



*Liberté • Égalité • Fraternité*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DU MORBIHAN

# PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES LITTORAUX

## COMMUNE DE CARNAC

### NOTE DE PRÉSENTATION

Date d'approbation : le 4 janvier 2016

Signature :

Thomas DEGOS

## SOMMAIRE

Introduction : la stratégie nationale en matière de prévention des risques d'inondation et de submersion marine.....	3
I – L'objectif des plans de prévention des risques (PPR) naturels.....	4
II – Les définitions et contexte réglementaire des PPR littoraux (PPRL).....	4
1) Les définitions.....	4
2) Le contexte réglementaire.....	5
III – Le contexte socio-économique.....	6
a) La population.....	7
d) Les activités économiques et de services.....	7
IV – Le Plan de Prévention des Risques littoraux (PPRL) de Carnac.....	7
1) Le phénomène de submersion marine.....	10
2) L'historique des principaux événements de tempête.....	10
3) L'évolution de la configuration du littoral carnacois.....	13
4) La procédure d'élaboration du PPRL.....	14
5) Les objectifs du PPRL.....	14
6) La concertation.....	15
V – Les études du PPRL de Carnac.....	17
1) La détermination de l'aléa submersion marine.....	18
1-1) Les paramètres de modélisation.....	19
1-2) Le calage du modèle.....	20
1-3) L'événement de référence.....	20
1-4) La détermination de l'aléa de submersion marine par modélisation.....	22
1-5) La présentation des cartes d'aléas : cf. planches cartographiques.....	23
2) Les enjeux.....	25
3) La vulnérabilité.....	25
4) Le règlement.....	26

# Introduction : la stratégie nationale en matière de prévention des risques d'inondation et de submersion marine

*(Extraits du préambule du guide méthodologique du PPRL, de Patricia Blanc, directrice générale de la prévention des risques au ministère de l'Écologie, du Développement durable, de l'Énergie)*

Le littoral concentre les pressions sur un territoire restreint. Lieu de développement économique, urbanistique ou encore récréatif, il offre un ensemble de ressources et d'opportunités spécifiques. Parallèlement, il est soumis à des assauts naturels qui en font un espace en mouvements constants générant dangers et fragilités. L'enjeu consiste alors à concilier l'attractivité et le développement économique de ces territoires avec les différents aléas (recul du trait de côte, submersion marine, inondations,...) auxquels il est soumis, avec pour fil conducteur la protection des personnes et des biens. Étendues sur 7500 km de côtes (5853 km pour la métropole et 1647 km pour les DOM), les côtes françaises sont en perpétuel mouvement, dépendantes des flux sédimentaires littoraux et fluviaux. Les aménagements anthropiques du siècle dernier, liés au fort développement économique de ces territoires à compter de cette période, sont venus perturber ces équilibres.

Les dernières projections réalisées confirment la nécessité d'organiser de manière plus durable l'aménagement de notre territoire. Pour les 136 plus grandes villes côtières à l'échelle du globe, les dommages économiques liés aux inondations sont estimés à 6 milliards de dollars par an en 2005, et pourraient grimper à 50 milliards de dollars par an en 2050 du fait de l'accroissement démographique, voire à mille milliards de dollars si l'on intègre le changement climatique (Nature, 18 août 2013, Stéphane Hallegatte et al.). En France, d'après les travaux de l'Insee (projection centrale), la population des départements littoraux devrait croître de 19 % entre 2007 et 2040, soit 4,5 millions d'habitants en plus. Entre 1880 et 2011, le niveau moyen des mers a augmenté de 1,8 mm par an. Si l'on s'attache plus particulièrement à la période 1993-2011, la hausse moyenne était de l'ordre de 2,88 mm à 3,33 mm par an.

Le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie organise dans ce domaine son action en trois axes :

- L'amélioration de la connaissance des phénomènes contribuant au façonnage des espaces littoraux par la mise en place de moyen d'observation complémentaires, la réalisation d'études techniques spécifiques, ou bien encore par la valorisation des données historiques disponibles.
- La mise en sécurité des personnes et des biens par le biais de la réglementation applicable au titre des plans de prévention des risques littoraux mais également par la mise en œuvre des actions inscrites au plan de submersion rapide arrêté suite à la tempête Xynthia et aux crues du Var de 2010.

S'agissant plus particulièrement du second point, les événements dramatiques liés à la tempête Xynthia du 28 février 2010 ont mis en évidence la nécessité de réactualiser le cadre méthodologique des plans de prévention des risques littoraux datant de 1997. 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, a fixé les grands principes méthodologiques. Dans le même temps, la circulaire du 2 août 2010 relative à la mise en œuvre des plans de prévention des risques naturels littoraux a identifié 303 communes comme prioritaires sur l'ensemble du littoral métropolitain français, en raison du risque pour les vies humaines constaté actuellement, ou qui pourrait s'y accroître significativement du fait d'une urbanisation non maîtrisée.

- L'accompagnement des initiatives locales soit au moyen du financement de programmes d'actions de prévention des inondations soit en encourageant des démarches innovantes par des agents à projets nationaux sur la thématique des risques.

La prise en compte des risques littoraux dans l'aménagement d'aujourd'hui et de demain ne doit pas être synonyme de déclin économique de nos territoires. Il faut battre en brèche cette idée que protéger les populations et les activités économiques d'un territoire ne peut qu'aboutir à leur affaiblissement économique. La politique de prévention des risques naturels a été refondée en 1995, complétée en 2003, et en parallèle, la vitalité de nos territoires n'a pas cessé depuis. Aujourd'hui par exemple, la stratégie nationale de gestion des risques d'inondations se construit sur l'idée de préserver l'attractivité et la compétitivité des territoires en gérant mieux le risque d'inondation.

# I – L'objectif des plans de prévention des risques (PPR) naturels

L'objectif principal des plans de prévention des risques (PPR) naturels est la protection des personnes et des biens face aux risques majeurs encourus. Les PPR visent en priorité à ne pas aggraver les risques sur les périmètres qu'ils couvrent, tout en se proposant de réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés. Ils réglementent ainsi l'utilisation des sols en fonction des risques naturels auxquels ils sont soumis allant de l'interdiction de construire à la possibilité de construire sous certaines conditions.

Le PPR est donc principalement un outil de maîtrise de l'urbanisation et ne peut être assimilé ni à un programme d'aménagement, ni à un programme de travaux qui contribuerait à réduire le risque. D'autres outils existent afin de réaliser des études ou des travaux de protection ou de réduction de la vulnérabilité, notamment les programmes d'actions de prévention des inondations, ou de submersion rapide (à l'initiative des collectivités territoriales).

Le PPR permet de prendre en compte l'ensemble des risques, dont les submersions marines (qui ont souvent été répertoriées dans les risques inondation mais se distinguent des inondations de type fluviale par la nature du phénomène marin) et l'érosion. L'étude de l'analyse du fonctionnement du littoral détermine tous les phénomènes naturels à prendre en compte dans l'événement naturel de référence et la caractérisation des aléas.

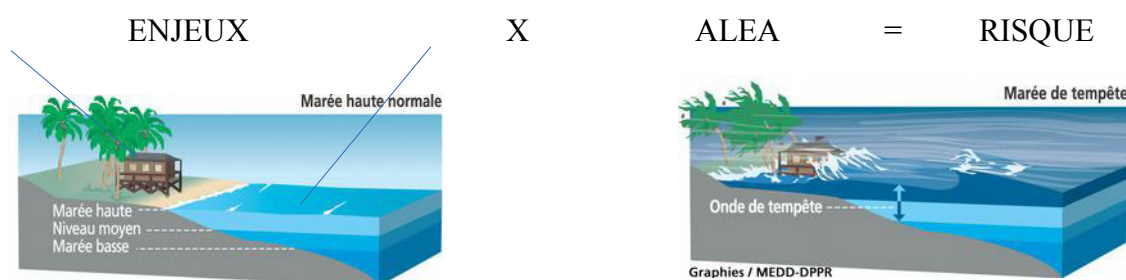
Le risque étudié préalablement à l'élaboration du PPR naturel se rapporte à des termes dont la définition doit être précisée ci-après.

## II – Les définitions et contexte réglementaire des PPR littoraux (PPRL)

### 1) Les définitions

#### a) Le risque

Le risque résulte du croisement de l'aléa et des enjeux.



#### b) L'aléa

L'aléa est la conséquence physique résultant d'un scénario d'événements (manifestation de phénomènes naturels ou anthropiques).

Il est caractérisé par :

- sa probabilité d'occurrence (période de retour centennale par exemple : un risque sur 100 de survenir tous les ans) ;
- l'intensité de sa manifestation (hauteur, vitesse d'écoulement, durée de submersion).

Il peut être qualifié par différents niveaux (faible, moyen, fort voire très fort).

#### c) Les enjeux

Les enjeux sont les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par le ou les phénomènes naturels.

#### **d) La vulnérabilité**

La vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Différentes actions peuvent réduire le risque en atténuant l'intensité de l'aléa ou en limitant les dommages causés aux enjeux par la réduction de leur vulnérabilité (ou mitigation).

## **2) Le contexte réglementaire**

#### **a) La portée du PPR naturel**

Les articles L562-1 à L562-9 du code de l'environnement fondent le PPRn. Ils codifient les dispositions de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée par :

- la loi n° 95-101 du 2 février 1995 (loi Barnier) relative au renforcement de la protection de l'environnement (article 16-1) ;
- puis la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 (loi Bachelot) relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.

Conformément à l'article L562-1 du code de l'environnement, le PPRn a pour objet de :

- délimiter les zones exposées aux risques naturels en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout « type de construction, d'ouvrage, d'aménagement, d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle » ou dans le cas où ils pourraient y être autorisés, de prescrire les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation ;
- définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers et aux collectivités publiques et qui doivent être prises dans les deux zones évoquées ci-dessus pour éviter l'aggravation des risques et limiter les dommages (cf. article L562-1 du code de l'environnement en annexe).

