



DEPARTEMENT DES COTES D'ARMOR



Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

VILLES & TERRITOIRES
DIRECTION REGIONALE OUEST
Les Bureaux du Sillon
8 avenue des Thébaudières
CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tel. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

DATE : AOUT 2024

REF : 4532575



Villes & Territoires
Direction Régionale Ouest
Les Bureaux du Sillon
8 avenue des Thébaudières – CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tél. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

ARTELIA Villes & Territoires Direction Régionale Ouest Les Bureaux du Sillon 8 avenue des Thébaudières – CS 20232 44815 SAINT HERBLAIN CEDEX Tél. : 02 28 09 18 00 Fax : 02 40 94 80 99	N° Affaire	4532575	Etabli par	Vérifié par
	Date	AOUT 2024	S.ROSTAN S.BAULIN Y.GASOWSKI	Y.GASOWSKI
	Indice	A	B	

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

SOMMAIRE

PREAMBULE	8
RAPPELS	8
PHASAGE	8
1. INTRODUCTION	9
1.1. PRESENTATION DES ALEAS	9
1.2. ALEA DE REFERENCE	11
1.3. CHOIX DE L'ALEA DE REFERENCE DANS LE CAS DES DEBORDEMENTS	11
1.4. CARACTERISATION DE L'ALEA	12
2. SUBMERSION MARINE PAR FRANCHISSEMENT	14
2.1. GENERALITES	14
2.2. PRESENTATION DES PARAMETRES	14
2.2.1. NIVEAUX D'EAU	14
2.2.1.1. Le niveau de référence	14
2.2.1.2. Le niveau moyen des oceans	15
2.2.1.3. Le niveau marin SWL	16
2.2.1.4. Surcote	16
2.2.2. ETATS DE LA MER	17
2.2.2.1. Hauteur significative de houle	17
2.2.2.2. Période de pic	17
2.3. ANALYSE DE LA HOULE	18
2.3.1. PREAMBULE	18
2.3.2. ANALYSE DES DONNEES	19
2.3.3. PROBABILITE CONJOINTE DES EVENEMENTS EXTREMES D'ETATS DE MER ET DE NIVEAU MARIN	20
2.4. MODELISATION DE LA HOULE	21
2.4.1. LOGICIEL UTILISE	21
2.5. FRANCHISSEMENT PAR PAQUETS DE MER	22
2.5.1. INTRODUCTION	22
2.5.2. METHODOLOGIE ET CALCULS	23
2.5.3. ESTIMATION DES DEBITS DE FRANCHISSEMENT	24
2.5.3.1. Secteur 1 : Ploumanac'h	25
2.5.3.2. Secteur 2 : Trestraou-Trestrignel	26
2.5.3.3. Secteur 3 : Perros-Guirec	27
2.5.3.4. Secteur 4 : Louannec	29
2.5.4. MODELISATION HYDRAULIQUE	30
2.5.4.1. Logiciel HEC-RAS	30
2.5.4.2. Construction du modèle	30
2.5.5. CONSTRUCTION DU MODELE	31
3. SUBMERSION MARINE PAR DEBORDEMENT	37
3.1. CONDITIONS AUX LIMITES	37
3.2. MODELISATION HYDRAULIQUE	38
4. CHOCS MECANIQUES LIES AUX VAGUES ET RISQUES DE PROJECTIONS	39
ADDENDA – AOUT 2024	40
5. INONDATION FLUVIALE	41

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

5.1. COURS D'EAU	41
5.2. ETUDE HYDROLOGIQUE	42
5.2.1. METHODE DE MYER	42
5.2.2. METHODE RATIONNELLE	44
5.2.3. BASE DE DONNEES SHYREG	45
5.2.4. CHOIX DES DEBITS CARACTERISTIQUES	45
5.3. MODELISATION HYDRAULIQUE	47
5.3.1. LE KERDUEL ET LE GRUGUIL	47
5.3.2. LE TRUZUGAL	48
5.3.3. LE DOURDU	49
5.3.4. LE TRAQUEIRO	50
6. CONCOMITANCE	51
7. CARTES D'ALEAS	51
7.1. PLOUMANAC'H	51
7.2. PLAGE DE TRESTRAOU	51
7.3. PLAGE DE TRESTRIGNEL	52
7.4. BOULEVARD DE LA MER	52
7.5. PORT DE PERROS-GUIREC ET DIGUE DU LENN	52
7.6. LOUANNEC	52
8. CONCLUSION	53
ANNEXE 1 Décrets et Arrêtés	54
ANNEXE 2 Modélisation des phénomènes de houle (CASAGEC)	55
ANNEXE 3 Cartographie des aléas	56
ANNEXE 4 Etude de l'agitation du port du Linkin (SOFID 2022)	57

