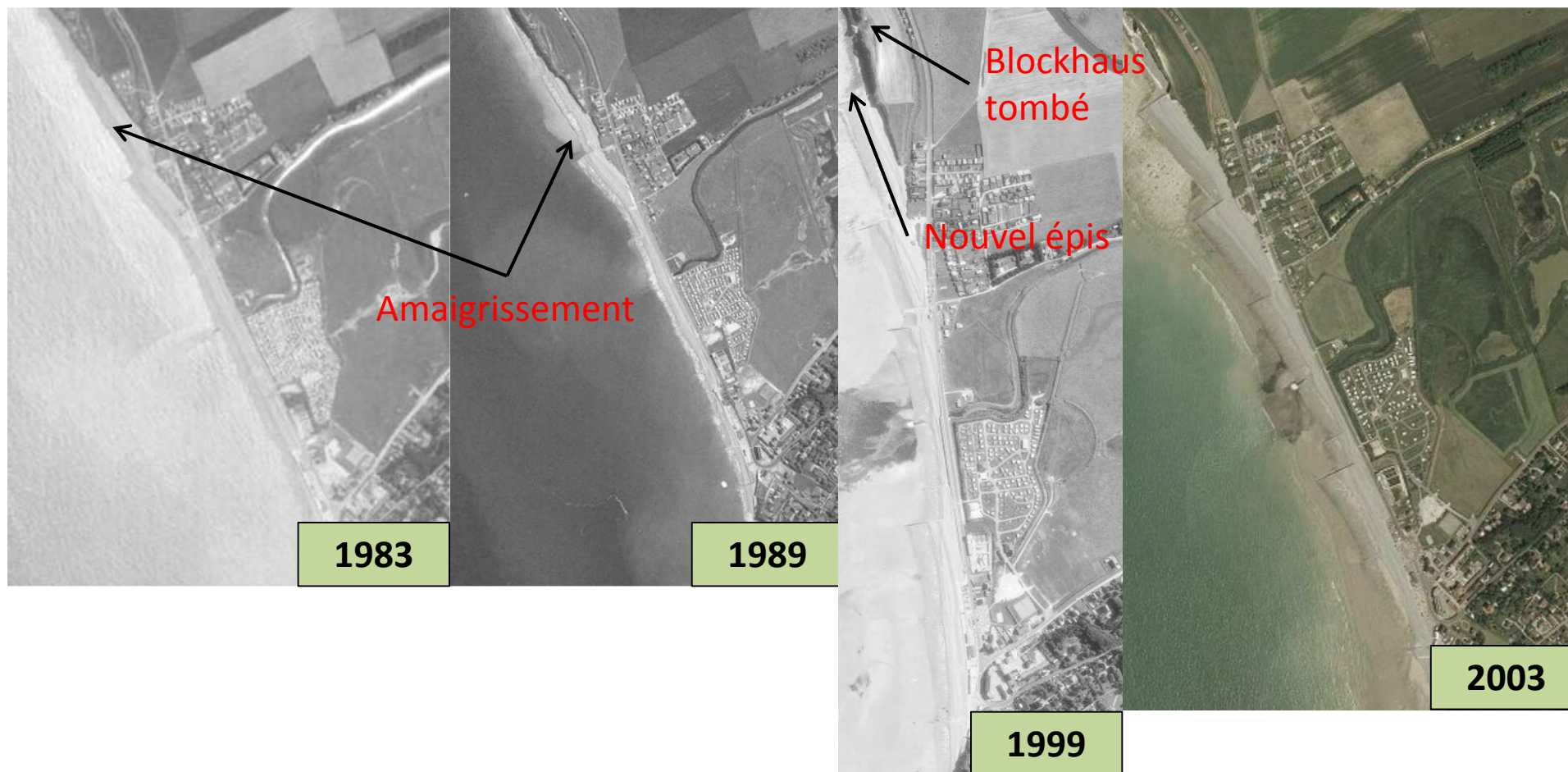
Reportage photographique de la visite du site du 02/09/2014 et du 06/11/2014