L'article L562-4 du code de l'environnement stipule que le PPRn approuvé vaut servitude d'utilité publique. Il est annexé au plan d'occupation des sols ou au plan local d'urbanisme, conformément à l'article L126-1 du code de l'urbanisme (cf. Règlement – Titre IV – Effets du PPRL).

#### **b) La spécificité du PPR Littoral**

La circulaire du 27 juillet 2011 relative à la « prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux » précise les modalités de prise en compte de l'aléa submersion marine et des ouvrages de protection dans les plans de prévention des risques littoraux (PPRL). Elle intègre également l'impact du changement climatique à prendre en compte dans les PPRL.

#### Rappel des principes généraux de la circulaire du 27 juillet 2011 :

*« Les principes généraux de prévention dans les zones soumises à un risque de submersion avéré, qui sont notamment présentés dans les circulaires du 24 janvier 1994, du 26 avril 1996 et du 30 avril 2002, ainsi que dans les guides méthodologiques relatifs à l'élaboration des PPR inondation et des PPR Littoraux, restent inchangés :*

- *les zones non urbanisées soumises au risque d'inondation, quel que soit son niveau, restent préservées de tout projet d'aménagement afin de ne pas accroître la présence d'enjeux en zone inondable ;*
- *les zones déjà urbanisées ne doivent pas s'étendre en zone inondable, et les secteurs les plus dangereux (zone d'aléa fort) sont rendus inconstructibles. Toutefois, dans les centres urbains denses, afin de permettre la gestion de l'existant (dont les « dents creuses ») et le renouvellement urbain, des adaptations à ce principe peuvent être envisagées si elles sont dûment justifiées dans le rapport de présentation du PPR ;*
- *d'une manière générale, la vulnérabilité des zones urbanisées ne doit pas être augmentée.*

*Si la sécurité des personnes reste un objectif impératif, ces principes généraux ont vocation à être déclinés à l'échelle du territoire en tenant compte, dans la mesure du possible, des contraintes et des stratégies de développement de la collectivité. »*

*Les règles générales de prévention et de zonage réglementaire s'appliquent, même en présence d'ouvrage de protection. La vocation de ces derniers est en effet de protéger les constructions existantes.*

*En particulier, les zones urbanisées soumises à un aléa fort doivent être rendues inconstructibles : c'est le*

*principe général d'inconstructibilité derrière les digues. Les zones urbanisées non soumises à un aléa fort restent constructibles (avec des prescriptions adaptées au niveau d'aléa).*

*Il est rappelé qu'aucun espace inondable non urbanisé ne pourra être ouvert à l'urbanisation, quel que soit l'aléa et même s'il est protégé par un ouvrage.*

La circulaire du 2 août 2011 liste les communes devant faire l'objet d'un PPRL et désigne Carnac à ce titre.

Le PPRn s'applique sans préjudice de l'application des autres législations et réglementations en vigueur, notamment la loi sur l'eau de 1992, les codes de l'urbanisme, de l'environnement, de la construction et de l'habitation, forestier, rural. Les prescriptions les plus restrictives sont retenues.

### **c) Les conséquences en matière d'assurance**

La loi du 13 juillet 1982 impose aux assureurs, pour tout contrat relatif aux biens et véhicules, d'étendre leur garantie aux effets des catastrophes naturelles, que le secteur concerné soit couvert par un PPR ou non.

L'article L125-1 du code des assurances, alinéa 2 prévoit que la franchise relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles dans les communes non dotées d'un PPR est modulée en fonction du nombre d'arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pris pour le même risque à compter du 2 février 1995. Ainsi, cette franchise double au 3<sup>ème</sup> arrêté, triple au 4<sup>ème</sup> puis quadruple aux suivants.

Ces dispositions cessent de s'appliquer à compter de la prescription d'un PPR pour le risque considéré dans l'arrêté portant constatation de l'état de catastrophe naturelle dans la commune concernée. Elles reprennent leurs effets en l'absence d'approbation du PPR passé le délai de 5 ans qui suit l'arrêté de prescription.

Lorsqu'un PPR existe, le code des assurances précise l'obligation de garantie des biens et activités existants antérieurement à la publication de ce plan.

Les propriétaires ou exploitants de ces biens ou activités disposent d'un délai fixé par le PPR pour se conformer au règlement du PPR à compter de sa date de publication (article 5 du décret n°95-1089 du 5 octobre 1995). Il est à noter que dans le cadre du présent PPRL, les dispositions ne s'appliquent qu'à partir des nouveaux projets à la date d'approbation.

Si des projets sur l'existant sont élaborés, des biens immobiliers sont construits et des activités sont créées ou mises en place en violation des règles du PPRL, les assureurs ne sont pas tenus de les assurer.

Cette éventualité est toutefois encadrée par le code des assurances. Elle ne peut intervenir qu'à la date normale de renouvellement d'un contrat ou à la signature d'un nouveau contrat.

En cas de différend avec l'assureur, l'assuré peut recourir à l'intervention du bureau central de tarification (BCT) compétent en matière de catastrophe naturelle.

## **III – Le contexte socio-économique**

Carnac est une commune littorale très vaste puisqu'elle occupe une surface de 3 271 hectares, dont 2 597 hectares d'espaces naturels.

Historiquement tournée vers le tourisme, la commune de Carnac est une station touristique de premier plan en Bretagne et en France (deuxième station bretonne la plus connue, et neuvième en France -source TNS Sofres/CRT).

La qualité environnementale du site, avec ses plages et ses plans d'eau permettant une navigation aisée ont permis, dès la naissance du tourisme, de faire de cette commune une station balnéaire de renom.

La commune de Carnac bénéficie en outre d'un patrimoine culturel de renommée internationale, avec ses sites mégalithiques. Des itinéraires de randonnée permettent la visite de fontaines et chapelles remarquables.

La commune de Carnac appartient à la communauté de communes AQTA (Auray, Quiberon, Terre Atlantique) créée le 1<sup>er</sup> janvier 2014. AQTA réunit 24 communes et compte une population de 86 000 habitants.

La commune se situe dans le périmètre du SCOT du Pays d'Auray qui rassemble 28 communes.

### **a) La population**

D'après les résultats du recensement 2011, la population de 4 427 habitants était en légère régression (-1% de 2006 à 2011), traduisant une stagnation de la population sur la dernière période.

Le solde migratoire ne suffit pas à compenser un solde naturel négatif, les mouvements de population étant moins importants que ceux de la communauté de communes et du Morbihan. Le vieillissement de la population est plus prononcé que sur les autres territoires, renforcé en partie par l'arrivée de retraités de grandes villes.

Par ailleurs, la part des artisans-commerçants, chefs d'entreprise a diminué tandis que la population des agriculteurs exploitants et celle des professions intermédiaires, employés et ouvriers a augmenté.

### **b) La dynamique de logements**

Une forte croissance du parc de logements, avec une sur-représentation des résidences secondaires, a été constatée. Le nombre de logements individuels diminue à l'inverse de celui des logements collectifs. Les ménages composés de une et deux personnes y sont en forte augmentation. L'objectif de la commune est de favoriser la construction de 800 logements nouveaux, pour tenir compte du desserrement des ménages et des résidences secondaires.

### **c) Les documents d'urbanisme en vigueur**

Les documents en vigueur sont :

- Le SCOT du pays d'Auray
- Le POS approuvé le 9 novembre 1999 ( PLU en cours de finalisation).

### **d) Les activités économiques et de services**

La station balnéaire reconnue est tournée vers le tourisme avec une offre en hébergements touristiques complète permettant d'accueillir jusqu'à 50 000 personnes l'été.

1) Les emplois et les entreprises sont largement tournés vers les services liés à l'activité touristique. Carnac-Plage propose une offre commerciale importante en parallèle de l'offre sur le bourg tout aussi présente. Beaucoup de commerces ferment hors saison estivale.

L'enjeu de Carnac est de renforcer l'attractivité du bourg pour soutenir les activités et stimuler l'investissement tout en améliorant l'attrait commercial de Carnac-Plage. En ce sens, l'objectif est de freiner les évasions commerciales, capter de nouveaux clients et redonner une dynamique collective aux professionnels du commerce carnacois.

L'un des enjeux identifiés dans le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) du Pays d'Auray est de « s'intégrer à l'économie des flux, non comme territoire de passage mais comme territoire de destination ».

### **e) Les objectifs de la commune exprimés dans le cadre de l'élaboration du PLU**

- Favoriser un rééquilibrage démographique, en augmentant la population, avec la perspective d'atteindre 5 000 habitants en 2025.
- Conduire une politique de rénovation urbaine, en agissant sur l'habitat, en facilitant les déplacements «doux», en protégeant les populations des risques littoraux et en agissant sur le cadre de vie.
- Agir pour un développement de l'économie et de l'emploi.
- Valoriser les patrimoines carnacois.