TABLEAUX

Tabl. 1 - Caractérisation des aléas	12
Tabl. 2 - Conditions de surclassement de l'aléa	13
Tabl. 3 - Eléments de Références Altimétriques Maritimes issues du SHOM (2020)	15
Tabl. 4 - Augmentation du niveau moyen des océans : hypothèses (source : Synthèse n°2 - 02/2010 - DGEC Service du climat et de l'efficacité énergétique / ONERC)	15
Tabl. 5 - Résultats de l'analyse globale des houles (BoBWA-X)	20
Tabl. 6 - Pics de fortes houles historiques (de période de retour théorique supérieure à 10 ans) (BoBWA-X)	20
Tabl. 7 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Ploumanac'h	25
Tabl. 8 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Trestraou-Trestrignel	26
Tabl. 9 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Perros-Guirec	28
Tabl. 10 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Louannec	29
Tabl. 11 - Stations hydrométriques proches	43
Tabl. 12 - Extrapolation des débits centennaux et millénaux	43
Tabl. 13 - Calcul du débit décennal	43
Tabl. 14 - Calcul du débit cinquantennal	44
Tabl. 15 - Calcul du débit centennal	44
Tabl. 16 - Calcul du débit millénaire	44



Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 17 - Coefficients de Montana pour des pluies de durée 15 minutes à 6 heures – Station de St-Brieuc – Statistiques sur la période 1986-2011	45
Tabl. 18 - Débits de pointe pour différentes périodes de retour – méthode rationnelle	45
Tabl. 19 - Débit décennal (Q10)	46
Tabl. 20 - Débit cinquantennal (Q50)	46
Tabl. 21 - Débit centennal (Q100)	46
Tabl. 22 - Débit millénal (Q1000)	46
Tabl. 23 - Débits caractéristiques par période de retour et par cours d'eau	47

FIGURES

Fig. 1. Exemple de submersion (sans franchissement)	9
Fig. 2. Exemple de franchissement	10
Fig. 3. Inondation par cours d'eau (source www.eaufrance.fr)	10
Fig. 4. Érosion au phare de Nantouar (Louannec)	10
Fig. 5. Démarche du choix de l'événement de référence	11
Fig. 6. Schéma illustrant les principaux mécanismes à l'origine de l'élévation du niveau marin dans le cas d'une tempête	17
Fig. 7. Représentation de la hauteur significative de houle – www.researchgate.net	17
Fig. 8. Localisation du point Bretagne_07	18
Fig. 9. Rose des vagues (à gauche) et diagramme bivarié (à droite) au point Bretagne_07	19
Fig. 10. Probabilité conjointe des événements extrêmes d'états de mer et de niveau marins au niveau de Roscoff (CASAGEC)	21
Fig. 11. Emprise du MNT maritime, échelle en m NGF (CASAGEC)	22
Fig. 12. Localisation des 43 profils étudiés	23
Fig. 13. Localisation des profils du secteur de Ploumanac'h	25
Fig. 14. Localisation des profils du secteur de Trestraou-Trestrignel	26
Fig. 15. Localisation des profils du secteur de Perros-Guirec	27
Fig. 16. Localisation des profils du secteur de Louannec	29
Fig. 17. Synchronisation temporelle du pic du débit de franchissement et du pic de marée	31
Fig. 18. Modèle de franchissement à la plage de Saint-Guirec (Perros-Guirec)	32
Fig. 19. Modèle de franchissement de la plage de Trestraou (Perros-Guirec)	33
Fig. 20. Modèle de franchissement de la plage de Trestrignel (Perros-Guirec)	33
Fig. 21. Modèle de franchissement du port de Perros-Guirec – Boulevard de la mer	34
Fig. 22. Modèle de franchissement de Pont Ar Sauz (Louannec)	35
Fig. 23. Modèle de franchissement du Camping Ernest Renan (Louannec)	35
Fig. 24. Modèle de franchissement de la plage de Nantouar (Louannec)	36
Fig. 25. Niveau centennal de pleine mer en m IGN69 (SHOM-CETMEF 2012)	37
Fig. 26. Marégramme imposé en condition limite	38
Fig. 27. Exemple de dégâts provoqués par des projections lors de la tempête du 10 mars 2011 à Perros-Guirec	39
Fig. 28. Localisation des bassins versants	42
Fig. 29. Modèle hydraulique du Kerduel et du Gruguil : extrait HEC RAS (Perros-Guirec et Louannec)	48
Fig. 30. Modèle hydraulique du Truzugal : extrait HEC RAS (Louannec)	49
Fig. 31. Modèle hydraulique du Dourdu : extrait HEC RAS (Louannec)	50

