



PRÉFET DE LA
MANCHE

Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Plan de Prévention des Risques Littoraux des communes de Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon et Genêts

Phase 1 : Analyse préalable du site



Janvier 2020 | v5

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	19/10/2018	Hydratec et SEPIA	Hydratec et SEPIA	98	Version provisoire de la phase 1
2	31/10/2018	Hydratec et SEPIA	Hydratec et SEPIA	94	Version complète de la phase 1
3	15/11/2018	Hydratec et SEPIA	Hydratec et SEPIA	98	Intégration des commentaires faits en COTECH et COFIL du 12/11/2018
4	21/01/2019	Hydratec et SEPIA	Hydratec et SEPIA	108	Version complète de la phase 1 après remarques des membres du COFIL
5	08/01/2020	Hydratec et SEPIA	Hydratec et SEPIA	108	Intégration des commentaires de la DDTM suite à l'OS n°6

TABLE DES MATIÈRES

0 Introduction.....	5
0.1 Contexte.....	5
0.2 Objectifs.....	5
0.3 Méthodologie.....	6
1 Analyse geomorphologique du site.....	8
1.1 Localisation.....	8
1.2 Contexte démographique et économique.....	9
1.3 Contexte topographique et géologique.....	10
1.4 Contexte sédimentaire.....	11
1.5 Structure du trait de côte.....	14
2 Recueil des phénomènes météo-marins.....	15
2.1 Températures.....	15
2.2 Précipitations.....	15
2.3 Vents.....	17
2.4 Houles.....	18
2.4.1 Houles aux larges	18
2.4.2 Houles à l'approche de la côte.....	21
2.5 Variations du niveau des eaux : marées et surcotes.....	22
2.5.1 Les marées.....	22
2.5.2 Surcotes.....	24
2.5.3 Niveaux marins extrêmes.....	26
2.6 Courantologie.....	28
2.6.1 Circulation générale.....	28
2.6.2 Les courants de marée.....	29
3 Hydrogéologie.....	31
3.1 Contexte.....	31
3.2 Remontée de nappe à Bréville-sur-Mer.....	31
3.3 Dans la zone d'étude.....	32
4 Hydrologie.....	33
4.1 Le Ru du moulin.....	34
4.2 Marais de la claire douve.....	34
4.3 Le Lerre.....	38
5 Analyse du transit sédimentaire.....	40
5.1A l'échelle des côtes mondiales.....	40
5.2A l'échelle de la baie du Mont-Saint-Michel.....	40
5.3A l'échelle du littoral de Saint-Jean-le-Thomas à Genêts.....	42
6 Analyse historique.....	43
6.1 Analyse cartographique du littoral	43

6.1.1	De l'empire romain au XVIIIème siècle.....	43
6.1.2	Du XIXème siècle à nos jours.....	46
6.2	Urbanisation.....	53
6.3	Aménagements littoraux et études effectuées.....	60
6.3.1	Chronologie des aménagements.....	61
6.3.2	Faisabilité d'un rechargement en sable de la plage de Saint-Jean-le-Thomas.....	62
6.3.3	Installation de six fascines.....	62
6.3.4	Impact de la mise en place d'un épi en 2016.....	63
6.4	Trait de côte de Saint-Jean-le-Thomas A Genêts.....	66
6.4.1	Structure du trait de côte.....	66
6.4.2	Evolution du trait de côte.....	66
6.4.3	Causes de l'évolution du trait de côte.....	70
6.4.4	Conséquences sur le Marais de la Claire Douve.....	71
6.5	Débordements des cours d'eau.....	72
6.5.1	Ru du Moulin.....	72
6.5.2	Marais de la Claire Douve.....	72
6.5.3	Le Lerre.....	73
6.6	Chronologie des événements tempétueux.....	74
6.6.1	De 1810 à 1900.....	75
6.6.2	De 1900 à 2000.....	76
6.6.3	De 2000 à aujourd'hui.....	85
6.6.4	Franchissement.....	96
6.6.5	Conclusion.....	97
7	Conclusion.....	100
8	Bibliographie.....	102

INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Lieu de développement économique, urbanistique ou encore récréatif, le littoral concentre les pressions sur un territoire restreint. Parallèlement, il est soumis à des phénomènes naturels tels que le recul du trait de côte, la submersion marine ou l'érosion des dunes qui en font un espace en mouvements constants générant dangers et fragilités. La vulnérabilité de ce territoire est connue depuis la fin des années 60 (cf. historique du site).

Afin de limiter la vulnérabilité des biens et des personnes, des plans de prévention des risques littoraux (PPRL) sont élaborés. Les effets de la tempête Xynthia de février 2010, l'événement climatique le plus destructeur depuis des décennies en France métropolitaine, ont révélé l'importance de poursuivre et de développer la mise en œuvre d'une politique de prévention des risques littoraux.

Les Plans de préventions des risques naturels prévisibles sont régis par les articles L 562-1 à L562-9 du Code de l'environnement. Le décret n°95 1089, modifié par les décrets n°2005-3 du 4 janvier 2005, n°2007-1467 du 16 octobre 2007 et la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010, précise les procédures et dispositions relatives à l'élaboration des plans de préventions des risques naturels prévisibles

La méthodologie suivie pour l'étude repose également sur les recommandations et directives décrites dans 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, sur le guide méthodologique relatif au Plan de prévention des risques littoraux (mai 2014) réalisé sous maîtrise d'ouvrage de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) et sur le guide PPRN de 2016.

1.2 OBJECTIFS

L'objectif du marché est l'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Littoraux pour les communes de Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon et Genêts. Les études menées par le groupement composé de SEPIA Conseils, Setec hydratec et l'Atelier de l'Ile doivent être réalisées à une échelle géographiques cohérente et traiter simultanément tous les aléas qui l'impactent : submersion marine, érosion du trait de côte et autres phénomènes concomitants (débordement de cours d'eau pour les zones estuariennes, ruissellement, remontée de nappe...).

La réalisation de cette étude comprend 5 phases :

- Phase 1 : Analyse générale du fonctionnement du littoral
- Phase 2 : Caractérisation de l'aléa de submersion marine et érosion
- Phase 3 : Définition des enjeux
- Phase 4 : Cartographie de zonage réglementaire
- Phase 5 : Assistance à la maîtrise d'ouvrage pour l'enquête publique

Ce rapport présente la première phase de l'étude qui a pour objectif d'analyser le fonctionnement du littoral et de décrire les phénomènes pour déterminer les aléas potentiels. Cette analyse devra également permettre de définir précisément le bassin d'étude à partir d'une analyse fine de la morphologie, de l'histoire, de l'évolution du trait de côte, des phénomènes météo marins, des systèmes hydrologique et hydrogéologique.

1.3 MÉTHODOLOGIE

Ce rapport s'appuie sur une synthèse biographique reposant sur les documents cités dans l'annexe 13 fournis par la DDTM50, les interlocuteurs privilégié ou issues de nos propres recherches. Cette synthèse s'appuie également sur les observations de terrains et les rencontres avec les parties prenantes de l'étude et des experts (cf. annexe 12) ainsi que sur l'étude réalisée, par Hydratec en 2014, du marais de Dole¹

Plusieurs visites de terrains ont été menées par les équipes de Setec hydratec, SEPIA Conseils et l'Atelier de l'île afin de mieux comprendre le fonctionnement du site, et d'identifier d'éventuels problèmes ou point singuliers sur le secteur d'étude jusqu'alors inconnus. Ces visites ont également permis de constater l'évolution du site depuis les dernières informations fournies et de récupérer de nouvelles données à travers la prise de mesure sur le terrain ou la rencontres d'intervenants, tant sur l'aspect du côtier que continental.

Les différents intervenants de par leur connaissance approfondie de la zone d'étude ont fournies des informations précieuses ainsi que des contacts pouvant apportées une expertise pertinente dans le cadre du PPRL.

Les visites ont eu lieu le 09/02/2018, un mois après la tempête Eleanor, le 12/07/2018 et les 17, 18, et 19/07/2018 du côté d'Hydratec.

- Le 12 juillet a eu lieu la rencontre avec M Travert, représentant de l'Inter-SAGE. M. Travert fait état de problèmes d'envasement dans la baie du Mont Saint-Michel, aux exutoires des différentes rivières, et donc notamment au droit de la Claire Douve.
- Le 18 juillet 2018 s'est déroulée la rencontre avec Mme Genin (SMBCG), M. Eychenne (SMBCG), M. Grivaud (Conservatoire du Littoral) et M. Bion (SYMEL). Les intervenants ont mentionné différentes études, ayant été menées sur le périmètre du PPRL. Cette rencontre s'est accompagnée d'une visite de plusieurs sites de Saint-Jean-le-Thomas jusqu'à la porte à flot en passant par le marais de la Claire Douve.

¹ Rapport de phase 1 – PPRL Marais de Dol de Bretagne, Hydratec, 2014

Le compte-rendu de ces rencontres est détaillé en annexe 14.

- Le 18 juillet, M. et Mme Laigre ont présenté leurs collections de carte postales. Environ dix cartes postales du littoral de Saint-Jean-le-Thomas ont été retenues afin d'avoir un aperçu historique global du trait de côte depuis le début du XX^{ème} siècle.

Ainsi, les visites de terrains ont permis d'effectuer un diagnostic de l'état actuel du domaine d'étude (carte diagnostique du site en annexe 4).

Les rencontres avec les intervenants ont permis d'élargir le champ des informations disponibles pouvant être incorporées dans ce document.

Les ouvrages littoraux et continentaux, leurs caractéristiques géométriques et états, en travers du Ru du Moulin, de la Claire Douve, de la Chantereine et du Lerre ont été identifiés, pris en photo et géoréférencés à l'aide de la technologie *Cartolander*, un outil de SIG de terrain connectable par GPS.

Le trait de côte entre le Nord de la cale Saint-Michel à Saint Jean-le-Thomas jusqu'au Nord de Genêts a été mesuré en crête de dune et géoréférencé avec la même technologie. La précision est de l'ordre d'une dizaine de centimètres.

L'ensemble des relevés de terrains sont présentés en annexes dans des fiches ouvrages reprenant la position géographique, la géométrie, l'état et des photos de l'ouvrage, des désordres ou singularités rencontrés (cf. annexes 7 à 11).

Deux relevés piézométriques ont été effectués dans un puit à proximité de la côte sur la commune de Dragey-Ronthon (cf. fiche ouvrage continental « autres » n° 1). Cependant, le puit est probablement bouché ou n'est pas soumis au régime des marées puisque les deux mesures prises à plus de 7 h d'intervalle sont identiques.

Les cartes postales fournies par M. Laigre sont utilisées pour l'analyse historique du trait de côte.

2 ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE DU SITE

2.1 LOCALISATION

Le domaine d'étude se situe au Nord-Est de la Baie du Mont-Saint-Michel et au Sud-Ouest du département de la Manche, Normandie, entre les villes de Granville, au Nord, et d'Avranches, au Sud.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source : Geoportail)

Il s'étend sur les communes de Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon et Genêts. Toutes trois sont intégrées à la Communauté d'Agglomération Mont-Saint-Michel-Normandie depuis le 1er janvier 2017, au sein du Pôle territorial d'Avranches, et adhèrent au Syndicat Mixte des Bassins versants des Côtiers Granvillais (SMBCG).

Ces communes sont situées dans la baie du Mont-Saint-Michel, classée au Patrimoine mondial de l'UNESCO. Le domaine d'étude s'étend sur 9,8 kilomètres de linéaire côtier dont 2 km appartenant à la commune de Saint-Jean-le-Thomas, 3 km à Dragey-Ronthon et environ 4,8 km à la commune de Genêts.

Le domaine d'étude comprend le système dunaire entre les falaises rocheuses de Champeaux (+90m IGN69), au Nord de Saint-Jean-le-Thomas, jusqu'au Bec d'Andaine sur la commune de Genêts, à la limite du domaine estuarien de la Baie du Mont-Saint-Michel. Il se prolonge plus au Sud, jusqu'en limite de commune de Genêts.



Figure 2 Périmètre de la zone d'étude (Fond de carte : Orthophotos 2015)

2.2 CONTEXTE DÉMOGRAPHIQUE ET ÉCONOMIQUE

L'ensemble des trois communes : Saint-Jean-Le-Thomas, Dragey-Ronthon et Genêts, représente 27% de la superficie totale du territoire cantonal (8 900 ha). La commune de Saint-Jean-Le-Thomas, plus petite en surface : 238 hectares, marque une certaine pression foncière à travers une densité affichée² de 178 habitants/km².

L'évolution démographique de ces communes présente une légère augmentation. La population de Dragey-Ronthon est en progression avec une population totale en 2015 de 817 habitants. Alors que la commune de Genêts, présente une population de 431 habitants et celle de Saint-Jean-Le-Thomas 423 habitants cette même année (cf. chapitre Urbanisation).

L'économie est principalement tournée vers le tourisme et l'agriculture. L'élevage et l'entraînement de chevaux est une activité particulièrement importante à Dragey-Ronthon comme

² INSEE, 2015

le confirme la présence de nombreux éleveurs, de structures d'exploitation et les nombreuses pistes d'entraînements.

2.3 CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

Le domaine d'étude est limité au Nord par Saint-Jean-le-Thomas et les falaises rocheuses de Champeaux (+90m IGN69) du massif de Carolles qui sont constitués de granodiorites ceinturés par une auréole de métamorphisme³.

D'après Glâtre et Meunier⁴ (2013), au sud, « le sol est principalement constitué de sables biolithoclastiques sur des plages et dunes à faciès de houle, reposant sur des vestiges de tangles à faciès de schorre et slikke (-1050 BP) et sur un ancien niveau marécageux avec arbustes⁵, daté à environ -1700 BP. Les dunes de la zone sont principalement composées de sables à 60% détritiques. Ils sont essentiellement éoliens et la construction des dunes pourrait avoir débuté dès le XIIIe siècle ».

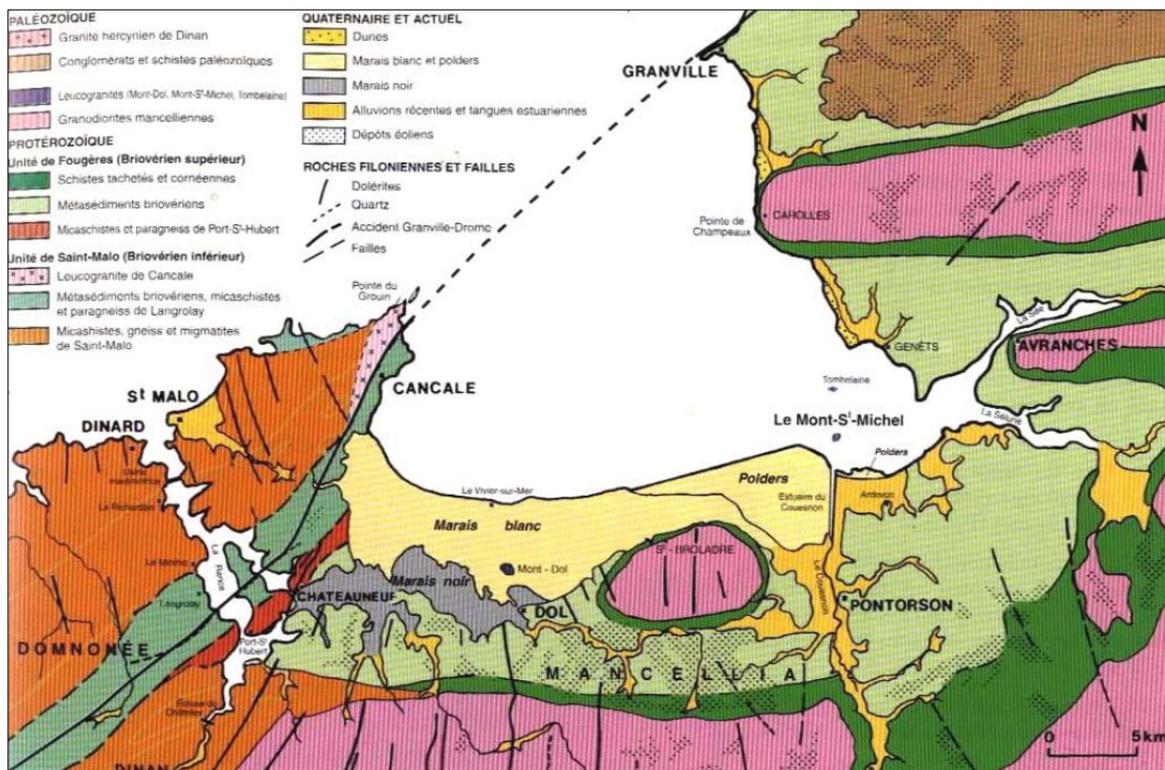


Figure 3 : Schéma géologique de la partie continentale de la baie du Mont Saint-Michel et de la vallée de la Rance (COURTOIS, CALINE, L'HOMER, & VOT, 2002)

L'entre deux se situe dans un contexte de plaine littorale bordée à l'Ouest par un cordon dunaire plus ou moins développé. Ce système protège une zone de marais rétro-littoral traversé par le Ru du Moulin au Nord et la Claire Douve du Nord au Sud. La zone est en dépression (point bas situé à +5 m IGN69) puis la topographie augmente en direction de l'Est. Ce vaste espace de

³ Tessier, 2003 d'après Larsonneur, 1989 ; L'Homer et al., 1999

⁴ GLATRE T., MEUNIER F. (2013) – Projet d'Ingénierie du Littoral : Lutte contre le recul du trait de côte et l'aléa submersion. Exemple de Saint-Jean-le-Thomas (50)., 35p., 11 fig., 3 tabl., 9 ann., 2013.

⁵ L'Homer, 1999

zone humide est artificiellement isolé des intrusions marines par la présence d'une digue (crête altimétrique comprise entre 8 et 9 m IGN69) et d'une vanne à crémaillère au Sud du marais, au lieu-dit « Les-Corvées ».

Les faciès littoraux rencontrés sont de type plage avec des sables moyens à débris coquillers, et des dunes constituées de sables fin à moyen. Au Sud se trouve la commune de Genêts, traversée d'Est en Ouest par la rivière « Le Lerre ».

2.4 CONTEXTE SÉDIMENTAIRE

La notice de la carte géologique⁶ de la Baie du Mont Saint-Michel mentionne que l'amplitude exceptionnelle des marées de vive eau (14 mètres, exceptionnellement 15 mètres) explique l'extension spectaculaire de l'estran. Ce dernier est fait de sables, de graviers parfois, de vases et de tangues, sillonné par les chenaux de marée qui prolongent vers le large les chenaux des rivières⁷. Si l'on inclut les schorres, la superficie de l'estran à basse mer de vive eau est d'environ 250 km².

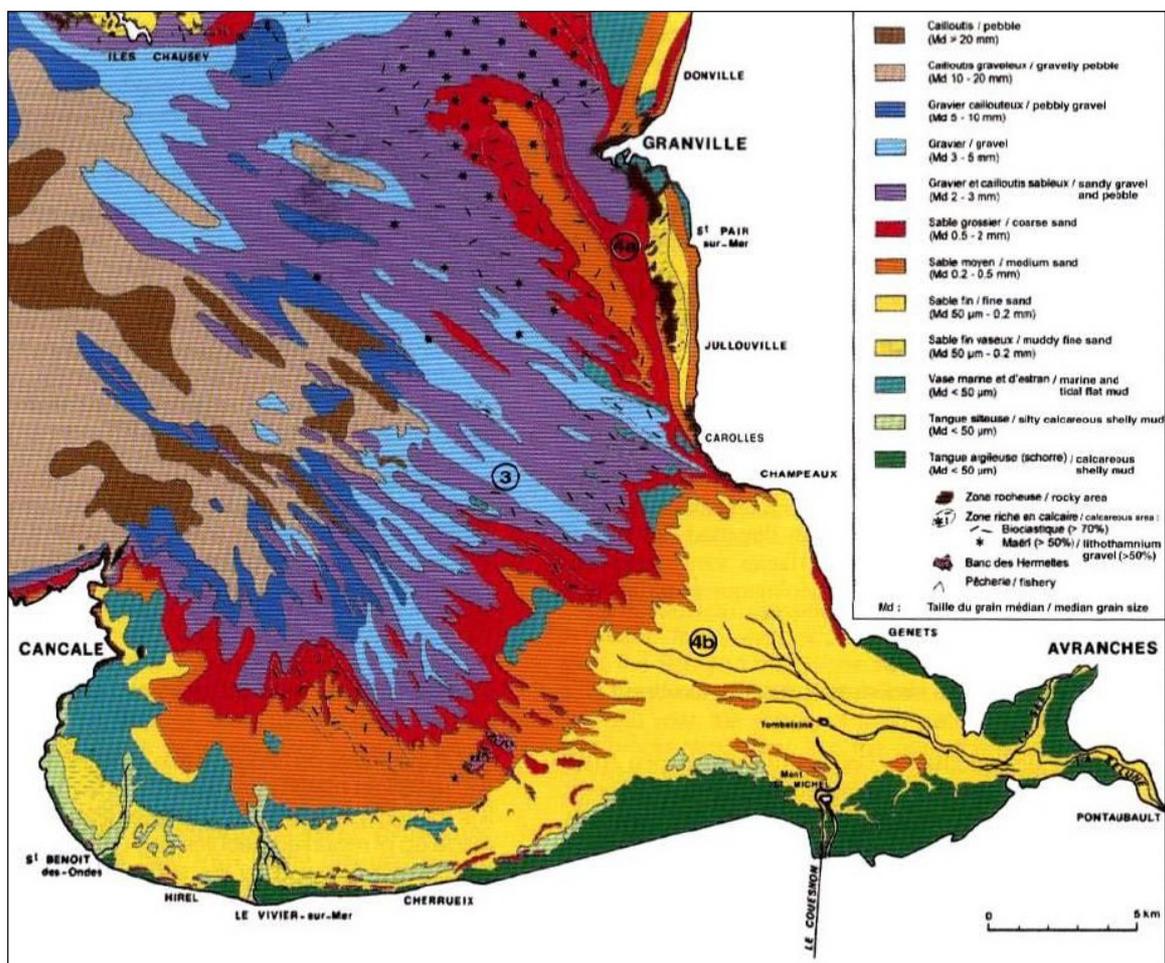


Figure 4 Distribution des sédiments superficiels dans la partie méridionale du golfe Normand-Breton (L'HOMER et Al, 1999)

⁶ BRGM, 1999

⁷ Elhai, 1967

La montée du niveau marin a entraîné une transgression et la migration des sédiments des fonds vers la baie du Mont Saint-Michel. Le processus de colmatage naturel de la baie a débuté il y a 8000 ans, et se poursuit encore aujourd'hui. Les dépôts de sédiments⁸ sont estimés au cours de cette période à près de 10 milliards de m³ pour l'ensemble de ce domaine, soit une moyenne annuelle de l'ordre de 1250000 m³. Actuellement, le remblaiement se poursuit sur la zone intertidale.

Au sein de la baie du Mont Saint-Michel, on note une diminution de la taille des sédiments du large vers le rivage. Le tri progressif des sédiments depuis les galets à l'entrée de la baie jusqu'aux tangues argileuses des parties internes des schorres traduit une réduction progressive de l'énergie de transport des sédiments par les eaux marines lors du flot, et localement par les houles.

Les côtes de la Manche se décompose en plusieurs cellules et sous-cellules hydrosédimentaires comme en témoigne la carte synthétisant les travaux de l'IFREMER (2004), Bellesort & al. (1994) et Levoy & al. (1994) :

Figure 5 : Cellules et sous cellules hydrosédimentaires dans la baie du Mont Saint-Michel (Source : ROLNP)

La zone d'étude fait ainsi partie d'une seule et même cellule qui se décompose en trois sous-cellules :

- La sous-cellule de Jullouville ;
- La sous-cellule de Dragey ;
- La sous-cellule de la baie du Mont Saint-Michel.

⁸ Verger F., 2009

Les deux dernières composent la zone couverte par le présent PPRL allant respectivement de la pointe des Champeaux (Sud de Jouville) à la flèche sableuse du bec d'Andaine, et de cette même flèche sableuse et comprenant tout le fond de la baie jusqu'à la Pointe du Grouin (au Nord de Cancale). Elles se caractérisent par un transit sédimentaire résultant provenant du nord et se dirigeant vers le fond de la baie.

Selon Billeaud⁹ (2006), L'estran de la Baie du Mont Saint-Michel présente trois sous-environnements de dépôt hydrosédimentaire distincts possédant leurs propres caractéristiques séparés par des massifs d'hermelles.

- Dans la partie orientale, le vaste débouché estuarien est formé par les embouchures de trois petits fleuves côtiers : La Sée, la Sélune et le Couesnon.
- La partie occidentale, en avant du marais de Dol (de Cancale à la chapelle Sainte-Anne jusqu'aux massifs d'hermelles), correspond à un fond de golfe non estuarien, dominé par les courants de marée et influencé par l'agitation.
- Au Nord-Est, un système ouvert sur la baie, soumis à l'action des houles dominantes du Nord-Ouest et exposé à l'influence du système estuarien.

Ce dernier système sédimentaire caractérise la zone d'application du PPRL.

2.5 STRUCTURE DU TRAIT DE CÔTE

Le trait de côte est majoritairement naturel (cf. annexe 2) mais il est fixé au nord du secteur, sur un linéaire total de 970 m, par des ouvrages en enrochements et des murs de propriétés au niveau des plages de St Michel et de Pignochet. Ces défenses contre la mer anti-érosion protègent le bas de la falaise de Champeaux, quelques maisons en première ligne et les cabanes de plages en droit du camping de Saint-Jean-le-Thomas.

Au sud de la ligne d'enrochements de la plage de Pignochet, le trait de côte est composé d'un système de plages et d'un massif dunaire sur environ 5,8 km. Le trait de côte est alors représenté par une limite de végétation ou une microfalaise d'érosion taillée dans le cordon dunaire.

⁹ BILLEAUD, I., 2006. Dynamique de construction d'un prisme sédimentaire littoral en régime mégatidal (la Baie du Mont-Saint-Michel). Mémoire De Thèse. 1-245.

3 RECUEIL DES PHÉNOMÈNES MÉTÉO-MARINS

3.1 TEMPÉRATURES

Le littoral de Saint-Jean-le-Thomas à Genêts est caractérisé par un climat océanique, tempéré humide sans grande variation thermique.

La température moyenne annuelle est de 11,5°C. Elle varie de 17,9°C en août à une température moyenne de 5,6°C en janvier, mois le plus froid de l'année. Le graphique des températures est exposé à la station météorologique de Dinard, station la plus proche pour laquelle les données climatiques sont disponibles en accès libre sur le site de Météo-France.

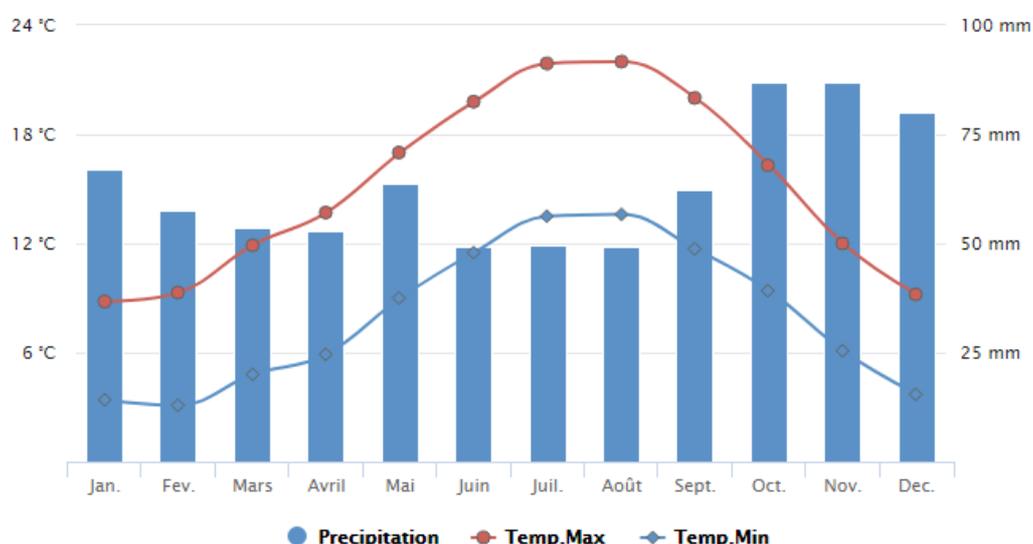


Figure 6 : Données climatiques de la station de Dinard (Météo France, s.d.)

3.2 PRÉCIPITATIONS

Selon Météo France, les précipitations annuelles varient entre 700 et 800 mm par an, avec une moyenne de 742 mm/an. La pluviométrie est répartie tout le long de l'année avec des maximums mensuels d'octobre à décembre (Figure 6). La variation des précipitations entre le mois le plus sec, août, et le mois le plus humide, octobre, est de 40mm. En période de forte précipitation, les volumes d'eau tombés sur les bassins versant des cours d'eau vont venir augmenter le risque de crue des rivières et mettre en charge les aquifères.

Le nombre de jours de pluie est de l'ordre de 130 à 136 jours par an.

Au sein même de chaque bassin versant, les précipitations moyennes annuelles présentent une forte variabilité :

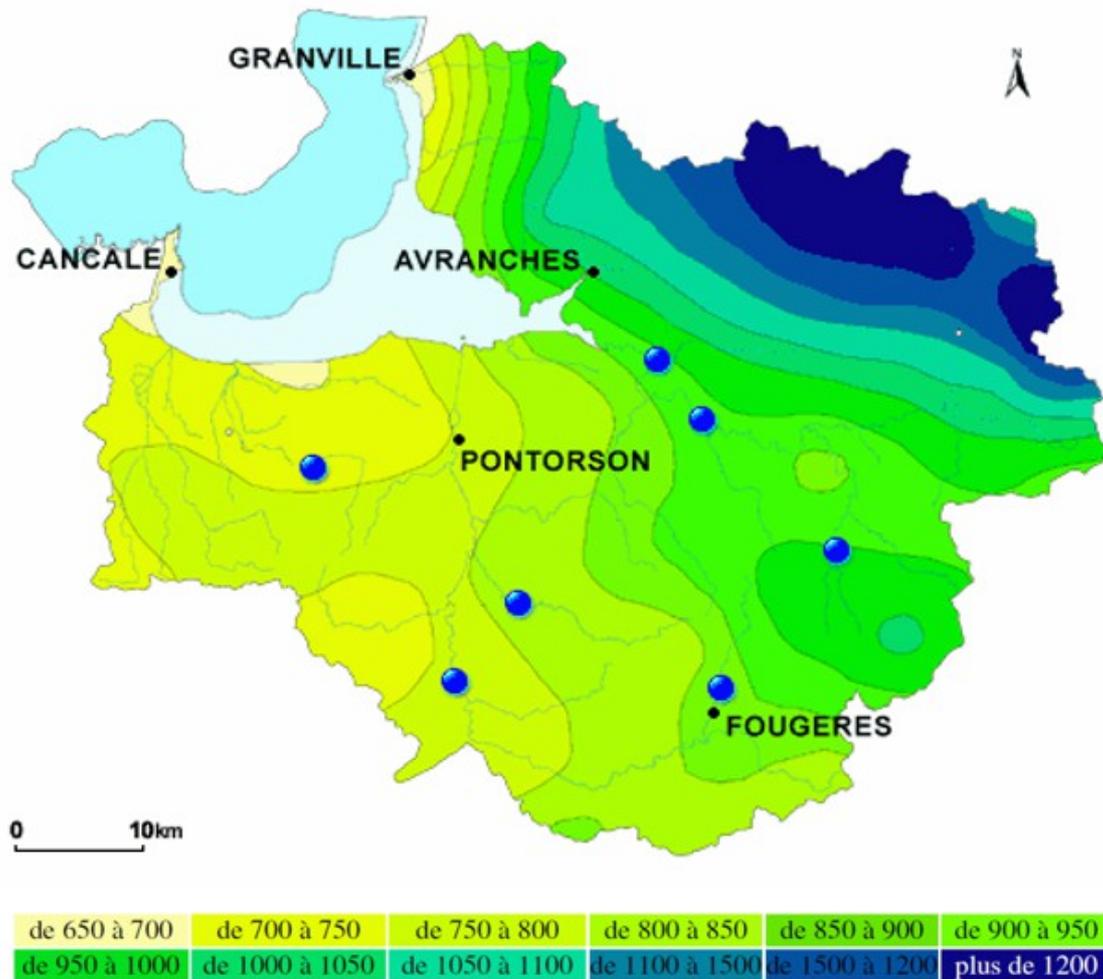


Figure 7 : Variabilité spatiale des précipitations sur le Nord de l'Île et Vilaine et le Sud Manche¹⁰

L'intérieur des terres est ainsi soumis à des pluviométries plus élevées. Les inondations du Lerre survenues en 2000 sont par ailleurs la conséquence de ces fortes précipitations survenue sur l'ensemble du bassin versant au cours de la première décade de novembre avec respectivement 130mm et 148mm précipités respectivement à Genêt et Sartilly¹¹.