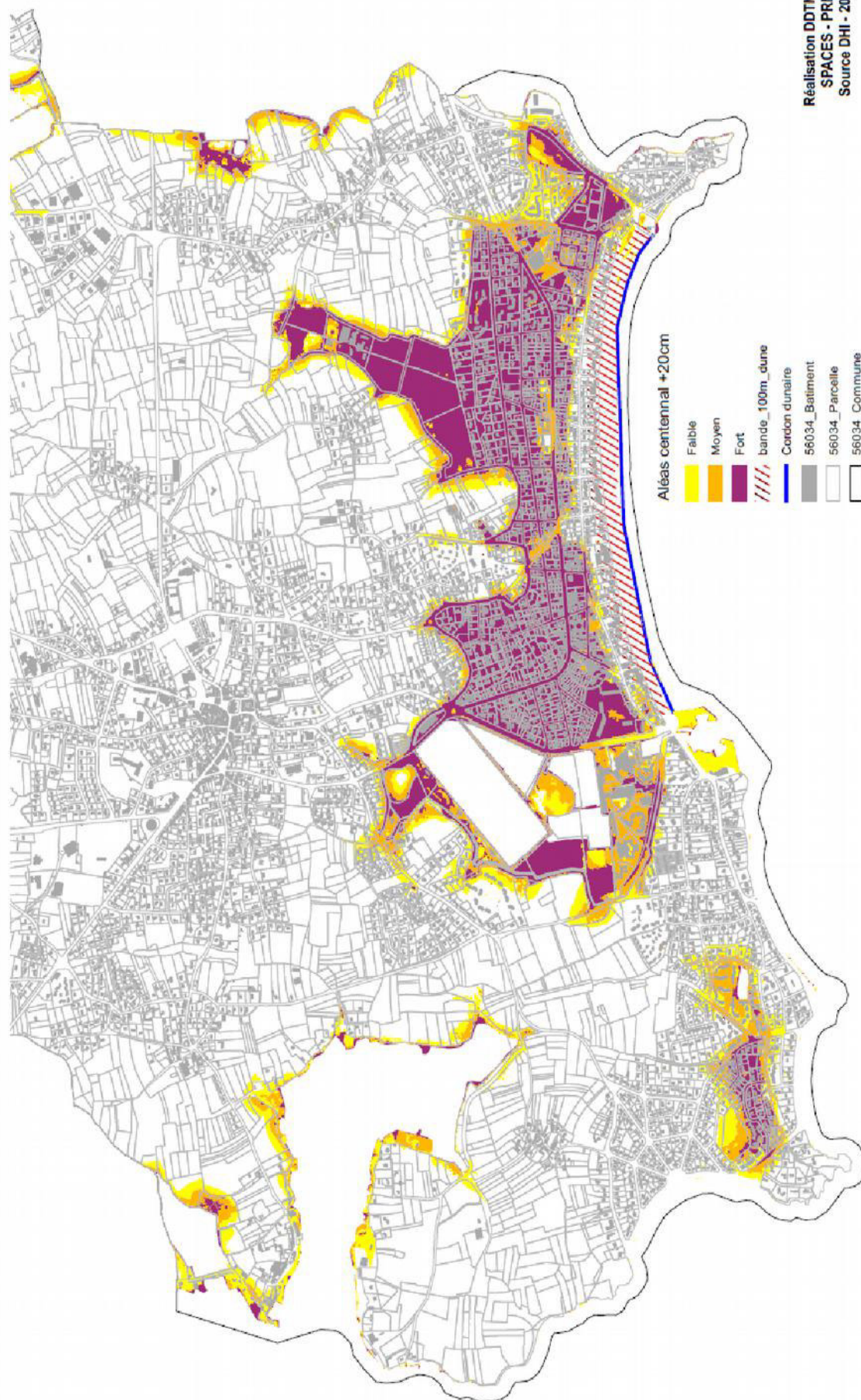
## **IV – Le Plan de Prévention des Risques littoraux (PPRL) de Carnac**

La commune de Carnac a été identifiée parmi les 303 communes devant faire prioritairement l'objet d'un PPRL. En effet, le secteur de Carnac-Plage, ancienne zone lagunaire et marécageuse transformée en zone balnéaire au 20<sup>e</sup> siècle concentre une population importante dans une zone peu ou prou abritée par un cordon dunaire.

La campagne de relevé topographique réalisée en 2010 pour établir la carte de « zone basse » potentiellement inondable met en évidence ce phénomène.



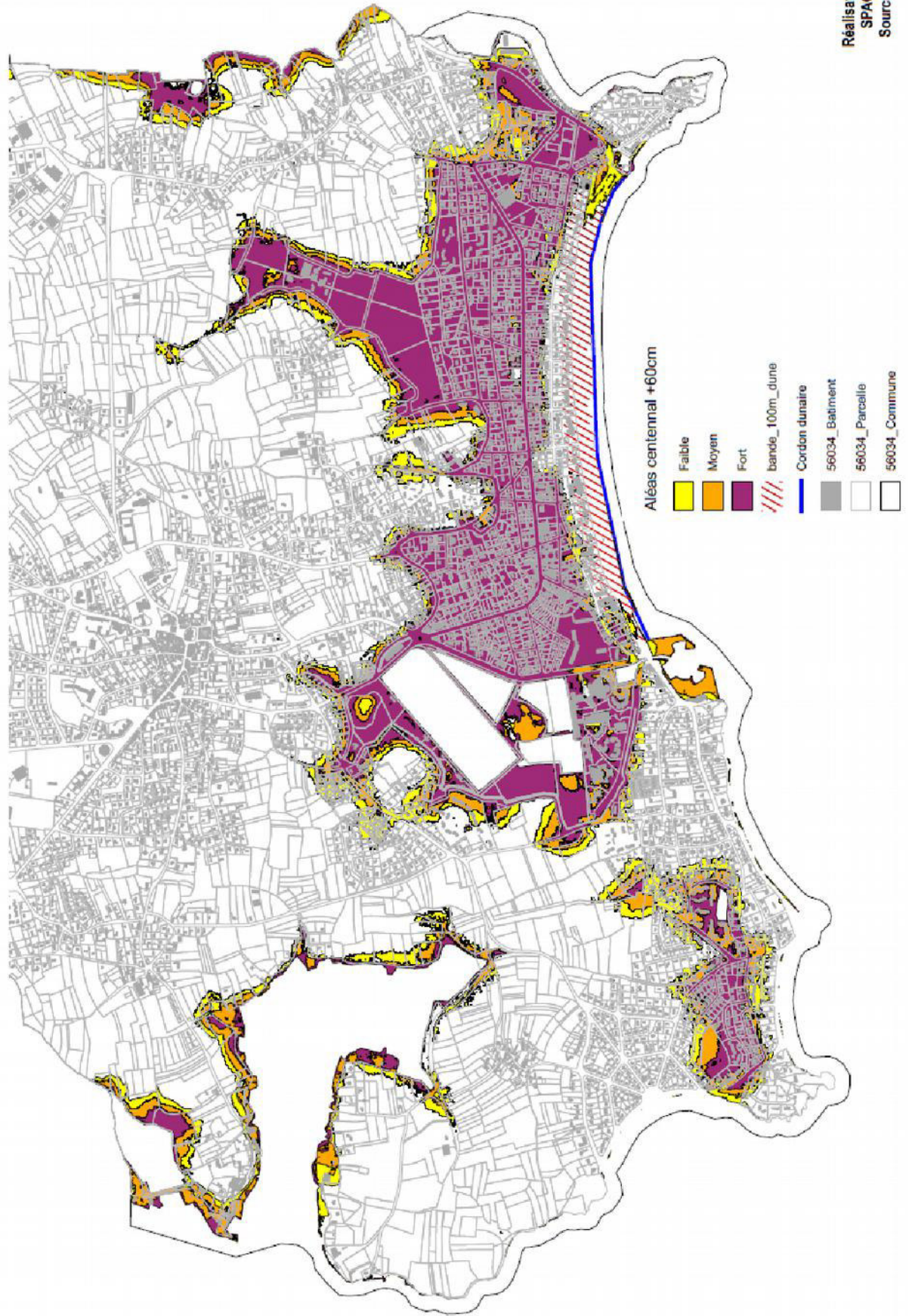
# Carte de zone basse, Aléa actuel +20cm



Réalisation DDTM 56  
SPACES - PRN  
Source DHI - 2011



# Carte de zone basse, Aléa à l'horizon 2100 +60cm



Réalisation DDTM 56  
SPACES - PRN  
Source DHI - 2011

Le PPRL de Carnac prescrit le 13 décembre 2011 concerne donc les phénomènes naturels littoraux et plus particulièrement la submersion marine.

L'aléa érosion n'est pas retenu, car le phénomène n'a pas été répertorié sur le site de Carnac. Les photographies aériennes de 1952 à 2000 de l'IGN et les évolutions constatées sur la morphologie du haut de plage et sur le bas estran montrent au contraire une tendance légère à l'accrétion de sédiments.

## 1) Le phénomène de submersion marine

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques désavantageuses (surcote due aux fortes dépressions et vents de mer) et marégraphiques sévères engendrant des niveaux marins importants et des conditions d'état de mer défavorables. La submersion marine peut intervenir selon différents phénomènes :

- par débordement,
- par franchissement de paquets de mer,
- par rupture d'ouvrage.

## 2) L'historique des principaux événements de tempête

Dans le cadre de l'Atlas des risques littoraux du Morbihan, les bureaux d'études DHI/GEOS AEL ont recensé les événements tempétueux ayant occasionné des dégâts sur le littoral morbihannais (recul du trait de côte, submersion marine, destruction d'ouvrages de défense côtière ou d'ouvrages portuaires...) et ont constitué des fiches par tempête.

Ce recensement s'est effectué sur la base des données et d'indices retrouvés dans différentes archives consultées :

- archives des services maritimes de Lorient et de Vannes,
- archives du service historique de la Marine de Lorient,
- archives départementales du Morbihan,
- archives municipales (notamment registres de délibération des conseils municipaux),
- archives de la presse (Ouest-France, Le Télégramme) et Médiathèque de Lorient (pour la presse de la fin du 19ème siècle et du début du 20ème siècle),
- archives du Cartopôle de Baud,
- témoignages des services de l'État, du Conservatoire du Littoral, du Conseil Départemental du Morbihan, des communes et de particuliers passionnés d'histoire.