Localisation du secteur d'étude



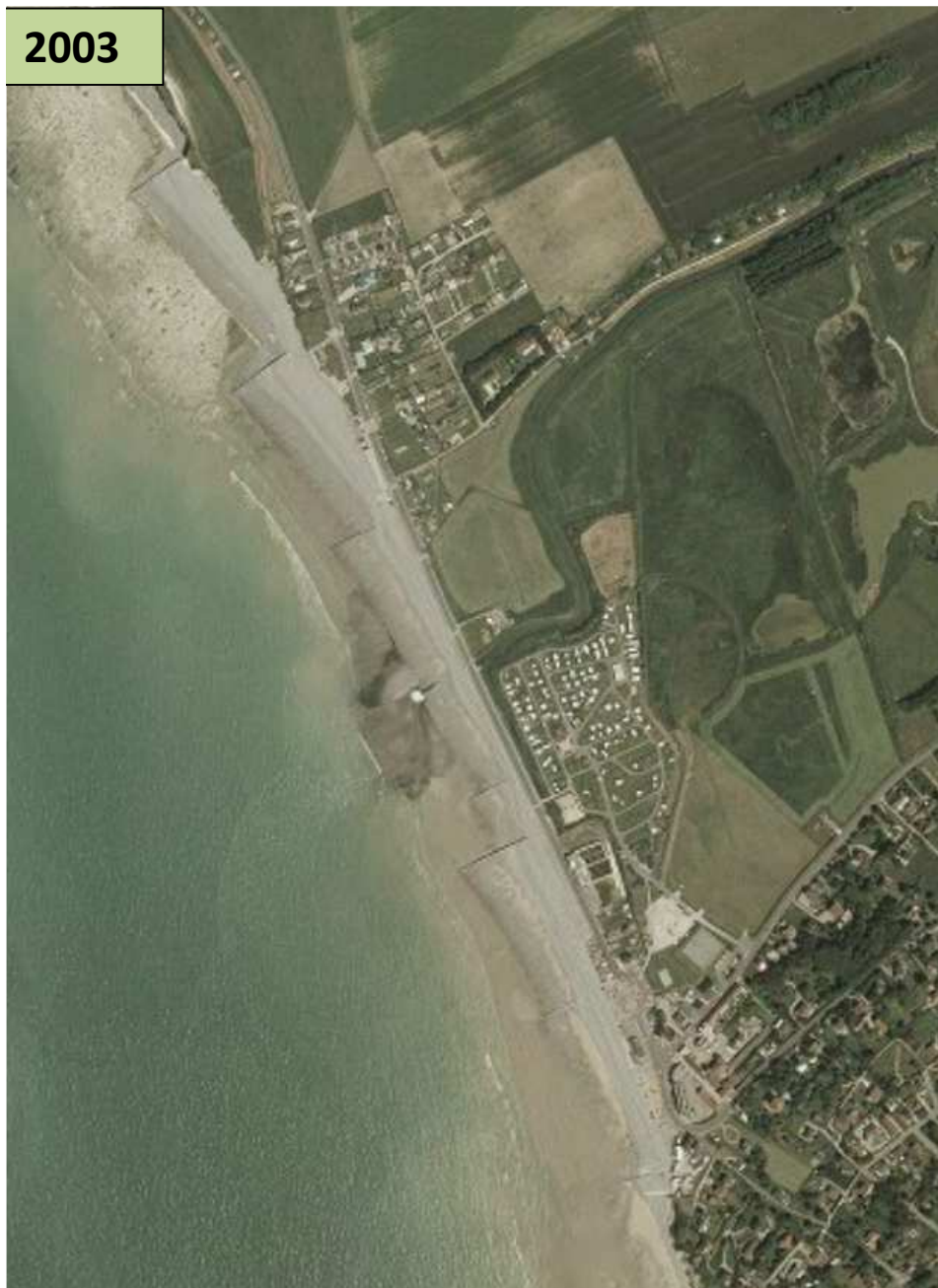




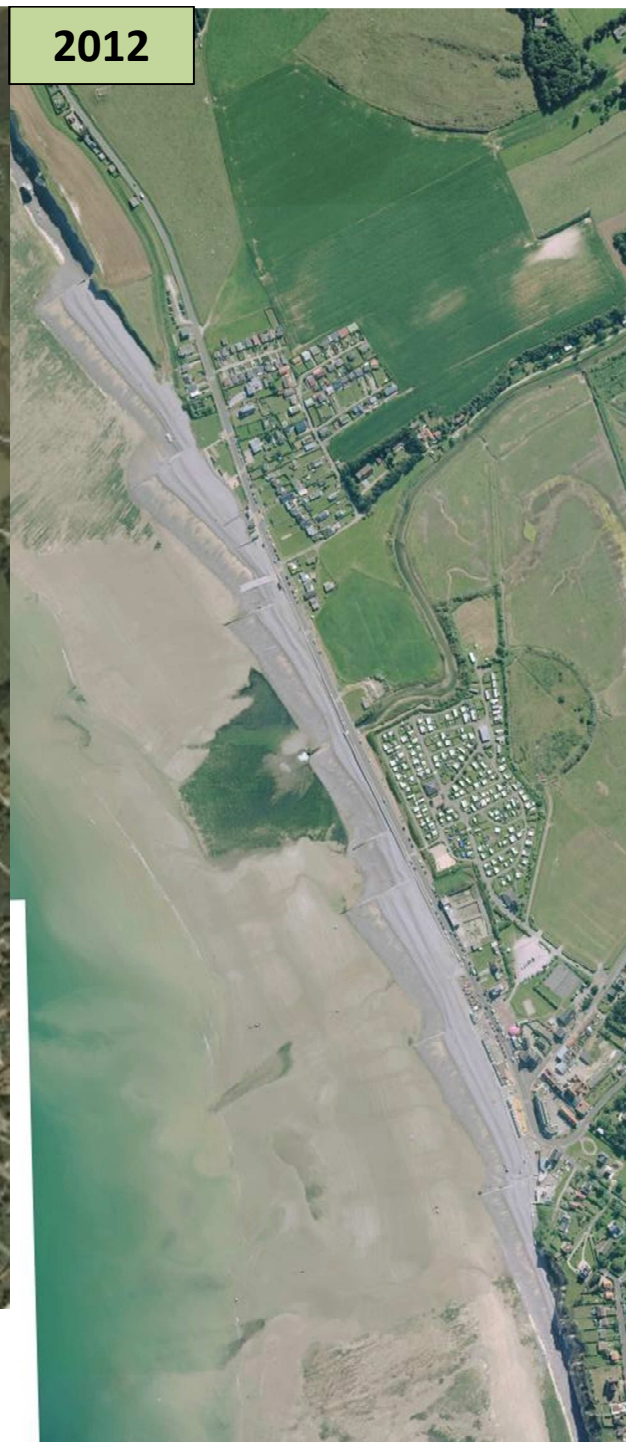
Historique du secteur d'étude

Source : www.geoportail.fr

2003



2012



Historique du secteur d'étude

Source : www.geoportail.fr

P5

Conditions de marée au moment des visites – Les 02/09/2014

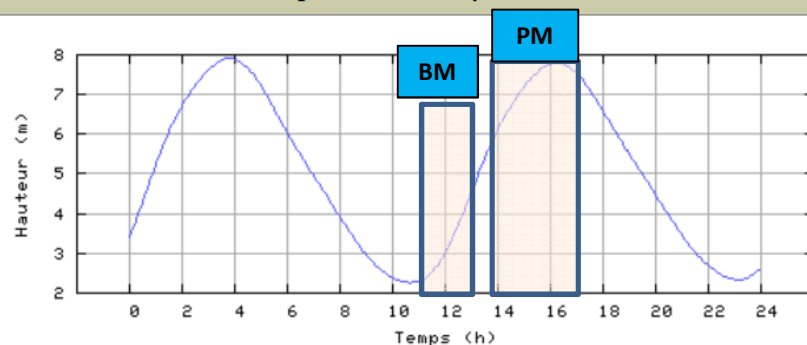