GLOSSAIRE ET ABREVIATIONS

Aléa	C'est un événement qui a pour origine un phénomène « naturel », par opposition à un événement provoqué par une action humaine. C'est donc un événement à probabilité non nulle qui a sa source et se développe initialement dans un milieu naturel (air, sol, eau). (Source : Géorisques)
Aménagement hydraulique	Un aménagement hydraulique participe à la protection contre les inondations ou les submersions, mais comprend des ouvrages de rétention d'une partie des crues, comme les barrages écrêteurs de crue ou les casiers de rétention de crue, ou des ouvrages stockant d'autres écoulements pour qu'ils ne provoquent pas d'inondation, comme l'eau amenée par les vagues lors de tempêtes maritimes ou les eaux de ruissellement issues d'événements pluvieux intenses. (https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/ouvrages-hydrauliques-barrages-et-digues)
Bassin versant	Territoire qui draine l'ensemble de ses eaux (de ruissellement et d'infiltration) vers un exutoire commun, cours d'eau ou mer. Le bassin versant est délimité par des lignes de séparation des eaux, qui sont des lignes de crêtes (points hauts).
CEREMA	Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
Géomorphologie	Science qui a pour objet la description des formes du relief terrestre et l'explication des processus qui les façonnent.
GEMAPI	Gestion de l'Eau, des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations. Compétence attribuée aux communes quant à la gestion des cours d'eau, de la qualité des eaux et la prévention des risques d'inondation.
Enjeux	Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, etc. susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. Les enjeux s'apprécient aussi bien pour le présent que pour le futur. Les biens et activités peuvent être évalués monétairement, les personnes exposées dénombrées, sans préjuger toutefois de leur capacité à résister à la manifestation du phénomène pour l'aléa retenu.
Laisse de crue	Trace laissée par le niveau des eaux fluviales ou marines (cas des submersions marines) les plus hautes (marques sur les murs, déchets accrochés aux branches). Dans le cadre de l'élaboration d'un plan de prévention des risques inondation, on répertorie lors de l'enquête de terrain les laisses de crue pour permettre d'établir la carte des aléas historiques.
Lithologie	La lithologie est la nature des roches formant un objet, ensemble, ou couche géologique dite strate pour une couche de roche et horizon pour une couche de sol.
MNT	Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation numérique simplifiée de la surface d'un territoire, en coordonnées altimétriques (le plus souvent exprimées en mètres par rapport au niveau de la mer), calées dans un repère géographique.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Niveau de protection	Définit par l'article R.214-119-1 du code de l'environnement. C'est la hauteur maximale définie par le gestionnaire que peut atteindre l'eau sans que la zone protégée soit inondée en raison du débordement, du contournement, ou de la rupture des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer. Le niveau de protection est apprécié au regard, soit d'un débit du cours d'eau en crue ou d'une cote de niveau atteinte par celui-ci, soit d'un niveau marin pour le risque de submersion marine.
Niveau marin de référence	Niveau marin associé à l'événement de référence.
Plan de Prévention des Risques Littoraux	<p>Le Plan de Prévention des Risques Littoraux est un cas particulier du Plan de Prévention des Risques Naturels prévisible (PPRN). C'est un outil de gestion des risques naturels qui cartographie les risques de submersion marine et qui régleme l'urbanisation dans les zones exposées.</p> <p>C'est un document cartographique et réglementaire après enquête publique et arrêté préfectoral. Il aide à la stratégie d'aménagement de la commune sur laquelle il s'applique.</p>
Réseau hydrographique	Ensemble des éléments naturels (rivières) ou artificiels (réseau), drainant un bassin versant.
Risque	Le risque est le résultat du croisement de l'aléa et d'un enjeu vulnérable. Atteintes physiques potentielles à des personnes, des biens, activités, patrimoine, ... consécutives à la survenue d'un aléa.
Sol	En pédologie, le sol est la couche la plus externe de la croûte terrestre résultant de l'interaction entre la lithosphère (enveloppe rigide de la surface de la Terre, comprenant la croûte terrestre et une partie du manteau supérieur), l'atmosphère (enveloppe gazeuse entourant la Terre, l'air), l'hydrosphère (ensemble des zones d'une planète où l'eau est présente) et la biosphère (ensemble des organismes vivants et leurs milieu de vie). Le sol résulte de la transformation de la couche superficielle de la roche-mère, dégradée et enrichie en apports organiques par les processus vivants de pédogenèse.
Submersion marine	Inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères, provoquant des ondes de tempête.
Système de protection	Système comprenant l'ensemble des ouvrages (les digues et les divers ouvrages contributifs à la protection contre les inondations), des dispositifs de régulation des écoulements (fossés de drainage, pompes...), des organes de manœuvre et des éléments du relief qui concourent à la protection. Il présente une continuité topographique permettant aux ouvrages de remplir leur fonction de protection des enjeux situés dans la zone protégée assignée. (« <i>Etude de dangers de systèmes d'endiguement – Concepts et principes de réalisation des études</i> » – Juin 2018, CEREMA – p.22)
Talweg	Un talweg correspond à la ligne formée par les points ayant la plus basse altitude, soit dans une vallée, soit dans le lit d'un cours d'eau.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Trait de côte	<p>Le trait de côte est une ligne qui marque la limite extrême où peuvent parvenir les eaux marines, soit l'extrémité du jet de rive lors des tempêtes survenant aux plus hautes mers de vives eaux. Cette limite est définie par le bord de l'eau calme lors des plus hautes mers possibles.</p> <p>Le trait de côte est matérialisé, en fonction de la tendance évolutive (avancée ou recul).</p>
Verrou hydraulique	<p>Obstacle, anthropique (barrage, écluse, retenue...) ou naturel (seuil, rétrécissement soudain de la largeur du lit mineur, lithologie du lit du cours d'eau...), à l'écoulement d'un cours d'eau.</p>
Zéro hydrographique	<p>Niveau de référence commun aux cartes marine et aux annuaires de marée, à partir duquel sont comptées d'une part les profondeurs portées sur les cartes et d'autre part les hauteurs d'eau résultants des calculs de marées. C'est une estimation du niveau des plus basses mers astronomiques possible.</p>
Zone basse	<p>Zone dont la topographie est située à une altitude inférieure à un niveau marin de référence.</p>
Zone protégée	<p>Aire géographique que le gestionnaire GEMAPI souhaite protéger contre les crues et/ou les submersions marines.</p>