Le rapport d'étude DHI/GEOS AEL réalisé pour le PPRL synthétise dans des tableaux les événements tempétueux les plus significatifs qui sont rappelés ci-dessous :

DHI/GEOS avertit que « l'information collectée est très qualitative. Aucune information de niveau atteint n'a pu être recueillie » :

Tempête du 1er janvier 1877	Il est mentionné que « <i>bien que le coefficient de la marée ne fut que de 95, les eaux s'élevèrent elles à une hauteur considérable (0,50 mètre au-dessus des plus hautes mers connues)</i> »
Tempête du 4 décembre 1896	Dégâts mentionnés
Tempête de septembre 1898	Dégâts mentionnés
Tempête du 9 janvier 1924	Il est mentionné que « <i>A Carnac, plusieurs marais salants ont été en partie submergés</i> ». Cependant, pas d'information sur les niveaux marins
Tempête de 1934	Dégâts mentionnés
Tempête du 18/19 décembre 1945	Dégâts mentionnés
Tempête de février 1952	Dégâts mentionnés

Tempête de septembre 1953	Dégâts mentionnés
Tempête du 2/3 novembre 1963	Il est mentionné que « <i>Jean Lothodé a vu, avec ses voisins, tous les jardins de l'avenue de Kerenflech et du Lotissement Le Flohic envahis par la mer. Toutes les plantations avaient souffert de la salinité et avaient été brûlées par l'eau de mer...</i> » Cependant, par d'information sur les niveaux marins
Tempête de mars 2008	Lors de la tempête du 10/11 mars 2008, les sentiers côtiers et les ouvrages de bord de mer ont été endommagés.

« Par ailleurs, le tableau ci-dessous présente d'autres événements tempétueux qui ont touché les communes proches, et probablement Carnac, même si aucune trace de dégâts n'a été identifiée ».

Evènement	Commune	Indications
Tempête du 1er janvier 1877	Plouharnel	« <i>La chaussée par laquelle la route Nationale franchit l'anse du Bêgo, entre les bornes kilométriques 126 et 130 n'avait éprouvé depuis sa construction en 1853 aucune avarie.</i> <i>La dernière tempête n'a détruit ni le mur ni les enrochements qui défendent du côté de la baie, mais la mer en déferlant par-dessus la chaussée est entrée en sept points différents. La chaussée reste viable sans danger aucun sur plus de trois mètres de largeur.</i> »
	La Trinité-sur-Mer	« <i>A la Trinité-sur-Mer, les lames déferlaient avec tant de furie, qu'en peu d'instant, le parapet qui protégeait le quai a été démoli, et la mer, ne rencontrant plus d'obstacle, s'est précipitée avec fracas dans les maisons, brisant et submergeant tout sur son passage... »</i>
	Locmariaquer	« <i>La tempête a rompu les dunes qui séparaient de la baie de Quiberon les terrains bas dont nous venons de parler, la mer se précipitant par une ouverture large de 250 mètres a rempli l'anse de Kerpenhir et enlevé la chaussée du chemin vicinal.</i> <i>Le courant du flot s'est établi directement par cette entrée nouvelle entre la baie de Quiberon et la rivière d'Auray menaçant d'emporter plusieurs maisons et notamment celles du hameau de Kerpenhir qui ont été inondées. [...]</i> <i>Les terrains inondés occupent une surface qu'on peut évaluer à une vingtaine d'hectares. »</i>
Tempête du 27 octobre 1882	Locmariaquer	« <i>L'ouragan d'hier a causé ici des désastres relativement sérieux. Plusieurs bateaux, destinés pour la pêche des huîtres et la cueillette des goémons ont été brisés contre les quais. Les quais et les murs longeant la côte, en avant des maisons sont, en partie, démolis ou fortement avariés. En parcourant les bords de mer, on assiste au même spectacle désolant, les terres fraîchement préparées pour l'ensemencement des grains, sont devenues d'autres grèves ! plus de traces de sillon ! Vous ne trouverez plus qu'une côte nouvelle, avec ses sables et ses galets. Pour cette année, ce sont des terres perdues pour la production. Des murs construits en pierres, des prairies et des champs ont été, sans exception, démolis.</i> <i>Tous les terrains d'alluvion, situés le long du rivage, sont et seront couverts d'eau pour plusieurs jours. »</i>
Tempête du 4 décembre 1896	Locmariaquer	« <i>Le hameau de Saint-Pierre en Locmariaquer, qui souffre chaque année des tempêtes, a été particulièrement éprouvé. Les prés, champs et terres labourées, tous situés au bord de la côte, ont été inondés sur une superficie de cinquante à soixante mètres. Les blés ont été ruinés, les clôtures abattues.</i> »

Tempête du 9 janvier 1924	La Trinité-sur-Mer	«A la Trinité, notamment l'eau a submergé le boulevard des Américains, occasionnant des dégâts importants. Des maisons sur les quais ont été inondées. L'eau a pénétré brusquement au poste des douanes et le brigadier de service, M. Corairié, ayant de l'eau jusqu'à la ceinture dû s'arc-bouter contre la porte du corps de garde pour empêcher les lames de pénétrer dans la pièce où il se trouvait prisonnier».
Tempête du 10 et 11 février 1974	La Trinité-sur-Mer	«Au port de plaisance, le parking aménagé pour les bateaux auprès du club house a particulièrement souffert et les plaques de bitume littéralement soulevées».
Tempête du 10 mars 2008	Plouharnel	«Des rafales de 120 à 130 km/h ont secoué le pays d'Auray [...]. Des dizaines d'inondations ont été enregistrées [...]. Des dégâts de ce genre ont aussi été enregistrés dans un chantier ostréicole de Plouharnel».
	La Trinité-sur-Mer	«Des dégâts ont aussi été enregistrés [...], ainsi qu'au Yacht-Club de Carnac et sur le port de La Trinité-sur-Mer».
	Saint-Philibert	« Kernivilit, au Sud du pont de Kerisper : submersion des terres pleins ostréicoles».
	Locmariaquer	«Submersion au niveau du centre-bourg et de Kerpenhir-Loperec».

### 3) L'évolution de la configuration du littoral carnacois

DHI/GEOS AEL décrit dans son rapport d'études, l'évolution du rivage et de l'occupation du sol à partir de l'analyse des divers documents, notamment les cartes anciennes de Cassini (fin 18e), celles de Beaupré (1809), celles d'État Major (1845) et celles plus récentes réalisées par l'IGN (1985). Il en ressort les éléments suivants :

**- fin 18ème siècle, début 19ème siècle :** « milieu dunaire et lagunaire peu attractif présentant deux marais qui sont le Grand Palud à l'Ouest et le Palud de Beaumer à l'Est. Ces marais se développent en arrière d'un bourrelet sablonneux et communiquent librement avec la mer par un système de passes.

*Au Sud-Ouest, le marais de Légenèse s'ouvre sur la mer au nord de la pointe de St-Colomban. Il s'étend en arrière d'un cordon dunaire entrecoupé par des pointes rocheuses. Une demi-douzaine de villages est répartie sur les points hauts, autour des zones de marais : Légenèse, Saint-Colomban, Le Bréno, Kerallan, Kerlois, Kergouellec et Beaumer.*

*La carte d'état-major (1845) montre distinctement la modification de la configuration du littoral qui s'opère.*

*On observe:*

- d'une part l'assèchement des marais de Légenèse,
- d'autre part l'établissement de digues dans le Grand Palud et le Palud de Beaumer ».

**- en 1839 :** « Armand de Kerenflech devenait propriétaire des 251 ha de zones basses, humides et de dunes sablonneuses. Il réalisa en 7 ans de vastes aménagements visant à transformer :

- les paluds situés à l'Est pour la culture et l'élevage,
- les paluds situés à l'ouest pour une vocation plus maritime (parcs à huîtres, marais salants, viviers, port). »

**- fin 19ème siècle :** « l'aménagement du littoral franchit une nouvelle étape : La Société Anonyme de Carnac-Plage, créée en 1899, achète 91 ha (dunes et secteur arrière-dunaires) et commence à découper des lots pour les commercialiser. C'est le début de l'urbanisation pavillonnaire à vocation touristique».

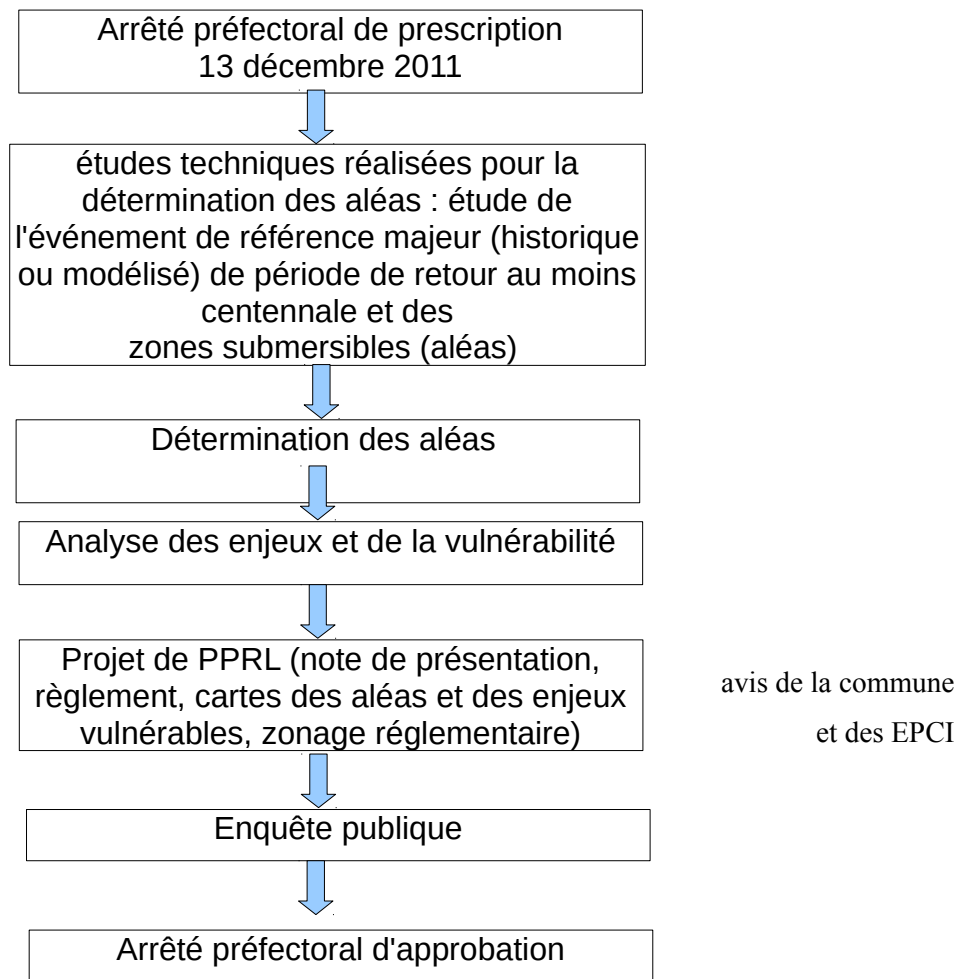
**- au cours du 20ème siècle :** « la frange côtière devient de plus en plus convoitée. L'urbanisation se développe :

- en prenant appui sur le centre-bourg de Carnac et sur les hameaux anciens,
- en s'étendant de manière linéaire le long des voies de communication,
- le long du littoral, depuis Saint Colomban jusqu'à l'anse du Men-Du.