Port de Dieppe

Heures de visite

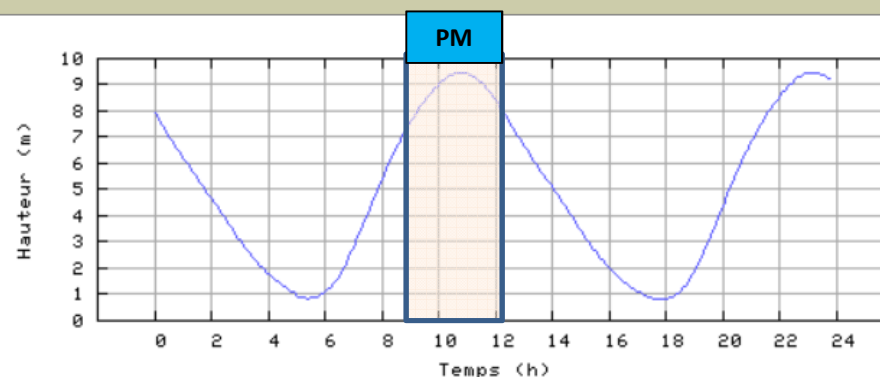
Visite technique

Visite avec les élus

Marégramme du 02 Septembre 2014



Marégramme du 06 Novembre 2014



Marées de ce jour

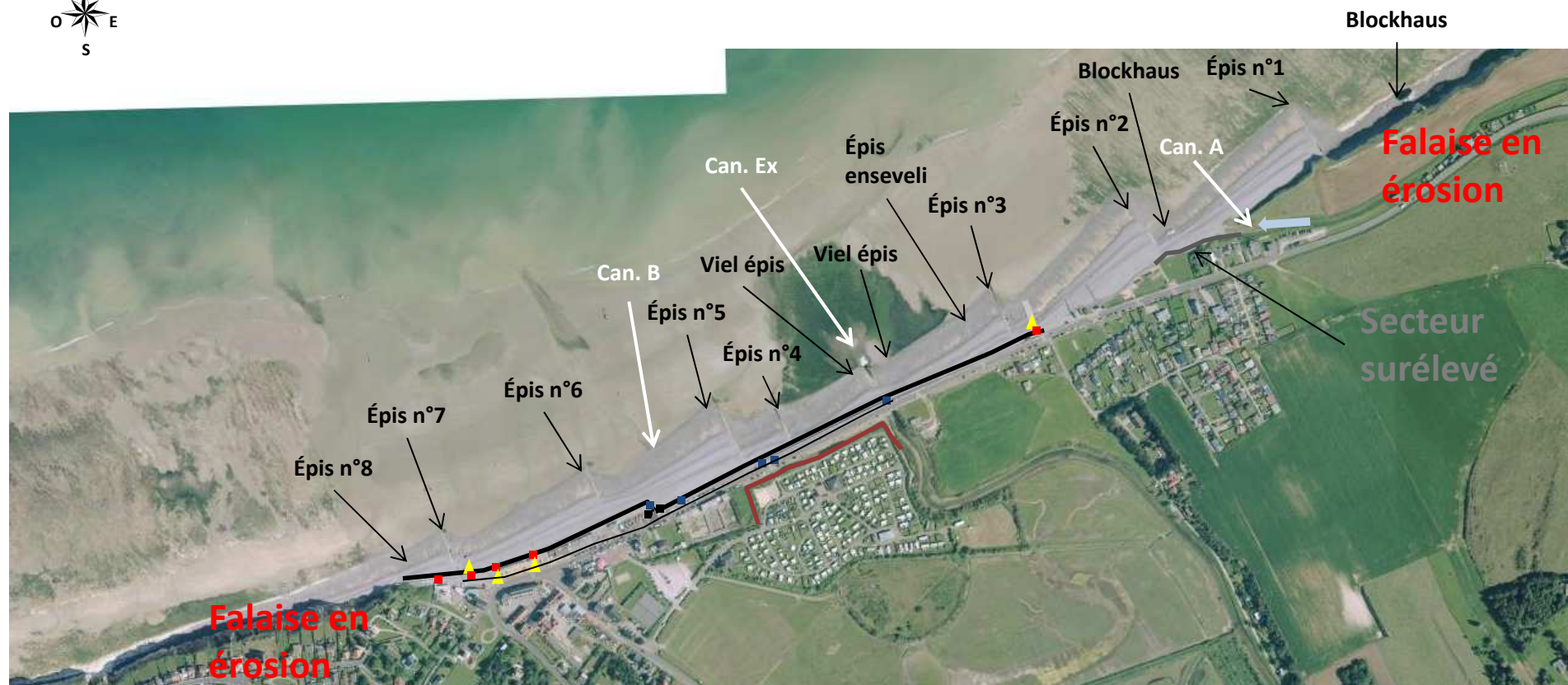
2 Septembre 2014	Coeff.	Heure	Hauteur
Basse Mer		10h40	2,27m
Pleine Mer	55	03h48	7,92m