SIGLE

CD22	Conseil Départemental des Cotes-d'Armor
DDRM	Dossier départemental des risques majeurs
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DICRIM	Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
NMC	Niveau Marin Centennal
NMR	Niveau Marin de Référence
PCS	Plan communal de sauvegarde
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PPR	Plan de Prévention des Risques
PPRL	Plan de Prévention des Risques Littoraux
PPRL-i	Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation.
SCoT	Schéma de COhérence Territoriale
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la Marine

PREAMBULE

RAPPELS

Le Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondations (PPRL-i) est un cas particulier du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN). C'est un outil de gestion des risques naturels qui cartographie les risques de submersion marine, d'érosion et d'inondations fluviales, et régleme l'urbanisme dans les zones exposées.

Le périmètre de l'étude couvre le territoire des communes de Perros-Guirec et de Louannec. L'étude comprend également les bassins versants des principaux cours d'eau traversant les communes.

Les communes littorales de Perros-Guirec et de Louannec sont traversées par différents cours d'eau, les principaux étant le Kerduel, le Gruguil, le Truzugal, le Dourdu, le Traoueiro, le Kerlessanouet et le Kervasclet.

PHASAGE

La mission de base se décompose en deux phases :

- Phase 1 : Analyse du site
- Phase 2 : Caractérisation des aléas

Selon les conclusions de la phase 2, trois autres phases pourraient être menées :

- Phase 3 : Définition des enjeux et de la vulnérabilité
- Phase 4 : Cartographie des zonages réglementaires – Elaboration du PPRL-i avant enquête publique
- Phase 5 : Assistance au maître d'ouvrage pendant l'enquête publique

Le présent document traite de la phase 2.

1. INTRODUCTION

1.1. PRESENTATION DES ALEAS

Plusieurs types d'aléas sont étudiés lors d'un PPRL-i :

- Submersion marine : par débordement et par franchissement
 - Débordement (Fig. 1) lorsque le niveau marin est supérieur à la côte de crête des ouvrages ou du terrain naturel ;
 - Franchissement par paquets de mer liés aux vagues (Fig. 2), lorsqu'après déferlement de la houle les paquets de mer dépassent la côte de crête des ouvrages ou du terrain naturel ;
 - Rupture ou destruction d'un cordon dunaire à la suite d'une érosion intensive ;
 - Rupture de digues ou d'ouvrages de protection, lorsque les terrains situés en arrière sont en dessous du niveau de la mer.
- Inondations fluviales : débordement des cours d'eau (Fig. 3) passant par les communes concernées
- Érosion littorale ou recul du trait de côte (Fig. 4). Cet aléa désigne le déplacement vers l'intérieur des terres de la limite entre le domaine marin et le domaine continental. 3 types de risques sont étudiés :
 - La rupture de défenses côtières naturelles (généralement des cordons dunaires littoraux) lors de tempêtes littorales entraînant la submersion des terrains situés en retrait ;
 - Le sapement des ouvrages de protection pouvant également résulter en une submersion des terrains protégés ;
 - La perte de terrains de valeur (économique, sociale ou écologique).

Les figures suivantes présentent les différents aléas étudiés.

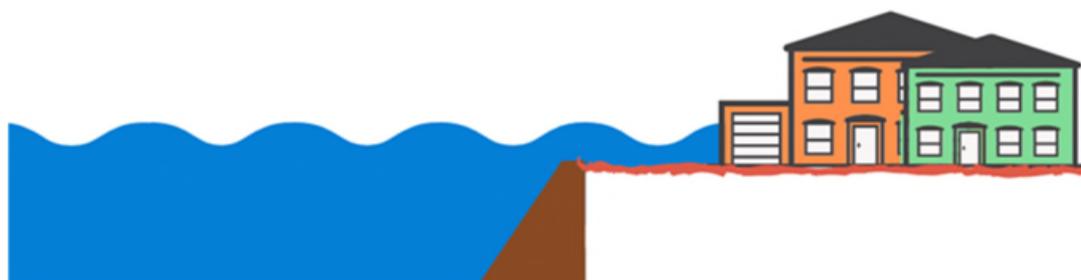


Fig. 1. Exemple de submersion (sans franchissement)