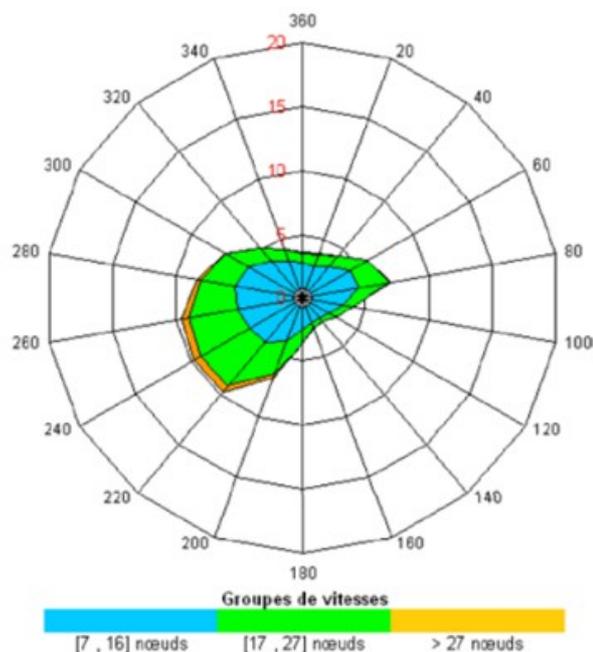
3.3 VENTS

Le vent influe notamment dans la génération des houles et des courants, la création de surcotes et de décotes marégraphiques, le transport éolien des sédiments sur l'estran et dans les dunes.

Le vent est un facteur d'agitation non négligeable dans le secteur occidental de la baie relativement abritée des houles du large, principalement lors des tempêtes hivernales. Les vents

¹⁰ Carte extraite issue d'une présentation pour le PPRL du marais de Dol (DDTM 35)

¹¹ Étude préalable à la gestion des risques d'inondation et d'érosion hydrique sur les bassins versants du Lerre et du Moulin – SOGETI Ingénierie pour la Communauté de communes de Sartilly Porte de la Baie - 2005



de secteur Nord-Est à Nord-Ouest sont les plus efficaces pour générer une forte agitation dans la baie.

La circulation des centres dépressionnaires du nord de l'Atlantique à la mer du Nord génère sur la Baie du Mont-Saint-Michel un régime de vent dominant de secteur sud-ouest à ouest.

Des brises côtières se déclenchent du printemps au début de l'automne. Elles renforcent temporairement le vent.

Figure 8 : Rose de vent annuel, en mer, par 49°N et 3°5W (Sources: Google et Météo-France, 2007)

Au large, où les vents génèrent les houles, les vents de 7 B (28 à 33 nœuds) se rencontrent le plus souvent en hiver avec des fréquences¹² souvent supérieures à 10 %. La fréquence chute en dessous de 5 % l'été.

Dans sa thèse¹³, Weill a extrait le nombre de tempêtes par an en conjonction avec des coefficients de marée supérieurs à 90. Entre 1950 et 2000, le nombre de tempêtes par an a augmenté. La répartition de ces événements montre une périodicité, sûrement corrélé aux indices de la NAO (Oscillation Nord Atlantique) qui joue un rôle majeur dans la fréquence des vents d'Ouest.

3.4 HOULES

Les houles, par l'énergie qu'elles dissipent à l'approche des côtes, sont responsables des processus de transit sédimentaire. Elles provoquent dans la zone de déferlement des courants parallèles à la côte dont l'intensité dépend de leurs obliquités vis à vis de l'orientation du rivage.

¹²Météo France sur ifremer.fr

¹³Weil, Formation et évolution de cheniers en contexte macrotidal. Approches expérimentales et in-situ, 2010

Elles sont à l'origine des évolutions des profils de plage et des fonds pouvant entraîner l'érosion du littoral.

En milieu côtier, la houle déferlante peut provoquer une élévation du niveau marin (*wave set-up*) et des franchissements des ouvrages côtiers, augmentant ainsi le risque de submersion des zones arrière-littorales. Cette surélévation et les débits de franchissements dépendront alors des caractéristiques de la houle incidente, du type d'ouvrage et du bilan sédimentaire des plages

3.4.1 Houles aux larges

Les houles constituent un agent primordial de la dynamique littorale. On distingue généralement deux types de houles que sont les houles du large (ou *swell* en anglais) créées par des dépressions à plusieurs milliers de kilomètres de la côte avec des périodes longues et qui se propagent ensuite sous forme d'onde, et le clapot ou mer de vent aux périodes plus courtes généré par le vent localement. Leurs caractéristiques (longueur d'onde, hauteur, période, célérité) dépendent de la vitesse du vent, de la durée pendant laquelle il souffle et de l'étendue d'eau qu'il affecte (appelée Fetch). La connaissance de la climatologie de houle de la zone côtière est essentielle pour mettre en évidence les possibilités d'action des vagues (mise en suspension, transport du matériau sédimentaire) et analyser leur impact sur le trait de côte (érosion, accumulation).

Selon le rapport du SHOM/IFREMER¹⁴, les hauteurs « moyennes des vagues les plus élevées s'observent en entrée de Manche en janvier (3,2 à 3,4 mètres) et en juillet (1 à 1,20 mètre). La direction privilégiée de la houle est l'ouest avec des hauteurs moyennes de 0,50 à 1,25 mètre, les hauteurs moyennes de houle augmentent en allant vers l'océan Atlantique. L'hiver de grandes houles d'ouest venues de l'Atlantique dépassent fréquemment les 3 mètres. »

A l'approche des côtes, l'agitation est fortement freinée, malgré la force du vent, par la diffraction sur les bancs et les hauts-fonds et par la protection des côtes du Cotentin à l'Est et des îles Anglo-Normandes au Nord et Nord-Ouest, et des côtes bretonnes à l'Ouest.

Au large de Saint-Malo, la bouée 02202 « Les Minquiers2 », de CANDHIS, a mesuré des houles du 20/08/1997 au 16/05/2009. L'ajustement statistique des extrêmes donnent les résultats suivants

Analyse des valeurs extrêmes de $H_{1/3}$					
Sélection des pics de tempête					
	Seuil (u)	Nb évts/an	Cambrure significative		
			Moy.	Min.	Max.
GPD	3,40 m	7,45	1/16	1/24	1/12
Loi Exp.	3,40 m	7,45	1/16	1/24	1/12

Niveaux de retour				
Période de retour	$H_{1/3}$ (mètres)		Int. de Conf. 70% (mètres)	
	GPD	Loi Exp.	GPD	Loi Exp.
5 ans	5,25	5,32	4,87 à 5,51	5,05 à 5,62
10 ans	5,57	5,69	5,05 à 5,93	5,37 à 6,04
20 ans	5,87	6,06	5,19 à 6,37	5,68 à 6,46

Figure 9: Résultats de l'analyse statistique des extrêmes à la bouée « Les Minquiers 2 » (Source : CANDHIS)

¹⁴ Rapport SHOM/IFREMER, Climatologie Manche-Mer du Nord, Juin 2012

Le point de la base de données ANEMOC le plus proche de la zone d'étude est le point COAST_2646. Il est situé au large de Saint-Malo (48°47,10'N ; 2°9,72'W) à une hauteur d'eau de 28,60m.



Figure 10 : Localisation des points de données ANEMOC - COAST 2464 et CANDHIS – Les Minquiers 2

Les résultats obtenus au point COAST-2646 sont issus de simulations numériques rétrospectives (Hindcast) sur une période de 23 ans et 8 mois, du 01/01/1979 au 31/08/2002, avec un pas de temps de 6h, pour la façade Atlantique, Manche, Mer du Nord.

Au large de Saint Malo, les houles dominantes sont de secteur Nord-Ouest avec des hauteurs significatives inférieures à 2 mètres dans 90 % des cas et en moyenne une période de pic de 9/10 secondes. (Source : ANEMOC, point 2646).

L'ajustement statistique des extrêmes donne les résultats suivants :

Tableau 1 : Occurrence des houles au point ANEMOC 2646

Niveaux de retour			
Périodes de retour	Borne inférieure de l'intervalle de confiance à 70% de Hm0 (en m)	Estimation ponctuelle de Hm0 (en m)	Borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70% de Hm0 (en m)
1 an	3,94	4,04	4,14
10 ans	4,84	5,04	5,23
30 ans	5,11	5,40	5,69
50 ans	5,20	5,55	5,89
100 ans	5,30	5,73	6,16

La répartition des pics de tempête suit la loi de Pareto généralisée dont la fonction de distribution s'écrit de la manière suivante :

$$F_u(x) = 1 - \frac{\left(1 - k \frac{x-u}{\sigma}\right)^k}{k}$$

Avec x la hauteur significative H_m0 (en m), u le seuil de tempête et k les paramètres de la loi de Pareto généralisée (respectivement paramètre d'échelle et de forme). La méthode du maximum de vraisemblance permet de donner l'estimation suivante des paramètres :

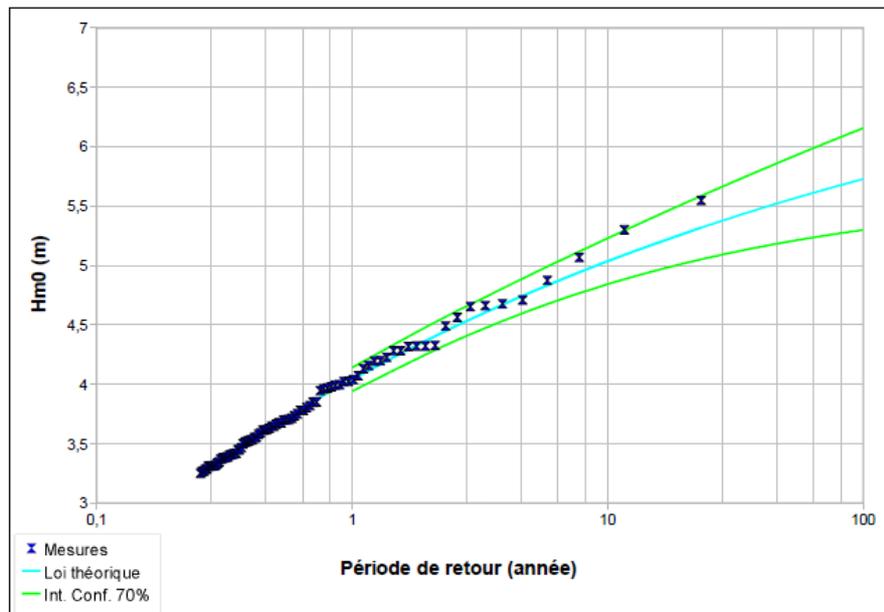


Figure 11 : Diagramme de niveaux de retour pour une loi GPD au point COAST_2646

La localisation des deux points n'étant pas exactement les mêmes, les estimations des hauteurs significatives diffèrent mais reste du même ordre de grandeur.

Bien que plus intéressante, car issues de mesures et non d'un modèle hindcast, les résultats obtenus à la bouée des Minquiers 2 ne seront pas utilisés. En effet les résultats de l'analyse statique reposent sur trop peu de données, les mesures se font de manière discontinue et représente moins de sept ans de données.

Les conditions de houle au point ANEMOC COAST_2646 seront considérées comme celles au large du site d'étude.

3.4.2 Houles à l'approche de la côte

A marée basse, les houles ne peuvent accéder jusqu'à la zone d'étude sous l'impact des forts coefficients de marée. Lors des plus hautes marées, les houles résiduelles à l'approche des côtes peuvent avoir un impact sur l'érosion du cordon dunaire, la stabilité des ouvrages en enrochements ainsi que les franchissements au droit de ces ouvrages comme en témoigne l'image ci-après :

Figure 12 Franchissements par paquets de mer à Saint-Jean-le-Thomas (Source : DDTM50)

Un modèle de propagation de la houle sera élaboré en seconde phase de ce PPRL. Il permettra de déterminer finement les houles résiduelles au droit du site d'étude.

3.5 VARIATIONS DU NIVEAU DES EAUX : MARÉES ET SURCOTES

Les fluctuations du niveau de la mer sont liées aux facteurs astronomiques et climatiques. Elles constituent un élément essentiel de la dynamique littorale car :

- elles créent des courants de marée qui peuvent transporter des matériaux de la zone intertidale, notamment lorsque ces variations de hauteur d'eau sont combinées avec d'autres facteurs tels que la houle et le vent ;
- elles tendent à amplifier les effets de tempêtes lors des forts coefficients de marée.

3.5.1 Les marées

La marée prédite est la composante de marée correspond aux prédictions astronomiques. C'est un mouvement oscillatoire du niveau de la mer dû aux effets de l'attraction de la lune et du soleil sur les particules liquides. Dans la Manche, elle est essentiellement de type semi diurne, deux cycles tidaux de période 12h25 environ. La marée est le phénomène physique dominant dans la zone Manche-mer du Nord.

Dans le golfe Normand-Breton, les marnages peuvent atteindre 15 mètres en vives eaux d'équinoxe dans la baie du Mont-Saint-Michel.

En pénétrant dans la Manche, l'onde de marée est amplifiée vers l'Est et réfléchiée par la presqu'île du Cotentin, provoquant un effet de stationnarité qui accroît fortement l'amplitude de la marée. L'onde de marée en baie du Mont-Saint-Michel est asymétrique : le flot est plus court et plus puissant que le jusant, et les vitesses maximales sont enregistrées au milieu du flot et du jusant.

Les courants de marées¹⁵ y sont très forts. En vive-eau moyenne (coefficient de 95), ils peuvent atteindre les 1,5m/s dans la baie.

Les hauteurs d'eau associées à la marée sont exprimées en mètres par rapport au zéro hydrographique. Elles sont calculées au port de Saint-Malo et Granville. Les niveaux suivants sont présentés dans le tableau ci-dessous :

- le niveau des plus hautes mers astronomiques (PHMA) ;
- le niveau des pleines mers de vives-eaux (PMVE) ;
- le niveau des pleines mers de mortes-eaux (PMME) ;
- le niveau moyen (NM) ;
- le niveau des basses mers de mortes-eaux (BMME) ;
- le niveau des basses mers de vives-eaux (BMVE) ;
- le niveau des plus basses mers astronomiques (PBMA).

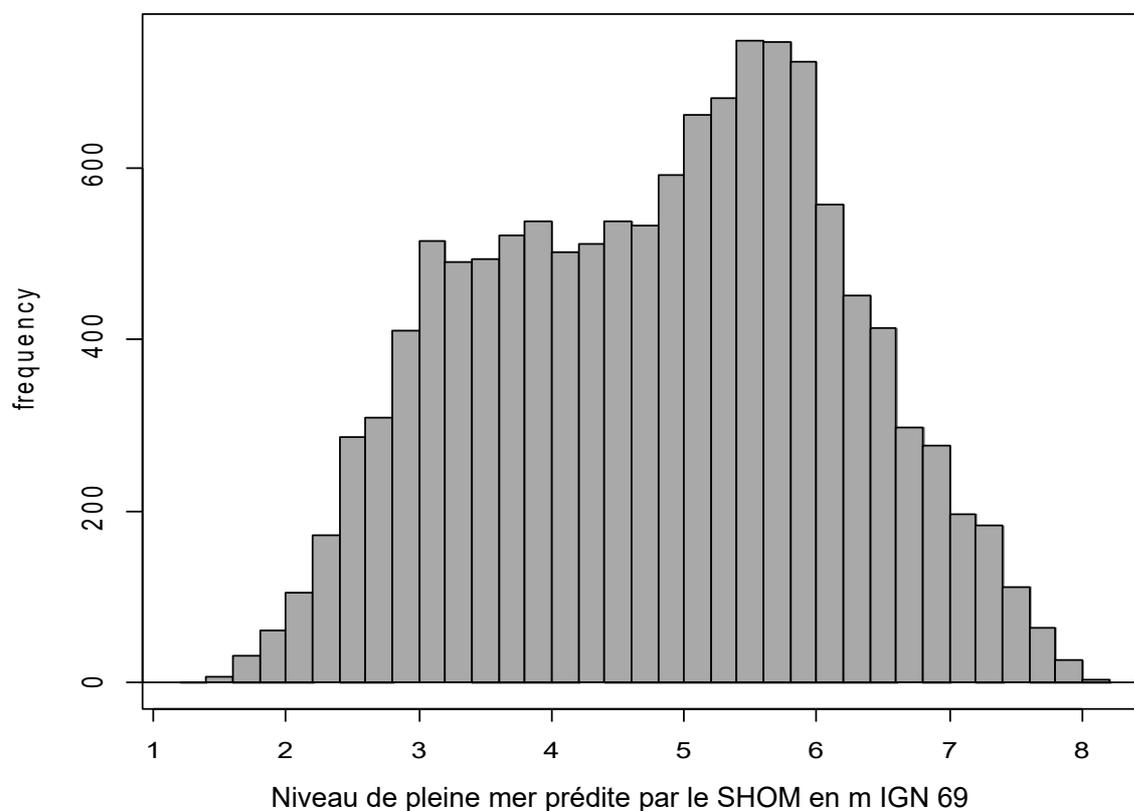
¹⁵ Courantologie Manche-Mer du Nord, juin 2012, SHOM/IFREMER

Tableau 2 : Niveaux caractéristiques des marées à Granville, Saint-Malo et au Mont Saint-Michel (en m) (RAM, 2017)

Nom		PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Granville	CM	14,26	12,85	9,8	7,1	4,55	1,5	-0,13
	IGN69	7,64	6,23	3,18	0,48	-2,07	-5,12	-6,75
Saint-Malo	CM	13,59	12,2	9,3	6,78	4,3	1,5	0,01
	IGN69	7,301	5,911	3,011	0,491	-1,989	-4,789	-6,279
Mont Saint-Michel	CM	14,86	13,20	-	7,19	-	-	-
	IGN69	8,12	6,46	-	0,45	-	-	-

A Granville, le zéro IGN69 est situé 6,62 mètres au-dessus du zéro hydrographique alors qu'à Saint-Malo il est à 6,289 mètre au-dessus.

Les données de marée prédites au Mont Saint-Michel ont été fournies par le service prestation du SHOM. Ces données ont été livrées en côte marine (-6,74 m IGN69) à un pas de temps de 10 minutes sur la période de janvier 1993 à juin 2012. A partir de ces données, la fonction de distribution des hauteurs de pleine mer prédites a été calculée sur la période de Saros (6 585,3211 jours, soit environ 18 ans).



% de	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

dépassement											
Hauteur (m IGN 69)	1,39	2,96	3,47	3,96	4,46	4,92	5,32	5,66	6,02	6,55	8,03

Figure 13 : Distribution empirique des hauteurs de pleine mer prédites (SHOM) au Mont-Saint-Michel

La valeur maximale du niveau de marée sur cette période est évaluée à 14,77 m CM, soit 8,03 m IGN69, le 30/03/2002 à 7h20 (UT) pour un coefficient de 118.

N.B. : Le SHOM estime que l'incertitude sur les prédictions fournies en ce point est de l'ordre de 10 cm.

3.5.2 Surcotes

Le phénomène de surcote est une surélévation du niveau marin par rapport aux prédictions astronomiques. Il peut être d'origine barométrique, lié au passage d'une dépression atmosphérique ou à des vents d'afflux (vents forts se dirigeant vers la côte) voire à la combinaison des deux phénomènes. Il est cependant difficile à évaluer si on ne possède pas d'enregistrement de la marée dans un endroit où elle est connue, comme un port.

En milieu côtier, on observe également une surélévation du niveau marin provoquée par la houle déferlante (*wave set-up*). Cette surélévation dépendra alors des caractéristiques de la houle : hauteur des vagues, période, direction, ... Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les houles sont très faibles en baie du Mont-Saint-Michel, ce paramètre n'est donc pas dimensionnant pour les niveaux marins extrêmes.

Il existe deux approches distinctes pour la caractérisation des surcotes:

- la surcote de pleine mer (au sens du SHOM) qui est définie comme la différence de cote entre le maximum du niveau d'eau observé et le maximum de la marée prédite même s'il existe un déphasage entre les deux ;
- la surcote instantanée qui est définie comme le résidu ou l'écart entre le niveau d'eau observé et la marée prédite à une heure donnée.

Différents travaux ont permis de dresser une carte des surcotes sur le littoral français selon plusieurs périodes de retour¹⁶. Ces travaux sont essentiellement basés sur l'analyse des enregistrements marégraphiques des ports et des données satellites. Il faut préciser ici que, à l'extérieur des ports, le niveau marin peut être différent de la mesure en raison de la forme de la côte (effet d'accumulation dans les pertuis par exemple), des phénomènes de seiches (vague stationnaire observée dans les lacs, les étendues d'eau semi-fermées, et qui est dû à un fort vent, à des changements de pression atmosphérique ou à une perturbation sismique) ou encore du déferlement de la houle à la côte (*wave set-up*). On notera également que les niveaux mesurés à partir des marégraphes dépendent de la fréquence d'acquisition (par exemple, le SHOM exploite, pour son rapport des niveaux extrêmes, des données lissées toutes les heures : les phénomènes comme les seiches dont la période est souvent inférieure à l'heure ne sont donc pas pris en compte).

¹⁶ Rapport « Etude de connaissance des phénomènes d'érosion sur le littoral vendéen », DHI, 2007

Parmi eux les travaux de P.A. Pirazzoli¹⁷ indiquent les surcotes instantanées suivantes au port de Saint-Malo :

- 1,40 m pour une période de retour de 10 ans ;
- 1,70 m pour une période de retour de 50 ans ;
- 1,80 m pour une période de retour de 100 ans.

Les valeurs calculées sont arrondies à la dizaine de centimètre supérieur pour adopter une approche conservative.

Le rapport¹⁸ « Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines » de 2013 fournit une analyse statistique des surcotes de pleine mer pour le port de Saint-Malo en utilisant 17,9 années de mesures de surcotes horaires (1986-2012). Les surcotes de périodes de retour comprises entre 5 et 1000 ans sont estimées avec un intervalle de confiance de 70%. L'estimation est testée avec plusieurs lois statistiques (GPD et Exponentiel) et plusieurs valeurs seuils de surcote permettant de retenir 2 à 8 évènements extrêmes par an.

Les surcotes estimées au Port de Saint-Malo pour les périodes de retour 5, 10, 20, 50, 100 et 1000 ans sont les suivantes :

Tableau 3 : Estimation des surcotes extrêmes au port de Saint-Malo

Loi exponentielle – Seuil : 42 cm						
Période de retour (années)	5	10	20	50	100	1000
Surcote de Pleine mer (cm)	74	84	93	105	115	146
Intervalle de confiance à 70% (cm)	68 - 80	76 - 91	84 - 102	95 - 116	102 - 127	128 - 163
Loi GPD – Seuil : 40 cm						
Période de retour (années)	5	10	20	50	100	1000
Surcote de Pleine mer (cm)	73	83	94	109	122	170
Intervalle de confiance à 70% (cm)	67 - 79	74 - 92	79 - 108	85 - 133	89 - 155	88 - 253

Les estimations obtenues avec la loi GPD paraissent plus sécuritaires (surcote millénale plus élevée) et sont cohérentes avec la présence d'une surcote observée de 110 cm le 30/10/2000.

Les différences de résultats entre les estimations des surcotes centennales du produit statistique des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique) de 2012 et celles issues de l'analyse du rapport des surcotes extrêmes de 2013 s'expliquent principalement par : une prise en compte différente des incertitudes d'échantillonnage et du modèle statistique choisi ainsi que des durées d'observation différentes. Les résultats restent cohérents. Les surcotes extrêmes de 2012 sont comprises dans l'intervalle de confiance de l'étude de 2013 : respectivement 98 cm et 122cm selon l'étude¹⁹ de 2013 avec un intervalle de confiance (Tableau 2) compris entre 89 et 155 cm de surcote pour un évènement centennal.

¹⁷ Projet DISCOBOLE, 2006

¹⁸ CETMEF, Avril 2013

¹⁹ Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines, CETMEF, 2013, Tableau 26, p 88

3.5.3 Niveaux marins extrêmes

En ce qui concerne les niveaux extrêmes, les travaux²⁰ de B. Simon sur les « statistiques des niveaux marins extrême le long des côtes de France » fournit les courbes des hauteurs d'eau pour les périodes de retour de 10, 20, 50 et 100 ans en Bretagne Nord.

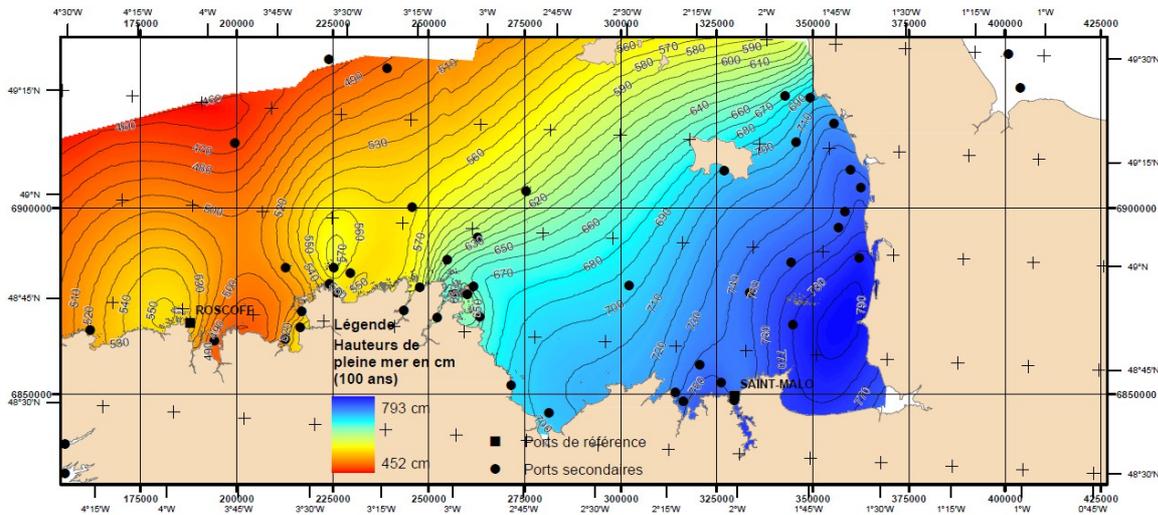


Figure 14 : Carte de niveaux extrêmes de pleines mer (période de retour 100 ans) (CETMEF/SHOM, 2012)

A partir des courbes il est possible d'interpoler graphiquement ces valeurs pour obtenir les niveaux extrêmes de basse mer (BM) et pleine mer (PM) dans la zone du PPR. En s'appuyant sur l'étude de 2012, on obtient les résultats suivants en m IGN69 :

Tableau 4 : Niveaux extrêmes issus de l'étude de 2012 en m IGN 69 pour différentes périodes de retour

Localisation	Période de retour							
	10 ans		20 ans		50 ans		100 ans	
SJLT-Dragey	BM	PM	BM	PM	BM	PM	BM	PM
Cale Saint-Michel	-6,38	7,43	-6,43	7,51	-6,52	7,62	-6,58	7,71
Bec d'Andaine	-6,30	7,32	-6,38	7,41	-6,46	7,51	-6,50	7,60

On peut constater des différences importantes, de l'ordre de plusieurs dizaines de centimètres, entre les niveaux marins centennaux de pleine mer des études de 2008 et de 2012 à distance du port principal de Saint-Malo.

Tableau 5 : Niveaux extrêmes de pleine mer (en m IGN 69) pour différentes périodes de retour suite à l'étude du SHOM-CETMEF de 2012 (2008)

Nom	Réf. IGN69 /m	Période de retour			
		10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Granville	-6,62	7,60 (7,85)	7,70 (7,90)	7,80 (8,00)	7,90 (8,10)
Saint Malo	-6,289	7,35 (7,38)	7,45 (7,45)	7,55 (7,55)	7,60 (7,60)

²⁰ CETMEF-SHOM, 2008, réactualisé en 2012

Cette variation reflète l'évolution de la méthode d'interpolation des données appliquées pour la cartographie des niveaux marins extrêmes. L'absence de point secondaire dans la baie du Mont-Saint-Michel pour l'interpolation de ces cartes implique que les résultats dans la baie ne sont pas fiables et ne peuvent être directement exploités.

Seuls les résultats à Saint-Malo, port de référence, le peuvent²¹.

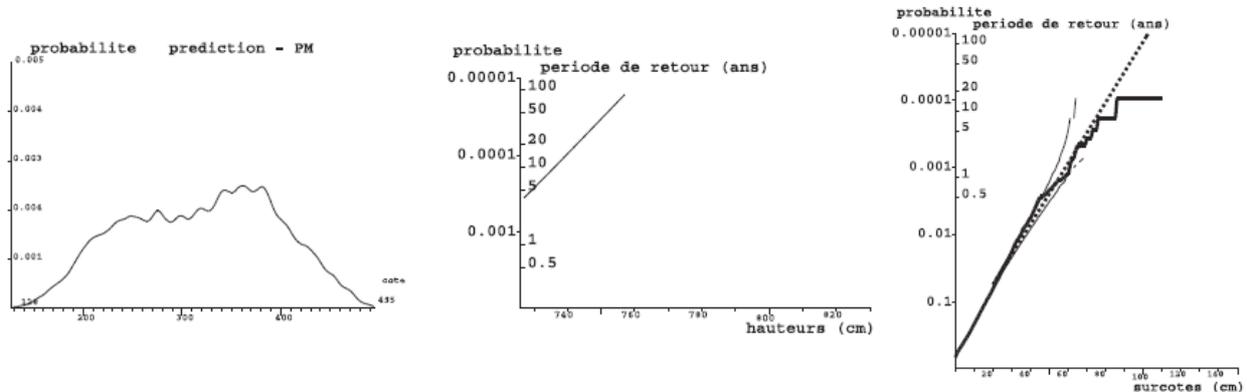


Figure 15 : Prédiction de PM et période de retour de pleines mers et des surcotes à Saint-Malo par rapport à l'IGN69 (CETMEF/SHOM, 2012)

Ainsi, le 3 janvier 2018, lors de la tempête Eleanor, le marégraphe de Saint-Malo a mesuré un niveau marin de 7,01 m IGN69, soit un niveau de période de retour inférieur à 10 ans.