Basse Mer		23h08	2,35m
Pleine Mer	50	16h14	7,79m

Marées de ce jour

6 Novembre 2014	Coeff.	Heure	Hauteur
Basse Mer		05h34	0,86m
Pleine Mer	98	10h58	9,48m
Basse Mer		18h00	0,80m
Pleine Mer	100	23h20	9,48m

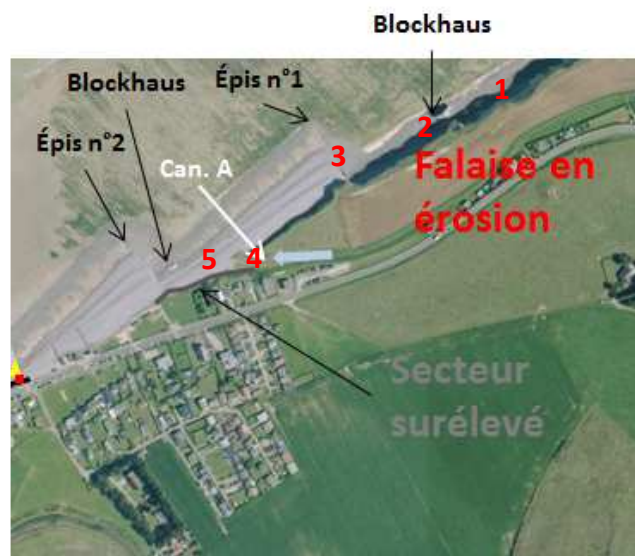
Source: SHOM: <http://www.shom.fr/les-services-en-ligne/predictions-de-maree/predictions-en-ligne/>