*On note alors une forte densification de l'habitat par les lotissements de résidences secondaires ainsi que des aménagements spécifiques liés à l'accroissement des activités touristiques (camping, colonie de vacances, parking, centre nautique,...)».*

#### 4) La procédure d'élaboration du PPRL

Les différentes étapes d'élaboration sont résumées ci-après :



#### 5) Les objectifs du PPRL

L'objectif du PPRL est de mieux connaître les risques, de déterminer un aléa centennal actuel et, puisque le réchauffement climatique semble irréversible, de déterminer l'aléa centennal tenant compte de l'augmentation du niveau des mers à l'horizon 2100 ; cela afin d'en tirer les conséquences en termes de prévention des risques, et notamment de ne pas augmenter la vulnérabilité de ce territoire.

Il importe notamment de distinguer les secteurs directement exposés aux submersions marines de la zone en « cuvette » de Carnac-Plage et d'avancer les hypothèses les plus probables de submersion de ce secteur à enjeux humains et économiques forts.



## 6) La concertation

L'État s'investit dans la prévention réglementaire des risques avec l'élaboration des PPR, en y associant étroitement les acteurs du territoire (collectivités, citoyens) qui ont aussi leurs compétences et leurs responsabilités :

- le maire doit prendre en compte les risques dans les projets de développement et les règles d'occupation des sols ; il est responsable de la sécurité des populations dans sa commune ;
- les acteurs locaux et les particuliers ont la responsabilité de ne pas s'exposer sans précaution à des risques et de ne pas les aggraver.

La concertation, définie dans la circulaire du 3 juillet 2007 ayant pour objet « la consultation des acteurs, la concertation avec la population et l'association des collectivités territoriales dans les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRn) », est définie comme la façon d'établir des relations de coopération pour une stratégie locale de prévention.

Elle consiste à :

- rechercher une appréciation commune des risques et des facteurs qui y concourent : aléas, enjeux, vulnérabilité, moyens de prévention et tous autres facteurs locaux spécifiques ;
- dégager d'un commun accord une orientation qui tienne compte des perspectives ;
- travailler de concert à la définition des mesures opérationnelles qui les concrétise ;
- informer, écouter, expliquer et discuter pour aboutir à leur appropriation.

C'est le but des comités de pilotage.

### a) Le comité de pilotage

Concernant l'élaboration du PPRL de Carnac, une attention particulière a été apportée à la concertation entre tous les acteurs concernés.

A ce titre, un comité de pilotage a été constitué pour concerter au-delà des phases obligatoires de consultation de la commune et de la population.

Il est composé de :

- représentants des collectivités locales : commune de Carnac, communautés de communes du Syndicat Mixte du Pays d'Auray, AQTA,
- représentants d'associations de riverains,
- représentants et experts de l'État : Sous-préfecture de Lorient ; CETMEF (actuel CEREMA); DREAL, SDIS, DDTM,
- représentants du Conseil Départemental: service Espaces Littoraux et activités maritimes.

Des réunions techniques préalables aux différentes réunions du comité de pilotage ont rassemblé les bureaux d'études GEOS et DHI, le CETMEF, la DREAL et la DDTM.

Les différentes étapes de la concertation depuis le lancement de l'étude figurent dans le tableau suivant :

Événement	Date	Objet	Support	Conclusions
Réunion d'information de la population sur les risques littoraux	03/11/2011	- présentation des cartes de zones basses de submersion (circulaire Xynthia) - annonce de la décision du ministère de l'Ecologie de prescrire des PPRI dans les sites les plus vulnérables dont Carnac par la circulaire du 2 août 2011		
Prescription du PPRL de Carnac par arrêté préfectoral du 13/12/2011				
Comité de pilotage	16/02/2012	Réunion de lancement : présentation générale de la procédure PPRL.	Diaporama DDTM	Recueil des observations des membres du comité de pilotage (cf. compte-rendu).

Evénement	Date	Objet	Support	Conclusions
Comité de pilotage	14/11/2012	Présentation par DHI de l'état d'avancement de la détermination des aléas.	Diaporama DHI	Explication de la méthodologie de l'étude technique par DHI pour une meilleure appropriation des cartes d'aléas. Cartes provisoires, dans l'attente de validation de la méthodologie par le Ministère (DGPR). Recueil des observations des membres du comité de pilotage (cf. compte-rendu).
Comité de pilotage	19/03/2013	Présentation des cartes d'aléas amendées suite aux remarques des services experts.	Diaporama DHI	Recueil des observations des membres du comité de pilotage (cf. compte-rendu).
Courrier de la DGPR au préfet en date du 28/05/2013 : prise en compte de deux brèches et non effacement total du cordon dunaire				
Comité de pilotage	25/07/2013	Présentation des cartes d'aléas		Comité annulé à la demande de M. Bruneau, maire de Carnac.
Réunion	12/05/2014	Réunion en sous-préfecture de Lorient en présence de M. le Préfet.		Présentation à M. Lepick, nouveau maire des nouvelles cartes d'aléas prenant en compte uniquement deux brèches en « Est » et « Ouest » du cordon dunaire et la modification de caractérisation de l'aléa apportée par le guide PPRL quant à la vitesse d'écoulement – seuils 0,25m/s (écoulement lent) et 0,75m/s (écoulement rapide).
Réunion	19/06/2014	Réunion technique à la DDTM : mairie de Carnac (élus et DST), cabinet Ledoux (mandaté pour expertise par la commune, DDTM et DHI.	-	Compte-rendu de la réunion
Arrêté préfectoral du 8/07/2014 portant prolongation de la procédure PPRL de six mois				
Réunion	19/09/2014	Déjeuner de travail entre le maire, la directrice des services techniques, le préfet, le sous préfet et le chef de service SPACES/DDTM.		Bilan de la procédure PPRL
Réunion en mairie	14/10/2014	Réunion de préparation du comité de pilotage du 14/10/2014.		
Comité de pilotage	24/10/2014	- Présentation de l'étude PPRL par le bureau d'études DHI. - Présentation de la carte d'enjeux par la DDTM. - Présentation de l'étude ARTELIA en nouvelle expertise	diaporamas	Un rétroplanning des étapes à venir a été présenté afin de respecter la date d'approbation (au plus tard le 13/06/2015).
Prise en compte des mesures topographiques complémentaires fournies par le bureau d'études ARTELIA à la demande du maire				
Comité de pilotage (*)	19/12/2014	Présentation des cartes d'aléas par DHI avec prise en compte des éléments de topographie de l'étude ARTELIA aux points bas (réactualisation des volumes entrants).	diaporama	Contestation du maire concernant la brèche Ouest.
Comité de pilotage	22/05/2015	- Affichage des cartes d'aléas. - Principes d'élaboration du	diaporama	Volonté du préfet de prendre le temps de la concertation et de s'appuyer sur

Événement	Date	Objet	Support	Conclusions
		règlement PPRL.		l'expertise du réseau technique de l'État.
Comité de pilotage	05/06/2015	Présentation du projet de règlement	diaporama	Explications des experts de la DGPR et du CEREMA. Présentation de la méthode d'élaboration du zonage réglementaire et de son adaptation au cas spécifique de Carnac. Le maire note que le zonage orange répond partiellement à ses préoccupations, mais que les délais de concertation sont trop courts.
Réunion publique	12/07/2015	Présentation du PPRL à la population	diaporamas	Invitation de la population à se rendre à l'enquête publique
Réunion publique	13/08/2015	Présentation du PPRL à la population	diaporamas	Invitation de la population à se rendre à l'enquête publique

(\*) : Les éléments altimétriques de l'étude ARTELIA mandatée par la commune de Carnac ont été pris en compte par le bureau d'études DHI aux points de fragilité. Les volumes d'eau entrant à ces points bas ont été recalculés.

Au droit du profil n°5 « Ouest », en tenant compte de l'adaptation à la configuration du cordon dunaire, DHI a déterminé une brèche à une cote seuil de 3,98m IGN69-NGF sur une épaisseur de 40m (largeur forfaitaire de 100m) -contre 3,30m IGN69-NGF sur une épaisseur de 60m pour ARTELIA.

ARTELIA aboutit quasiment au même résultat que DHI concernant les volumes entrants d'un scénario de brèche de 100m au droit du profil n°5-Ouest.

Les cartes d'aléas réactualisées présentent des intensités d'aléas et des enveloppes réduites comparativement aux cartes d'aléas présentées aux comités de pilotage précédents.

#### **b) La phase de consultation**

Au titre de l'article R562-7 du code de l'environnement, le dossier de PPRL a été soumis à consultation de deux mois de la commune ainsi que de la communauté de communes AQTA et du syndicat mixte du pays d'Auray compétentes en matière d'urbanisme à partir du 12 juin 2015. A défaut de réponse dans un délai de deux mois, l'avis est réputé favorable.