3.6 COURANTOLOGIE

Selon le rapport de l'IFREMER²², « le principal processus physique dans la Manche est la marée qui produit de forts courants. Sur le long terme ces courants ont un rôle important dans le transport des masses d'eaux et le mélange vertical. A long terme, ils ont une composante permanente : le courant résiduel de marée, lié à la propagation de la marée et à l'effet de 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 dépend des cycles vives-eaux / mortes-eaux. »

Le vent est le second processus d'importance dans la Manche. Il peut modifier voire rendre nul les courants induits par la marée.

Les fleuves ont très peu d'influence sur la courantologie, les volumes d'apport en eau douce de la Sée, la Sélune et le Couesnon sont très faible pour créer des différences de courants significatives entre la surface et le fond. Ils ont respectivement un débit moyen²³ de 6m³/s, 8 à 10m³/s et 10,2m³/s.

²¹ Note méthodologique relative au produit « Niveaux marins extrêmes », CETMEF/SHOM 2012

²² Rapport IFREMER/SHOM, Courantologie Manche-Mer du Nord, juin 2012

²³ Figure II-5, BILLEAUD, I., 2006. Dynamique de construction d'un prisme sédimentaire littoral en régime mégatidal (la Baie du Mont-Saint-Michel). Mémoire De Thèse. 1-245

3.6.1 Circulation générale

Les courants résiduels moyens sont dirigés de l'Atlantique vers la mer du Nord. Après avoir passé le Finistère, une partie des courants longe les côtes bretonnes et entre dans la Manche alors qu'une autre se dirige vers l'Angleterre et les Cornouailles.

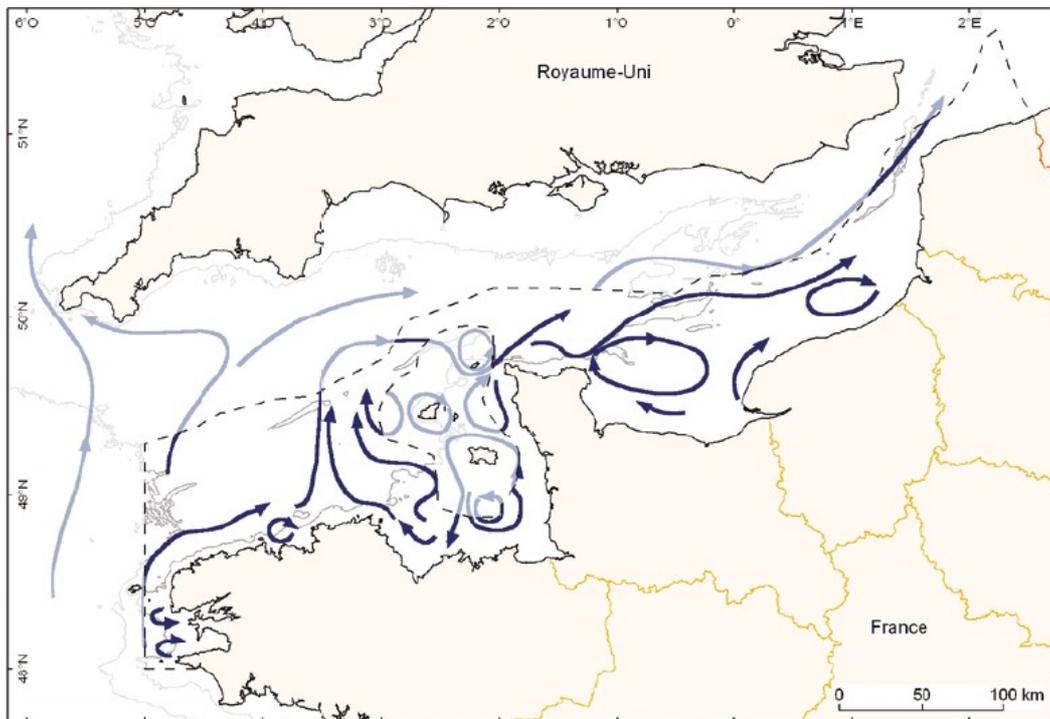


Figure 16 : Circulation moyenne en Manche (Source: Courantologie Manche – Mer du Nord, IFREMER/SHOM, 2012)

Dans le golf normand-breton, la circulation des courants résiduels se caractérise par de grandes structures tourbillonnaires autour des îles anglo-normandes et des archipels de Chausey et des Minquiers. Dans ces tourbillons la magnitude des courants est d'environ une dizaine de cm/s alors qu'à proximité des côtes les courants résiduels sont très faibles.

Le vent a un impact considérable sur le schéma de circulation des courants. Les vents de sud-ouest auront tendance à augmenter le transit moyen vers l'est. À l'inverse, les vents de nord-ouest à nord-est vont diminuer cette circulation et sont même susceptibles de l'inverser. Les vents les plus efficaces pour créer des inversions sont les vents de nord.

Les courants moyens induits par le vent et/ou la circulation à grande échelle ont une variabilité saisonnière alors que ceux de marées ne varient pas d'une saison à l'autre.

3.6.2 Les courants de marée

Selon le rapport « Courantologie Manche-Mer du Nord », la variabilité spatiale des courants est fortement influencée par la bathymétrie, et certaines configurations morphologiques de la côte sont à l'origine de phénomènes particuliers : l'augmentation de la vitesse des courants dans les goulets et au niveau des caps, les phénomènes de remplissage et vidage des baies, l'asymétrie

du flot et du jusant à l'embouchure des estuaires, l'apparition de mouvements cycloniques (aux abords des îles du golfe Normand-Breton).

Les courants de marées sont responsables du mélange de la colonne d'eau et permettent d'expliquer la quasi-homogénéité verticale des eaux dans la Manche. Les effets de frottement sur le fond peuvent affecter l'intensité et la direction des courants au fond.

Deux types de courants coexistent dans la baie du Mont-Saint-Michel: les courants de type giratoire qui apparaissent près des côtes, dans la partie occidentale de la baie; et les courants alternatifs de direction Nord-Ouest / Sud-Est qui agissent du large à la côte, dans l'axe de l'estuaire. La zone d'étude se caractérise par ces derniers.

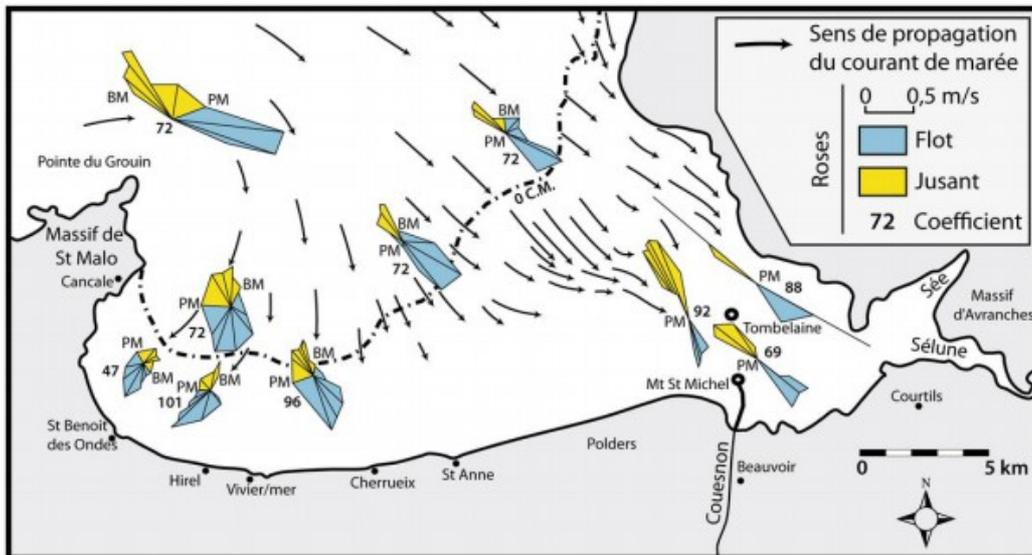


Figure 17 : Trajectoire, intensité et orientation des courants de marée en baie du Mont-Saint Michel.

Les trajectoires correspondent aux courants de flot 3 heures après la basse mer par coefficient de 102. Les roses de courant sont issues principalement d'études réalisées dans la baie par EDF (1953) et le LCHF (1978). Modifié d'après L'Homer et al. (1999) et Bonnot-Courtois et al. (2002).

4 HYDROGEOLOGIE

4.1 CONTEXTE

Sur le littoral de l'Ouest de la France les inondations ont différentes causes : la submersion marine, le débordement des fleuves côtiers et le débordement des nappes phréatiques.

Selon Gauvain, et al., 2017, les risques associés aux nappes phréatiques sont contrôlés par différents facteurs météorologiques, marins, géologiques et hydrologiques où la saturation et la capacité de désaturation des milieux jouent un rôle important. Sur le littoral, l'évacuation des eaux qui se sont infiltrées dans le sous-sol et des variations du niveau marin saturent les nappes. Une saturation importante limite la capacité d'infiltration et augmente la vulnérabilité face aux fortes pluviométries et spécialement dans les périodes de grandes marées ou d'augmentation du niveau marin.

4.2 REMONTÉE DE NAPPE À BRÉVILLE-SUR-MER

Une étude²⁴ réalisée à 17 km au Nord de Saint-Jean-Le-Thomas, à Bréville-sur-Mer, dans un milieu similaire (cordon dunaire, côte Est de la baie du Mont-Saint-Michel, marais arrière littoral), montre que les variations du niveau de la nappe phréatique dues à la marée ne se propagent pas au-delà de quelques centaines de mètres depuis la côte. Elle a donc très peu d'impact sur les parties continentales post-dunaires. En revanche, une augmentation du niveau marin moyen, pourrait se traduire par une augmentation globale du niveau de la nappe côtière se propageant à plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres.

La présence de drains arrières-littoraux limite cette propagation et protège les territoires continentaux à l'amont hydrologique (à condition que ces drains ne soient pas mis en charge par une connexion maritime). Ces drains, qui correspondent à des points d'intersection entre le toit de la nappe phréatique et la topographie, constituent des points d'arrêt à la propagation de l'influence marine mais constituent aussi des zones de vulnérabilité élevée, puisque sous la double influence de la mer et de la décharge des aquifères.

La diffusivité du milieu souterrain contrôle la propagation des variations maritimes dans l'aquifère et sa capacité à se vidanger, c'est le paramètre de contrôle critique. Une diffusivité faible limite les effets de la marée et l'impact des variations maritimes mais limite également la capacité de vidange de l'aquifère.

²⁴ Impact des variations climatiques sur la vulnérabilité aux débordements de nappe côtières du Cotentin, Gauvain et al., 2017

4.3 DANS LA ZONE D'ÉTUDE

Dans la zone d'étude, le cours d'eau, les nappes phréatiques et le biseau d'eau salée forment un système hydrologique et hydrogéologique complexe dont les interconnexions sont mal connues.

Au Sud de Saint-Jean-le-Thomas²⁵, les habitations situées à proximité du marais de la Bunelle sont régulièrement affectées par la proximité des nappes. En effet, la nappe dans la zone d'étude est le plus souvent située à une profondeur inférieure à un mètre, ce qui peut causer un risque d'inondation des réseaux et sous-sols. C'est le cas de l'ensemble du marais de la Claire Douve (carte des profondeurs de nappes en annexe 15).

Aucune étude piézométrique n'a été réalisée dans le périmètre de la zone d'étude. Sans mesures, il n'est pas possible de connaître la diffusivité du milieu souterrain, de quantifier les interactions des nappes phréatiques avec le domaine maritime et donc leurs impacts sur de potentielles inondations. Un puits est localisé dans le périmètre du marais de la Claire Douve mais il n'est pas équipé (cf. annexe 8, fiches ouvrage n° 22).

²⁵ DREAL, 2014, Carte profondeur de nappe phréatique en période de très hautes eaux

5 HYDROLOGIE

De nombreux cours d'eau, représentés sur la figure ci-dessous, sont présents sur le territoire d'étude. Différents ouvrages de gestion hydraulique sont positionnés le long de ces cours d'eau. Ceux-ci font l'objet de fiche ouvrages présentées en annexes 5, 6 et 7, respectivement pour le Ru du Moulin et la Bunelle ; la Claire Douve ; le bief du Moulin et le Lerre.

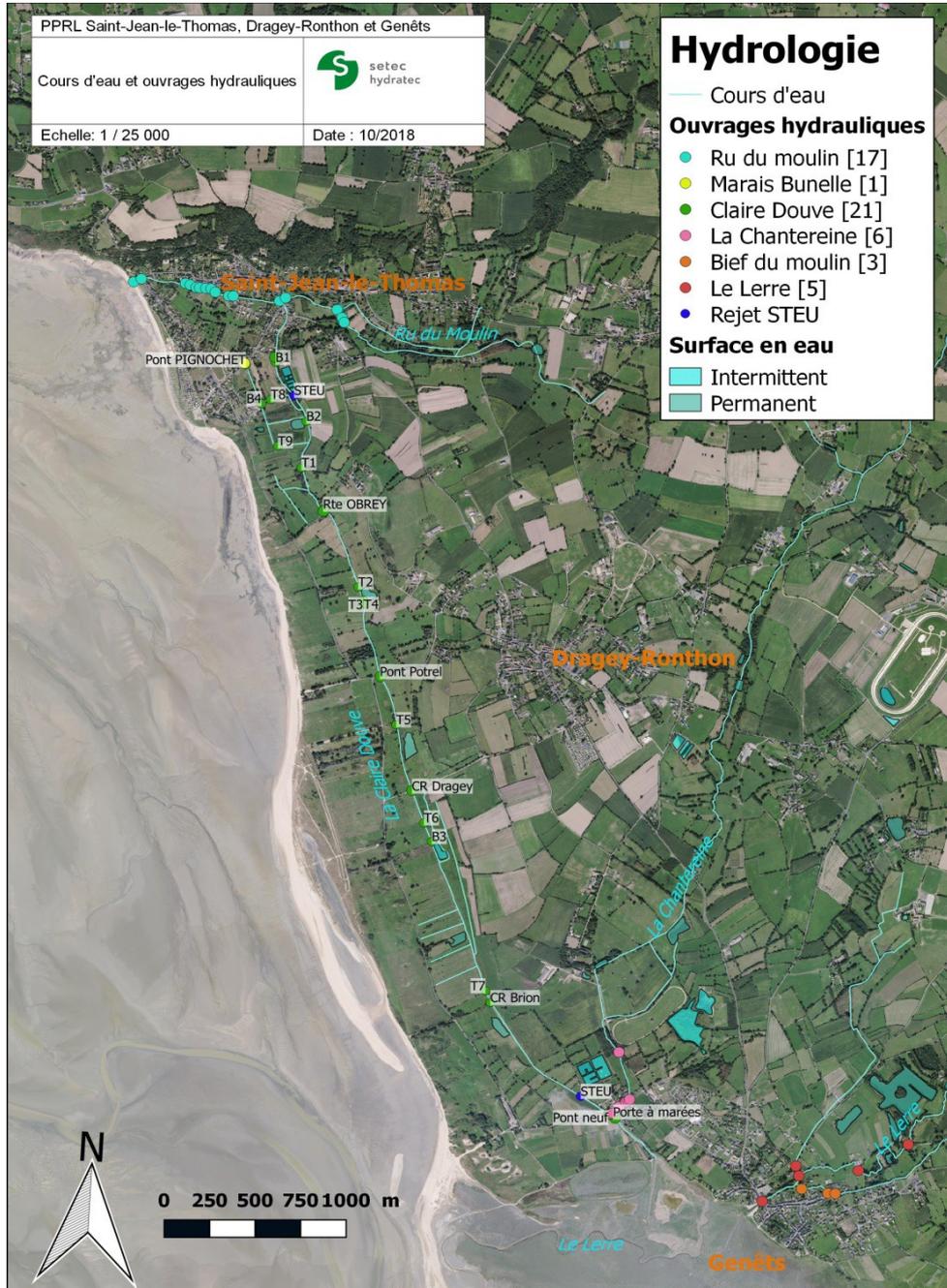


Figure 18 Ouvrages hydrauliques le long des cours d'eau (sources: visite de terrain et SMBCG, cf Annexe 1)

Les atlas de la DREAL des remontées de nappes, des zones sous le niveau marin (ZNM) et des zones inondables (ZI) sont présentés respectivement dans les annexes 15, 16 et 17.

5.1 LE RU DU MOULIN

Situation

L'exutoire du bassin versant du ruisseau Le Ru du Moulin, d'une superficie de 793 hectares dont 22% imperméabilisée, se trouve à Saint-Jean-Le-Thomas. Entre 1777 et 1791, il a été détourné pour traverser la commune. Il reprend les eaux des sous-bassins-versants en amont et draine les eaux ruisselées des versants du ruisseau du Ru du Moulin.

Le réseau pluvial de la commune récupère la totalité des eaux pluviales générées sur le territoire de Saint-Jean-Le-Thomas, ainsi que celles générées sur les routes départementales RD241 et RD483 depuis le hameau de Bonneville grâce à un réseau enterré.

Les eaux drainées d'un petit sous-bassin-versant cultivé en amont et boisé dans le fond du thalweg sont également reprises par le réseau pluvial et se jettent dans le Ru du Moulin par l'intermédiaire d'un exutoire sous la route départementale RD214.

Débit

Le débit de pointe décennal²⁶ est évalué à 3,59 m³/s à Saint-Jean-le-Thomas

5.2 MARAIS DE LA CLAIRE DOUVE

Le marais de la Claire Douve, d'une superficie de 175 hectares, est situé sur le territoire de trois communes : Saint-Jean-Le-Thomas, Dragey-Ronthon et Genêts. Il est traversé du Nord au Sud par le ruisseau de la Claire Douve, qui lui donne son nom, et se rejette dans le Lerre dans la baie. C'est le dernier marais arrière littoral de la baie du Mont-Saint-Michel.

Présentation du site

L'ensemble dune-marais constitue une entité naturelle cohérente et présente un patrimoine naturel remarquable tant du point de vue paysager qu'environnemental. De nombreuses mesures réglementaires et d'inventaires ont été mises en place pour préserver les habitats et espèces d'intérêts (NATURA 2000) : Zone de Protection Spéciale (Directive Oiseaux – 1979) – Arrêté en date du 05/01/2006, Zone Spéciale de Conservation (Directive Habitat, Faune, Flore 1992) – Désignation en SIC le 07/11/2013, convention de RAMSAR (1971) – Inscription en 1990, loi littoral (loi de 1986), site classé (loi de 1930) ; et Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF de type 1 et 2) – Marais ZNIEFF de type.

Le marais de la Claire Douve est de grande importance pour l'avifaune, il constitue actuellement la dernière zone humide périphérique de la Baie.

²⁶ Résultat de l'étude hydraulique pour une pluie décennale de type orage printemps (SOGETI, 2005)

Les usages du territoire du marais de la Claire Douve sont les suivants :

- Agriculture : élevage et pâturage ;
- Activités équestres : entraînements des chevaux en bas de plage et randonnée dans le marais ;
- Activité cynégétique ;
- Urbanisation aux extrémités septentrionale et méridionale, et présence de deux stations d'épuration (STEU) (Saint-Jean-Le-Thomas et Genêts).

Contexte topographique

Le marais occupe une dépression parallèle à la dune en formant une frange plate, entre +5 et +9 m IGN69, et étroite de 500 à 600m de largeur entre la voie communale des dunes et le pied de la falaise morte.

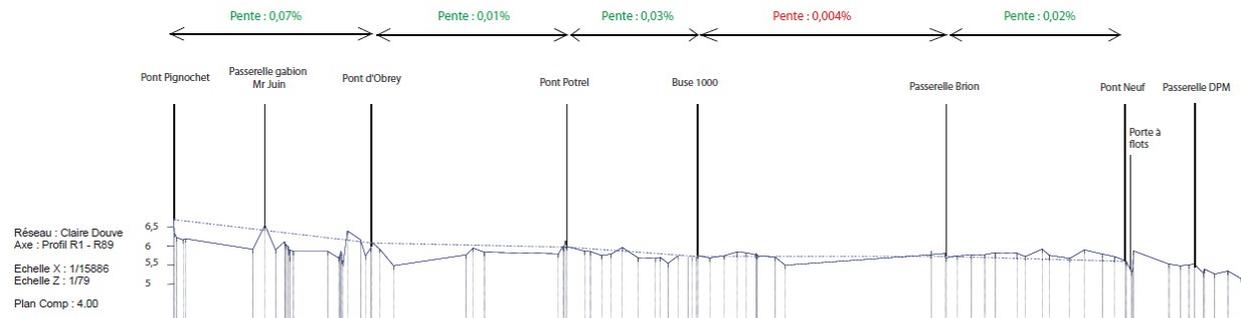


Figure 19 : Profil en long du lit de la Claire Douve (avril 2015, SMB CG)

A l'intérieur du bassin versant de la Claire Douve, la topographie plutôt plane (pente 1 :1000) a favorisé la constitution de ce milieu de marais.

Contexte géologique

Les limites du marais sont formées au Nord par les falaises de Carolles – Champeaux (massif granitique cadomien), à l'est par la falaise morte (schiste du briovérien supérieur) et, à l'Ouest et au Sud par le cordon dunaire.

Avec la remontée du niveau de la mer il y a près de 7000ans, le trait de côte a fortement reculé. Selon le rapport de GARNIER C.²⁷, « un havre s'est créé en arrière du cordon littoral s'appuyant sur le massif de Champeaux. Les ruptures et reconstitutions successives du cordon dunaire, limitant à l'Ouest le havre, ont provoqué des intrusions marines qui ont engendré un colmatage, avec alternance de tourbes, de sables et de tangles ». Le colmatage s'est prolongé pour aboutir à un marais continentalisé formé de sables éoliens, de tange limoneuse à argileuse, et de dépôts sableux.

Contexte hydrologique

La Claire Douve s'écoule à travers tout le marais depuis son extrémité Nord jusqu'à l'exutoire au Sud, au droit du Pont Neuf. D'un linéaire de 5 km environ, ce cours d'eau suit globalement les points bas du marais.

²⁷ GARNIER C., Marais de la Claire Douve : état des lieux, définition de scénarios de gestion et réflexions sur les formes de gouvernance. Rapport pour l'obtention de la licence professionnelle Protection de l'environnement. 2009/2010. 54p., 7 annexes.

Son alimentation se fait exclusivement par précipitations directes sur le marais ou indirectes sur le bassin versant. Deux stations d'épuration des eaux usées (STEU) rejettent dans la Claire Douve (annexe 1).

Les collectivités sont soumises à d'importantes fluctuations saisonnières des charges hydrauliques aux niveaux des stations de Saint-Jean-le-Thomas et Genêt, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 6 : Apports hydrologiques (source : SATESE de la Manche, calcul SMBCG)

Apports hydrologique			
Précipitations	STEU de SJLT	STEU de Genêts	Total
Moyenne : 800 mm/an Surface : 175 ha	Hiver (2 mois)		
	300 EH	400 EH	3150 m ³ /mois
	Mi- saison (8 mois)		
	900EH	600EH	6750 m ³ /mois
	Eté (2 mois)		
	1500 EH	1000 EH	11 250 m ³ /mois
1 400 000 m ³ /ans	48600 m ³ /ans	34 200 m ³ /ans	1 482 800 m ³ /ans

La station de Genêts est de type lagunage naturel et a été mise en service en 1988. Elle a une capacité nominale²⁸ de 1800 équivalent-habitants (EH).

A Saint-Jean-le-Thomas, la STEU est de type lagunage aéré¹⁵ (1984) associé à des filtres plantés de roseaux suite aux travaux de modernisation terminé en octobre 2018. Elle a une capacité nominale de 2000 E.H. et un débit de référence de 300 m³/jour. Elle collecte les effluents en provenance des communes de Saint-Jean-le-Thomas et de Champeaux grâce à un réseau d'eaux usées de type séparatif et ne présente aucun déversoir ou trop plein²⁹.

Écoulements

Entre la Falaise morte et le cordon dunaire, il existe un goulet d'étranglement naturel au niveau de Dragey-Ronthon.

En 2014, sur le linéaire du cours d'eau principal de la Claire Douve, 21 ouvrages (cf. fiches ouvrages dans l'annexe 8) étaient répertoriés dont 80 % présentaient une inéquation de leur largeur ou un mauvais calage, provoquant d'importants dysfonctionnements hydrauliques. L'écoulement était également perturbé par les élargissements significatifs du cours d'eau (2 à 10 fois la largeur du lit mineur pour un écoulement naturel), la prolifération des roseaux dans son lit mineur ainsi que des approfondissements, conséquences d'anciens curages.

Par conséquent, de nombreuses contre-pentes favorisées par le faible dénivelé naturel se sont créées entraînant l'inversement des sens d'écoulements et des difficultés d'évacuation en deçà d'une certaine hauteur d'eau. Le profil en long a complètement été modifié : l'épaisseur de la lame d'eau a diminué et sa largeur a augmenté. Un chenal d'écoulement d'étiage a également disparu.

En 2015, des travaux ont permis le resserrement du chenal d'écoulement à deux mètres en amont de la passerelle Brion, sur 1900 mètre linéaire, et le rehaussement des berges en aval sur 680 m linéaire.

²⁸ Source SATESE de la Manche

²⁹ Dossier de déclaration construction STEU Saint-Jean-le-Thomas, DDTM50, 14/02/2017

Figure 20 : Porte à flot en aval du Pont Neuf (Source: visite terrain 09/02/2018)

Au Sud, après le passage du Pont Neuf, la Claire Douve conflue avec la Chanteraine. Puis elle traverse une porte à flot de section 1,5 x 0,4 m, actionnée manuellement, puis s'écoule dans son lit mineur de 0,8 m de large jusqu'à sa confluence avec le Lerre située 600 m plus au Sud.

Débit caractéristique

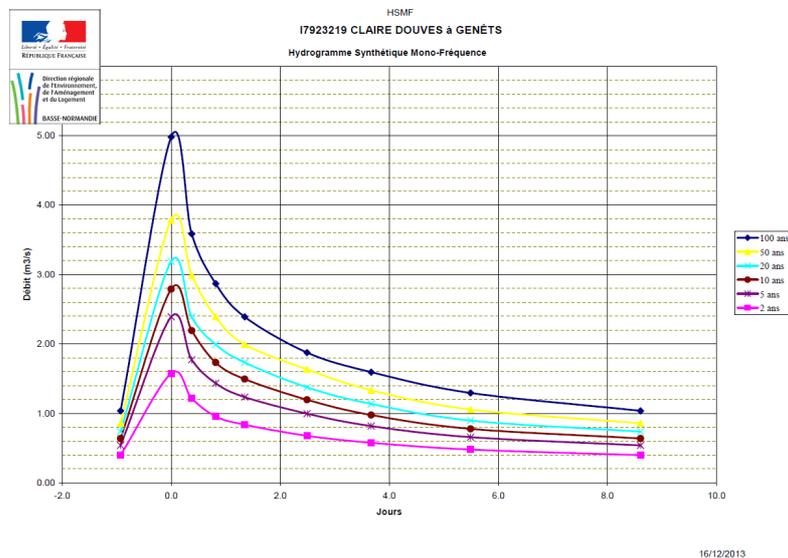


Figure 21 : Hydrogramme de la Claire Douve à Genêts (source: DREAL Basse-Normandie, 2013)

La Claire Douve à Genêts présente un débit de pointe de crue pour une période de retour de 10 ans de 2,79 m³/s.

5.3 LE LERRE

Situation

Genêts se situe à l'exutoire du bassin versant du Lerre, d'une superficie de 3456 ha, générateur d'importants ruissellements de la lame d'eau lors d'épisodes pluvieux intenses. Des fossés de drainage alimentent le ruisseau et l'écoulement se fait à travers plusieurs passages busés de différentes sections.

Depuis les années 1990, le comblement et le manque d'entretien des mares et fossés, l'augmentation des surfaces imperméabilisées, la disparition des obstacles naturels du paysage (haies) et l'augmentation de la taille des parcelles cultivées ont été des facteurs aggravants ayant favorisé le ruissellement, et les inondations en aval du bassin versant, au détriment de l'infiltration de l'eau.

En amont immédiat de Genêts, l'ensemble du lit majeur du Lerre, constitué de parcelles agricoles, est fréquemment inondé jusqu'au village, lors d'épisodes pluvieux intenses sur le bassin versant.

Avant de se jeter en mer, le Lerre reçoit un dernier affluent : le ruisseau de la Lande qui débute en amont du bourg de Cavron (commune de Dragey) et se poursuit au travers de prairies puis longent la route communale avant de se jeter dans le Lerre. D'après les riverains, en période de crue, le débit du ruisseau augmente fortement.

Les nombreux ouvrages hydrauliques (cf. fiches ouvrages en annexe 7) permettent l'évacuation de l'eau vers l'aval, limitant ainsi les problèmes en amont (érosion des sols, inondations ponctuelles de parcelles agricoles, voiries et habitations), mais augmentant les dépôts de crues et donc les inondations à l'aval.

Les ouvrages hydrauliques et les capacités d'écoulement du ruisseau ne permettent pas l'évacuation de la crue dans la mer.

Débit caractéristique

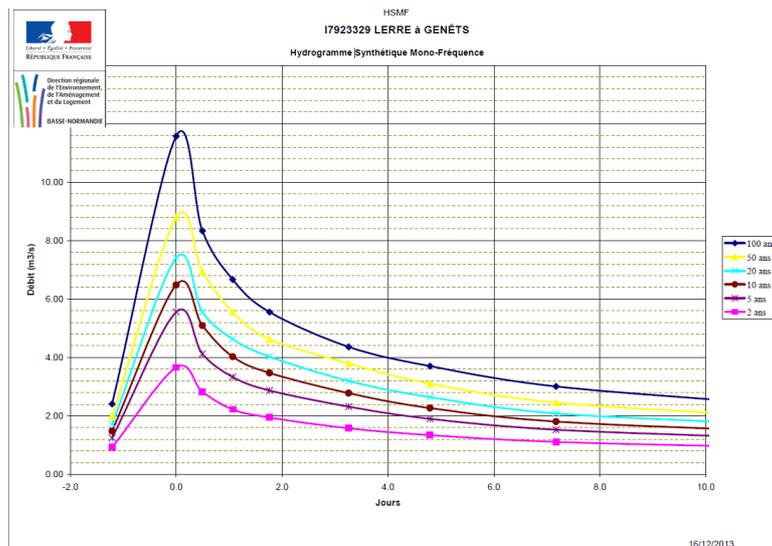


Figure 22 : Hydrogramme du Lerre à Genêts (source : DREAL Basse-Normandie, 2013)

Selon la fiche de synthèse de débits caractéristiques, le Lerre à Genêts présente un débit de pointe de crue pour une période de retour de 10 ans de 6,482 m³/s.

6 ANALYSE DU TRANSIT SÉDIMENTAIRE

6.1 A L'ÉCHELLE DES CÔTES MONDIALES

A l'échelle mondiale, la présence d'ouvrages transversaux sur les fleuves (barrages) et l'extraction de granulats a diminué les apports sédimentaires continentaux aux domaines marins. De façon plus globale, les côtes font face à un problème de tarissement des apports sédimentaires à cause de l'impact de l'anthropisation des cours d'eau à l'échelle mondiale, et également plus spécifiquement à l'échelle de la zone d'étude.

6.2 A L'ÉCHELLE DE LA BAIE DU MONT-SAINT-MICHEL

Selon TESSIER M. (2006), dans la baie du Mont-Saint-Michel, depuis près de 8000 ans, les fleuves, n'apportent plus qu'une quantité négligeable de sédiments. Les sédiments fluviaux, déposés il y a près de 20 000 ans alors que le niveau marin était plus bas et que domaine de la Manche était un vaste système fluvial, sont depuis les seules sources sédimentaires disponibles pour la construction des littoraux, hormis les sédiments issus de l'érosion du littoral.