La visite du site a été réalisée à Basse-Mer et à Pleine-Mer. Les encarts **BM** et **PM** indiquent le niveau de marée au moment de la photo.



Légende

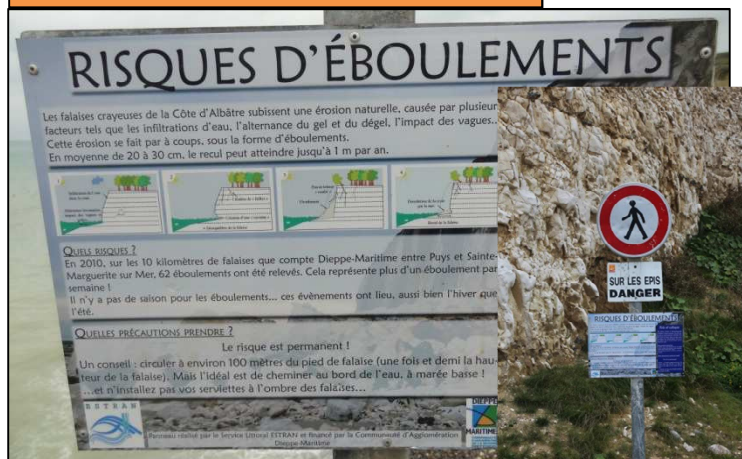
-  Digue du camping
-  Batardeau en place lors de la visite
-  Emplacement prévu pour batardeau
-  Ruissellement
-  Rampe d'accès à la plage
-  Perrés de haut de plage
-  Perrés coté terre de la digue



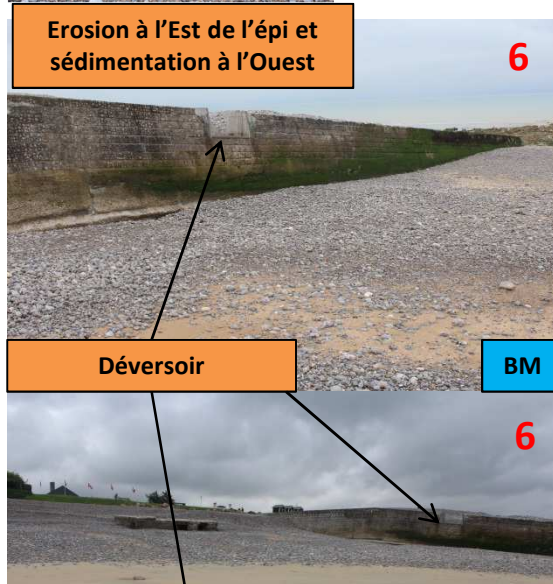
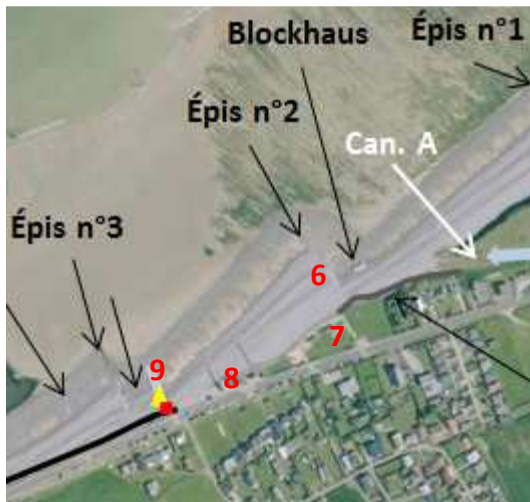
Blockhaus à la mer témoignant de l'érosion de la côte