Fig. 2. Exemple de franchissement

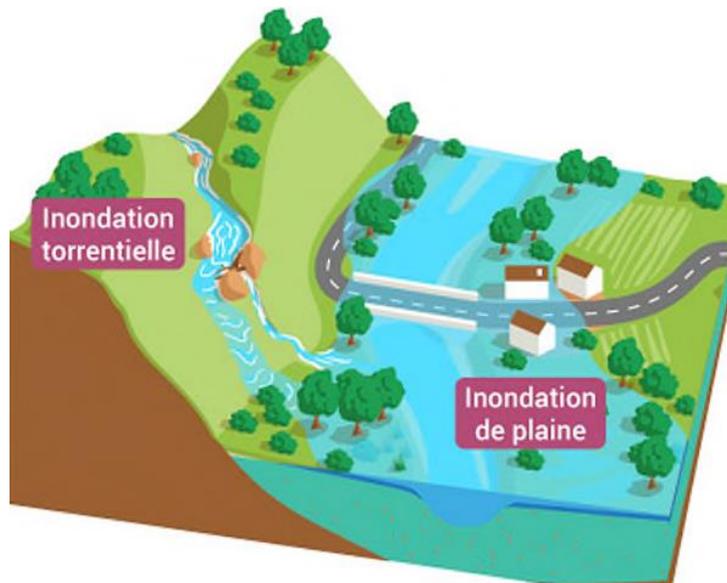


Fig. 3. Inondation par cours d'eau (source www.eaufrance.fr)



Fig. 4. Érosion au phare de Nantouar (Louannec)

1.2. ALEA DE REFERENCE

La caractérisation des aléas se base sur le guide méthodologique: Plan de Prévention des Risques Littoraux, réalisé en mai 2014 par la Direction Générale de la Prévention des Risques - Service des Risques Naturels et Hydrauliques, et le décret PPRi : Modalités d'application du décret n° 2019-715 du 5 juillet 2019 relatif aux plans de prévention des risques concernant les « aléas débordement de cours d'eau et submersion marine ».

Extrait du décret PPRi :

« L'aléa de référence est déterminé à partir de l'événement le plus important connu et documenté ou d'un événement théorique de fréquence centennale, si ce dernier est plus important, combiné avec des scénarios de défaillance sur le système d'endiguement. Ceci vise à assurer au mieux la protection des personnes et des biens dans la durée, mais aussi l'information de chacun sur l'exposition de son habitation ou son activité à un risque d'inondation. »

1.3. CHOIX DE L'ALEA DE REFERENCE DANS LE CAS DES DEBORDEMENTS

L'approche présentée dans le guide méthodologique des PPR est utilisée pour définir l'aléa de référence.

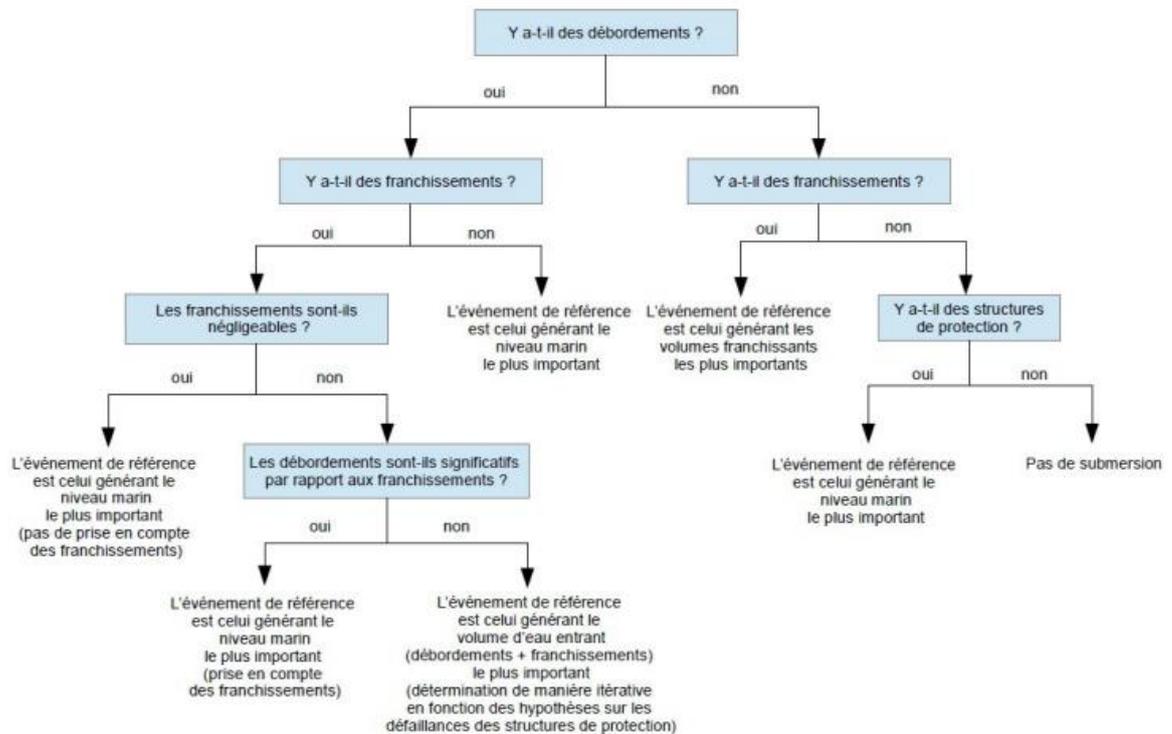


Fig. 5. Démarche du choix de l'événement de référence

1.4. CARACTERISATION DE L'ALEA

Les classes d'aléas à considérer intègrent les paramètres de hauteur d'eau et de vitesse. Cette approche est différente de celle généralement utilisée dans les anciens PPR, où seule la hauteur d'eau était considérée.