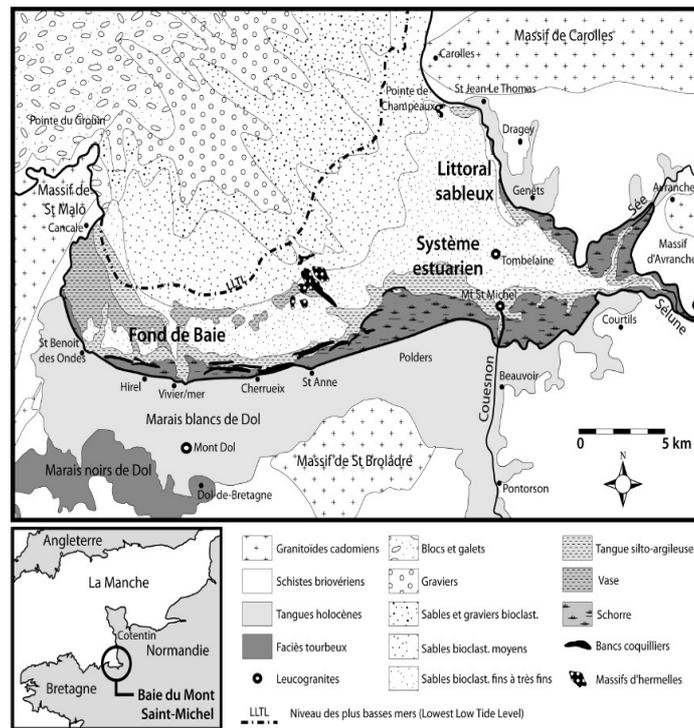


Figure 23 : Carte géologique simplifiée et distribution des sédiments superficiels de la baie du Mont Saint-Michel. Modifié d'après Tessier et al. (2006)

Le déficit sédimentaire du domaine de la Manche implique une sous-alimentation de ces littoraux. Cependant la baie n'est dans son ensemble pas concernée par le problème de déficit sédimentaire. En effet comme tout domaine de baie, elle piège les sédiments dans l'estuaire qui se comble inexorablement. D'autre part, le golf normand breton était un milieu hautement productif en mollusque, les sédiments formés par les débris de leurs coquilles s'ajoutent à la source sédimentaire fluviale ancienne.

La dynamique morpho-sédimentaire de la baie du Mont Saint-Michel est contrôlée par le régime de marée mégatidal (jusqu'à 15 mètres de marnage) de la Manche, la houle et la dynamique fluviale des cours d'eau se jetant dans la baie.

Plusieurs rivières se jettent dans la Baie du Mont Saint-Michel dont les trois plus importantes, le Couesnon, la Sée et la Sélune se déversent à l'est et définissent la zone estuarienne. Leurs apports sédimentaires sont quasiment négligeables, leurs débits moyens³⁰ sont inférieurs à 20m³/s (respectivement de 10,2 m³/s, 6 m³/s et entre 8 et 10m³/s) et atteignent en période de crue 140 m³/s pour le Couesnon et pour l'ensemble Sée-Sélune (CETMEF, 1999).

Un vaste système de bancs et chenaux estuariens fonctionne et migre en avant des plages. Le chenal de la Sée-Sélune migre du Nord au Sud, alors que celui du Couesnon oscille d'Ouest en Est, sous l'influence du cycle lunaire avec une période de 18,6 années. Les divagations des chenaux impactent la position et la forme des flèches sableuses du Bec d'Andaine notamment.

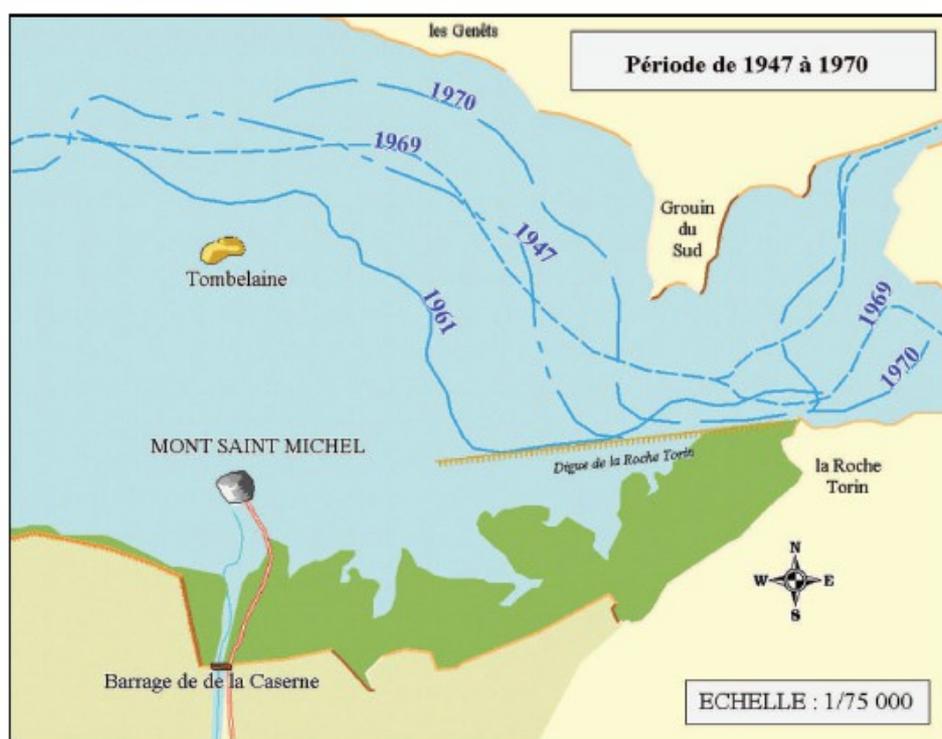


Figure 24: Divagation de la Sée-Sélune [1947-1970] (source : *Projet de rétablissement d caractère maritime du Mont Saint-Michel*, CETEMEF, 1999)

³⁰ Figure II-5, BILLEAUD, I., 2006. Dynamique de construction d'un prisme sédimentaire littoral en régime mégatidal (la Baie du Mont-Saint-Michel). Mémoire De Thèse. 1-245

Le chenal³¹ est localisé au Nord de l'axe centrale en 1947, 1969-1970, 1991-1992, 2007-2010, et au Sud en 1960-1966, 1977-1980, 1996-2000 et 2012-2015. Les positions du trait de côte ne semblent pas suivre ce cycle de 18,6 années. Le chenal³² est localisé au Nord de l'axe centrale en 1947, 1969-1970, 1991-1992, 2007-2010, et au Sud en 1960-1966, 1977-1980, 1996-2000 et 2012-2015. Les positions des traits de côte ne permettent pas de conclure à une influence du cycle lunaire de 18,6 années sur le transit sédimentaire et l'évolution du trait de côte du périmètre d'étude.

6.3 A L'ÉCHELLE DU LITTORAL DE SAINT-JEAN-LE-THOMAS À GENÊTS

Selon TESSIER M. (2006), l'organisation morphosédimentaire est principalement liée à l'action des vagues (érosion et sédimentation). Le secteur Nord-Est de la baie, où se situe Saint-Jean-de-Thomas, est largement ouvert sur le domaine de la Manche.

La dynamique de houle y est trop énergétique par rapport à la quantité de sédiments disponible. Les falaises au Nord de la commune, de par leur constitution rocheuse, n'apporte que très peu de sédiment et donc le littoral ne parvient pas à trouver une position d'équilibre, il recule. L'augmentation du niveau marin aggrave ce phénomène d'érosion. En regard des marnages dans la baie, cette augmentation est presque négligeable à l'heure actuelle.

Au Nord, la combinaison des faibles apports sédimentaires avec une hydrodynamique forte en énergie provoque : une rétrogradation avec un recul des dunes qui constitue aujourd'hui une barrière naturelle, la mise à l'affleurement et l'érosion des dépôts arrière barrière (tourbe), ainsi que le pavage de galets de cornéennes issus du démantèlement de la falaise de Champeau plus au Nord.

Au Sud, les forts apports sédimentaires liés à la dérive littorale et la dynamique de houle permettent la construction et progradation de flèches sableuses, créent des dépressions d'arrière barrières et des passes tidales.

Le bilan sédimentaire est de l'ordre de 1 million de m³. Il ne s'agit pas d'un simple transfert de sédiment du Nord vers le Sud. Il faut également prendre en compte l'apport de matériel depuis le large en direction du domaine estuarien. Le transit nord-sud³³ est actuellement de l'ordre de 50.000 m³/ans.

³¹ F. LEVOY, L'influence du cycle lunaire de marées de 18,6 années sur les zones intertidales : La baie du Mont Saint-Michel, France

³² F. LEVOY, L'influence du cycle lunaire de marées de 18,6 années sur les zones intertidales : La baie du Mont Saint-Michel, France

³³ AUFRET, 1989

7 ANALYSE HISTORIQUE

7.1 ANALYSE CARTOGRAPHIQUE DU LITTORAL

7.1.1 De l'empire romain au XVII^{ème} siècle

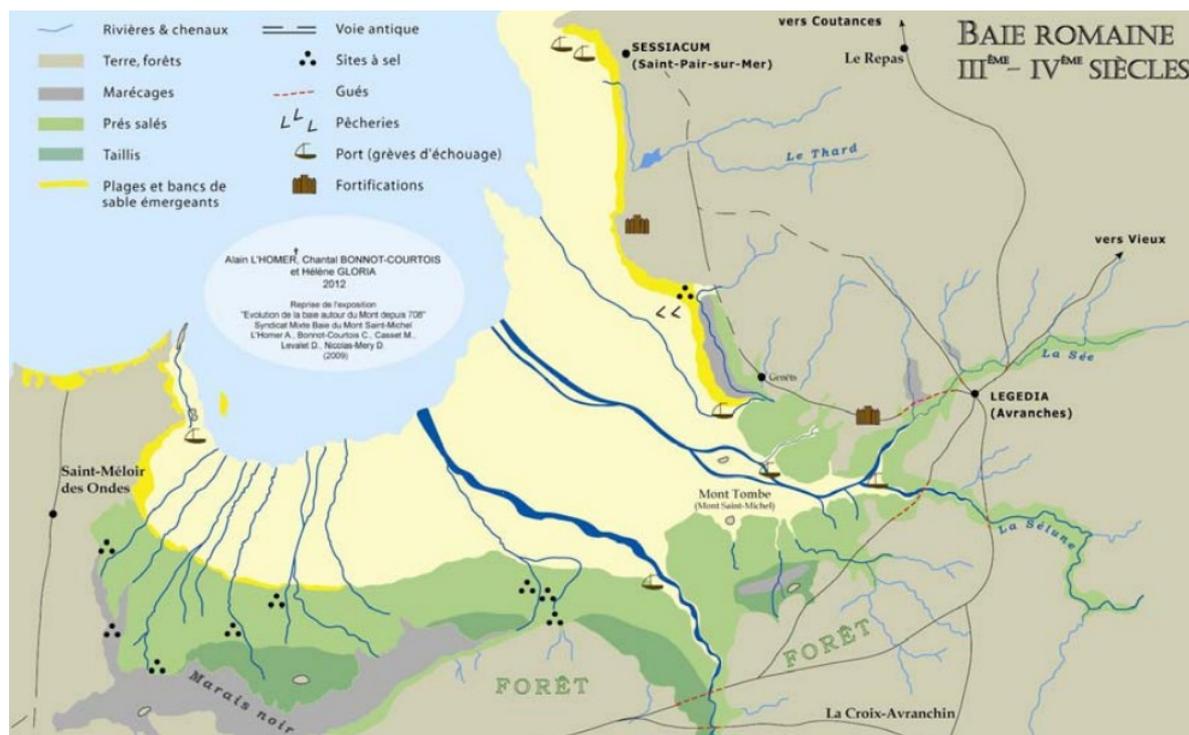


Figure 25 : Reconstitution des rivages de la baie du Mont Saint-Michel à l'époque romaine³⁴

Les vestiges en bois d'un barrage³⁵ à poissons, datés à plus de 3450 ans BP (fin de l'âge du Bronze) ont été découverts à Saint-Jean-le-Thomas lors d'une phase d'érosion importante ayant entraîné le démaigrissement de l'estran.

Le site des falaises de Champeaux comprend les vestiges de 9 barrages de pierres, datés du VI^{ème} au IX^{ème} siècle.

³⁴ Exposition « Evolution de la baie autour du Mont depuis 708 », L'Homer et al., 2009

³⁵ L'HOMER, 1995

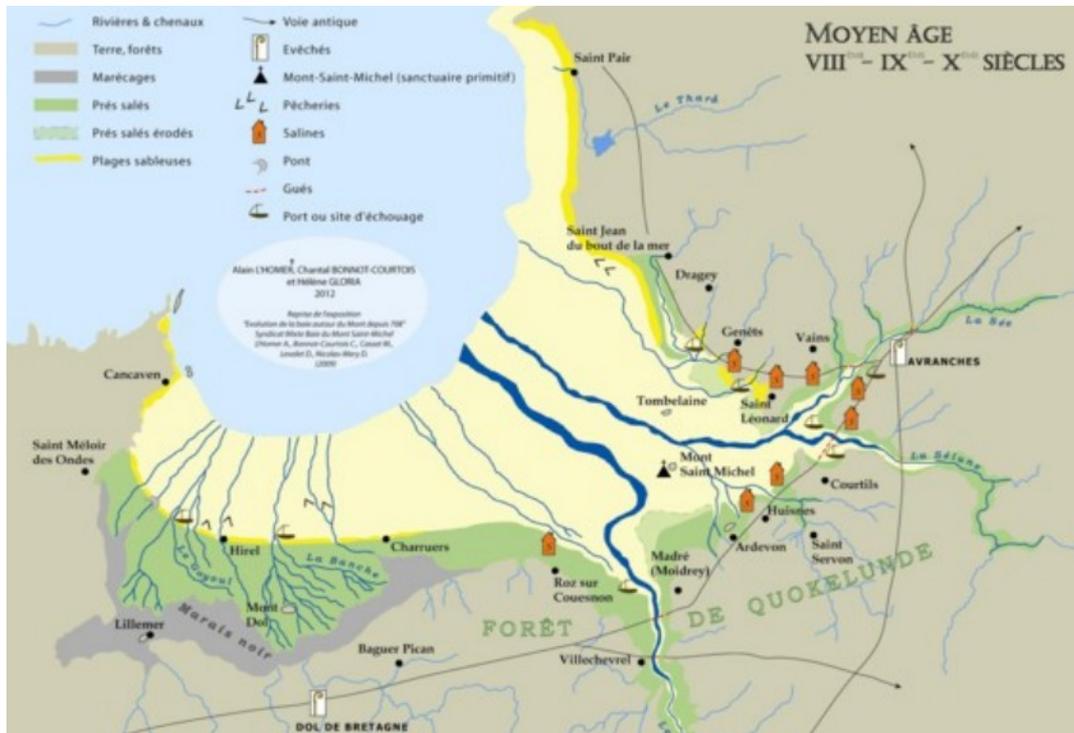


Figure 26 : Les rivages³⁶ de la baie au Moyen Age

Profitant de la présence de platiers et de falaises schisteuses, quelques pêcheries en pierre sont implantées en contrebas des falaises de Saint-Jean-le-Thomas. Ces installations vont connaître un déplacement vers le Nord-Ouest particulièrement important au X^{ème} et XI^{ème} siècle.

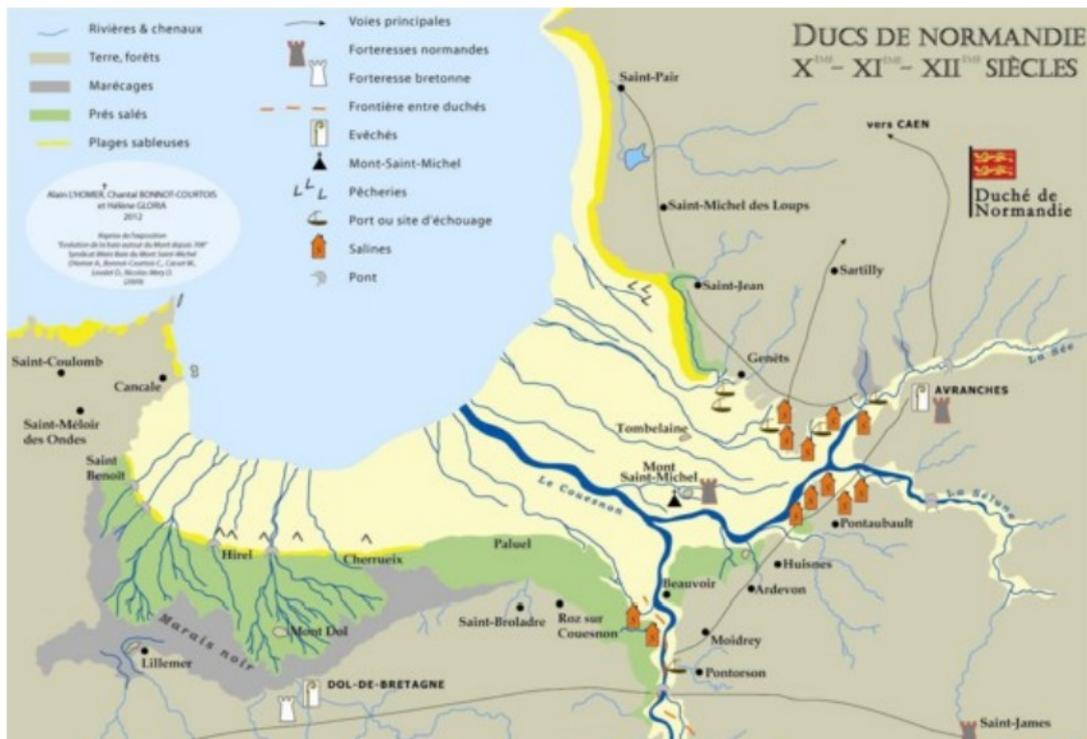


Figure 27 : Les rivage³⁴ de la baie autour du XI^{ème} siècle

³⁶ Exposition « Evolution de la baie autour du Mont depuis 708 », L'Homer et al., 2009

Entre le X^{ème} et le XII^{ème} puis au cours des siècles suivants, la baie estuarienne voit l'implantation des salines s'accélérer.

A la fin du XVIII^{ème} siècle, la carte de la famille Cassini, dressée par ordre du roi, est la première carte générale de la France. A l'Est de la baie, débouchent les trois principaux fleuves : le Couesnon, la Sée et la Sélune qui s'écoulent en direction du Nord-Ouest. Avant les aménagements autour du Mont, la marée pouvait remonter dans un large système estuarien formé par le chenal commun de la Sée et de la Sélune et par celui du Couesnon (Figure 28). Les chenaux de ces estuaires "sauvages" pouvaient divaguer avec un débattement potentiel de 4 km de part et d'autre d'une ligne reliant le Mont à La Chapelle Sainte-Anne (L'HOMER, 2002).

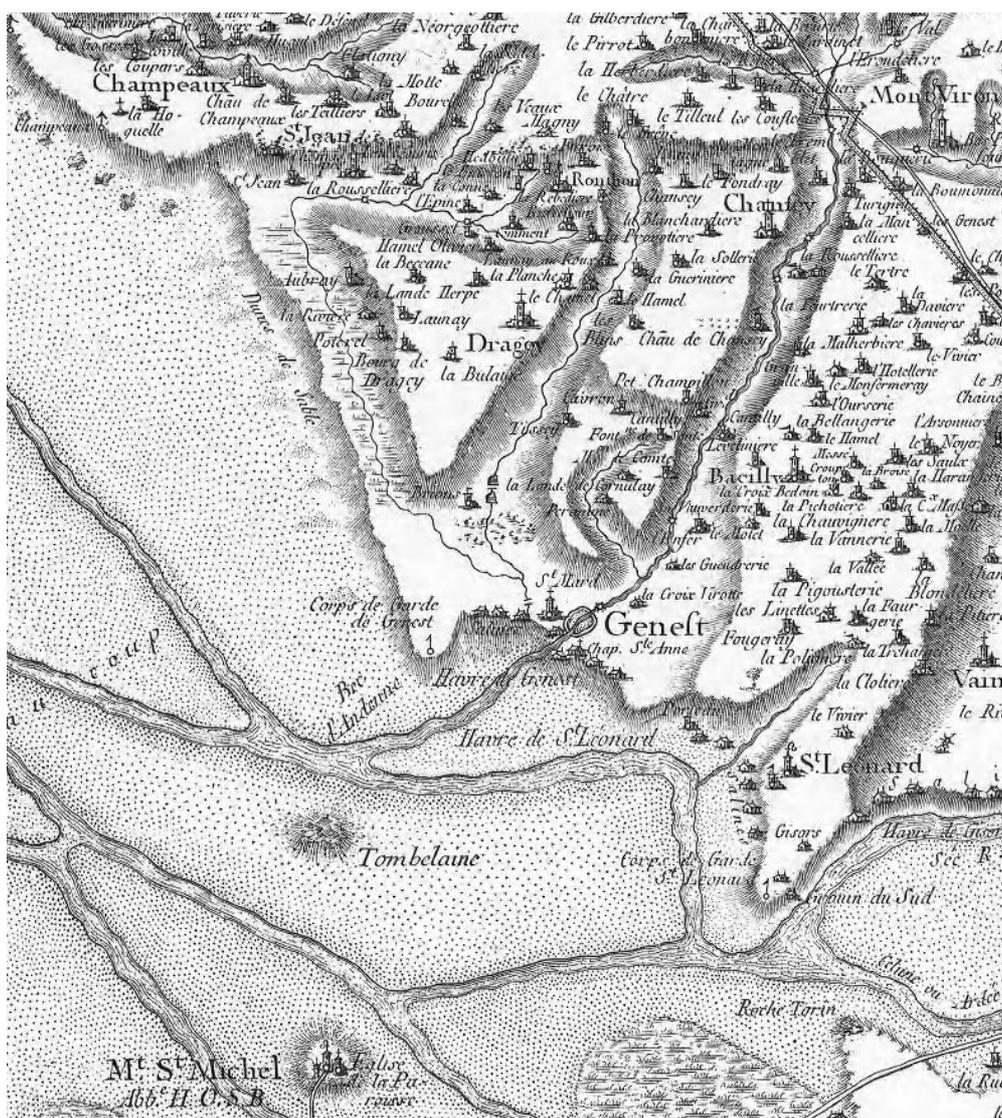


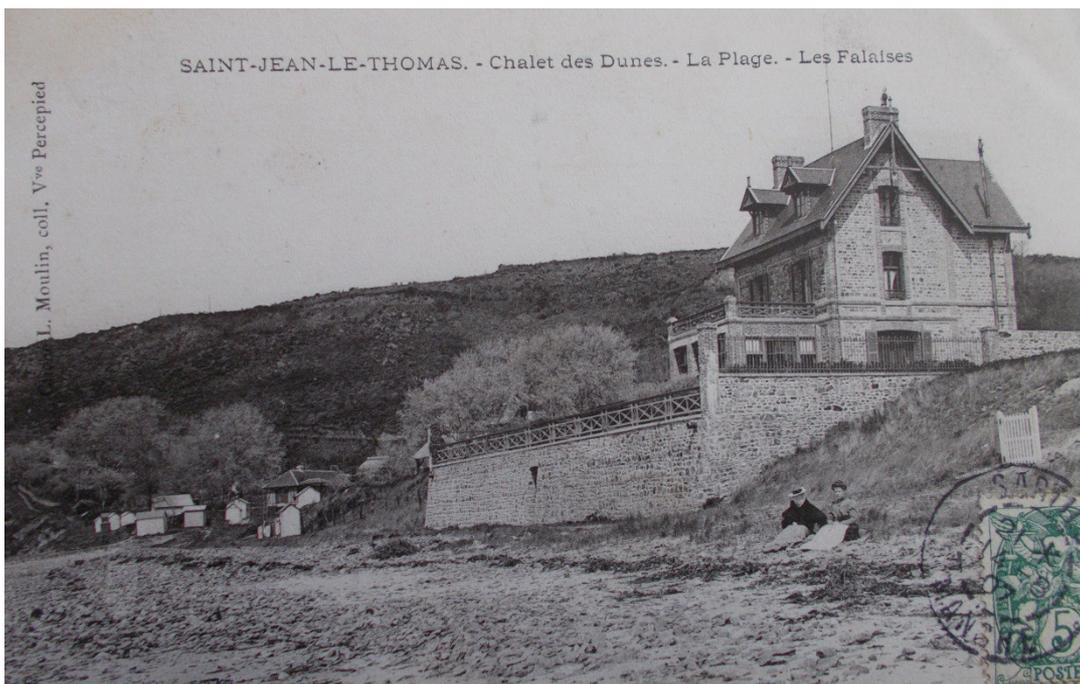
Figure 28 : Carte de Cassini (XVIII^{ème} siècle)

7.1.2 Du XIX^{ème} siècle à nos jours

L'analyse historique des deux derniers siècles est réalisée à travers l'étude de cartes postales du littoral fournies par M et Mme LAIGRE, résidents à Saint-Jean-le-Thomas.



1900 : Vue de Saint-Jean-le-Thomas depuis les falaises de Champeaux. Le trait de côte est à l'état naturel, très peu urbanisé, et la cale d'accès Saint-Michel existe déjà.



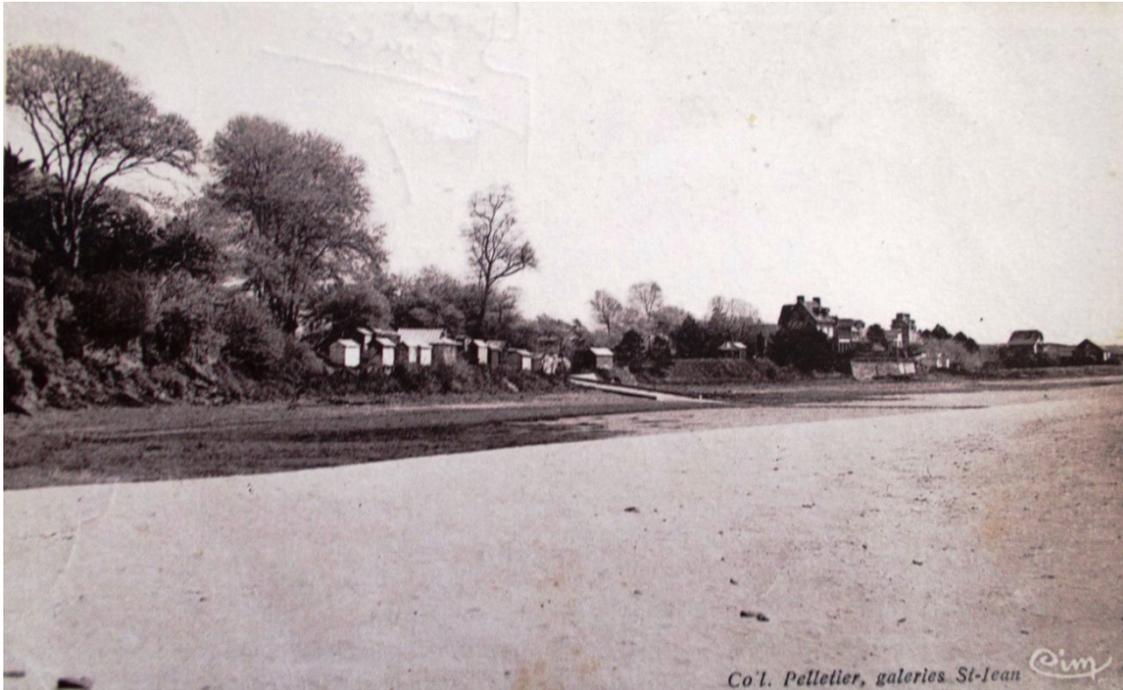
1907 : Vue de la villa des Dunes depuis la plage avec en arrière-plan les falaises de Champeaux. La plage de sable arrive en bas du mur de soutènement de la terrasse.



1912 : Vue depuis la plage Saint-Michel du littoral de Saint-Jean-le-Thomas. Il s'agit de la première photo des cabines de plages. Un épi transversal démarque le rejet du Ru du Moulin dans la baie. La plage est composée de sable dans sa partie haute et de plus gros sédiments dans sa partie basse.



1934 : Vue depuis la plage Saint-Michel du littoral Nord de Saint-Jean-le-Thomas. Des cabines de plages se situent au Nord de la cale. La partie haute de la plage est constituée de sables, au moins sur une frange de 200 mètres. A partir de 1936 et la démocratisation des congés payés, le nombre de cabines de plage augmente.



1949 : Vue depuis la plage Saint-Michel du littoral Nord de Saint-Jean-le-Thomas.



1950 n°1 : Vue du littoral de Saint-Jean-le-Thomas depuis la villa des Dunes jusqu'au Bec d'Andaine. Le trait de côte est naturel, pas d'ouvrage longitudinal ou transversal, et peu d'urbanisation. Les plages sont occupées par de nombreux touristes et chargées en sable. Des cabines de plages se situent au niveau de la plage du Pignochet et du camping.



1950 n°2 : Vue du littoral de Saint-Jean-le-Thomas avec jusqu'à trois rangées de cabines de plage. Les cabines sont entourées de végétation mais la dune commence à s'éroder. La commune est de plus en plus urbanisée.



Carte postale non datée : Probablement prise dans les années 50. La dune commence à s'éroder mais la largeur de plage couverte de sable est toujours importante.



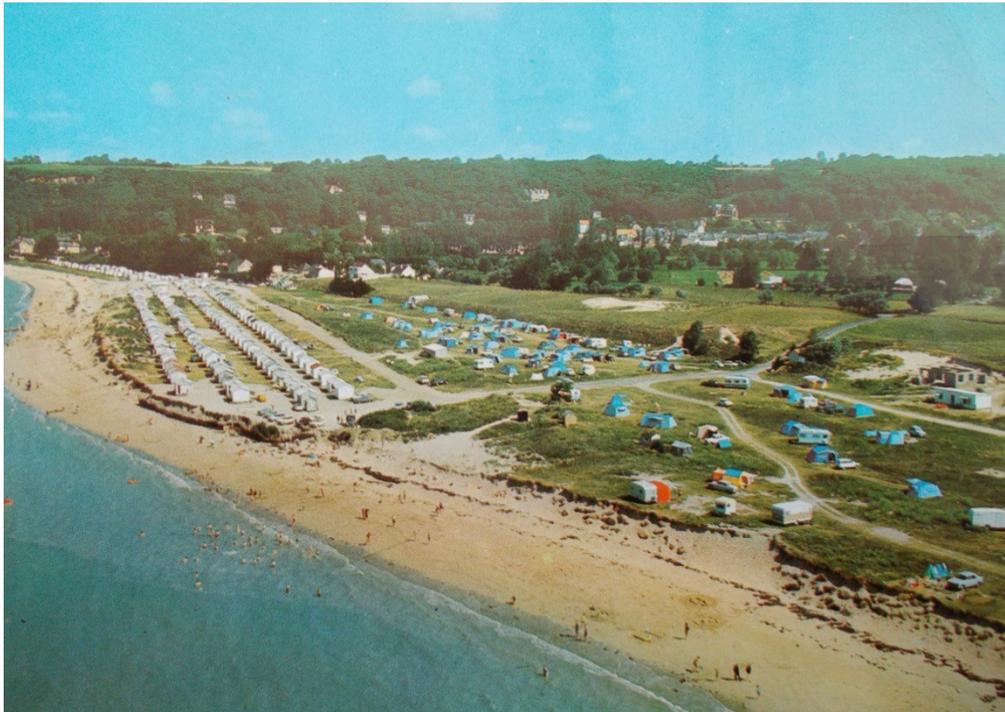
1955 : Vue aérienne depuis le sud de Saint-Jean-le-Thomas. En se retirant la mer crée un banc de sable parallèle au trait de côte à 200m de plage, il existe alors un canal entre la haute plage et la partie médiane. La quantité de sable disponible au droit de la commune a diminué.