#### **c) L'enquête publique**

L'enquête publique constitue une étape primordiale pour recueillir toutes les observations, notamment celles de l'ensemble de la population, des associations, etc.

Elle s'est déroulée du 17 août 2015 au 18 septembre 2015, selon la procédure prévue par le code de l'environnement, notamment les articles L562-1 à L562-7 et les articles R562-1 à R562-10 relatifs aux plans de prévention des risques naturels prévisibles ; les articles L123-1 et suivants, ainsi que R123-1 et suivants concernant les enquêtes publiques relatives aux opérations susceptibles d'affecter l'environnement.

La participation du public a été très importante. La commission d'enquête a rendu un avis favorable, avec quatre recommandations, le 23 octobre 2015.

## **V – Les études du PPRL de Carnac**

La procédure PPRL présente plusieurs phases :

- la détermination de l'aléa,
- l'analyse des enjeux et de leur vulnérabilité,
- l'élaboration du règlement et des zonages réglementaires suite au croisement aléa/enjeux.

Les études techniques des plans de vague du large à la côte et de la dynamique de submersion propagée sur le niveau terrestre permettent de disposer d'une meilleure connaissance des phénomènes afin de déterminer les aléas.

Le rapport de DHI intitulé « détermination de l'aléa submersion marine à Carnac » fourni en annexe détaille les méthodes et les données traitées permettant de déterminer l'aléa centennal aux différents sites exposés.

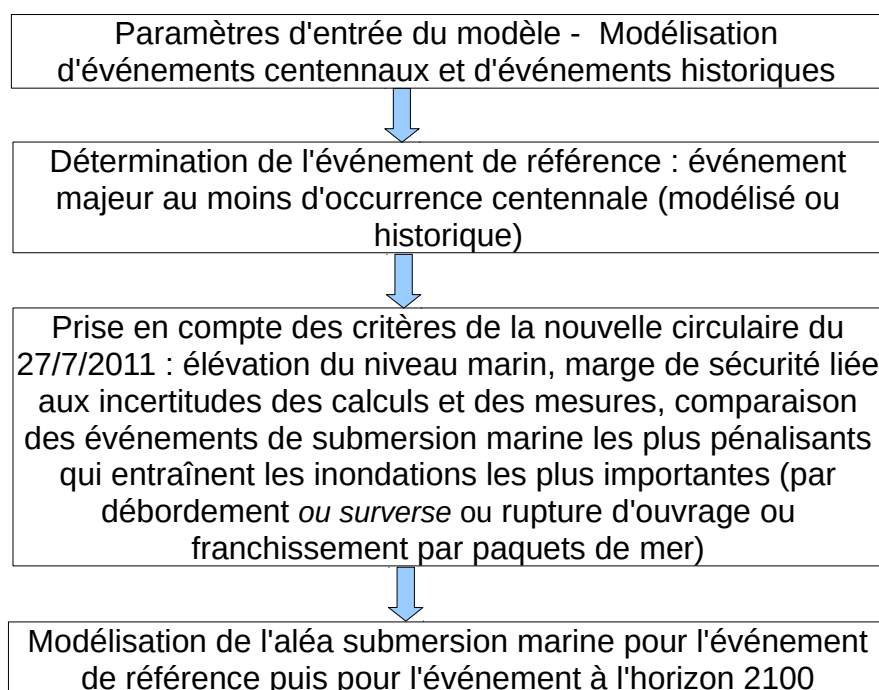
## 1) La détermination de l'aléa submersion marine

Pour les deux sites de Port en Dro et Kerdual, à l'abri de la houle et du déferlement, l'aléa de submersion marine est établi en fonction des niveaux marins centennaux, actuels et à l'horizon 2100, augmentés de la marge d'incertitude de 0,25m.

Pour tous les autres sites, la procédure s'appuie sur la modélisation hydraulique d'un événement majeur dit événement de référence, c'est à dire l'événement théorique de période de retour (ou occurrence) centennale ou l'événement historique observé si celui-ci est plus important. Pour les submersions marines, l'événement de référence est déterminé par l'analyse croisée des houles au large et des niveaux marins extrêmes afin de déterminer les aléas de référence.

Le PPRL doit également prendre en compte les aléas à l'horizon 2100 conformément à la circulaire du 27/07/2011.

La méthode de détermination de l'aléa de submersion marine est détaillée dans le rapport DHI/GEOS AEL qui prend en compte les caractéristiques de l'événement majeur. Le schéma suivant indique les principales étapes de la modélisation hydraulique :



## 1-1) Les paramètres de modélisation

Les paramètres pris en compte pour la modélisation qui a permis de caractériser l'aléa de submersion marine, sont présentés ci-après :

### a) Les niveaux marins extrêmes (effet combiné marée astronomique et surcote atmosphérique)

Ils sont issus d'une interprétation graphique des courbes de niveaux marins de pleine-mer du centre d'études techniques maritimes et fluviales (CETMEF) et du service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) -statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique) de 2008 et 2012-.

Les niveaux sont estimés au port de référence par analyse statistique des chroniques enregistrées (Port-Tudy) puis extrapolées spatialement en prenant en compte le port secondaire (Le Crouesty). Les statistiques des niveaux marins extrêmes obtenus confirment une bonne interpolation spatiale.

Le résultat produit en 2012 par le SHOM enrichit l'information de 2008 par augmentation de la chronique enregistrée et par la prise en compte des ports et points secondaires (campagne de mesures, chroniques discontinues...).

Quant au choix du niveau 2008 ou 2012, la note méthodologique du SHOM de janvier 2013 précise : « *Dans les cas où des informations sur les niveaux marins historiques n'ont pu être collectées et en dehors des secteurs de mesures (ports principaux), compte tenu des fortes incertitudes concernant les résultats de l'interpolation géographique, il est recommandé de retenir le niveau marin centennal le plus haut* ».

### b) Les houles (propagation du large à la côte)

Elles sont issues des données de l'atlas numérique d'états de mer océanique et côtier (ANEMOC) sur la période 1979-2002 au pas de temps horaire. Les points ANEMOC 0421, 0447, 0701 et 0843 délimitent la zone de calcul du modèle numérique relatif à la propagation et la génération des houles (hauteur significative, période de pic, direction moyenne, étalement directionnel de la houle) jusqu'à la côte de Carnac.

### c) La surcote de déferlement

La surcote de déferlement correspond à la surélévation du niveau moyen de la mer en raison du déferlement généré à la côte par les vagues. À l'approche des côtes, la vitesse de la vague diminue en raison du relèvement des fonds, ce qui réduit sa longueur et augmente son amplitude. Pour déterminer cette surcote de déferlement, un modèle local a été créé sur la zone élargie de la baie de Quiberon en couplant les niveaux d'eau et le modèle spectral de vague.

Le modèle a déterminé une surcote de déferlement maximale de 0,25m pour l'événement à l'horizon 2100 qui n'affecte que la grande plage de Carnac de manière uniforme.

### d) L'élévation moyen du niveau de la mer

L'élévation du niveau moyen de la mer a été déterminée en prenant en compte le changement climatique. Ainsi, une valeur de référence moyenne (de 0,20 m) a été ajoutée au niveau marin de référence pour le scénario actuel. L'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC) porte cette valeur à 0,60m à l'horizon 2100, ce qui correspond au scénario *moyen* estimé par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Changement Climatique (GIEC) dans son rapport de 2007.

### e) La marge de sécurité de 0,25m

Le guide PPRL (dont les premiers « éléments méthodologiques pour l'élaboration des PPRL » ont été diffusés aux services de l'État par la Direction Générale de la Prévention des Risques -DGPR- du Ministère de l'Écologie le 10 février 2012) stipule une marge de sécurité de 25cm à ajouter au niveau marin centennal, à défaut de pouvoir quantifier toutes les incertitudes dans la chaîne de calcul.

À titre d'exemple, de nombreuses incertitudes concernent l'événement de référence :

- l'imprécision des mesures marégraphiques,
- le filtrage ou la mauvaise retranscription de phénomènes (par exemple les seiches) du fait de la période d'acquisition des marégraphes,
- l'imprécision relative des données de houles et numériques ou issues de mesures (choix du modèle statistique..),

- les extrapolations spatiales, interpolations des niveaux extrêmes entre les points de mesure,
- l'évaluation des surcotes de houle...

## 1-2) Le calage du modèle

L'événement de tempête survenu le 10 mars 2008 a permis de comparer l'emprise de l'inondation modélisée avec l'emprise de l'inondation observée sur certains secteurs.

## 1-3) L'événement de référence

L'événement de référence d'un PPR est soit l'événement d'occurrence centennale (1 risque sur 100 de survenir chaque année), soit l'événement historique, notamment si celui-ci est plus important (tempête de mars 2008 qui a occasionné des dégâts importants dans le Morbihan). Il importe donc, dans un premier temps, de comparer la courbe synthétique des événements d'occurrence centennale avec l'événement majeur observé.

L'événement de référence est caractérisé par le niveau marin à la côte et la hauteur significative de la houle au large.

La période de retour de cet événement de référence résulte de la corrélation [hauteur de houle/niveau marin extrême] qui induit une hauteur de vague à la côte.

Il est à noter que, si la période de retour de l'événement corrélé (couple houle/niveau marin) est supérieure ou égale à 100 ans, pris séparément et indépendamment, l'occurrence des paramètres « houle » et « niveau » est beaucoup plus faible.