La cartographie des aléas est basée sur la grille suivante. Cette grille est valable pour les aléas de submersion marines et d'inondations fluviales étudiés.

Tabl. 1 - Caractérisation des aléas

Hauteur	Vitesse	Aléa
Faible $H < 0.50 \text{ m}$	Faible ($V < 0.2 \text{ m/s}$)	Faible
	Moyenne $0.2 \text{ m/s} < V < 0.5 \text{ m/s}$	Moyen
	Forte ($V > 0.5 \text{ m/s}$)	Fort
Moyenne $0.50 \text{ m} < H < 1 \text{ m}$	Faible $V < 0.2 \text{ m/s}$	Moyen
	Moyenne $0.2 \text{ m/s} < V < 0.5 \text{ m/s}$	Moyen
	Forte ($V > 0.5 \text{ m/s}$)	Fort
Forte $1 \text{ m} < H < 2 \text{ m}$	Faible $V < 0.2 \text{ m/s}$	Fort
	Moyenne $0.2 \text{ m/s} < V < 0.5 \text{ m/s}$	Fort
	Forte ($V > 0.5 \text{ m/s}$)	Très fort
Très forte $H > 2 \text{ m}$	Faible $V < 0.2 \text{ m/s}$	Très fort
	Moyenne $0.2 \text{ m/s} < V < 0.5 \text{ m/s}$	Très fort
	Forte ($V > 0.5 \text{ m/s}$)	Très fort

Un surclassement de l'aléa peut être envisagé selon la dynamique de l'inondation et le risque de chocs mécaniques des vagues/projections (voir § 4), les paramètres à prendre en compte sont exposés dans le tableau suivant.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 2 - Conditions de surclassement de l'aléa

Hauteur	Dynamique			Bande chocs mécaniques des vagues/projections
	Lente	Moyenne	Rapide	
$H < 0,5$ mètre	Faible	Modéré	Fort	Très fort
$0,5 < H < 1$ mètre	Modéré	Modéré	Fort	Très fort
$1 < H < 2$ mètres	Fort	Fort	Très fort	Très fort
$H > 2$ mètres	Très fort	Très fort	Très fort	Très fort

2. SUBMERSION MARINE PAR FRANCHISSEMENT

2.1. GENERALITES

La houle se caractérise par un système de vagues, et résulte de leur propagation sur un secteur donné. La houle arrivant en zone côtière va devoir dissiper son énergie accumulée au large.

Le principal mécanisme de dissipation de l'énergie des vagues réside dans le déferlement. Ce mécanisme est contrôlé par la profondeur et la morphologie de la côte.

Le déferlement provoque des phénomènes de franchissement des ouvrages du bord de côte par « paquets de mer ». Selon la morphologie de la plage et de l'ouvrage, ces débits franchissant peuvent être importants et engendrent des inondations vers la zone protégée.

Pour estimer les débits franchissant, plusieurs paramètres doivent être pris en compte, à savoir :

- Le niveau marin (SWL et SWL + Setup) ;
- La hauteur significative de houle, sa période et sa longueur d'onde ;
- La pente de la plage et la pente moyenne caractéristiques ;
- La crête de l'ouvrage.

Dans cette étude, la houle a été étudiée par modélisation. Les caractéristiques de houle ont alors été définies au niveau de la cote ce qui a permis de définir des débits de franchissements. Ces débits ont ensuite été utilisés dans un modèle hydraulique terrestre.

2.2. PRESENTATION DES PARAMETRES

2.2.1. NIVEAUX D'EAU

2.2.1.1. LE NIVEAU DE REFERENCE

Le niveau de nivellement général se situe au-dessus du zéro hydrographique (0 m ZH ou 0 m CM pour Côte Marine) qui correspond au niveau des plus basses mers.

Le guide du SHOM concernant les références altimétriques maritimes fournit l'écart entre le zéro hydrographique et le zéro du nivellement général pour les ports principaux du secteur. Les valeurs les plus récentes sont obtenues dans le dernier rapport du SHOM datant de 2020.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 3 - Éléments de Références Altimétriques Maritimes issues du SHOM (2020)

Lieu	Repère fondamental	Date	ZH/RF	RF/Réf	ZH/Réf	Réf
Perros-Guirec	N.R.K3-318	1987	63,620	58,631	-4,989	IGN69
Ploumanac'h	N.R.K3-312	1987	10,319	5,274	-5,045	IGN69

Hypothèse : ZH/Réf à Perros-Guirec = ZH/Réf à Louannec = -4,989 m IGN69.

2.2.1.2. LE NIVEAU MOYEN DES OCEANS

Le niveau moyen des océans est aujourd'hui une donnée non figée, par anticipation du réchauffement climatique.