1966 : Vue de Saint-Jean-le-Thomas depuis les falaises de Champeaux à marée haute. Les enrochements au sud de la cale Saint-Michel ne sont pas encore construits.



1968 (août) : Vue aérienne de la cale Saint-Michel jusqu'au Bourg de Saint-Jean-le-Thomas. Les cabines de plages au Nord de la cale Saint-Michel ont disparu. La plage Saint-Michel est couverte de sable.



1969 : Vue aérienne de la plage du Pignochet. A l'endroit du camping actuel, se trouve 4 rangées de cabines de plages. L'enrochement n'a pas encore été construit. Le haut de la dune est occupé par des caravanes et tentes, pas de constructions permanentes ou d'agriculture. La dune est dans la continuité du camping de Pignochet mais montre des signes d'érosion en haut de dune.



1973 : Vue aérienne de Saint-Jean-le-Thomas depuis la villa des Dunes jusqu'au Bec d'Andaine. La partie Nord de la commune jusqu'en droit du camping a perdu du sable, le chenal présent en 1955 a disparu ou a reculé plus au large.

7.2 URBANISATION

Une population en augmentation à l'échelle du PPRL grâce au dynamisme démographique de Dragey-Ronthon

Le territoire du PPRL voit sa population augmenter essentiellement depuis la fin des années 1990. Entre 1968 et 1999, la tendance était plutôt à la stagnation, voire à une légère diminution du nombre d'habitants.

Depuis 1999, les populations de Saint-Jean-le-Thomas et Genêts ont tendance à stagner (ou très légèrement augmenter) alors que la commune de Dragey-Ronthon a connu une forte augmentation de sa population (passant de 600 habitants en 1999 à 800 habitants en 2015).

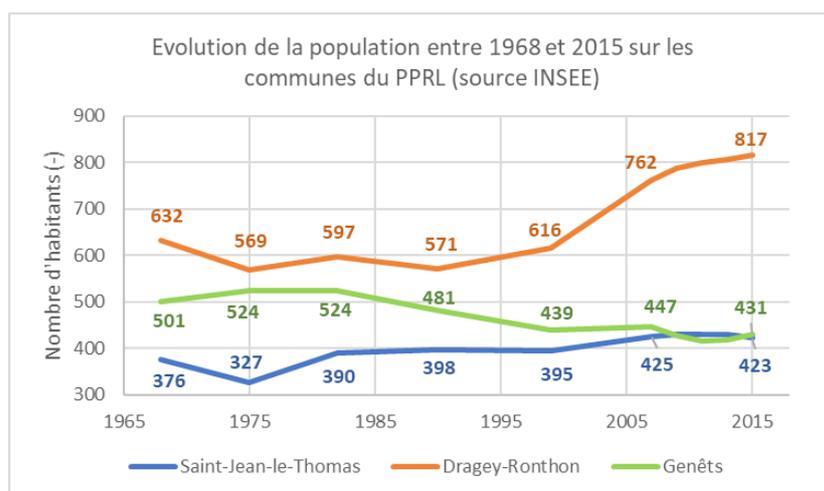
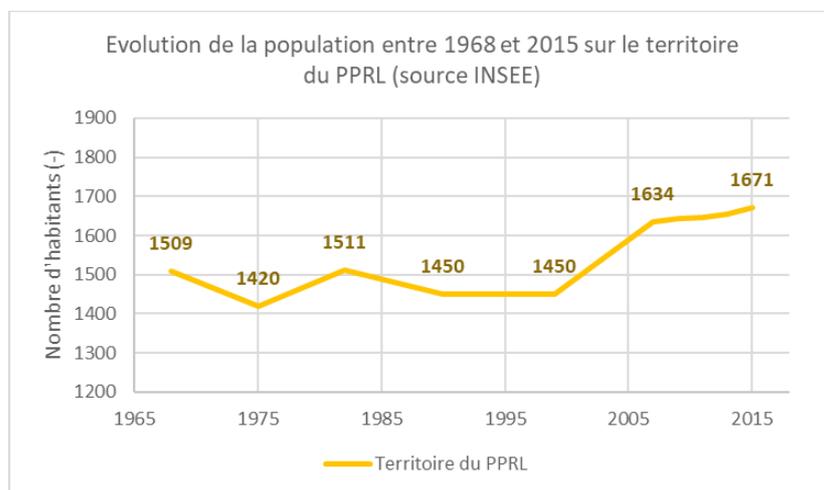


Figure 29 : Évolution de la population à l'échelle du PPRL et par commune entre 1968 et 2015 (Source : INSEE)

Un territoire balnéaire attrayant

Le parc de logements sur le territoire du PPRL augmente progressivement depuis 1975, passant d'un peu plus de 1000 logements (dont 42% en résidences secondaires) à près de 1600 logements en 2015 (dont 43% de résidences secondaires). Cette dynamique se retrouve sur chacune des trois communes du territoire, avec une augmentation très nette sur Dragey-Ronthon faisant écho au dynamisme démographique mis en évidence ci-avant (doublement du parc de logements sur cette commune depuis 1968, passant de 325 logements à plus de 610 en 2015).

La proportion de résidences secondaires sur le territoire est restée relativement stable depuis 1968 (variant entre 40% et 49% au cours des cinquante dernières années), démontrant l'attrait de ce territoire balnéaire auprès des touristes. A noter que Saint-Jean-le-Thomas présente un taux de résidence secondaire supérieure aux autres communes, avec une variation entre 68% en 1968 et 53% en 2015.

En complément de ces résidences secondaires, le territoire présente aussi plusieurs équipements permettant l'hébergement de cette population saisonnière : campings (à Saint-Jean-le-Thomas, à Dragey-Ronthon et à Genêts), chambres d'hôtes, hôtels et gîtes.

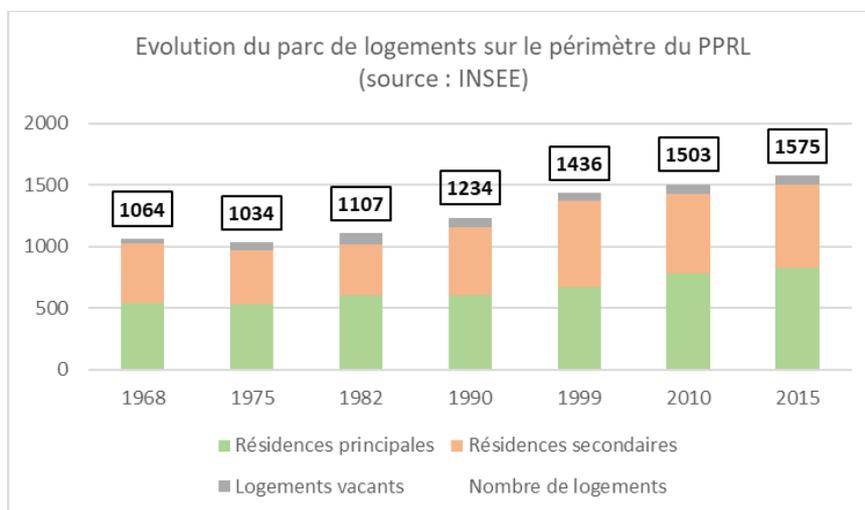


Figure 30 : Évolution du parc de logements sur le périmètre du PPRL (Source : INSEE)

Un étalement urbain progressif essentiellement organisé autour des centres historiques

L'augmentation de la population et du nombre de logements disponibles se traduit par un développement urbain, en premier lieu autour des centres urbains historiques des trois communes (voir carte page suivante).

Les cabines de plage, situées le long de la plage constituent une particularité propre à Saint-Jean-le-Thomas. Les plus anciennes datent du début du XX^{ème} siècle, date à laquelle les bains de mers thérapeutiques deviennent à la mode. Mais c'est entre 1955 et 1965 que la majorité d'entre elles sont construites, pour atteindre le nombre de 140 cabines à la fin des années 1960. A ce jour, il en reste environ 80 réparties de 3 à 4 rangées.



Figure 31 Les cabines de plage de Saint-Jean-le-Thomas (Photo SEPIA Conseils)

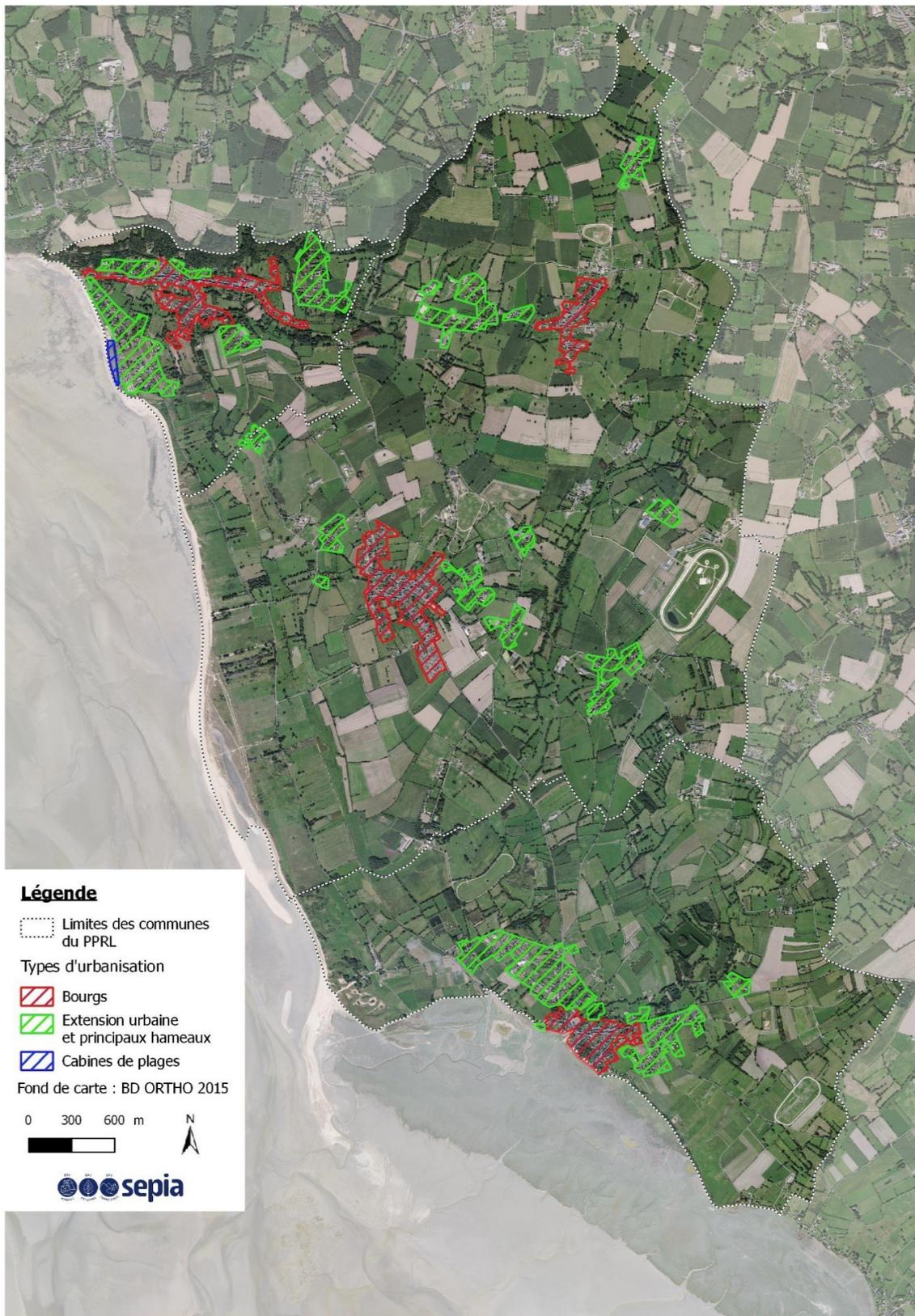


Figure 32 : Représentation de l'urbanisation actuelle sur le territoire du PPRL (SEPIA Conseils)

Comparaison de l'évolution de l'urbanisation à partir de photographies aériennes (Source : IGN)



Photographie aérienne de Saint-Jean-le-Thomas, 1955



Photographie aérienne de Saint-Jean-le-Thomas, 1973



Photographie aérienne de Saint-Jean-le-Thomas, 1980



Photographie aérienne de Saint-Jean-le-Thomas, 2002

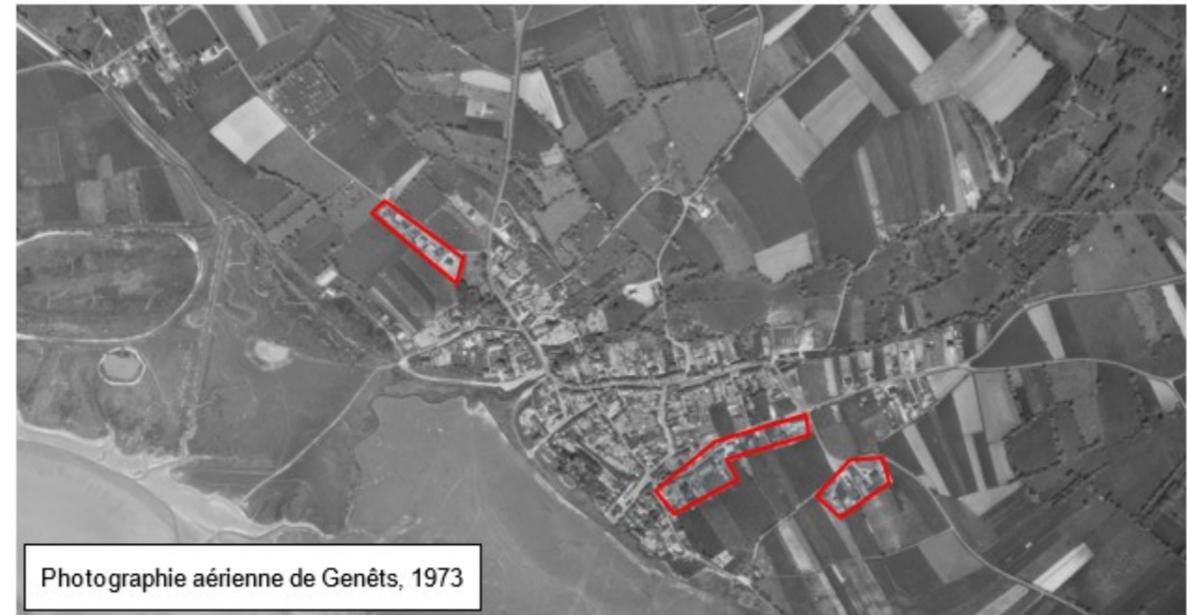
 Zones d'évolution de l'urbanisation (SEPIA Conseils)



 Zones d'évolution de l'urbanisation (SEPIA Conseils)



Photographie aérienne de Genêts, 1955



Photographie aérienne de Genêts, 1973



Photographie aérienne de Genêts, 1980



Photographie aérienne de Genêts, 2002

 Zones d'évolution de l'urbanisation (SEPIA Conseils)

En complément de cet étalement urbain autour des centres historiques, plusieurs hameaux se sont densifiés au cours des 50 dernières années. Ceux-ci sont localisés majoritairement dans les terres.

Ainsi, **en dehors du tissu urbain derrière les plages de Saint-Michel et de Pignochet à Saint-Jean-le-Thomas et du centre historique de Genêts, le littoral reste peu urbanisé.** Il est essentiellement tourné vers les activités agricoles (dont les élevages d'ovins, d'équins et de bovins, et les pré salés).

Perspectives de développement à venir

Les perspectives de développement issues des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) datant de 2017 sont très homogènes entre les trois communes et s'attachent en particulier à :

- Poursuivre le développement urbain du territoire pour faire face à l'évolution démographique modérée tout en conservant l'environnement naturel et paysager ;
- Développer l'activité touristique, en proposant notamment une plus grande capacité d'hébergement ;
- Préserver les activités agricoles en assurant le maintien et le développement des exploitations agricoles et équinées.

A noter qu'un Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) est en cours d'élaboration depuis décembre 2015, avec un objectif d'approbation à l'horizon du 2^{ème} semestre 2019³⁷. Les trois communes du PPRL sont concernées par la procédure.

7.3 AMÉNAGEMENTS LITTORAUX ET ÉTUDES EFFECTUÉES

L'évolution de l'urbanisation, a conduit à la réalisation de différents aménagements afin de préserver la sécurité des riverains et des installations en place.

³⁷ Pour plus d'informations sur la procédure du PLUi Avranches Mont Saint-Michel : <http://www.msm-normandie.fr/fr/amenagement-environnement/acces-rapide-5/plui/579-plui-avranches-mont-saint-michel>

7.3.1 Chronologie des aménagements

Date	Aménagements / Etudes	Résultats
1905	Eboulement des falaises au nord de SJLT	
Depuis 1947	Erosion	
Fin des 60'	140 cabines de plages environ	
1967-1980	Premières protections type gabions + enrochements entre la plage Saint-Michel et la plage de Pignochet	Construits et petit à petit détérioré par les tempêtes
1991	Débuts des suivis de l'évolution du littoral par le GRESARC	
1994-2001	Etude d'impact (1996) et de travaux : 1) enrochement longitudinal nord (plage St-Michel), 2) enrochement longitudinal sud, 3) épis transversaux en bois au lieu-dit des « Dunes »	1999 : Refus ministérielle des épis 2000-2001 : Réalisation de l'enrochement nord (de « la Cale »)
2002	Projet du procédé Stabiplage (CC de Sartilly)	Pas de suite
2003-2008	Etude d'impact et projet de travaux : 1) diguettes en terre végétalisée le long de la route visant à le limiter le risque de submersion du Marais Claire-Douve 2) rechargement de la plage de SJLT sur 800m + 5 épis de 100m de long, espacés tous les 150 m 3) rectification du tracé de l'enrochement actuel	2004 : Etude de faisabilité 1) du GRESARC: possibilité d'emprunt de sable sur le site de « La-Dune »: cout trop élevé, la mise en place d'épis modulables est envisagé comme alternative; 2008 : pas d'évolution administrative et financière du projet
2008-2009	Installation de 6 fascines test par la CC de Sartilly	Programme de suivi scientifique par le CREC. Pas d'impact positif.
2015	Installation de big-bag	
2016	Mise en place d'un épi expérimental en géo composite	
Février-mars 2016	Rechargement de 3800m ³	
Janvier 2017	Rechargement dunaire de 4500 m ³	
Avril 2017	Erosion encore très active	
Janvier 2018	Rechargement de 4000m ³ suite à la tempête Eleanor	
Mars 2018	Travaux sur l'enrochement Pignochet par la communauté de communes de Sartilly Porte de la Baie.	Comblement des anses d'érosion à l'arrière de l'ouvrage, et apport de matériaux où la carapace était la plus fragilisée.
Eté 2018	Travaux de consolidation des murs de soutènement de la villa « Les Dunes »	
Octobre 2018	Rechargement ³⁸ de 13000m ³	

³⁸ Note n°10, LEVOY F., juillet 2018

7.3.2 Faisabilité d'un rechargement en sable de la plage de Saint-Jean-le-Thomas

En 2004, la dernière étude³⁹ du GRESARC préconise la mise en place d'une batterie d'épis sur un linéaire de 800m (depuis le chemin en provenance du hameau d'Obrey jusqu'à l'extrémité sud de l'enrochement longitudinal), accompagnée d'un rechargement en sable à partir d'un emprunt en sable à proximité. (figure ci-contre)

Compte tenu du degré d'exposition aux agents hydrodynamique de la zone à recharger, les caractéristiques sédimentologies des échantillons prélevés en surface ne sont pas optimales pour le rechargement de la zone érodée (granulométrie trop petite et teneur en fines inadaptée) bien que le volume nécessaire soit disponible.

Compte tenu du coût et de la probable difficulté à obtenir une autorisation de prélèvement dans ce secteur (Baie du Mont-Saint-Michel), une autre alternative est envisagée : la mise en place d'épis modulables, c'est-à-dire dont la cote d'arase pourra être progressivement surélevée au fur et à mesure de l'engraissement de la haute plage.

Figure 34 : Site d'emprunt potentiel pour un rechargement en sable

En effet, une protection efficace du littoral de Saint-Jean-le-Thomas suppose un exhaussement du profil de haute plage, destiné à amortir l'énergie des vagues.

Suite à la tempête Eleanor, la distance minimale entre le trait de côte et la route en contrebas de la dune est d'environ 15m. A la demande de la Communauté d'Agglomération Mont Saint-Michel une note technique a été réalisée afin de réétudier cette possibilité. Selon LEVOY F.⁴⁰, la zone d'extraction du sable pour le rechargement de la plage de Saint-Jean-le-Tomas a privilégié se situera dans la zone d'accrétion au niveau de Dragey-Ronthon (Station SW06 du CREC, voir figure 36). Le volume de sables moyens à grossiers disponible semble compatible avec le volume de rechargement nécessaire envisagé.

7.3.3 Installation de six fascines

Installées en avril 2008, les six fascines commencent à être ensevelies 6 mois plus tard alors qu'aucune tempête majeure n'est observée sur cette période.

Après 11 mois de suivi, les relevés⁴¹ ne permettent pas de statuer sur l'impact positif des fascines sur le recul du trait de côte. L'efficacité du dispositif n'est pas évidente. La longueur des fascines (20 mètres) serait trop courte pour fixer les sédiments et leurs effets sur les sables éoliens seraient limités.

³⁹ Défense contre la mer du littoral compris entre Saint-Jean-le-Thomas et Genêts. Etude de faisabilité du rechargement de la plage de SJLT. Recherche d'un site d'emprunt de sable, GRESARC, 2004

⁴⁰ LEVOY, F. 2/07/2018. Note technique concernant le rechargement de la plage de Saint-Jean-le-Thomas. Communauté d'agglomération Mont-Saint-Michel.

⁴¹ Rapport du CREC, septembre 2009



Figure 34 : Suivi des fascines mise en place au sud du lieu-dit "La Dune":

[1] pose en avril 2008 ; [2] septembre 2008 ; [3] octobre 2012 quasiment ensablées et [4] visite de terrain juillet 2018

À partir d'octobre 2012, les fascines sont ensablées et n'ont plus aucun impact sur le transport sédimentaire longitudinal. Des débuts de végétation continue à se développer.

7.3.4 Impact de la mise en place d'un épi en 2016

Fin juin 2016, un épi expérimental est mis en place dans le contexte érosif de la plage de Saint-Jean-le-Thomas. Il est constitué de modules souples en matériaux géocomposites. (LEVOY, 2017). Quatre mois après son installation, en octobre 2016, après la période estivale, il a été constaté une accumulation sédimentaire d'une hauteur comprise entre 20 et 50 cm au Nord de l'ouvrage.

Dix mois après son installation et après un confortement dunaire⁴² de 4500 m³ de sable réalisé en janvier 2017, il convient de souligner que l'érosion est encore très active sur l'ensemble de la zone étudiée, au Nord et au Sud de l'épi. Le taux d'érosion a légèrement diminué sur un tronçon de 120 m à l'amont immédiat de l'ouvrage. Le sable du confortement dunaire, en partie érodé par les tempêtes, a partiellement été bloqué par l'épi ce qui a contribué à stabiliser le trait de côte et à limiter l'érosion sur la zone du confortement. L'érosion de la plage au Sud de l'ouvrage est due à cette accumulation de sable au Nord mais également à la tendance érosive naturelle.

⁴² Service « Mer et Littoral », DDTM50

En juin 2017, des modules présentent des signes de déformations et se sont affaissés sur le côté sud de l'ouvrage. Certaines parties des géotextiles se décollent et depuis le printemps, les modules à l'extrémité de l'ouvrage se recouvrent de matières organiques verdâtres. Il est difficile de tirer des conclusions sur le véritable impact de l'ouvrage.



Figure 35 : Vu de l'épi expérimental côté sud le 28/06/2016 [1] (LEVOY, 2017) et le 17/07/2018 [2]

La Figure 35 permet d'observer le recul de la dune entre l'implantation de l'ouvrage en juin 2016 et la visite de terrain en juillet 2018. L'épi n'est plus en contact avec la dune suite au recul du trait de côte, annihilant toute l'utilité de ce dispositif.

Lors de l'hiver 2017-2018 et de la tempête Eleanor (voir fiche tempête), le trait de côte a fortement reculé⁴³ et l'ouvrage a été endommagé. Dix modules ont été déplacés sous l'effet des vagues d'Ouest-Nord-Ouest en direction du Sud/Sud-Est. L'épi sur le haut de plage ne joue pas son rôle de stabilisateur, l'érosion se poursuit de part et d'autre de l'ouvrage, sur tout le linéaire de la plage. Par ailleurs la position du pied de la dune a fortement reculé.

Figure 36 : Evolution topographique de la plage de Saint-Jean-le-Thomas entre juin 2016 et avril 2018 (source: LEVOY F, juillet 2018)

Lors du dernier suivi effectué par F. LEVOY⁴⁴, en novembre 2018, l'effet de l'épi sur l'évolution de la plage suite à la tempête n'était pas identifiable compte-tenu du rechargement de sable qui a eu lieu en octobre 2018 à environ 450m au Nord de l'ouvrage.

⁴³ F. LEVOY, 24/05/2018, Note n° à l'intention de la Communauté de Communes Avranches Mont Saint-Michel – Résultats du suivi et analyse à t₀+22mois

⁴⁴ F. LEVOY, 27/11/2018, Note n°10 à l'intention de la Communauté de Communes Avranches Mont Saint-Michel – Résultats du suivi et analyse à t₀+28mois

7.4 TRAIT DE CÔTE DE SAINT-JEAN-LE-THOMAS A GENÊTS

7.4.1 Structure du trait de côte

Le trait de côte est majoritairement naturel (cf. annexe 2) mais il est fixé au nord du secteur, sur un linéaire total de 970 m, par des ouvrages en enrochements et des murs de propriétés au niveau des plages de St Michel et de Pignochet. Ces défenses contre la mer anti-érosion protègent le bas de la falaise de Champeaux, quelques maisons en première ligne et les cabanes de plages du camping de Saint-Jean-Le-Thomas.

Au sud de la ligne d'enrochements de la plage de Pignochet, le trait de côte est composé d'un système de plages et d'un massif dunaire sur environ 5,8 km. Le trait de côte est alors représenté par une limite de végétation ou une microfalaise d'érosion taillée dans le cordon dunaire.

Plusieurs ouvrages côtiers sont présents sur le territoire d'étude. Ils font l'objet de fiches ouvrages détaillées en annexe 11.

7.4.2 Evolution du trait de côte

A partir des onze photos aériennes, au préalablement géoréférencées, des deux orthophotos (2012 et 2015) et du relevé effectué lors de la visite de terrain à l'aide de la technologie *Cartolander*, quinze traits de côte ont été positionnés en se basant sur la limite de l'estran supérieur de la plage et de la végétation (Annexe 3).

Sur les photos les plus anciennes, la résolution de l'image et l'absence de couleur rendent difficile l'identification du trait de côte, l'incertitude diminue avec l'âge des photos. Une première sélection avait été effectuée afin de conserver les photos de meilleure qualité et répartie homogènement dans le temps. La tablette *Cartolander* permet de géoréférencer en temps réel le chemin parcouru avec une précision d'une dizaine de centimètre selon la qualité du signal GPS.

Selon GLATRE et Al. (2013), en moyenne entre 1947 et 2012, l'évolution du trait de côte est de -4,9m/an soit un recul de 320 mètres sur toute la période. Cette évolution est irrégulière dans le temps et l'espace. Les taux d'érosion décroissent en se dirigeant vers le Sud. Des périodes de fortes érosions alternent avec des périodes de quasi stabilité du trait de côte, ainsi entre septembre 1971 et mars 1973 il a été mesuré un recul de 33m, et 20m entre juin et novembre 1977. Cette irrégularité résulte de la résistance variable du cordon dunaire et des événements météorologiques sur la période.

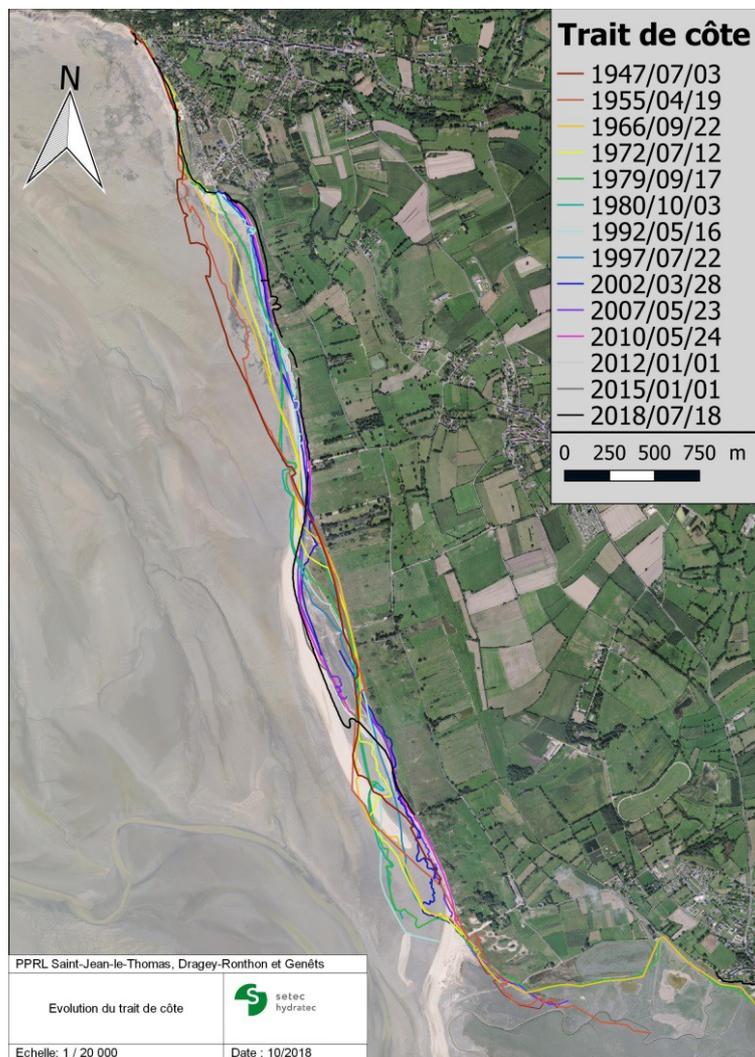


Figure 37 : Evolution du trait de côte (Annexe 3)

L'érosion est importante au nord de la zone d'étude alors qu'en droit du Bec d'Andaine, s'est formé une zone d'accrétion sur la flèche ; création d'une nouvelle flèche sableuse d'accrétion entre Saint-Jean-le-Thomas et le Bec d'Andaine au lieu-dit « La Dune ». La position et la forme de ces flèches sont impactées par les divagations de la Sée et de la Sélune



Figure 38 : Carte postale de 1950 : Le trait de côte est naturel, pas d'ouvrage longitudinale ou transversal, et peu d'urbanisation. Les plages sont occupées par de nombreux touristes et chargées en sable. Des cabines de plages se situent au niveau de la plage du Pignochet et devant le camping.



Figure 39 : Photo prise lors de la visite de terrain en février 2018 : Le trait de côte fixé au nord de Saint-Jean-le-Thomas et naturel à partir des enrochements de la plage du Pignochet

Le Centre de Recherche en Environnement Côtier (CREC) de l'Université de Caen suit l'évolution du trait de côte, depuis 1992, du département de la Manche entre Saint-Jean-le-Thomas et le lieu-dit du Bec d'Andaine à Genêts grâce à 7 stations de mesure et des campagnes de mesures ponctuels.