Les niveaux marins de la courbe synthétique centennale sont comparés à ceux atteints lors de l'événement historique majeur (c'est-à-dire lors de la tempête du 10 mars 2008) pour conclure au choix de l'événement de référence (on retient l'événement le plus important qui est en l'occurrence pour Carnac l'événement centennal et non historique), en considérant que :

- sur les sites à phénomènes de débordement et de défaillance d'ouvrage, le niveau marin le plus fort est pris comme facteur déterminant ;
- sur les sites à phénomène de franchissements par paquets de mer, c'est la houle la plus forte à la côte, et donc induisant de plus forts débits franchissants, qui est le facteur déterminant.

Comme le décrit le bureau d'études DHI dans son rapport :

*« Notons que la configuration géographique de la baie de Quiberon entraîne une importante atténuation des houles incidentes sur la plage de Carnac. D'autre part, les franchissements par paquets de mer n'interviennent que sur des ouvrages particulièrement réflexifs, comme des digues ou des perrés. Ici, la bathymétrie de l'estran sur la Grande Plage absorbe l'énergie de la houle, en témoigne l'érosion du cordon dunaire pour l'événement de 2008. Néanmoins, l'agitation résiduelle peut déposer des laisses de mer au-delà du niveau marin moyen défini par l'analyse statistique. Ainsi aucun franchissement par paquet de mer pouvant engendrer des submersions marines ne sera retenu dans le scénario de référence sur cet estran.*

*Aussi, le paramètre principal conditionnant les inondations est le niveau marin »*

### Rappel :

Le niveau marin retenu doit être augmenté de 0,20 m, "pour une première étape vers une adaptation au changement climatique", conformément à la circulaire PPRL du 27/07/2011, et de 0,60 m à l'horizon 2100 (différence de 0,40m au regard de la progression du changement climatique (de +0,20m à +0,60m) -cf 1-1 d) du paragraphe précédent-. A ceci, il faut ajouter une marge de sécurité de 0,25m qui correspond à la prise en compte forfaitaire des incertitudes dans les PPRL. Elle est exigée par le guide méthodologique d'élaboration des PPRL dont les premiers éléments ont été diffusés par le ministère de l'Écologie, par courrier du 10 février 2012 (version finale en mai 2014) -cf. 1-1 e) du paragraphe précédent-.

Au final, les niveaux marins de référence actuels (NR) et à l'horizon 2100 (N2100) sont résumés dans les tableaux suivants. Ces niveaux sont exprimés dans le système altimétrique français de référence en mètre IGN69-NGF.



**Détermination des niveaux de référence actuels côté mer :**

Sites	Événement	Niveau marin (en m IGN69-NGF)	Surcote de déferlement (m)	Rehaussement du niveau marin (m)	Incertitudes	Niveau de référence actuel (en m IGN69-NGF) NR
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	
Beaumer, Men Du, Anse du Pô	centennal	3,90	0	0,20	0,25	<b>4,35</b>
Port en Dro	centennal	3,90	0	0,20	0,25	<b>4,35</b>
Saint-Colomban	centennal	3,90	0	0,20	0,25	<b>4,35</b>
Grande Plage Est	centennal	3,90	0,29	0,20	0,25	<b>4,64</b>
Grande Plage Ouest	centennal	3,90	0,29	0,20	0,25	<b>4,64</b>

$$NR = A + B + C + D$$

**Détermination des niveaux de référence à l'horizon 2100 côté mer :**

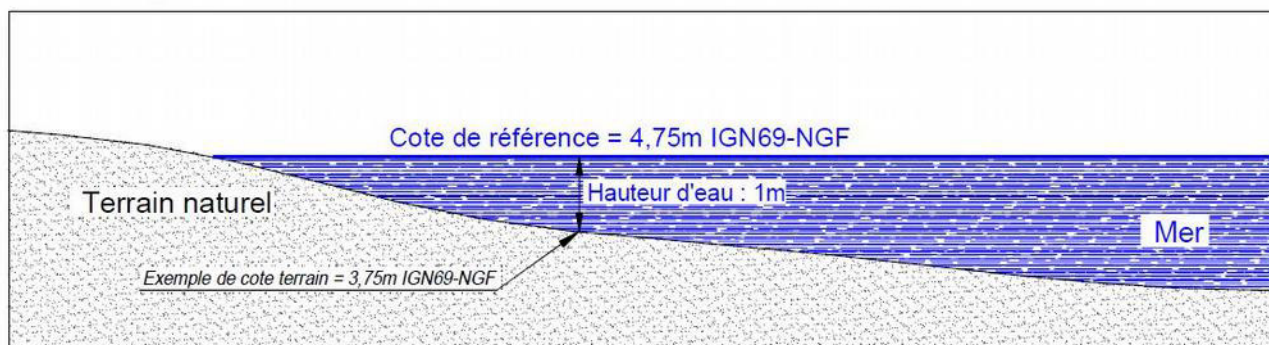
Sites	Événement	Niveau marin (en m IGN69-NGF)	Surcote de déferlement (m)	Rehaussement du niveau marin (m)	Incertitudes	Niveau de référence 2100 (en m IGN69-NGF) NR
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C'</b>	<b>D</b>	
Beaumer, Men Du, Anse du Pô	centennal	3,90	0	0,60	0,25	<b>4,75</b>
Port en Dro	centennal	3,90	0	0,60	0,25	<b>4,75</b>
Saint Colomban	centennal	3,90	0	0,60	0,25	<b>4,75</b>
Grande Plage Est	centennal	3,90	0,25	0,60	0,25	<b>5,00</b>
Grande Plage Ouest	centennal	3,90	0,25	0,60	0,25	<b>5,00</b>

$$N_{2100} = A + B + C' + D$$

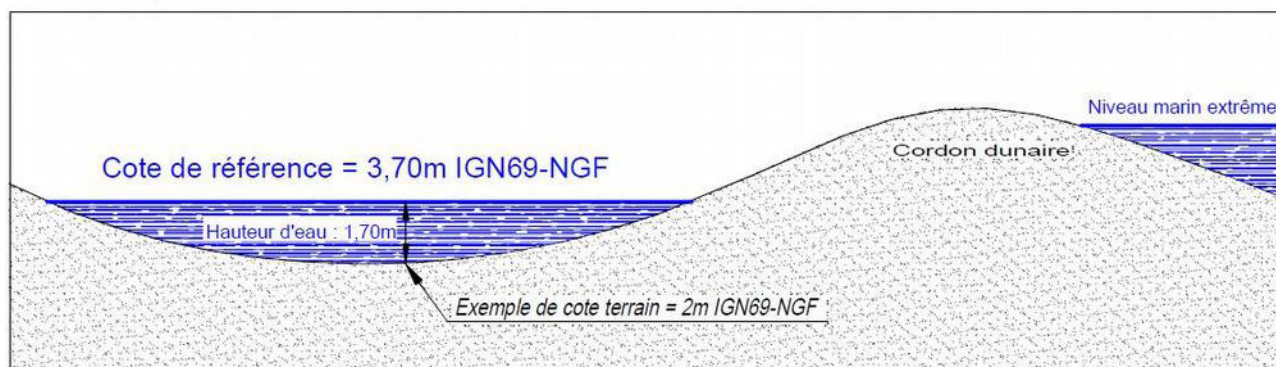
Il est à noter que du fait de la spécificité de Carnac-Plage (zone en cuvette partiellement protégée par le cordon dunaire), le niveau de référence calculé côté mer ne correspond pas au niveau réel atteint dans la cuvette (limite topographique de l'inondation). Le niveau de submersion dans la cuvette est inférieur au niveau de référence calculé côté mer. En effet, la dynamique de submersion marine sur la partie terrestre est limitée par les deux entrées d'eau via les brèches situées aux extrémités du cordon. Ce niveau de référence est donc de 3,70m IGN69-NGF sur le site de la Grande Plage, selon la carte jointe en annexe.

Cette dernière analyse s'applique de façon similaire au secteur de Saint-Colomban de par sa configuration. Le niveau de référence y est également de 3,70m IGN69-NGF (excepté l'entrée de ce secteur).

## Exemple à la côte



## Exemple en cuvette



### 1-4) La détermination de l'aléa de submersion marine par modélisation

Selon le guide, le niveau d'aléa dépend des paramètres suivants :

- la hauteur d'eau produite par la submersion,
- la dynamique de submersion, liée à la rapidité du phénomène (vitesse d'écoulement et vitesse de montée des eaux).

La dynamique de submersion influe sur l'intensité de l'aléa. La rapidité de submersion ou vitesse de montée des eaux peut, lorsqu'elle est défavorable, venir majorer le niveau d'aléa même avec une hauteur d'eau faible.

En concertation avec le CETMEF et le bureau d'études et conformément au guide méthodologique PPRL, il a été établi deux niveaux de dynamique de submersion délimités par le seuil de vitesse de montée des eaux fixé à 1,5 m/h.

Les deux tableaux suivants résument donc l'intensité de l'aléa en fonction de la vitesse de montée des eaux :

Vitesse de montée des eaux <u>inférieure à 1,5 m/h</u> (0,75 m en 30 minutes)			
Hauteur d'eau (m)	Vitesse d'écoulement U		
	U < 0,2 m/s	0,2 < U < 0,5 m/s	U > 0,5 m/s
H < 0,5	aléa faible	aléa moyen	aléa fort
0,5 < H < 1	aléa moyen	aléa moyen	aléa fort
H > 1	aléa fort	aléa fort	aléa très fort

Vitesse de montée des eaux <u>supérieure à 1,5 m/h</u> (0,75 m en 30 minutes)			
	Vitesse d'écoulement U		
Hauteur d'eau (m)	U < 0,2 m/s	0,2 < U < 0,5 m/s	U > 0,5 m/s
H < 0,5	aléa faible	aléa moyen	aléa fort
0,5 < H < 1	aléa fort	aléa fort	aléa fort
H > 1	aléa très fort	aléa très fort	aléa très fort

Au-dessus du seuil de vitesse de montée des eaux, un surclassement de l'aléa est donc appliqué aux secteurs soumis à la fois à des hauteurs d'eau supérieures à 0,50 m et à des vitesses d'écoulement inférieure à 0,5m/s.