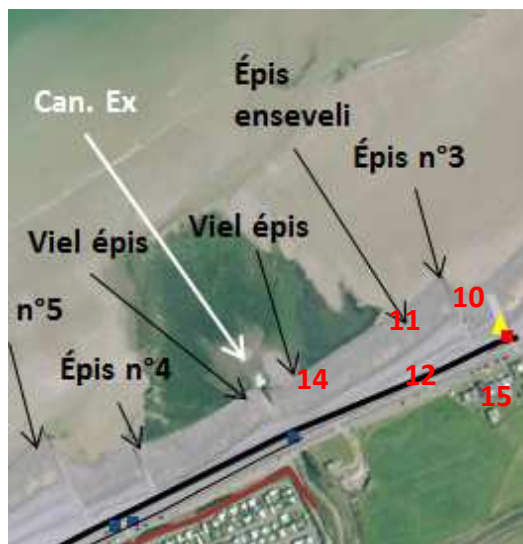
Epis n°1

Panneau de communication sur l'érosion des falaises et d'avertissement sur les risques d'éboulements



P8

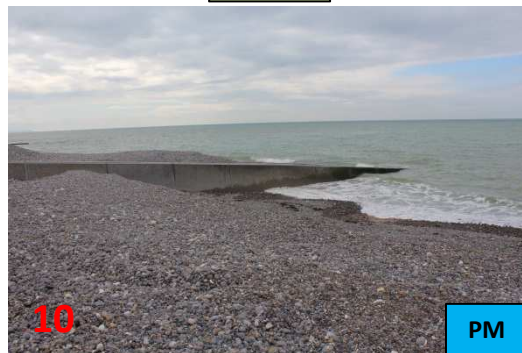




Vieil épis



Epi n°3

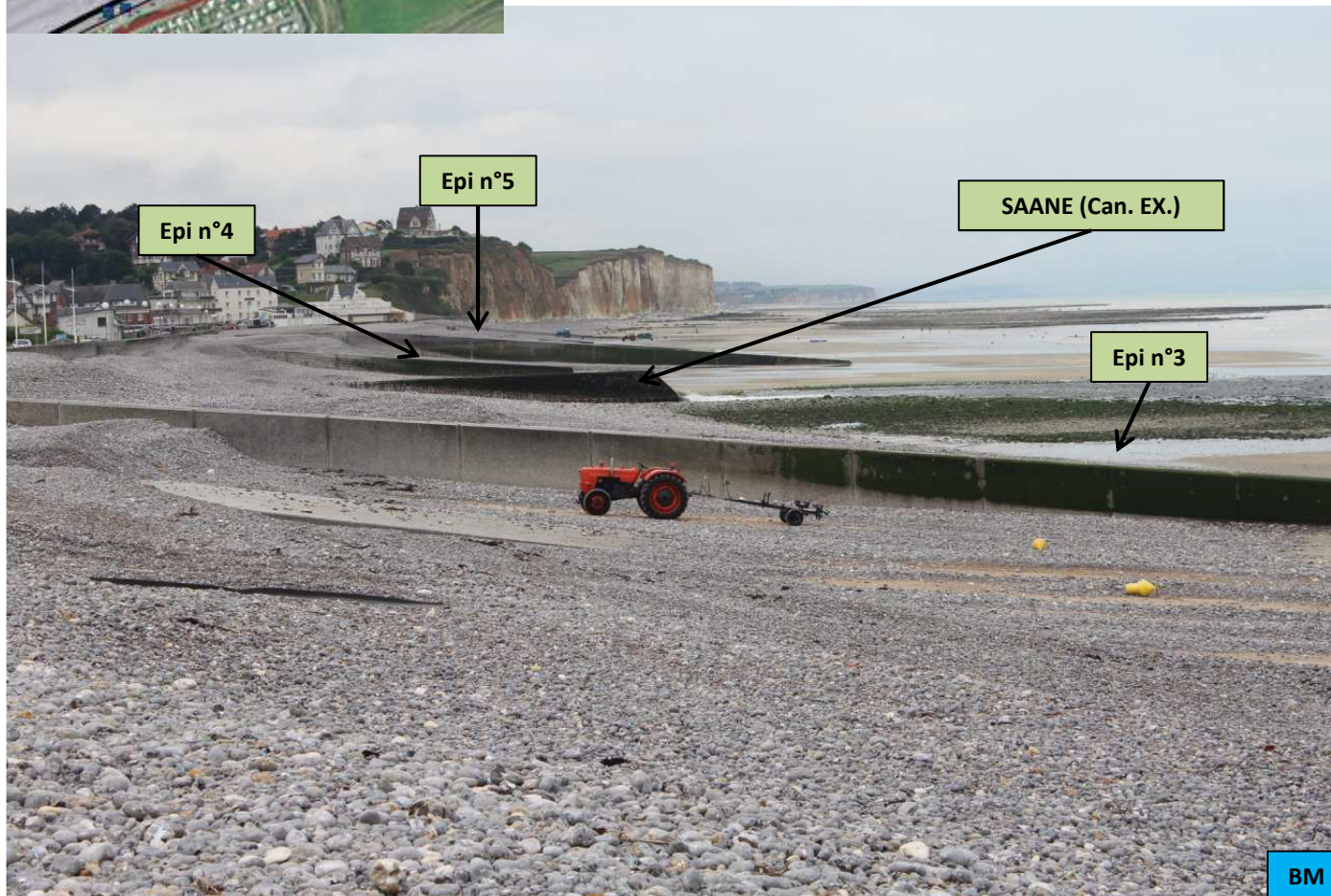
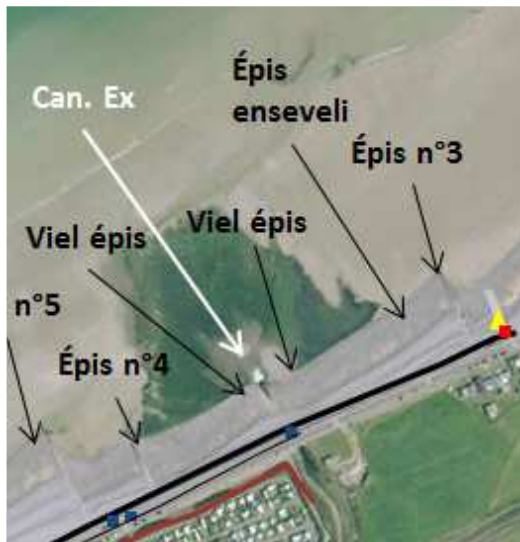