Figure 40 : Station de mesures du CREC de l'université de Caen

Au Nord de la cale d'accès à la plage Saint-Michel (point SW102), le trait de côte correspond à une falaise d'érosion taillée dans le limon, dont la base est protégée par un cordon d'enrochements. La plage a perdu beaucoup de sable entre 1992 et 1994 et depuis continue à s'éroder principalement au niveau du moyen estran, provoquant la disparition de banc de sable. Aujourd'hui la majeure partie du profil est représentée par des cailloux. En 2016, le déficit par rapport à 1991 était de près de 120 m³/ml, dont seulement une dizaine de mètres-cubes sur la haute plage.

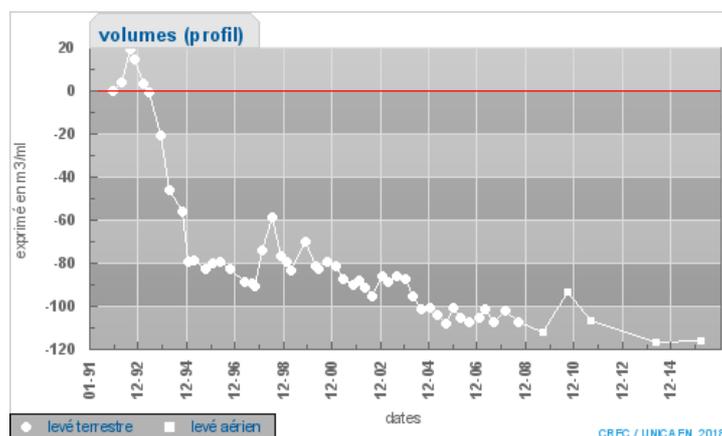


Figure 41 : Evolution du volume de sable sur le profil de la station SW102 entre 1991 et 2016 (source : CREC Caen)

Environ 650 m au Sud de la cale d'accès à la plage Saint-Michel (point SW103), le trait de côte est fixé par un ouvrage longitudinal en enrochements. Le haut de plage est principalement touché par l'érosion avec depuis 1992 une diminution de 1 mètre de la hauteur de plage. La perte de sable a été marquée dès le début du suivi entre 1992 et 1993 (- 35 m³/ml). Après un retour du sable entre 1997 et 1999, l'érosion a repris, portant le déficit en 2016 à un peu plus de 30 m³/ml, sur la haute plage quasi exclusivement.

Au Nord de l'accès à la plage en provenance du chemin du hameau d'Obrey (point SW104) et au Nord de l'accès à la plage du lieu-dit de « La Dune » (point SW05), le trait de côte correspond à une microfalaise d'érosion taillée dans le cordon dunaire étroit. L'érosion menace la route littorale en contrebas du cordon dunaire.

En droit du bourrelet dunaire (point SW06), au Sud de l'accès de la plage au lieu-dit « La Dune », après une période d'érosion, entre 2000 et 2016 le trait de côte a avancé sans pour autant atteindre sa position originelle. Une érosion de la plage est principalement constatée devant le cordon dunaire au niveau du moyen estran, en relation avec la fluctuation de la position des chenaux de vidange de la baie du Mont-Saint-Michel. Un chenal séparait la haute de la moyenne plage en 1992. Il s'est progressivement comblé et éloigné vers l'Ouest entre 1993 et 1995. En arrière, la dune s'est développée jusqu'en 1995 puis s'est fortement érodée, notamment entre 1996 et 1998. Elle a réellement commencé à se reconstituer en 2003. Sur le profil complet, le bilan sédimentaire est positif entre 2014 et 2016.

Encore plus au Sud, à environ 1800 m de l'accès à la plage en provenance du lieu-dit « la Dune » (point SW107), le trait de côte correspond désormais à une limite de végétation en avant d'un cordon dunaire bas. Il a reculé jusqu'à environ 100 m entre 1992 et 2002. Année à partir de laquelle, le trait de côte a commencé à progressivement avancer sur la mer, sans toutefois atteindre sa position originelle.

Au niveau du Bec d'Andaine (point SW108), le trait de côte correspond alternativement à une limite de végétation et à une microfalaise d'érosion taillée dans le cordon dunaire. Entre 1994 et 2010, après une période d'accrétion, le trait de côte a reculé de près de 300 m entraînant une forte perte de sable. La perte de sable a été considérable atteignant les 1800 m³/ml entre 1992 et 2010. Entre 2010 et 2015, la position du trait de côte s'est relativement stabilisée. L'érosion constatée est liée à la divagation de chenaux secondaires des fleuves Sée et Sélune qui tendent à se rapprocher plus ou moins du trait de côte selon les périodes. La disparition de deux cordons dunaires a provoqué la submersion de deux pannes (zones basses) situées en arrière. (UNICAEN, 2018)

7.4.3 Causes de l'évolution du trait de côte

Ainsi, le recul du trait de côte est lié :

- à des phénomènes naturels à grande échelle :
 - o énergie érosive des houles dominantes Ouest-Nord-ouest et force très érosive du vent de secteur Sud-Est ;
 - o la direction des houles Ouest-Nord-ouest est à l'origine de courants de houles et qui associés aux courants de marées du flot sont à l'origine de la dérive sédimentaire NNO à SSE ;
 - o la divagation des chenaux secondaires des fleuves Sée et Sélune ;
 - o l'augmentation du niveau marin (très faible à l'heure actuelle) ;
 - o la sous-alimentation des systèmes dunaires ;

- à l'action anthropique :
 - o la fixation du trait de côte par une ligne d'enrochement longitudinale au droit de la plage de Pignochet qui augmente l'érosion immédiatement en aval de l'ouvrage ;
 - o la présence d'ouvrages transversaux perturbe la dérive littorale ;
 - o le surpâturage de certains champs et les chemins à travers les dunes ;
 - o la surfréquentation de la plage et des dunes : le piétinement du haut de la dune, déstabilise son sommet et participe à son érosion.

7.4.4 Conséquences sur le Marais de la Claire Douve

L'érosion significative du cordon dunaire risque à terme de créer une brèche au sud de Saint-Jean-le-Thomas. En laissant la dynamique littorale se poursuivre, la zone basse arrière littorale serait soumise à l'influence des marées et à de possibles submersions.

Sur le plan écologique, le fonctionnement du marais serait alors contraint d'évoluer vers un marais saumâtre, ce qui s'accompagnera d'un changement de la biodiversité présente et de sa gestion. Pour maintenir le fonctionnement global du site dans son état actuel, le cordon dunaire devra être maintenu.

7.5 DÉBORDEMENTS DES COURS D'EAU

7.5.1 Ru du Moulin

Le problème d'inondation viendrait de l'amont. D'une part en raison d'une faible pente du cours d'eau qui rend l'écoulement difficile vers l'aval et occasionne ainsi des débordements et d'autre part à cause des crues du ruisseau.

La diminution des surfaces de prairies, la suppression des obstacles naturels paysagers, et l'augmentation de la taille des parcelles sont des facteurs aggravants ayant favorisés l'augmentation du ruissellement et donc des risques d'inondation.

Un batardeau a été installé au niveau du marais de « La Bunelle » pour éviter les inondations de la cale (cf. annexe 5, fiche ouvrage n°4). Si le marais est plein, l'ouverture du batardeau pourrait inonder les habitations en zones basses.



Figure 42 : Marais de la Bunelle à Saint-Jean-le-Thomas en janvier 2018 (source SMBCG)

Lors d'événements de fortes précipitations, l'inondation se propage à l'ensemble du marais de la Claire Douve, situé au Sud de Saint-Jean-le-Thomas. Un réseau de fossé de drainage permet l'évacuation des eaux vers le ruisseau de la Claire Douve, mais la pente très faible rend difficile l'évacuation des eaux. Le marais de la Bunelle peut alors rester inondé plusieurs jours.

Les remontées de nappes phréatiques viennent se superposer et amplifient les inondations. Cependant, aucun problème d'inondation n'a été signalé, jusqu'à maintenant, en lien avec les phénomènes de marées.

7.5.2 Marais de la Claire Douve

Le marais est régulièrement inondé en période hivernale et au printemps. Ces inondations chroniques concernent plus particulièrement la partie Nord entre la route du Pignochet et le pont de Potrel, ce secteur étant topographiquement le plus bas de la zone. Par ailleurs, la présence d'une contrepente en amont du pont de Potrel et l'état de colmatage de certains tronçons du lit de la Claire Douve accentuent le risque d'inondation dans cette zone.



Figure 43 : Vu aérienne du marais de la claire douve inondée depuis le Bec d'Andaine (Source : SMBCG, 2015)

De plus, au niveau de la route du Bec d'Andaine, à Genêts, la porte à flot n'a pas un fonctionnement opérationnel : la porte n'est pas étanche et, des sédiments bloquent l'écoulement en se déposant en amont (lié à la confluence des deux ruisseaux) et en aval (sous l'effet de la fermeture de la porte).

La Chantereine déborde sur la route départementale en amont de la propriété privée à travers laquelle chemine le cours d'eau (observation faite à l'hiver 2018).

Les remontées de nappes phréatiques peuvent se superposer et amplifier les inondations.

7.5.3 Le Lerre

Le 12 novembre 2000, environ 70 habitations ont été inondées dans le bourg de Genêts, avec au plus fort de la crue 1,20m d'eau à l'intérieur des maisons.

Les causes de cette inondation sont multiples. Les jours précédents la crue et le jour de l'événement de fortes précipitations sont tombées sur le bassin versant, près de 130 mm en 8 jours. Ces pluies ont saturé le sol et donc augmenté les coefficients de ruissellement de la lame d'eau. Ainsi, les ouvrages hydrauliques et les capacités d'écoulement du ruisseau n'ont pas permis l'évacuation de la crue dans la mer, notamment à cause de la partie canalisée la plus aval et du pont d'évacuation à la mer. Le Lerre a débordé dans les prairies inondables en amont du bourg puis a emprunté la rue du Prieuré en direction de la RD 911 puis du bourg où il a inondé les habitations.

D'autres éléments ont aggravé la crue. La capacité hydraulique et l'écoulement du Lerre ont été entravés par des embâcles causés par des branchages laissés en pied de berge. L'élévation des fonds de la baie du Mont-Saint-Michel et le manque d'entretien du ruisseau sur le domaine maritime ont compliqué son évacuation dans la mer. L'augmentation anormale des apports latéraux due au colmatage du réseau d'évacuation de ces fossés de drainage a également empiré la crue en augmentant sensiblement les volumes d'eau à évacuer. En effet, les eaux de ruissellement des parcelles notamment situées au sud de la RD911 auraient dû être drainées et être directement rejetées à la mer.



Figure 44 : Exutoire du Lerre à Genêts (SMBCG, février 2015)

Parallèlement à ces inondations par débordements du Lerre, la commune de Genêts connaît des inondations par la mer lors des grandes marées et par remontée de nappe lors des années humides.

Les phénomènes de marée ont pour conséquence des difficultés d'évacuation des eaux du Lerre dans la mer lors des grands coefficients. La superposition d'une crue du Lerre et de ces phénomènes causerait ainsi d'importantes inondations dans le bourg.

7.6 CHRONOLOGIE DES ÉVÉNEMENTS TEMPÉTUEUX

A partir des données bibliographiques, il s'agit de recenser les événements tempétueux et les coups de vent qui ont impacté le littoral de Saint-Jean-le-Thomas à Genêts.

Ce recensement s'appuie notamment sur les données issues de l'étude Vimiers des événements de tempête en Bretagne (CEREMA & France, 2013), la presse régionale (Reveil Maritime, Ouest Eclair, Ouest France), la thèse de S. NOEL (2017) et des visites de terrains.

35 événements ont été sélectionnés entre 1817 et 2018. La littérature étant très pauvre sur le périmètre du PPRL, la plupart des événements sont caractérisés à l'échelle départementale voire régionale. La dénomination « Bretagne Nord » englobe un large secteur, de Cherbourg à Paimpol. Le terme « Manche » désigne le département.

Pour chacune des tempêtes répertoriées, les fiches descriptives réalisées présentent dans la mesure des données disponibles :

- Le contexte général de la perturbation atmosphérique à l'origine de la tempête, son origine et sa trajectoire ;
- Les caractéristiques de l'événement d'un point de vue hydrodynamique : coefficient de marée associé, niveau théorique au port de Saint-Malo et Granville, mesure de houle, et surcote ;
- Les dégâts.

7.6.1 De 1810 à 1900

<u>Tempête du 6 mars 1817</u>	GRANVILLE
<u>Contexte:</u> -	
<u>Caractéristiques</u> : Coefficient de marée de 111. Un fort vent d'Ouest génère une importante houle, surcote de 2,40m selon le préfet de la Manche ;	
<u>Dégâts</u> : La mer submerge le bourg de Genêts et ses salines (NOEL, 2017). Des marais de la baie du Mont Saint-Michel sont inondés. L'évènement restera dans les mémoires jusqu'en 1869 (NOEL, 2017).	

<u>Tempête du 22 octobre 1820</u>	GRANVILLE
<u>Contexte:</u> -	
<u>Caractéristiques</u> : A Granville, des vents en provenance du Sud-Ouest et du Nord-Ouest combinés à des coefficients de marées allant jusqu'à 109 (SHOM).	
<u>Dégâts</u> : Inondation de plusieurs bâtiments et la destruction de quais (Ministère de l'Intérieur, Paris, 1822)	

<i>Tempête du 23 au 28 mars 1836</i>	GRANVILLE
<p><u>Contexte:</u> Le 23 mars une violente tempête ravage tout le littoral atlantique. Les vents violents durent jusqu'au 28 mars, ils impactent tout le pays.</p> <p>L'ouragan s'accompagne de vents très violents responsables de nombreux dégâts particulièrement le long des côtes atlantiques jusqu'au Cotentin.</p> <p>Les fortes pluies provoquent des coulées de boue, des crues ainsi que la destruction de maison et villages jusque dans le nord-est du pays.</p>	
<p><u>Caractéristiques:</u></p> <p>-</p>	
<p><u>Dégâts:</u> "Le chasse-marée l'Esperance, monté de quatre hommes d'équipage, se trouvait le 28 mars 1836, à trois ou quatre lieues dans le N. du cap Fréhel, lorsqu'il fut assailli, avec une extrême violence, par une tempête. (...) le mousse Maréchal, était encore sur le chasse-marée, quand un coup de vent sépara les deux bâtiments" Annales Maritimes et Coloniales, volume 22, Granville</p>	

<i>Tempête du 30 janvier au 1^{er} février 1869</i>	GRANVILLE
<p><u>Contexte:</u></p>	
<p><u>Caractéristiques:</u></p> <p>Coefficient de marée de 116 le 1^{er} février selon le journal l'Avranchin du 7 février 1869. Vents de Sud-Ouest.</p>	
<p><u>Dégâts:</u></p> <p>Les jardins et maisons du village de Genêts sont inondés.</p>	

<i>La tempête du 13 et 14 février 1900</i>	MANCHE
<p><u>Contexte:</u> Cette tempête s'est traduite par de fortes rafales de sud-ouest sur l'Ouest et le Centre du pays ainsi que par de très violentes rafales de nord-ouest sur le littoral de la Manche. En mer, les sinistres sont nombreux mais les dégâts causés par les vagues sur les communes du littoral ont été limités en raison de coefficients de marée modérés.</p>	
<p><u>Caractéristiques:</u> Le 14 février au matin la mer est qualifiée de très grosse dans la Manche, i.e. hauteurs de vagues supérieur à 9 mètres. Aucune données de marégraphe dans la Manche.</p>	
<p><u>Dégâts:</u> En mer, les sinistres sont nombreux mais les dégâts causés par les vagues sur les communes du littoral ont été limités en raison de coefficients de marée modérés. Le département de la Manche est cité dans des dépêches mentionnant la tempête dans le Figaro des 15 et 16 février 1900.</p>	

7.6.2 De 1900 à 2000

<i>La tempête du 3 février 1904</i>	MANCHE
<p><u>Contexte:</u> Dans la Manche, le vent souffle de sud 6B à la pointe de la Hague, de SSW 6B à Cherbourg. Il pleut. La mer est houleuse (2,5 à 4m) sur le nord Cotentin. La pleine mer est prévue à 8h23 à Granville avec un coefficient de 114. Selon le témoignage du Réveil Maritime, le plus fort du vent de sud a dû se passer dans la nuit du mardi 2 au mercredi 3 donc à marée montante puis virer sud-ouest à ouest en fin de nuit/début de matinée à marée haute. En cours de journée, elle se décale vers le nord-nord-est en se comblant. Sur le Cotentin, les vents ont viré ouest-sud-ouest à ouest, 5 B au cap La Hague, 4 B à Cherbourg.</p>	
<p><u>Caractéristiques:</u> Dans la Manche, à Granville la hauteur d'eau attendue à la pleine mer est de</p>	

14,14 m. La pression est d'environ 985 hPa générant une surcote d'environ 28 cm d'où une hauteur d'eau de 14,42 m. A Granville, le vent est probablement de SSW avec une mer seulement agitée (1,25 à 2,5 m) mais située plus au sud de la dépression, on peut aussi prévoir qu'il va rapidement virer ouest-sud-ouest et lever un peu plus la mer. Le niveau orange de la VVS aurait pu également être envisagé. Coefficients de marée modérés.

Granville				
date		coef	heure	hauteur
2 février 1904	BM		01h29	1.26 m
	PM	108	06h36	13.70 m
	BM		14h01	0.82 m
	PM	111	19h02	13.67 m
3 février 1904	BM		02h22	0.78 m
	PM	114	07h23	14.14 m
	BM		14h50	0.48 m
	PM	114	19h49	13.91 m
4 février 1904	BM		03h09	0.63 m
	PM	113	08h08	14.20 m
	BM		15h34	0.55 m
	PM	110	20h33	13.78 m

Port de référence : Granville

PHMA = 14,50

H eau totale (m)	H1/3 (m)	Hauts de mer							
		[0 : 1,5[[1,5 : 2[[2 : 2,5[[2,5 : 4[[4 : 6[[6 : 8[[8 : 10[[10 : + [
[14,63 ; + [
[14,5 ; 14,63[
[14,3 ; 14,5[
[14,1 ; 14,3[
[13,8 ; 14,1[
[13,6 ; 13,8[
[0 ; 13,6[

Dégâts: Le Réveil Maritime 6/2/1904, Granville, Tempête et grande marée:

« Une violente tempête de Sud a soufflé toute la nuit de mardi à mercredi sur Granville et les environs. Cela coïncidait avec une des plus grandes marées de l'année dont le coefficient est de 113, aussi les vagues déferlaient avec furie par-dessus les quais, notamment au pont Jacques, où les maisons environnantes ont été inondées. La mer a monté tellement haut dans la rivière que cette dernière a débordé. Dans la rue de l'abreuvoir, les habitants ont été obligés de barricader leurs portes avec des planches et du ciment »

<i>Tempête du 28 octobre 1909</i>	MANCHE
Contexte: -	
Caractéristiques: Des vents violents combinés à de fort coefficient de marée (103 et 108, le 28/10/1909)	
Dégâts: dommages conséquents sur les côtes de la Manche	

<i>Tempête du 9 janvier 1924</i>	ATLANTIQUE/MANCHE
Contexte: Suite à la conjonction entre l'arrivée du centre dépressionnaire et la marée haute à fort coefficient (97), cette forte tempête a affecté principalement la côte Atlantique et dans une moindre mesure la Manche.	
Caractéristiques: -	
Dégâts: -	

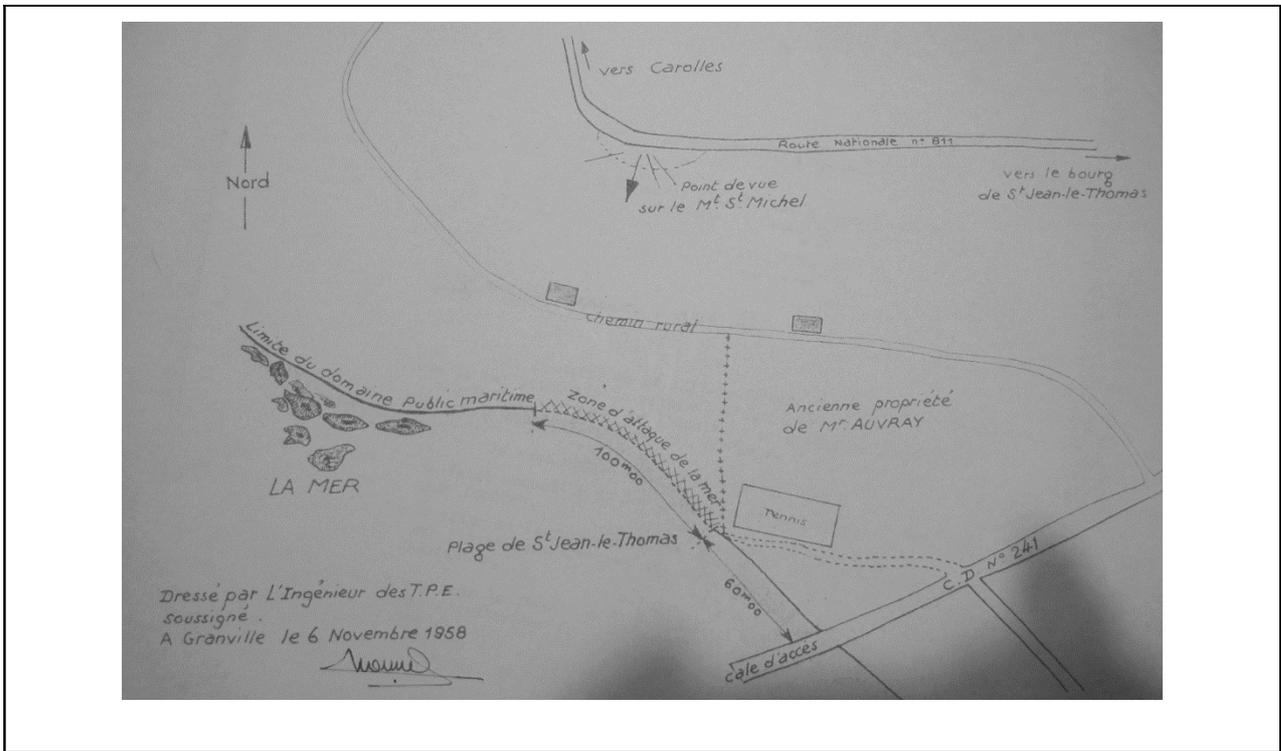
<i>La tempête du 8 octobre 1924</i>	MANCHE
Contexte: -	
Caractéristiques: Elle s'est produite en période de mortes eaux (coefficient de 52).	
Dégâts: Les dégâts liés à l'action de la mer se limitent aux navires, constructions légères sur plages,	

pontons (pas de submersion ou de bris de digues relatées).
 Granville, Ouest Eclair : « dans la nuit de mardi à mercredi, sans que l'on ait pu la prévoir, une tempête effroyable, comme rarement on en vit. Ce fut un effroyable cyclone ».

<u>La tempête du 14 au 17 novembre 1928</u>	MANCHE
<u>Contexte :</u>	
Le courant perturbé d'Ouest à Sud-Ouest en surface sur le nord de l'Europe a provoqué une tempête de Sud-Ouest en Manche le lundi 12 novembre.	
Le 14 novembre à 7h, un avis de tempête valable 24 heures, avait été émis par l'Office National Météorologique de France. Cet avis est prolongé le même jour à 22 heures pour 24 heures supplémentaires (12 à 16 m/s soit 6 à 7Bde SO à O sur Manche). Le 16 novembre dès 7 heures pour les zones Manche et Bretagne, un nouvel avis de tempête valable 24 heures a été émis. Un dernier avis de tempête est lancé le 17 au matin en raison d'es forts vents de SO sur la Manche.	
<u>Caractéristiques</u> : Elle s'est produite en période de mortes eaux (coefficient de 52).	
<u>Dégâts :</u>	
-	

<u>La tempête d'aout 1947</u>	PPRL
<u>Contexte :</u>	
-	
<u>Caractéristiques :</u>	
-	
<u>Dégâts :</u>	
Selon une lettre, nécessiter de remettre en état le talus sur la plage de St-Jean-Le-Thomas, à droite de la cale du chemin D4I. La réponse fut de constituer un dossier de dommage de guerre.	

<u>Tempête du 4/5 novembre 1958</u>	Zone PPRL
<u>Contexte :</u>	
-	
<u>Caractéristiques</u> : Marée de morte-eau le 4 et 5 novembre.	
<u>Dégâts</u> : Selon le rapport de l'ingénieur des TPE subdivisionnaire, les dégâts furent très importants sur le littoral de Saint-Jean-le-Thomas et Dragey. La falaise de Champeaux fut attaquée sur une longueur de 100m à 60m au Nord de la cale d'accès de Pignochet et le talus de la plage nécessita des travaux de remise en état.	



Tempête du 12 au 17 février 1962 MANCHE

Contexte :

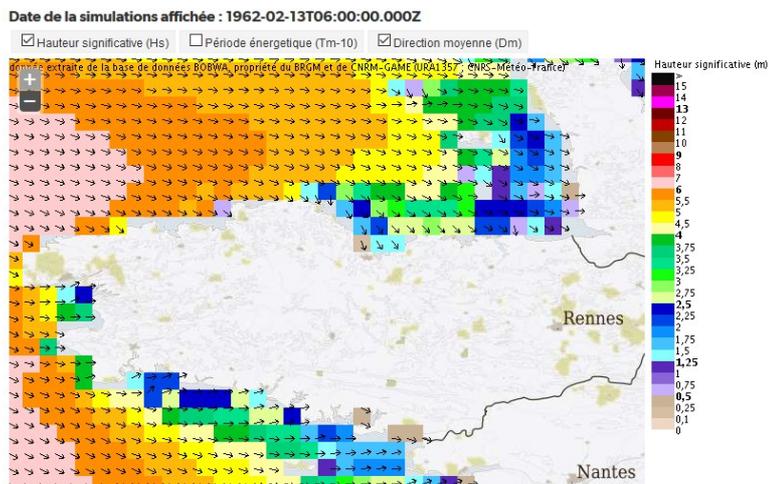
-

Caractéristiques :

Coefficients de marée inférieur à 70 (44 à 67)

Niveau d'eau théorique à Saint-Malo (SHOM) : maximum de 11,08 mCM à Saint Malo le 17 février à 6h00

Houle ((BOBWA-H):



Dégâts :

Le littoral Ouest du Cotentin a été affecté par le « mauvais temps qui sévit du 12 au 17 février par faible coefficient (inférieur à 70) eut pour conséquence de provoquer d'important démaigrissements des

cordons sableux. [...]. Il est vraisemblable que de semblables départs de sable ont marqué cette période plus au Sud vers la baie du Mont Saint-Michel. » (Les effets des tempêtes du premier semestre 1962 sur les cotes Bas-normandes, HOMERIL et LARSONNEUR).

Tempête du 4,5 et 6 avril 1962

Zone PPRL

Contexte : Dès le 2 avril, deux perturbations se forment et se déplace vers l'Est. Le 4 avril la perturbation formée atteint les côtes de la Manche et de l'Atlantique. C'est dans la nuit du 4 au 5, et dans la journée du 5 que les dégâts dans la Manche sont le plus important.

Caractéristiques :

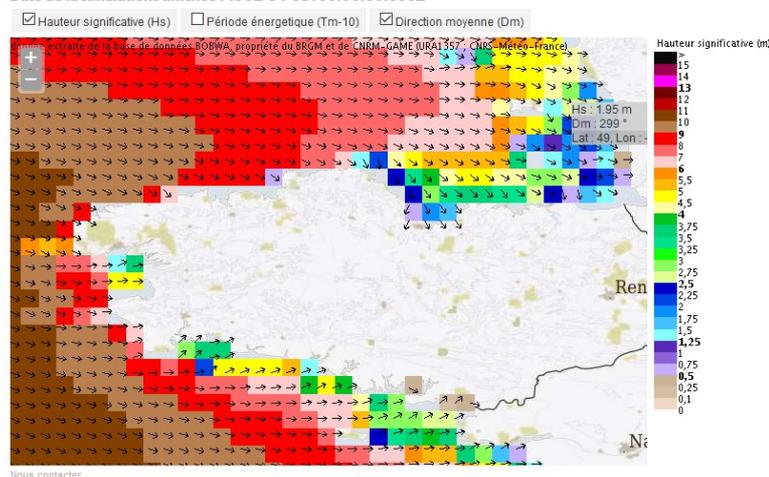
Coefficient de 114 et 116 – Marée d'équinoxe - pleines mers de 12,90m à 13,28m avec des surcotes de 13 à 18cm (Ouest France). Vent moyenné sur 10 mn à Granville : 24 m/s à 6UTC.

Niveau d'eau théorique à Saint-Malo (SHOM) :

- 4 avril 1962 : 12,61m (107) le matin et 12,71m (112) le soir
- 5 avril 1962 : 13,14m (115) le matin et 13,08m (117) le soir

Houle ((BOBWA-H):

Date de la simulations affichée : 1962-04-05T06:00:00.000Z

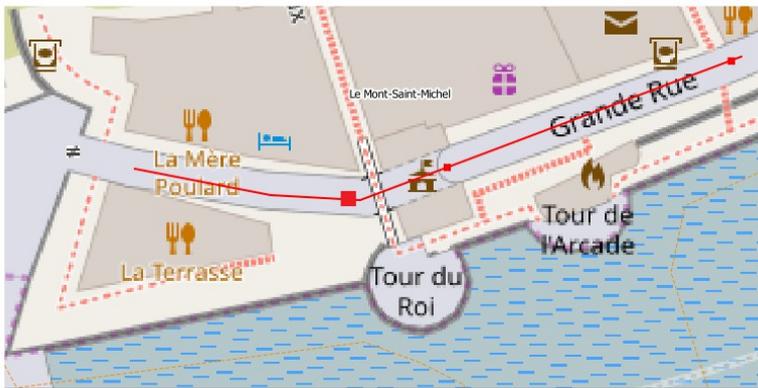


Dégâts :

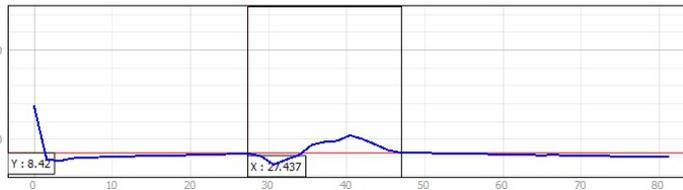
A Saint-Jean-le-Thomas, le « flot a inondé les cabanes » (Ouest France).

A Dragey, à proximité de la dune, un baraquement de pêcheurs a été menacé de submersion (Ouest France).