Les valeurs ci-dessous indiquent suivant les scénarios plus ou moins optimistes, les hauteurs d'eau complémentaires envisagées. Elles sont issues des recommandations de la Direction Générale de l'Energie et du Climat (Ministère de la Transition Ecologique):

Tabl. 4 - Augmentation du niveau moyen des océans : hypothèses (source : Synthèse n°2 - 02/2010 - DGEC Service du climat et de l'efficacité énergétique / ONERC)

Hypothèse	2030	2050	2100
Optimiste	10 cm	17 cm	40 cm
Pessimiste	14 cm	25 cm	60 cm
Extrême	22 cm	41 cm	100 cm

Il est imposé dans le code de l'environnement (Article R562-11-3) de prendre en compte une hauteur supplémentaire pour l'événement de référence :

« L'élaboration d'un plan de prévention des risques concernant les aléas débordement de cours d'eau et submersion marine nécessite la détermination préalable d'un aléa de référence. Cet aléa de référence est déterminé à partir de l'évènement le plus important connu et documenté ou d'un évènement théorique de fréquence centennale, si ce dernier est plus important. Dans le cas de l'aléa de référence pour la submersion marine, une hauteur supplémentaire, précisée par arrêté du ministre chargé de la prévention des risques majeurs, est intégrée afin de tenir compte de l'élévation du niveau moyen de la mer due aux conséquences à court terme du changement climatique. »

L'article 1 de l'arrêté du 5 juillet 2019 indique que la hauteur supplémentaire à prendre en compte est 20 cm pour l'aléa de référence (Annexe 1).

Il est également imposé dans le code de l'environnement (Article R562-11-5) de prendre en compte une hauteur supplémentaire pour l'événement à échéance 100 ans :

S'agissant de la submersion marine, l'aléa à échéance 100 ans correspond à l'aléa de référence mentionné à l'article R. 562-11-3 auquel est ajoutée une marge supplémentaire, précisée par arrêté du ministre chargé de la prévention des risques majeurs. Cet aléa supplémentaire correspond à la prise en compte des impacts du changement climatique à échéance 100 ans. L'aléa à échéance

100 ans, est qualifié et représenté de manière cartographique selon les mêmes dispositions que celles prévues à l'article R. 562-11-4.

L'article 4 de l'arrêté du 5 juillet 2019 indique que la marge supplémentaire à prendre en compte est 40 cm pour l'aléa à échéance 100 ans. Ainsi pour représenter la hauteur supplémentaire à prendre en compte à échéance 100 ans, il faut considérer une valeur de 60 cm (= 20 +40).

2.2.1.3. LE NIVEAU MARIN SWL

Le niveau de la mer SWL (Still Water Line) résulte de la conjugaison des trois phénomènes suivants :

- La marée astronomique ;
- Les surcotes et décotes ;
- L'élévation moyenne du niveau de la mer liée au réchauffement climatique.

2.2.1.4. SURCOTE

L'arrivée d'un important système dépressionnaire s'accompagne d'une élévation du niveau marin, selon trois processus principaux :

- La chute de pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau du plan d'eau ; une diminution d'un hectopascal équivaut approximativement à une élévation d'un centimètre de niveau marin.
- Le vent exerce une contrainte à la surface de l'eau générant une modification d'un plan d'eau (surcote ou décote ou « wind set-up ») et des courants.
- A l'approche des côtes, les vagues créées par la tempête déferlent. Elles transfèrent alors leur énergie sur la colonne d'eau, ce qui provoque une surélévation moyenne du niveau de la mer (surcote liée aux vagues ou « wave set-up »), pouvant s'élever à plusieurs dizaines de centimètres.

On appelle « **surcote atmosphérique** » l'élévation du niveau de la mer causée par les deux premiers mécanismes. Le niveau moyen de la mer lors d'une tempête résulte de l'ensemble de ces contributions avec celles de la marée. Pour obtenir le niveau maximal atteint par la mer, il faut aussi tenir compte du jet de rive (« swash »), c'est-à-dire le flux et le reflux des vagues. On appelle « run-up » l'altitude maximale atteinte.

Toutefois, les deux premiers phénomènes, même s'ils ne sont pas négligeables, sont des phénomènes très locaux pour lesquels les surcotes associées sont très variables selon la position le long du littoral considéré. En effet, les différentes morphologies du littoral (presqu'île, anse, baie, etc.) vont être plus ou moins sensibles à l'impact du vent et par conséquent à la création de vagues.

Ces mécanismes sont illustrés sur le schéma suivant.