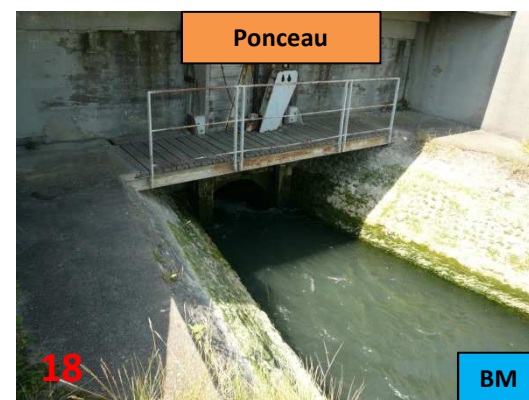
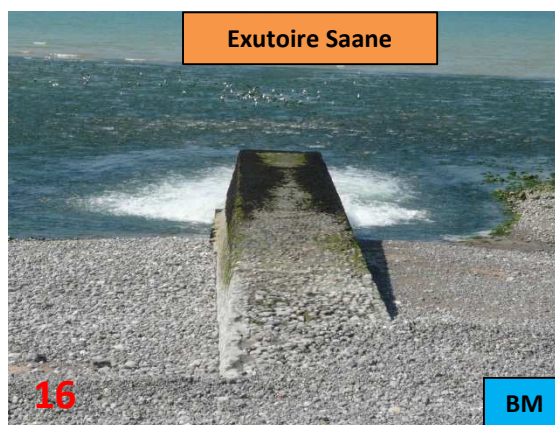
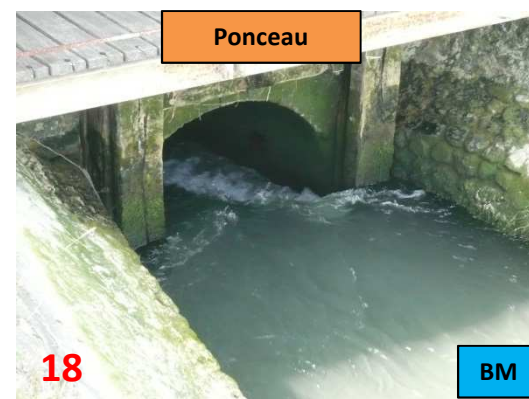
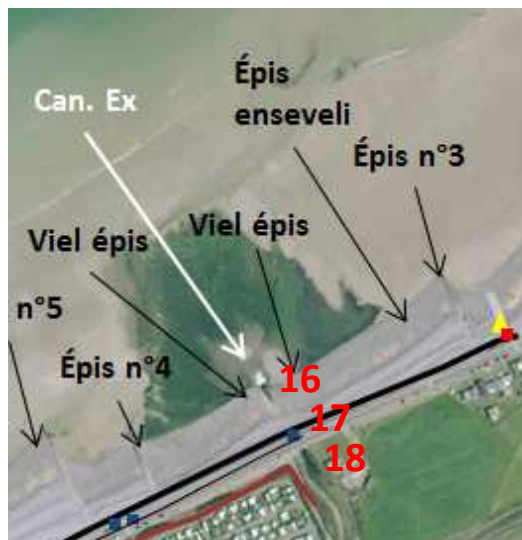
Epi enseveli