Au Mont Saint-Michel, le « flot s'arrêta au niveau de la porte du Roy » selon un article de Ouest France paru le jour suivant, soit un niveau d'environ 8,42 m (figure ci-dessous) ; les vagues franchissaient la digue d'accès au Mont et les caves étaient en eau.



source: lidar RCM 19/02/2019



<i>La tempête du 6 juillet 1969</i>		BRETAGNE NORD
<p>Contexte: Une dépression quasi-stationnaire s'est creusée très rapidement sur la pointe bretonne l'après-midi du 6 juillet avant de s'évacuer vers la Mer du Nord au matin du 7 juillet.</p>		
<p>Caractéristiques: Les coefficients de marée sur la période sont compris entre 75 (le 05/07) et 54 (le 07/07). Aucune donnée marégraphique n'est disponible à cette période à Saint-Malo mais il est possible que des creux de 8 à 10 mètres se soient produits, voire même 12 mètres dans la baie de Saint-Malo où les vents ont atteint 70 nœuds pendant 2 à 3 heures.</p>		
<p>Dégâts:</p> <p style="text-align: center;">-</p>		

<u>Tempête du 15 octobre 1987</u>	GRANVILLE
<u>Contexte:</u> Rafales de vents allant jusqu'à 220 km/h à Granville	
<u>Caractéristiques:</u> -	
<u>Dégâts:</u> -	

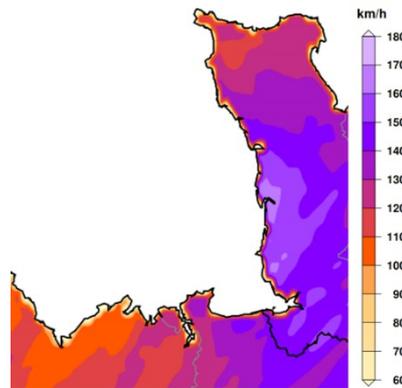
<u>Tempête du 5 décembre 1988</u>	BRETAGNE NORD
<u>Contexte:</u> Dans l'Ouest Sud-Ouest de l'Irlande apparaît un thalweg. Il circule ensuite sur le Bassin parisien puis vers le Nord de l'Italie. Les hautes pressions à l'arrière du thalweg maintiennent un gradient de pression sur les îles Britanniques et le Nord-Ouest de la France.	
	
<u>Caractéristiques:</u> Le cumul de précipitations sur 24 heures dépasse les 10 mm sur le Nord de la Bretagne et sur l'ensemble de la Basse-Normandie. Les coefficients de marée sur la période sont compris entre 14 (le 04/12) et 61 le (06/12). Aucune donnée marégraphique n'est disponible à cette période à Saint-Malo.	
<u>Dégâts:</u> -	

<u>Tempête du 25 février 1989</u>	BRETAGNE NORD
<u>Contexte:</u>	
	
<u>Caractéristiques:</u> Les coefficients de marée sur la période sont compris entre 87 (le 23/02) et 73 le (25/02), période de marée moyenne. Aucune donnée marégraphique n'est disponible à cette période à Saint-Malo.	
<u>Dégâts:</u> -	

Contexte: Dans la partie Sud d'une vaste dépression un minimum se forme au large du Cap Finisterre. Il se dirige vers la pointe de Bretagne puis vers les Pays-Bas.

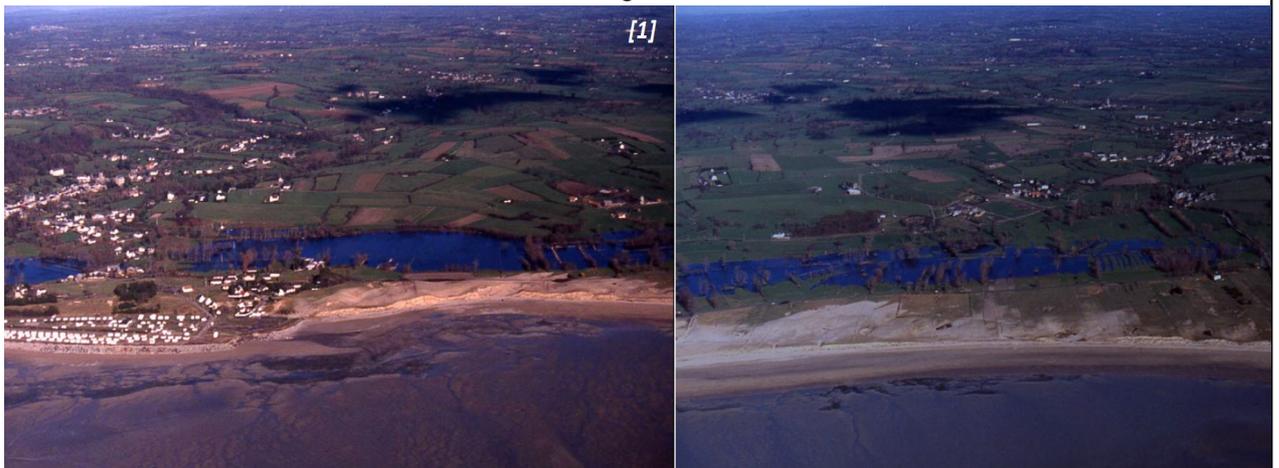


Caractéristiques: Les coefficients de marée sur la période sont compris entre 70 (le 02/02) et 47 (le 04/02). Aucune donnée marégraphiques n'est disponible à cette période à Saint-Malo.



Estimation des rafales maximales le 03/02/1990 de 3UTC à 21 UTC (Météo France)

Dégâts:



[1] à Saint-Jean-le-Thomas et [2] Dragey-Ronthon. Source : (GRESARC, 2004)

Contexte:Caractéristiques:

Vent moyen à Dinard : 60 km/h avec des rafales à 90 km/h

Coefficient de marée : 106-107

Niveau théorique à Saint-Malo : 6,98 m IGN

Dégâts:

Non identifié sur le territoire du PPRL

Tempête du 7 février 1996

Contexte : Un petit minimum de pression atmosphérique est en formation sur le centre Atlantique. Il évolue en une dépression qui se creuse en se dirigeant vers la Bretagne puis elle se déplace rapidement et s'éloigne vers la Méditerranée.



Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 06/02 à 7h10.

Elle est de 12,07m CM. Les hauteurs maximales observées sur la période sont inférieures aux niveaux des PHMA: le maximum du pic de surcote associé à la tempête arrive entre deux pleines mers, et en période de marée moyenne/vive-eau moyenne. La surcote de BM maximale observée est de 0,28m le 06/02 à 14h04.

Les coefficients de marée sur la période sont compris entre 87 (le 06/02) et 78 (le 08/02).

Dégâts:

-

Tempête du 20 février 1996

BRETAGNE NORD

Contexte : Un thalweg descend depuis le Nord-Est de la France vers l'Est de la Bretagne puis vers le Sud-Ouest de la France en s'atténuant. Il renforce temporairement le gradient de pression sur le Nord-Ouest de la France. L'anticyclone des Açores est centré à l'Ouest de l'Irlande. Les hautes pressions participent aussi au renforcement du gradient de pression et pénètrent sur la Bretagne. Le cumul de précipitations sur 24 heures est très faible en raison des fortes pressions atmosphériques.



Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 20/02 à 7h08. Elle est de 13,12m CM (inférieure au PHMA). La surcote de BM maximale observée est de 0,25m le 19/02 à 13h12.

Les coefficients de marée sur la période sont de 111 (19/02), 113 (20/02) et 111 (21/02), période de marée de vive-eau équinoxiale.

Dégâts:

-

Tempête du 3 janvier 1998

BRETAGNE NORD

Contexte : Une vaste zone dépressionnaire occupe le Nord de l'océan Atlantique. Un petit minimum dépressionnaire apparaît très au large de la France à proximité du 40 °W et se décale vers le Nord-Ouest de l'Irlande en se creusant le 3 janvier à 00 UTC. Il renforce le gradient de pression de l'Irlande au golfe de Gascogne. Il se déplace ensuite vers le Nord de l'Ecosse.



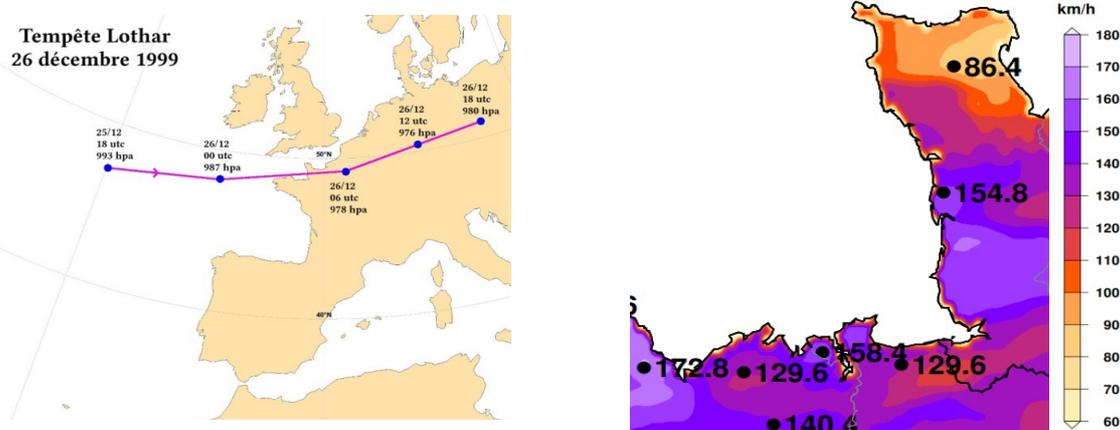
Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 02/01 à 8h21. Elle est de 12,80m CM (inférieure au PHMA). La surcote de PM maximale observée est de 0,71m le 04/01 à 9h56.

Les coefficients de marée sur la période vont de 92 le 2 janvier à 78 le 4 janvier.

Dégâts:

-

Contexte : Le 25 décembre 1999 à 18 UTC apparaît une petite déformation des isobares au large de la pointe de Bretagne. Elle se transforme en un thalweg dans le fond duquel se forme un minimum qui se déplace rapidement vers l'Ouest de la Bretagne en se creusant puis vers le Nord de la France. A 03h UTC, la dépression se situe au Nord de la Bretagne, en Manche. A 06h UTC, elle est centrée sur la Basse-Normandie.



Trajectoire et estimation des rafales maximales du 26/12/1999 de 00UTC à 22 UTC (Météo France)

Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 26/12 à 8h08. Elle est de 12,75 m CM (inférieure au PHMA).

La très basse pression liée à la tempête Lothar (960 à 970 hPa au cœur de la tempête) conjuguée à l'accumulation d'eau sur les littoraux en raison des vents d'ouest, provoque une sur-côte remarquable : la surcote de BM maximale observée est de 0,88m le 26/12 à 15h26. Le jour du maximum de surcote à la pleine mer, le 27/12/1999 à 21h24, la surcote de PM maximal à Saint-Malo est de 0,14m avec une hauteur maximale associée de 11,27m.

Les coefficients de marée sur la période sont de 102 (25/12/1999) à 54 (le 29/12/1999). La bouée des Minquiers2 mesure les houles suivantes :

- Le 24/12, la hauteur significative maximale (H1/3) de 3,40m intervient en fin de journée. La hauteur maximale atteint les 6 mètres
- Le 26/12, la hauteur significative maximale (H1/3) de 4,20m intervient en fin de journée. La hauteur maximale atteint les 7 mètres.



Graphie 1 : mesure des vagues à la bouée Les Minquiers2 (48°53,550 N 02°26,580 W) entre le 23 décembre 1999 et le 30 décembre 1999

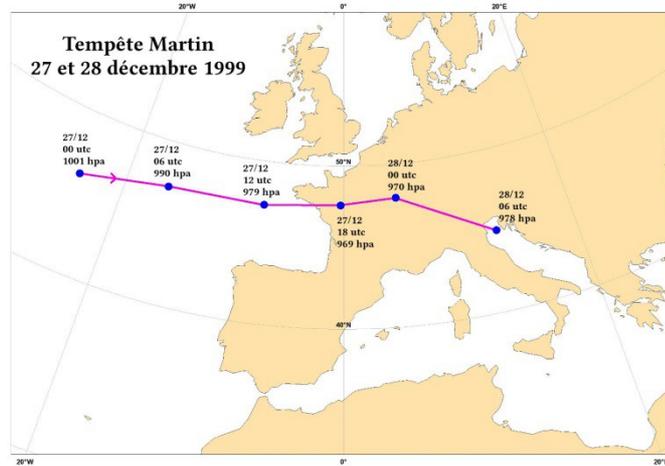
Dans la durée, le cumul des pluies est remarquable : plus de 80 mm en trois jours en Normandie.

Dégâts: Arrêtés de catastrophes naturelles pour la ville de Saint-Jean-le-Thomas : Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : du 25/12/1999 au 29/12/1999.

Tempête du 27 décembre 1999 - MARTIN

BRETAGNE NORD

Contexte : La dépression est encore bien au large de la Bretagne le 27 décembre 1999 à 06 UTC. Elle s'en rapproche, la traverse en se creusant et se dirige ensuite vers le Nord de l'Italie.



Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 26/12 à 8h08. Elle est de 12,75 m CM (inférieure au PHMA).

Le jour du maximum de surcote à la pleine mer, le 27/12/1999 à 21h24, la surcote de PM maximal à Saint-Malo est de 0,14m avec une hauteur maximale associée de 11,27m.

Les coefficients de marée sur la période sont de 102 (25/12/1999) à 54 (le 29/12/1999). La bouée des Minquiers2 mesure les houles suivantes :

- Le 27/12, la hauteur significative maximale (H1/3) de 4,20m intervient en début de journée. La hauteur maximale atteint les 8 mètres.



Graph 1 : mesure des vagues à la bouée Les Minquiers2 (48°53,550 N 02°26,580 W) entre le 23 décembre 1999 et le 30 décembre 1999

Dans la durée, le cumul des pluies est remarquable : plus de 80 mm en trois jours en Normandie.

Dégâts: Arrêtés de catastrophes naturelles pour la ville de Saint-Jean-le-Thomas : Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : du 25/12/1999 au 29/12/1999.

7.6.3 De 2000 à aujourd'hui

<i>Tempête du 30 octobre 2000</i>	BRETAGNE NORD
<p><u>Contexte</u> : Un thalweg apparaît dans la partie Sud d'une vaste zone dépressionnaire sur l'Atlantique Nord. Il se positionne au Sud de l'Irlande le 30 octobre à 00 UTC. Il évolue en une dépression qui se creuse et qui se déplace en mer du Nord à l'Est de l'Ecosse.</p>	
<p><u>Caractéristiques</u> : "En liaison avec cette tempête de Sud-Ouest, la hauteur des vagues atteint le 30 octobre à 06 UTC, [...] plus de 6 mètres sur Manche Ouest [...] (hauteurs prévues par le modèle Vag de Météo-France – source article de Michel Hontarrède pour le numéro 190 de la revue Met Mar)". Une surcote de 110 cm est observée à Saint-Malo le 30/10/2000 à 7h30 UTC.</p>	
<p><u>Dégâts</u>: -</p>	

<i>Tempête du 6 novembre 2000 : REBEKKA</i>	BRETAGNE NORD
<p><u>Contexte</u> : Une dépression s'est formée très au large de la Bretagne. Elle vient se positionner à l'Ouest immédiat de la pointe de Bretagne le 6 novembre 2000 à 00 UTC puis elle longe lentement les côtes de la Manche.</p>	



Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 07/11 à 14h53. Elle est de 9,81m CM (inférieure au PHMA). La surcote de PM maximale observée est de 0,66m le 06/11 à 01h10. Les marées sont de type mortes-eaux moyennes, les coefficients de marées varient de 30 (05/11) à 62 (08/11).

Dégâts:

-

Contexte : Une dépression se forme dans le Nord de l'Irlande le 12 février à 00h UTC. Elle se décale vers l'Est de l'Angleterre puis vers la mer Baltique en se creusant. Les hautes pressions présentes sur l'Atlantique se décalent vers l'Est et participent au maintien du gradient de pression.



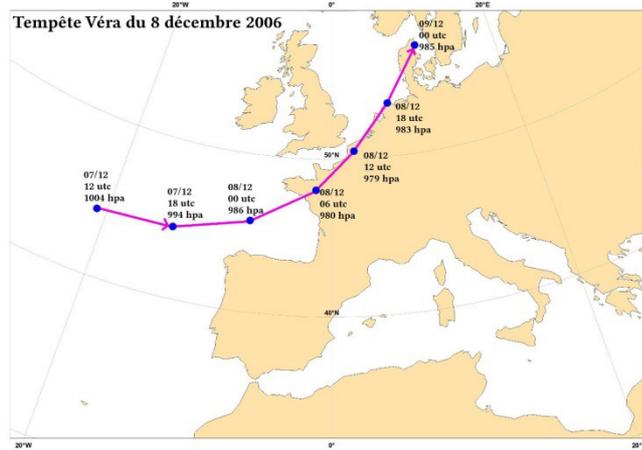
Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 12/08 à 08h31. Elle est de 12,97 m CM (inférieure au PHMA). La surcote de BM maximale observée est de 0,34m le 13/02 à 16h17.

La surcote de PM/BM maximale, comprise entre 0,25 et 0,75 m, a été observée à BM le 13 février à 16h17 UTC à Saint-Malo. Un faible épisode de surcote est visible du 12 au 13 février à Cherbourg et Saint-Malo, avec un maximum supérieur à 50 cm à Saint-Malo. Les coefficients de marée sur la période vont de 102 le 12 février à 77 le 14 février.

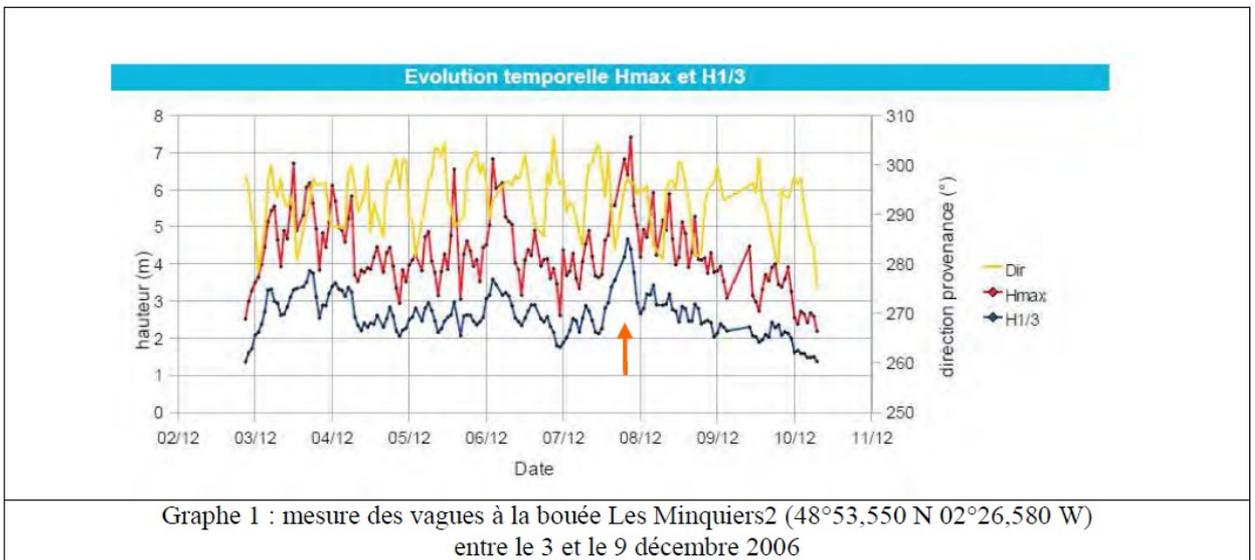
Dégâts :

-

Contexte :



Caractéristiques : La bouée "Minquiers2" est ancrée dans le Nord d'Erquy. La direction des vagues oscille entre l'Ouest et l'Ouest Nord-Ouest. La hauteur maximale des $H_{1/3}$ (4,70 m – flèche orange) est atteinte en fin de journée du 7 décembre 2012 dans le gradient de pression). La hauteur maximale (7,40 m) des vagues se situe vers la même heure.



Graphe 1 : mesure des vagues à la bouée Les Minquiers2 (48°53,550 N 02°26,580 W) entre le 3 et le 9 décembre 2006

Dégâts:

Contexte : Dans un vaste système dépressionnaire sur l'Atlantique Nord, une dépression naît dans le Sud de l'Islande. Elle se déplace ensuite vers l'Irlande, le Sud de l'Angleterre puis le Sud de la mer du Nord, la Belgique et les Pays-Bas. La position de l'anticyclone sur le centre de l'océan Atlantique renforce le gradient de pression et maintient un fort vent de secteur Nord-Ouest, du Sud-Est du Groenland à l'Espagne. Le fetch sur laquelle souffle ce vent est très grande générant une mer énorme.



Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 09/12 à 05h39. Elle est de 11,29 m CM (inférieure au PHMA). La surcote de BM maximale observée est de 0,90m le 09/12 à 12h14.

Dégâts:

-

Contexte : Une dépression naît dans le Sud-Ouest de l'Islande. Elle se déplace vers l'Ouest de l'Irlande en se creusant. Elle traverse le Pays de Galles, le centre de l'Angleterre avant d'entrer en Mer du Nord. Le gradient de pression est très important du notamment à la présence de hautes pressions us le Sud de l'Atlantique.



Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 10/03 à 07h48. Elle est de 13,64 m CM, soit une valeur comprise entre les hauteurs de périodes de retour 50 et 100 ans. La surcote de BM maximale observée est de 1,00 m le 10/03 à 14h36 et celle de PM est de 0,76 m à 7h50.

Les coefficients de marée sur la période vont de 107 le 9 mars à 96 le 11 mars.

Dégâts : Arrêtés de catastrophes naturelles pour la ville de Saint-Jean-le-Thomas : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues le 10/03/2008



Dégâts suite à la tempête JOHANNA (Source : DDTM50)

Dégradation de l'enrochement longitudinal Sud de Saint-Jean-le-Thomas : érosion externe et déplacement de matériaux constitutifs.

Erosion du cordon dunaire notamment au lieu-dit « La Dune », Dragey-Ronthon.

Tempête du 23 janvier 2009 : KLAUS

BRETAGNE NORD

Contexte : Dans la partie Sud d'une dépression un thalweg se forme dans le Sud-ouest de l'Irlande. Il se situe sur la Cornouaille anglaise le 23 janvier à 00 UTC. Il évolue en dépression, centré sur la Belgique à 12 UTC et se dirige ensuite vers le Danemark.



Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 24/01 à 05h01. Elle est de 10,64 m CM (inférieure au 0PHMA). La surcote de PM maximale observée est de 0,64m le 23/01 à 04h16.

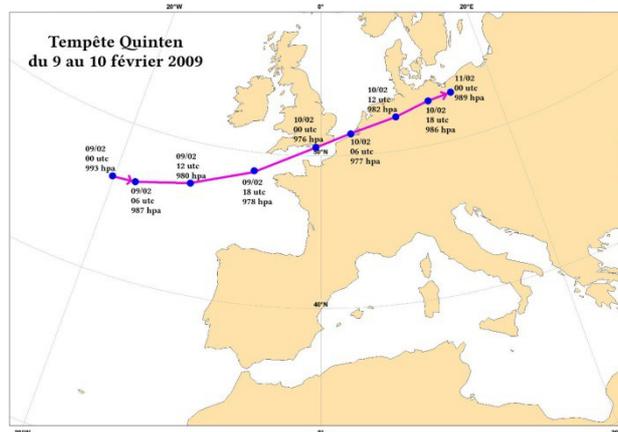
Dégâts:

-

Tempête du 9 février 2009 : QUINTEN

BRETAGNE NORD

Contexte: Une dépression se forme au large du Portugal le 8 février à 00 UTC. Elle se positionne à l'Ouest du golfe de Gascogne 24 heures plus tard en se creusant. Elle se dirige ensuite vers l'Ouest de la Bretagne puis se continue de se centre au Nord du Cotentin creuser.

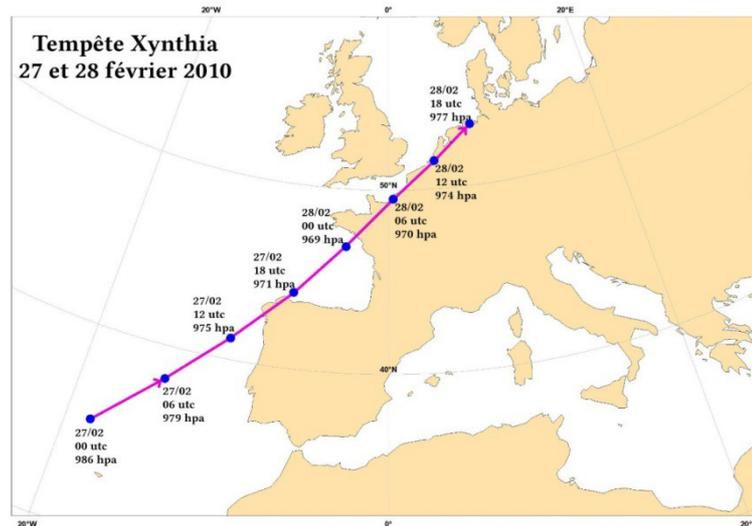


Caractéristiques : Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 10/02 à 06h46. Elle est de 12,74 m CM (inférieure au PHMA). La surcote de BM maximale observée est de 0,71m le 10/02 à 00h57.

Dégâts:

-

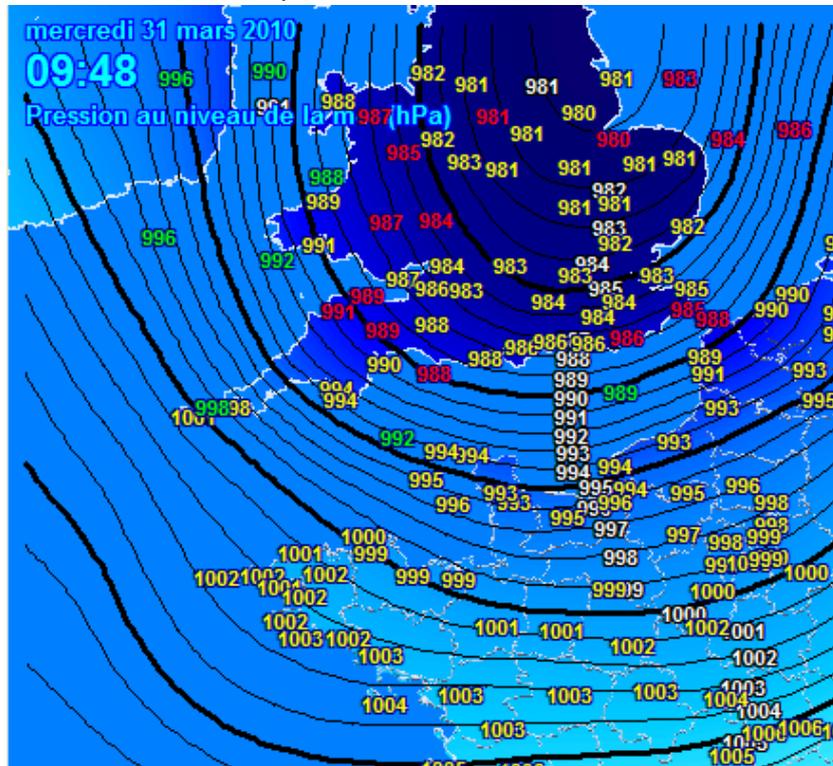
Contexte : Dans une vaste zone dépressionnaire, une dépression se forme dans le Nord-Ouest de l'île de Madère le 27/02 à 00h UTC. Elle remonte vers le cap Finisterre, puis dans le golfe de Gascogne. La dépression aborde les côtes françaises en continuant de se creuser dans la nuit du 27 au 28 février. Elle se décale vers la Belgique dans l'après-midi puis vers le Danemark dans la nuit.



Caractéristiques : Le cumul de précipitations sur 2 jours dépasse les 30 mm sur une large partie Ouest de la Bretagne et de la Basse-Normandie. Au marégraphe de Saint Malo, la hauteur maximale est observée le 01/03 à 06h31. Elle est de 13,26 m (inférieure au PHMA). La surcote de PM maximale observée est de 0,71m le 28/02 à 05h50. La dépression aborde les côtes françaises en phase avec l'heure de la marée haute de vives eaux avec des coefficients de marée compris entre 87 (27/02) et 115 (01/03).

Dégâts:

Contexte : Entre le mardi 29 et le jeudi 31 mars 2010 une dépression circule sur les Iles Britanniques et se dirige vers la mer du Nord. Les côtes de la Manches sont particulièrement menacées avec des rafales de plus de 110 km/h en bord de mer.



Pression atmosphérique (ha) le mardi 31 mars 2010 à 9 h UTC, Météociel

Caractéristiques : Le 31/03 : marée d'équinoxe, coefficient de marée de 112 et marée haute entre 8h30 et 9h associée à une surcote atmosphérique d'environ 15cm.

A Granville la surcote est comprise entre 0,35 et 0,45m (PPRL Montmartin-sur-Mer) et à Saint-Malo elle est d'environ 60 cm (PPRL Saint-Malo, DHI, 2013).

Au Minquiers, la hauteur significative de houle atteint les 3,8 m au large le 31/03.

Dégâts:





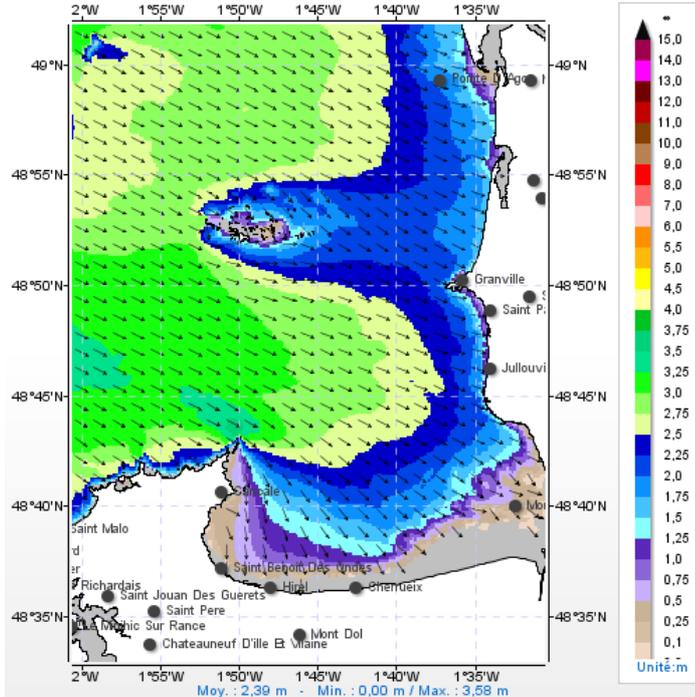
Franchissements par paquets de mer à Saint-Jean-le-Thomas (Source : DDTM50)

La photo de mars 2010 fournie par la DDTM montre une hauteur d'eau d'une cinquantaine de centimètres au pied des cabanes de la commune de Saint-Jean-le-Thomas, au Sud du camping. En vue des caractéristiques de l'évènement tempétueux décrit dans cette fiche, la photo fournie correspond à la tempête du 31 mars 2010.

Contexte : La dépression associée à cette tempête (1005 hPa jeudi 12/01 à 12 h au large de la Bretagne) a traversé le nord du pays en se creusant très rapidement : la pression en son centre n'était que de 990 hPa au-dessus du Cotentin jeudi à 17 h. Vents de 134 km/h mesurés dans le département de la Manche.

Caractéristiques : Marée prédite à Saint Malo de 15,57m le 13/01. Surcote de 0,30 m à Saint Malo au moment de la marée haute. Coefficient de marée de 101 le 13/01/2017 à 7h40 (DDTM50, 2017) Houle comprise entre 0,75 et 1 m en droit de la zone d'étude (MARC IFREMER)

Hauteur significative et direction des vagues
le 12/01/2017 22:00 (heure légale) mise à jour du 13/01/2017 19h54



Dégâts : 65000 foyers sans électricités en Normandie. Au Sud de l'épi expérimental, la dune a été attaquée par la marée [1], dysfonctionnement au nord et au sud de l'ouvrage [2]. Recul de 1,50 m de la dune depuis mai 2016 au nord de la zone de rechargement prévue et risque d'éboulement [3].