### 1-5) La présentation des cartes d'aléas : cf. planches cartographiques

La circulaire du 27/07/2011 stipule que « *plusieurs facteurs peuvent influencer sur l'intensité de l'événement de submersion marine : forte marée, surcote météorologique (lors d'une tempête), houle, phénomènes locaux (mascaret par exemple). La concomitance de ces phénomènes peut avoir des conséquences catastrophiques, comme on a pu l'observer lors de la tempête Xynthia. L'augmentation prévisible du niveau marin liée au changement climatique constitue également un facteur aggravant. C'est pourquoi il faut prendre en compte ces phénomènes de concomitance pour déterminer l'événement de référence, qui est l'événement dimensionnant le zonage réglementaire, les mesures d'interdiction et les prescriptions du PPR.* »

Selon le guide méthodologique PPRL, les cartes d'aléas sur l'événement de référence actuel et l'événement de référence à l'horizon 2100 doivent afficher les scénarios les plus pénalisants, même s'ils ne sont pas concomitants.

L'analyse croisée des :

- données historiques concernant les tempêtes, l'activité humaine,
- forçages météo marins,
- dynamiques sédimentaires,
- analyses topographiques,

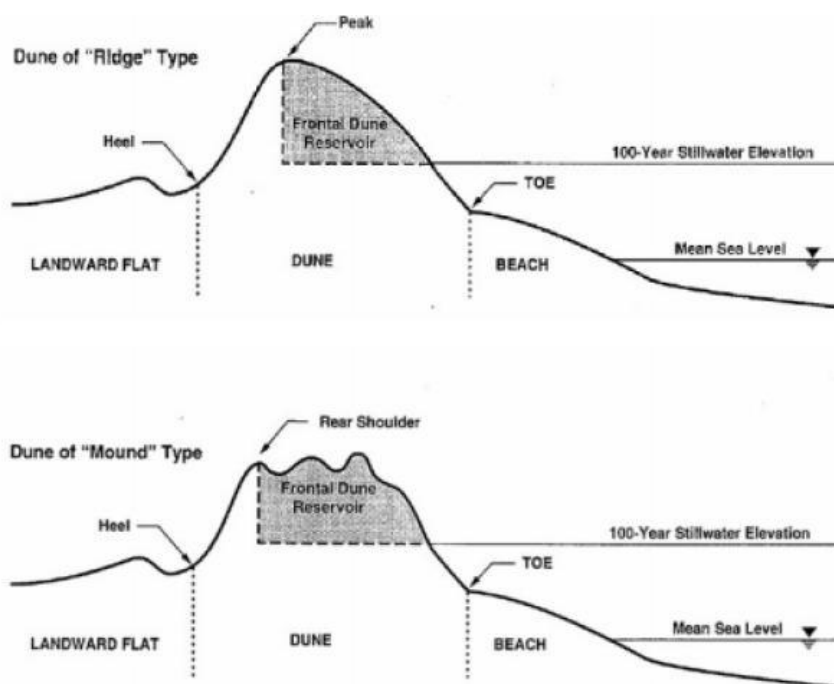
a permis de préciser les scénarios de référence.

Par ailleurs, le statut du cordon dunaire a été analysé : aucune structure naturelle ou anthropique ne pouvant être considérée comme totalement infaillible, il est nécessaire de prendre en compte une hypothèse de défaillance du cordon soit par effacement total, soit par des hypothèses de brèches. Au vu des éléments techniques disponibles et des échanges entre les services experts de l'État, l'hypothèse d'un effacement total du cordon est écartée. Conformément à la circulaire du 27/07/2011, il convient alors d'étudier les scénarios de rupture du cordon au regard des caractéristiques de la structure et de l'étude de comportement du cordon sur un cycle de deux marées successives :

- les faiblesses structurelles (point bas ou faible épaisseur du cordon en crête de dune) sont situées dans la partie Ouest et Est du cordon dunaire,
- l'absence de résistance du cordon dunaire à l'érosion de contact lors d'une tempête centennale a été évaluée par la méthode FEMA de l'agence américaine des risques.

Pour estimer la résistance du cordon dunaire à l'érosion de contact lors d'une tempête centennale, la méthode permet d'analyser le stock de sédiment disponible suivant la règle empirique des 540 SF développée par la FEMA aux États-Unis. Celle-ci se base sur l'analyse d'observations « reculs de dune/tempêtes ». Selon cette règle, une tempête caractérisée par le seul niveau d'eau centennial, incluant les effets de la marée et la surcote météorologique (la surcote liée aux vagues n'étant pas comprise) diminue le stock de sable de la dune d'un volume égal à 50m<sup>3</sup>.

Le calcul du stock disponible est obtenu ainsi :



*Représentation du calcul du volume du stock maximum mobilisable par un événement caractérisé par un niveau d'eau centennal, valeur limite avant disparition de la dune (Source : FEMA 2003)*

L'évaluation de la diminution du stock de sable sur un cycle de deux marées a conclu à la disparition de la dune dès le premier cycle de marée dans la partie Ouest et Est du cordon dunaire tandis que la partie centrale du cordon est suffisamment résistante.

Les brèches Est et Ouest ne permettent qu'une entrée limitée d'eau dans la cuvette de la grande plage, ne dépassant pas 3,70m IGN69-NGF (cf.22).

Le tableau suivant récapitule les scénarios de référence par site :

Sites de Carnac	Scénarios de référence
Beaumer, Men Du, Anse du Pô	débordement
Port en Dro	Projection - choc mécanique des vagues
Saint-Colomban	Débordement à l'horizon 2100 après effacement du muret
Grande plage Est	Brèche 100 ml forfaitaire
Grande plage Ouest	Brèche 100 ml forfaitaire

Sur le secteur de la Grande-Plage, l'hypothèse de deux brèches Est et Ouest a été retenue après débat avec le bureau d'études Artelia et validation par les experts du réseau scientifique et technique de l'État. Le positionnement et le dimensionnement des brèches ont permis au bureau DHI de calculer, en fonction du niveau marin défini côté mer, les volumes d'eau entrant et le niveau topographique d'inondation de la « cuvette » (cf. cartes d'aléa actuel et 2100).

## 2) Les enjeux

Les enjeux concernent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par le phénomène de submersion marine.

L'analyse de ces enjeux s'appuie sur :

- le cadastre DGI de 2013 dans le périmètre de l'étude PPRL pour la détermination des aléas à l'horizon 2100,
- les visites de terrain,
- la consultation auprès de la commune.

La synthèse des enjeux est également résumée dans le tableau suivant :

aléas 2100 enjeux	faible	moyen	fort	très fort
Hôtels	-	-	4	2
Maisons	94	153	524	114
Appartements	19	28	57	15
Logements collectifs				
Logements collectifs avec petits commerces et services aux particuliers au RDC	-	10	37	10
Petits commerces et services aux particuliers	2	5	47	6
Grands centres commerciaux	-	-	1	-
Bâtiments équipement de loisirs	-	1	1	-
Parcs ostréicoles	-	34	48	-
Commerces du producteur	-	9	11	-
Bâtiment religieux	-	-	1	-
Locaux divers	46	56	184	24
Ruines	-	-	2	-

Les enjeux sont essentiellement à dominante résidentielle et commerciale. Ils sont localisés en aléa faible à très fort.

## 3) La vulnérabilité

La vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Différentes actions peuvent réduire le risque en atténuant l'intensité de l'aléa ou en limitant les dommages sur les enjeux par réduction de leur vulnérabilité (ou mitigation).

On peut distinguer :

- La vulnérabilité humaine évaluant d'abord les préjudices potentiels aux personnes, dans leur intégrité physique et morale. Elle s'élargit également à d'autres composantes de la société (sociales, psychologiques, culturelles,...) et tente de mesurer sa capacité de réponse à des crises.
- La vulnérabilité économique traduisant le degré de perte ou d'endommagement des biens et des activités exposés au risque d'inondation. Elle peut aussi désigner la valeur de l'endommagement qui est le calcul du coût des dommages.

- La vulnérabilité environnementale due au risque de dysfonctionnement ou d'inondation de bassin de rétention s'il s'avère que l'installation n'est pas complètement sécurisée par rapport à ce risque.

Sur l'ensemble du périmètre d'étude, la vulnérabilité estimée est importante compte tenu de la densité d l'habitat et du tissu commercial, notamment sur le site de la grande plage






#### **4) Le règlement**

Le règlement découle de l'analyse croisée des aléas et des enjeux sur l'ensemble du territoire étudié.

Il conviendra donc de limiter la population exposée au risque de submersion marine en interdisant les constructions nouvelles dans les zones les plus exposées, et en retenant des prescriptions permettant d'adapter les extensions et les nouveaux bâtiments à ce risque.

Il conviendra également de réaliser un plan communal de sauvegarde, seul dispositif à même de prévoir et d'organiser la gestion d'une crise liée à un événement majeur.

Le zonage réglementaire est ainsi réparti en cinq zonages réglementaires :

- Le zonage réglementaire rouge hachuré noir  correspond aux zones strictement inconstructibles: brèches Est et Ouest de la Grande Plage, à la bande de choc mécanique des vagues de Port en Dro, à la bande de franchissement des vagues sur le cordon dunaire et à l'entrée de la zone de débordement de Saint-Colomban.
- Le zonage réglementaire gris hachuré vert  correspond aux zones inconstructibles aux zones à préserver hors parties actuellement urbanisées : marais, espaces verts, zone non ou peu construite à préserver.
- Le zonage réglementaire rouge  correspond aux zones en principe inconstructibles,
- Le zonage réglementaire orange  correspond aux zones constructibles avec prescriptions,
- Le zonage réglementaire bleu  correspond aux zones constructibles avec prescriptions.

Chacun de ces zonages fait l'objet d'un règlement particulier décrit dans le document dit "règlement" du PPRL de Carnac.