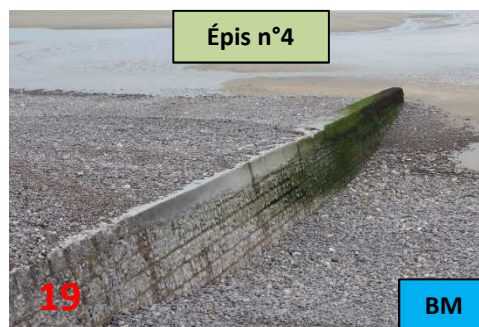
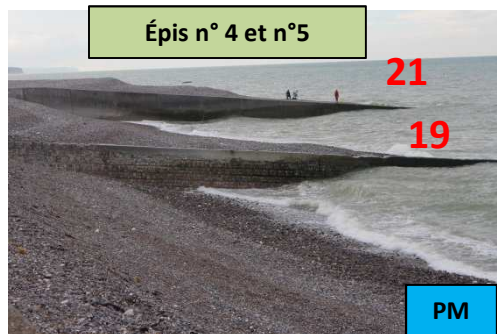
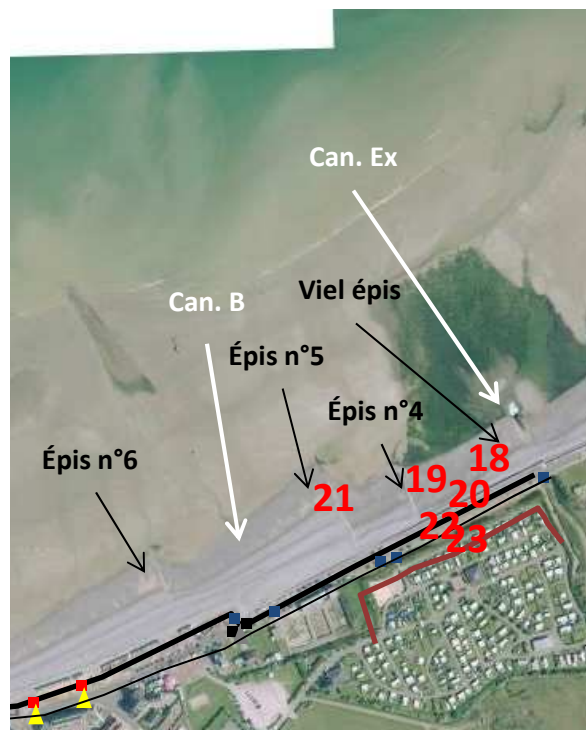


Digue route

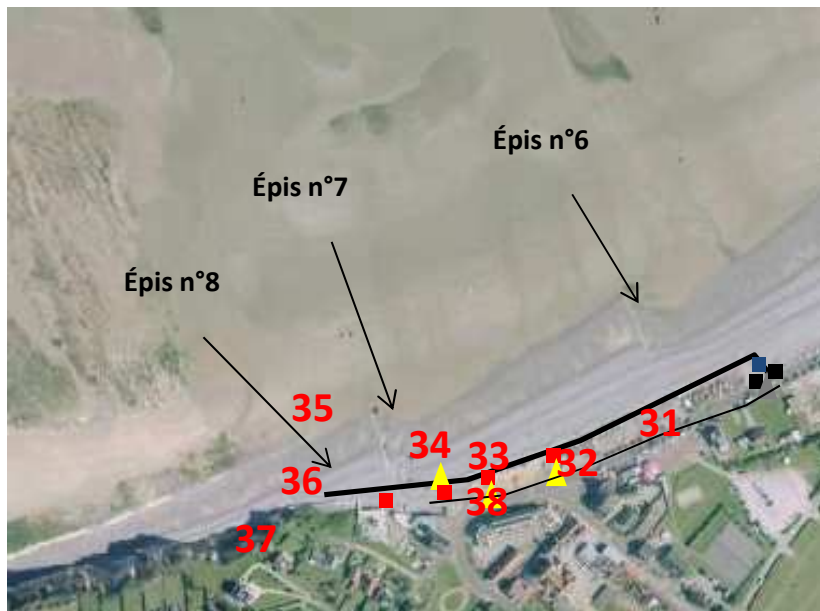












Panneau d'avertissement et éboulements