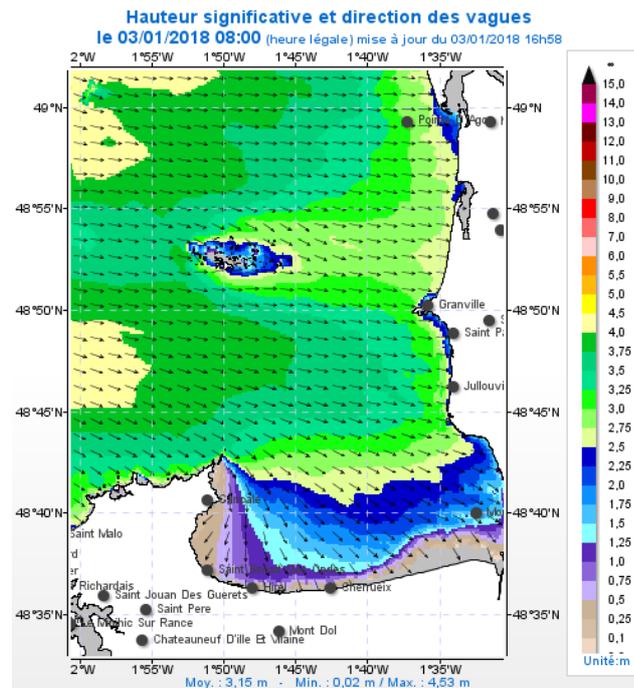


Contexte : Le 2 janvier Météo France place le département de la Manche en vigilance orange pour vent violent et vagues-submersion. La tempête est associée à une dépression creusée à 969 hPa qui a circulé des îles Britanniques vers la mer du Nord et la Scandinavie. Le centre dépressionnaire ne passe pas sur la baie du Mont Saint-Michel mais plus au Nord selon les cartes isobariques.

Caractéristiques : Vents violents (et des coefficients de marée de 106 le 3 janvier.

Au marégraphe de Saint Malo, niveau marin à 7,01 m NGF, soit 13,30 m CM.

Surcote de 0,7 à 0,8 m au droit de la zone d'étude (LEVOY, Note n°9, 24/05/2018). Le niveau marin a atteint les 11,3 m à Granville (sans prendre en compte le déferlement des vagues).



A Granville, les houles avaient une hauteur maximale de 3,5 m et une période maximale de 18 s. Houle comprise entre 1,75 et 2 m au droit de la zone d'étude (MARC IFREMER).

Dégâts: la commune de Saint-Jean-le-Thomas a été très durement touchée avec 7 mètres de dunes partis à la mer[2], la destruction partielle de l'enrochement [4], endommagement de la cale et les murs de soutènements de la villa de Dunes effondrés [1][3].



SJLT reconnue en état de catastrophe naturelle pour les inondations et choc mécanique liée à

l'action des vagues du 03/01/2018 (La Manche Libre).

A Saint-Jean-le-Thomas⁴⁵ :

Au niveau de la cale de Pignochet, la mer a contourné les bigbags et l'érosion a repris. Les blocs en géotextiles se sont déplacés sous l'action de la tempête, l'épi n'est plus en contact avec la dune (recul de 5 à 6 mètres de la crête).

A Dragey-Ronthon : poursuite de l'érosion, qui a provoqué la chute de certaines ganivelles.

7.6.4 Franchissement

Une photo de mars 2010 montre une hauteur d'eau d'une cinquantaine de centimètres au pied des cabanes de la commune de Saint-Jean-le-Thomas, au Sud du camping. Associé à des vents de Nord-Ouest et de fort coefficient de marée (112), le passage d'un centre dépressionnaire de la Manche vers la mer du Nord a entraîné des franchissements par paquet de vague au-dessus de l'ouvrage de fixation du trait de côte. L'eau s'est ensuite accumulée dans cette cuvette topographique en arrière des enrochements Pignochet. Des franchissements par paquet de vague similaires ont été constatés lors des tempêtes Johanna (2008) et Eleanor (2018).



Figure 45 : Photo des cabines à Saint-Jean-le-Thomas lors de la tempête du 31/03/2010 (source : DDTM)

Cette zone constitue un point bas à l'arrière de l'ouvrage, elle se situe à moins d'un mètre au-dessus du niveau de référence (+8,5 m IGN69) selon l'atlas des zones sous le niveau marin de la DREAL (annexe 16 et figure ci-dessous). Elle est occupée par des cabines et de la voirie.

⁴⁵ DDTM50. 5/01/2018. Synthèse des observations concernant les dégâts constatés sur le littoral de la Manche suite au passage de la tempête Eleanor les 3 et 4 janvier 2018.



Figure 46 : Zone sous le niveau marin de référence à Saint-Jean-le-Thomas (source : DREAL)

En 2018 des anses d'érosions ont été constatées sur la partie supérieure du talus à la suite de franchissements de paquet de mer. Le risque d'affouillement (érosion externe) ne provoque pas une libération de l'eau vers la zone en arrière de l'ouvrage et dans les proportions actuelles ne met pas en péril l'intégralité structurelle de l'enrochement. Le risque de rupture avec libération accidentelle d'eau dans la zone protégée, par l'érosion externe est très peu probable.

7.6.5 Conclusion

Les informations recueillies ont permis d'identifier 6 événements tempétueux ayant occasionnés des dommages sur la frange côtière de Saint-Jean-le-Thomas à Genêts : 02/01/2018, (Eléanor) 12/01/2017 (Egon), 31/03/2010, 10/03/2008 (Johanna), 26/12/1999 (Lothar) et le 27/12/1999 (Martin). Le tableau suivant récapitule leurs principales caractéristiques :

Tableau 7 : Caractéristiques des événements tempétueux majeurs ayant impactés Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon ou/et Genêts

Tempête	LOTHAR	MARTIN	JOHANNA	Ø	EGON	ELEANOR
Date	26/12/1999	27/12/1999	10/03/2008	31/03/2010	12/01/2017	3/01/2018
Pression centre dépressionnaire zone d'étude	970 hPa	970 hPa	~ 980 hPa	~ 998 hPa	~ 990 hPa	969 hPa
Vent moyen à Dinard (en rafale)	~ 100 km/h (~ 160 km/h)	~ 60 km/h (~ 95 km/h)	> 50 km/h (> 110 km/h)	~ 40 km/h (~ 80 km/h)	~50 km/h (~100 km/h)	> 50 km/h (>100 km/h)
Niveau marégraphe théorique Saint Malo (m CM) (source : SHOM)	12,41 à 9h31 et 11,84 à 22h02	11,13 m à 22h47	12,84 à 8h52	13,02 à 8h53	12,21 à 19h15	12,89 à 7h46
[et mesuré] (source : rapports VIMER et data.shom.fr)	[12,75 à 8h08]	[11,25 à 22h25]	[13,64 à 8h48]	[13,31 à 8h53]	[12,77 à 19h02]	[13,31 à 7h44]
Niveau théorique à Saint-Malo mIGN [et mesuré]	6,12 / 5,55 [6,46]	4,84 [4,96]	6,55 [7,35]	6,73 [7,02]	5,92 [6,48]	6,6 / 6,4 [7,01]
Niveau Marégraphe théorique Granville (m CM)	13,07 à 9h38 et 12,46 à 22h09	12,43 à 10h23 et 11,74 à 22h53	13,62 à 9h01	13,73 à 9h01	12,87 à 19h22	13,57 à 7h54
Coefficients de marée (source : SHOM)	95 - 90	78	105	110	102	107
Surcote à Saint Malo (m)	0,88 (BM)	0,12 (PM)	0,80 (PM)	0,29 (PM)	0,56 (PM)	0,42 (PM)
Hauteur significative de houle au large (m)	4,20	4,20	7,1	3,8	4,2	6,90
Hauteur significative de houle au point DW4 (m)	2,67m à 8h00 2,52m à 09h00 3,03m à 22h00 (max) (source : HOMERE)	1,84 à 23h00 (max) (source : HOMERE)	1,77m à 9h00 (max 3,50 à 19h00) (source : HOMERE)	2,48m à 9h00 (max) (source : HOMERE)	3,00 (source : marc lfremer)	3,50 (source : marc lfremer)
Franchissement	??	??	OUI (Pignochet)	OUI (Pignochet)	??	OUI (Pignochet)
Période de retour associée ⁴⁶	< 10 ans	< 10 ans	10 - 20 ans	< 10 ans	< 10 ans	< 10 ans

⁴⁶ SHOM-CETMEF, 2012, Rapport étude des niveaux extrêmes.
CETMEF, 2013, Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines, Tableau 26, p.88

Sous l'influence des vents, les centres dépressionnaires passant au Nord de la zone d'étude, par les îles britanniques, affectent le plus les trois communes. En effet, les cinq événements majeurs partagent une trajectoire similaire de leurs centres dépressionnaires venant du nord-ouest au large des côtes bretonnes ou britanniques et se propageant jusqu'à la mer du Nord.

Si les submersions marines se produisent dans des conditions météorologiques et océaniques défavorables (basses pressions atmosphériques et fort vent d'afflux agissant lors d'une pleine mer de vive eau), **la zone au Sud des enrochements de Pignochet à Saint-Jean-le-Thomas est le seul endroit présentant des submersions dans le périmètre d'étude.**

En présence de franchissement non quantifié, il a été décidé suite au COTECH d'octobre 2018 de mener une étude plus approfondie de la propagation de la houle. Cette étude s'inscrit dans une tranche optionnelle du PPRL. L'objectif est de **modéliser la propagation des houles à la côte** en fonction de la bathymétrie des lieux et d'estimer les caractéristiques des houles résultantes (hauteur, période et direction) le long de la côte et en particulier au droit des enrochements de Pignochet où a eu lieu les précédents franchissements. La connaissance de ces paramètres permettra de calculer d'éventuels débits de franchissement par paquet de mer au-dessus des enrochements.

Les intrusions marines pourraient arriver par 3 entrées :

- la porte à flot au pont neuf;
- une brèche dans le cordon dunaire où sa largeur est minimum (point d'entrée principale d'une submersion) ;
- les franchissements au-dessus des enrochements de Pignochet à Saint-Jean-le-Thomas.

8 CONCLUSION

L'analyse générale du fonctionnement du littoral de Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon et Genêts a permis de décrire les phénomènes existants, de comprendre l'évolution du site dans le temps et l'espace ainsi que de connaître les événements historiques majeurs et leurs impacts sur la zone d'étude.

Origines des aléas

Ainsi, les houles dominantes venant du secteur Ouest-Nord-Ouest de la baie, très énergétiques, sont les principales responsables de l'organisation morphosédimentaire du littoral. Les courants de houle associés aux courants de marées du flot sont à l'origine de la dérive. Au Nord, combinées aux faibles apports sédimentaires, elles provoquent une rétrogradation du trait de côte avec un recul des dunes, amplifiées en certain point par l'anthropisation du trait de côte. Au Sud, les forts apports sédimentaires liés à la dérive littorale, NNO à SSE, et la dynamique de houle permettent la construction et progradation de flèches sableuses mobiles au droit du Bec d'Andaine. Le recul du trait de côte est également lié à la divagation périodique des chenaux secondaires de la Sée, Sélune et du Couesnon, à l'augmentation du niveau marin et à l'action anthropique (fréquentation des plages et des dunes, ouvrages de fixation du trait de côte à Saint-Jean-le-Thomas, surpâturage de certains champs, chemins à travers les dunes).

L'analyse du trait de côte montre qu'à terme l'érosion pourrait créer une brèche au Sud des enrochements de Pignochet à Saint-Jean-le-Thomas, et donc menacer le fonctionnement et la gestion actuelle du marais de la Claire Douve.

Les informations recueillies ont permis d'identifier **6 événements tempétueux** ayant occasionné des dommages sur la frange côtière du PPRL, dont le plus important Eleanor en janvier 2018 causa de graves dégâts notamment à Saint-Jean-le-Thomas. Trois événements tempétueux ont entraîné **des franchissements localisés** au Sud de Saint-Jean-le-Thomas. **Aucun ne provoqua de rupture d'ouvrage ou de structure naturelle ou de débordement.**

D'un point de vue hydrologique, la concomitance d'évènement de crue avec des conditions océaniques violentes risque d'augmenter les caractéristiques de l'aléa submersion (hauteur, vitesse d'écoulement, ...). Le Lerre a ainsi plusieurs fois débordé et inondé des habitations à Genêts que ce soit à cause de fortes pluies ou par la mer. Le long de la Claire Douve, de nombreuses contre-pentes favorisées par le faible dénivelé naturel se sont créées entraînant l'inversement des sens d'écoulements et des difficultés d'évacuation en deçà d'une certaine hauteur d'eau. L'épaisseur de la lame d'eau a diminué alors que la largeur du lit mineur a augmenté. Tout comme le Lerre, les ouvrages hydrauliques et les capacités d'écoulement de la Claire Douve ne permettent pas l'évacuation rapide de la crue et augmente le risque d'inondation à l'aval.

Les débits des cours d'eau seront donc à prendre en compte dans l'évènement de référence déterminé en phase 2.

Perspectives

Lors des phases suivantes, le périmètre de l'étude restera le même. En effet les trois communes présentent une importante évolution de leur trait de côte : rétrogradation importante au Sud de Saint-Jean-le-Thomas / Nord de Dragey-Ronthon, progradation au Sud de Dragey-Ronthon et de Genêts ; et un risque de submersion de leurs territoires avec des zones urbanisée exposées sur ces trois sites.

La quantification des zones inondables prendra en compte les aléas **submersion par rupture du cordon dunaire** au Sud de Saint-Jean-le-Thomas, **submersion par rupture de la porte à flot** au Sud de la Claire Douve ainsi que les **débordements des rivières principales** que sont le Ru du Moulin, Le Terre et la Claire Douve. Le risque de franchissement sera également pris en compte, notamment près des cabanes. En l'absence de données (piézométriques) les potentielles **inondations par remontées de nappe** seront prises en compte de manière qualitative en considérant le **marais « plein »**.

La quantification de l'aléa **recul du trait de côte** s'appuiera sur les quatorze positions du trait de côte identifiées sur des photos aériennes (1947-2010), des orthophotos (2012 et 2015) ou lors de la visite de terrain (2018).

Données supplémentaires

Les visites de terrains et les données récoltées auprès des interlocuteurs privilégiés ont permis de constituer une base de données des différents ouvrages présents qui sera mise à contribution lors de la quantification de l'aléa submersion par modélisation numérique (logiciel Hydra) lors de la phase 2 du PPRL. **Les données répertoriées lors de cette première phase paraissent suffisantes pour poursuivre les prochaines étapes de l'étude.** En résultat de la phase 1, il ne sera pas nécessaire de déclencher les tranches conditionnelles. En effet, l'élaboration d'un modèle de propagation de houle n'est pas pertinente en vue de la présence d'un seul évènement localisé de submersion par franchissement sur le périmètre d'étude.

9 BIBLIOGRAPHIE

- AUFFRET, J. (1989). *Géométrie de la couverture sédimentaire meuble dans le domaine intertidal et sous-marin*.
- BILLEAUD, I., 2006. *Dynamique de construction d'un prisme sédimentaire littoral en régime mégatidal (la Baie du Mont-Saint-Michel)*. Mémoire De Thèse. 1-245.
- BONNOT. (2012). *Dynamique sédimentaire intertidale en baie du Mont-Saint-Michel entre évolution naturelle et aménagements*.
- BRGM. (2013). *Submersions marines historiques - RP62644FR*.
- CA Mont-Saint-Michel-Normandie. (s.d.). *Communauté d'Agglomération Mont-Saint-Michel-Normandie - Aménagement & Environnement*. Récupéré sur <http://www.msm-normandie.fr/fr/amenagement-environnement/>
- CA Mont-Saint-Michel-Normandie. (s.d.). *Communauté d'agglomération Mont-Saint-Michel-Normandie - Urbanisme*. Récupéré sur <http://www.msm-normandie.fr/fr/amenagement-environnement/urbanisme>
- CA Mont-Saint-Michel-Normandie. (s.d.). *Communauté d'Agglomération Mont-Saint-Michel-Normandie – PLUi Avranches – Mont-Saint-Michel*. Récupéré sur <http://www.msm-normandie.fr/fr/amenagement-environnement/acces-rapide-5/plui/579-plui-avranches-mont-saint-michel>
- CA Mont-Saint-Michel-Normandie. (2017). *Plan Local d'Urbanisme (PLU) de Dragey-Ronthon*.
- CA Mont-Saint-Michel-Normandie. (2017). *Plan Local d'Urbanisme (PLU) de Genêts*.
- CA Mont-Saint-Michel-Normandie. (2017). *Plan Local d'Urbanisme (PLU) de Saint-Jean-le-Thomas*.
- CEREMA, & France, M. (2013). *Etude Vimers des événements de tempête en Bretagne*.
- CETMEF/SHOM. (2012). *Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique)*.
- CETMEF/SHOM. (2012). *Note méthodologique relative au produit « Niveaux marins extrêmes »*.
- COURTOIS, B., CALINE, L'HOMER, & VOT, L. (2002). *La Baie du Mont Saint-Michel et l'estuaire de la Rance. Environnements sédimentaires, aménagements et évolution récente*.
- CREC, U. d. (s.d.). *Suivi du littoral du département de la Manche*. Récupéré sur <http://crec.unicaen.fr/suivi50>: http://crec.unicaen.fr/suivi50/sl50_st.php?css=1
- DDTM50, 14/02/2017. *Dossier de déclaration construction STEU Saint-Jean-le-Thomas*.
- DDTM50, 5/01/2018. *Synthèse des observations concernant les dégâts constatés sur le littoral de la Manche suite au passage de la tempête Eleanor les 3 et 4 janvier 2018*.
- DHI, 2007. *Rapport « Etude de connaissance des phénomènes d'érosion sur le littoral vendéen »*.
- DGPR. (mai 2014). *Guide méthodologique - plan de prévention des risques littoraux*.

- Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR). (2016). *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) - Guide général*.
- DREAL, 2013. *Carte des zones sous le niveau marin (ZNM)*. Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon. 3 p.
- DREAL Normandie. (2014). *Débits caractéristiques*. Lerre et Claire Douve.
- DREAL, 2014, *Carte profondeur de nappe phréatique en période de très hautes eaux*. 3p.
- DREAL, 2016. *Carte des zones inondables (ZI) inventoriées par débordement de cours d'eau*. Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon. 3 p.
- ELHAI, H. (1967). *Le Mont-Saint-Michel, le cadre naturel et les viscissitudes du site jusqu'au VIII^e siècle* (Vol. 2). Millén. monastique Mont-Saint-Michel.
- GARNIER C., *Marais de la Claire Douve : état des lieux, définition de scénarios de gestion et réflexions sur les formes de gouvernance*. Rapport pour l'obtention de la licence professionnelle Protection de l'environnement. 2009/2010. 54p., 7 annexes.
- GAUVAIN, BABEY, AQUILINA, DREUZY, D., GRESSELIN, & LOUF. (2017). *Impact des variations climatiques sur la vulnérabilité aux débordements de nappe côtières du Cotentin*. Université de Renne 1.
- GLATRE T., MEUNIER F. (2013) – *Projet d'Ingénierie du Littoral : Lutte contre le recul du trait de côte et l'aléa submersion. Exemple de Saint-Jean-le-Thomas (50)*., 35p., 11 fig., 3 tabl., 9 ann., 2013.
- Géoportail de l'urbanisme*. (s.d.). Récupéré sur <https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/>
- GRESARC. (2004). *Défense contre la mer du littoral compirs entre Saint-Jean-le-Thomas et Genêts. Etude de faisabilité du réchargement de la plage de SJLT. Recherche d'un site d'emprunt de sable*. Caen.
- HYDRATEC, ASCONIT, GEOS. (2014). *Rapport de phase 1 – PPRL Marais de Dol de Bretagne*. 149p.
- IGN. (s.d.). *Photographies aériennes de 1947 à 2018*. Récupéré sur <https://remonterletemps.ign.fr/>
- L'HOMER. (1999). *Carte géologique de la France à 1/50000. Baie du Mont-Saint-Michel. Notice explicative* (éd. 208). (BRGM, Éd.)
- L'HOMER et al., 2009. *Exposition « Evolution de la baie autour du Mont depuis 708 »*.
- LEVOY. (1994). *Évolution et fonctionnement hydrosédimentaire des plages macrotidales : l'exemple de la côte Ouest du Cotentin*.
- LEVOY. (2017). *Epi expérimental, modulaire et réversible en modules géocomposites sur la commune de Saint-Jean-le-Thomas – RESULTATS DU SUIVI ET ANALYSE (t0 +10 mois)*.
- LEVOY, F. (2013). *L'influence du cycle lunaire de marées de 18,6 années sur les zones intertidales: la Baie du Mont-Saint-Michel, France*.
- LEVOY, F. 24/05/2018. *Note n°9 à l'intention de la Communauté de Communes Avranches Mont Saint-Michel – Résultats du suivi et analyse à t0+22mois*.

LEVOY, F. 2/07/2018. *Note technique concernant le rechargement de la plage de Saint-Jean-le-Thomas*. Communauté d'agglomération Mont-Saint-Michel.

LEVOY, F. 27/11/2018. *Note n°10 à l'intention de la Communauté de Communes Avranches Mont Saint-Michel – Résultats du suivi et analyse à t₀+28mois*.

Météo France. (2012). *Caractéristiques et état écologique Manche - Mer du Nord*. Rennes.

Météo France. (s.d.). Récupéré sur <http://www.meteofrance.com/climat/france/dinard/35228001/normales>

NOEL, S. (2017). *La Mer, cet ennemi de plusieurs siècles – Identifier et comprendre les trajectoires de vulnérabilité des sociétés littorales bas-normandes (1650-1940)*. Rapport de thèse pour le diplôme de doctorat Spécialité Histoire. Université de Caen. 485 p..

SHOM. (2017). *Références Altimétriques Maritimes - Port de France métropolitaine et d'outre-mer*.

SHOM, IFRMER. (juin 2012). *Climatologie Manche-Mer du Nord*. Rapport.

SOGETI. (2005). *Etude préalable à la gestion des risques d'inondation et d'érosion sur les bassins du Ru et du Lerre*.

Syndicat Mixte du SCOT du Pays de la Baie du Mont-Saint-Michel (2013). *Schéma de Cohérence Territoriale du Pays de la Baie du Mont-Saint-Michel*.

TESSIER, B. (2006). *The Bay of Mont-Saint-Michel northeastern littoral: an illustrative case of coastal sedimentary body evolution and stratigraphic organization in a transgressive/highstand context*. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 177, 71-78.

TESSIER, B. (2009). *Morphodynamique Continentale et Cotière* (Vol. 37). FRANCE: Université de CAEN.

UNICAEN, C. (2018). *Suivi 50*. Récupéré sur http://crec.unicaen.fr/suivi50/sl50_st.php?css=1

WEILL, P. (2010). *Formation et évolution de cheniers en contexte macrotidal. Approches expérimentales et in-situ*. Université de Caen.

ANNEXES

ANNEXE 1 Cours d'eau et ouvrages hydrauliques

[Sources : Réseau hydrographique IGN 2017, visite de terrain Hydratec 2018 et ouvrages Claire Douve SMBCG]

ANNEXE 2 Ouvrages côtiers et structures du trait de côte

[Sources : Réseau hydrographique IGN 2017, visite de terrain Hydratec 2018 et ouvrages DCM DDTM50 2017]

ANNEXE 3 Evolution du trait de côte [1947-2018]

[Sources : Orhophotos IGN (1947, 1955, 1966, 1969, 1972, 1979, 1980, 1992, 1997, 2002, 2007, 2010, 2015), relevé de terrain Hydratec 2018, AUFFRET, J. (1989)., et ouvrages DCM DDTM50 2017]

ANNEXE 4 Diagnostic du site d'étude

[Source : visite de terrain Hydratec 2018]

ANNEXE 5 Fonctionnement hydrosédimentaire du Nord-Est de la baie du Mont Saint-Michel

[Sources : AUFFRET, J. (1989)., trait de côte 1947 Université de Caen et 2018 Hydratec, débit de crue et migration des chenaux CETMEF (1999) et réseau hydrographique IGN (2017)]

ANNEXE 6 Fonctionnement sédimentaire de la zone d'étude

[Sources : AUFFRET, J. (1989)., trait de côte 1947 Université de Caen et 2018 Hydratec, MNT SHOM (2015) et réseau hydrographique IGN (2017)]

ANNEXE 7 Fiches ouvrages continentaux Ru du Moulin suite à la visite de juillet 2018

[Source : visite de terrain Hydratec]

ANNEXE 8 Fiches ouvrages continentaux Claire Douve suite à la visite de juillet 2018

[Sources : visite de terrain Hydratec et ouvrage Claire Douve SMBCG 2015]

ANNEXE 9 Fiches ouvrages continentaux Le Lerre suite à la visite de juillet 2018

[Source : visite de terrain Hydratec]

ANNEXE 10 Fiches désordres côtiers suite à la visite de juillet 2018

[Source : visite de terrain Hydratec]

ANNEXE 11 Fiches ouvrages côtiers suite à la visite de juillet 2018

[Source : visite de terrain Hydratec]

ANNEXE 12 Données et contacts

ANNEXE 13 Bibliographie

ANNEXE 14 Rencontres des intervenants

ANNEXE 15 Profondeur de nappe phréatique en période de très hautes eaux

[Sources : DREAL]

ANNEXE 16 Zones sous le niveau marin

[Source : DREAL, 2013]

ANNEXE 17 Zones inondables inventoriées par débordement de cours d'eau

[Source : DREAL, 2016]

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source : Geoportail)	8
Figure 2 Périmètre de la zone d'étude (Fond de carte : Orthophotos 2015)	9
Figure 3 : Schéma géologique de la partie continentale de la baie du Mont Saint-Michel et de la vallée de la Rance (COURTOIS, CALINE, L'HOMER, & VOT, 2002)	10
Figure 4 Distribution des sédiments superficiels dans la partie méridionale du golfe Normand-Breton (L'HOMER et Al, 1999)	12
Figure 5 : Cellules et sous cellules hydrosédimentaires dans la baie du Mont Saint-Michel (Source : ROLNP)	13
Figure 6 : Données climatiques de la station de Dinard (Météo France, s.d.)	15
Figure 7 : Variabilité spatiale des précipitations sur le Nord de l'Île et Vilaine et le Sud Manche	16
Figure 8 : Rose de vent annuel, en mer, par 49°N et 3°5W (Sources: Google et Météo-France, 2007)	17
Figure 9: Résultats de l'analyse statistiques des extrêmes à la bouée « Les Minquiers 2 » (Source : CANDHIS)	19
Figure 10 : Localisation des points de données ANEMOC - COAST 2464 et CANDHIS – Les Minquiers 2	19
Figure 11 : Diagramme de niveaux de retour pour une loi GPD au point COAST_2646	20
Figure 12 Franchissements par paquets de mer à Saint-Jean-le-Thomas (Source : DDTM50)	21
Figure 13 : Distribution empirique des hauteurs de pleine mer prédites (SHOM) au Mont-Saint-Michel	24
Figure 14 : Carte de niveaux extrêmes de pleines mer (période de retour 100 ans) (CETMEF/SHOM, 2012)	27
Figure 15 : Prédiction de PM et période de retour de pleines mers et des surcotes à Saint-Malo par rapport à l'IGN69 (CETMEF/SHOM, 2012)	28
Figure 16 : Circulation moyenne en Manche (Source: Courantologie Manche – Mer du Nord, IFREMER/SHOM, 2012)	29
Figure 17 : Trajectoire, intensité et orientation des courants de marée en baie du Mont-Saint Michel.	30
Figure 18 Ouvrages hydrauliques le long des cours d'eau (sources: visite de terrain et SMBCG, cf Annexe 1)	33
Figure 19 : Profil en long du lit de la Claire Douve (avril 2015, SMBCG)	35
Figure 20 : Porte à flot en aval du Pont Neuf (Source: visite terrain 09/02/2018)	37
Figure 21 : Hydrogramme de la Claire Douve à Genêts (source: DREAL Basse-Normandie, 2013)	38
Figure 22 : Hydrogramme du Lerre à Genêts (source : DREAL Basse-Normandie, 2013)	39
Figure 23 : Carte géologique simplifiée et distribution des sédiments superficiels de la baie du Mont Saint-Michel. Modifié d'après Tessier et al. (2006)	40
Figure 24: Divagation de la Sée-Sélune [1947-1970] (source : Projet de rétablissement du caractère maritime du Mont Saint-Michel, CETEMEF, 1999)	41
Figure 25 : Reconstitution des rivages de la baie du Mont Saint-Michel à l'époque romaine	43
Figure 26 : Les rivages de la baie au Moyen Age	44
Figure 27 : Les rivage³⁴ de la baie autour du XI^{ème} siècle	45
Figure 28 : Carte de Cassini (XVIII^{ème} siècle)	46
Figure 29 : Evolution de la population à l'échelle du PPRL et par commune entre 1968 et 2015 (Source : INSEE)	54
Figure 30 : Evolution du parc de logements sur le périmètre du PPRL (Source : INSEE)	55
Figure 31 Les cabines de plage de Saint-Jean-le-Thomas (Photo SEPIA Conseils)	55
Figure 32 : Représentation de l'urbanisation actuelle sur le territoire du PPRL (SEPIA Conseils)	56
Figure 34 : Site d'emprunt potentiel pour un rechargement en sable	62
Figure 34B : Suivi des fascines mise en place au sud du lieu-dit "La Dune":	63

Figure 35 : Vu de l'épi expérimental côté sud le 28/06/2016 [1] (LEVOY, 2017) et le 17/07/2018 [2]	64
Figure 36 : Evolution topographique de la plage de Saint-Jean-le-Thomas entre juin 2016 et avril 2018 (source: LEVOY F, juillet 2018)	65
Figure 37 : Evolution du trait de côte (Annexe 3)	67
Figure 38 : Carte postale de 1950 : Le trait de côte est naturel, pas d'ouvrage longitudinale ou transversal, et peu d'urbanisation. Les plages sont occupées par de nombreux touristes et chargées en sable. Des cabines de plages se situent au niveau de la plage du Pignochet et devant le camping.	68
Figure 39 : Photo prise lors de la visite de terrain en février 2018 : Le trait de côte fixé au nord de Saint-Jean-le-Thomas et naturel à partir des enrochements de la plage du Pignochet	68
Figure 40 : Station de mesures du CREC de l'université de Caen	69
Figure 41 : Evolution du volume de sable sur le profil de la station SW102 entre 1991 et 2016 (source : CREC Caen)	69
Figure 42 : Marais de la Bunelle à Saint-Jean-le-Thomas en janvier 2018 (source SMBCG)	72
Figure 43 : Vu aérienne du marais de la claire douve inondée depuis le Bec d'Andaine (Source : SMBCG, 2015)	73
Figure 44 : Exutoire du Lerre à Genêts (SMBCG, février 2015)	74
Figure 45 : Photo des cabines à Saint-Jean-le-Thomas lors de la tempête du 31/03/2010 (source : DDTM)	98
Figure 46 : Zone sous le niveau marin de référence à Saint-Jean-le-Thomas (source : DREAL)	99

Tableau 1 : Occurrence des houles au point ANEMOC 2646	20
Tableau 2 : Niveaux caractéristiques des marées à Granville, Saint-Malo et au Mont Saint-Michel (en m) (RAM, 2017)	23
Tableau 3 : Estimation des surcotes extrêmes au port de Saint-Malo	26
Tableau 4 : Niveaux extrêmes issus de l'étude de 2012 en m IGN 69 pour différentes périodes de retour	27
Tableau 5 : Niveaux extrêmes de pleine mer (en m IGN 69) pour différentes périodes de retour suite à l'étude du SHOM-CETMEF de 2012 (2008)	27
Tableau 6 : Apports hydrologiques (source : SATESE de la Manche, calcul SMBCG)	36
Tableau 7 Caractéristiques des événements tempétueux majeurs ayant impactés Saint-Jean-le-Thomas, Dragey-Ronthon ou/et Genêts	101