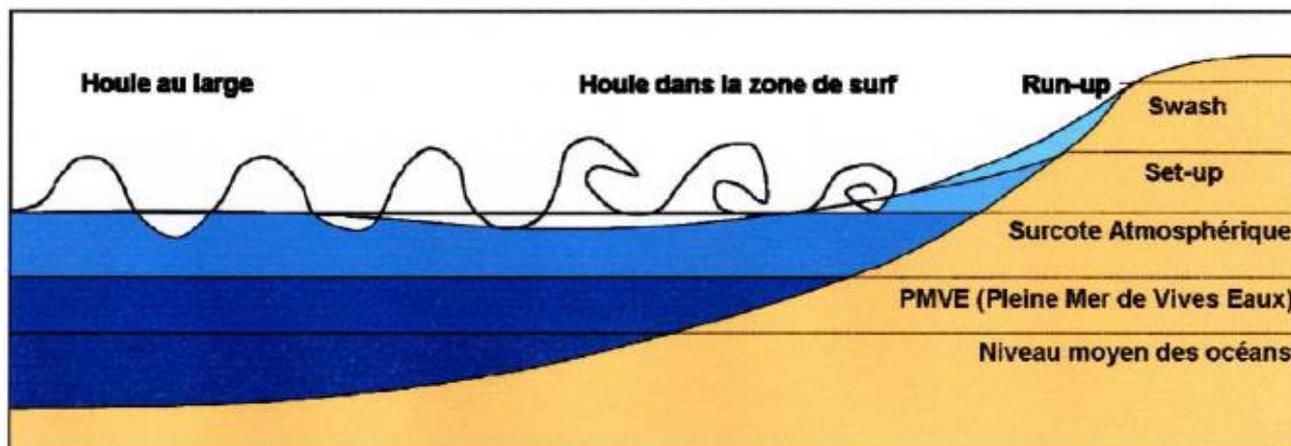


Fig. 6. Schéma illustrant les principaux mécanismes à l'origine de l'élévation du niveau marin dans le cas d'une tempête

2.2.2. ETATS DE LA MER

2.2.2.1. HAUTEUR SIGNIFICATIVE DE HOULE

Les vagues peuvent être définies par les grandeurs suivantes :

- Hauteur H_{m0} ou H_s (m) : hauteur significative spectrale des vagues, définie par $H_{m0} = 4 * \sqrt{m_0}$ où m_0 est le moment d'ordre 0 de la densité spectro-angulaire. Elle représente la moyenne des hauteurs (mesurées entre crête et creux) du tiers des plus fortes vagues.

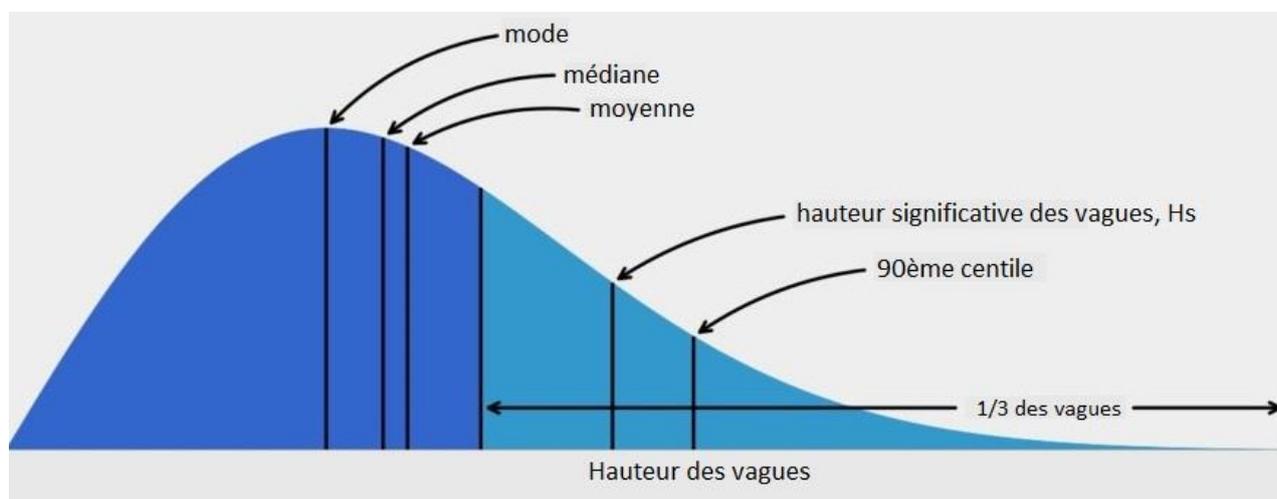


Fig. 7. Représentation de la hauteur significative de houle – www.researchgate.net

2.2.2.2. PERIODE DE PIC

La période de pic est définie comme l'inverse de la fréquence la plus énergétique du spectre de l'état de mer après sommation directionnelle. Autrement dit, cette période est l'intervalle de temps entre deux crêtes ou creux successifs à un point fixe.

Un paramètre associé à cette période, appelé période spectrale et noté $T_{m-1.0}$, sera utilisé dans le calcul d'autres paramètres tels que la longueur d'onde, le débit de franchissement et le paramètre du déferlement.

$T_{m-1.0}$ est liée à T_p par la formule : $T_{m-1.0} = T_p/1,1$.

2.3. ANALYSE DE LA HOULE

La modélisation de la houle est décrite en détail en Annexe 2, un résumé est présenté dans ce chapitre.

2.3.1. PREAMBULE

La base de données BoBWA-X a été constituée dans le cadre d'un projet de recherche associant le BRGM et le CNRM-GAME et contient les états de vagues pour les façades Atlantique, Manche et Mer du Nord.

Cette base de données a été obtenue à partir d'une simulation rétrospective sur la période du 10/01/1958 au 31/08/2002. Les simulations ont été effectuées avec le modèle de vagues WAVEWATCH III, modèle spectral permettant de calculer les caractéristiques des vagues sur des domaines océaniques à côtiers.

Pour cette étude, les données proviennent du point Bretagne_07 situé à 16 km au large de Roscoff et à une profondeur de 94 mètres (Fig. 8).



Fig. 8. Localisation du point Bretagne_07

2.3.2. ANALYSE DES DONNEES

La figure suivante présente les données recueillies au point Bretagne_07 :

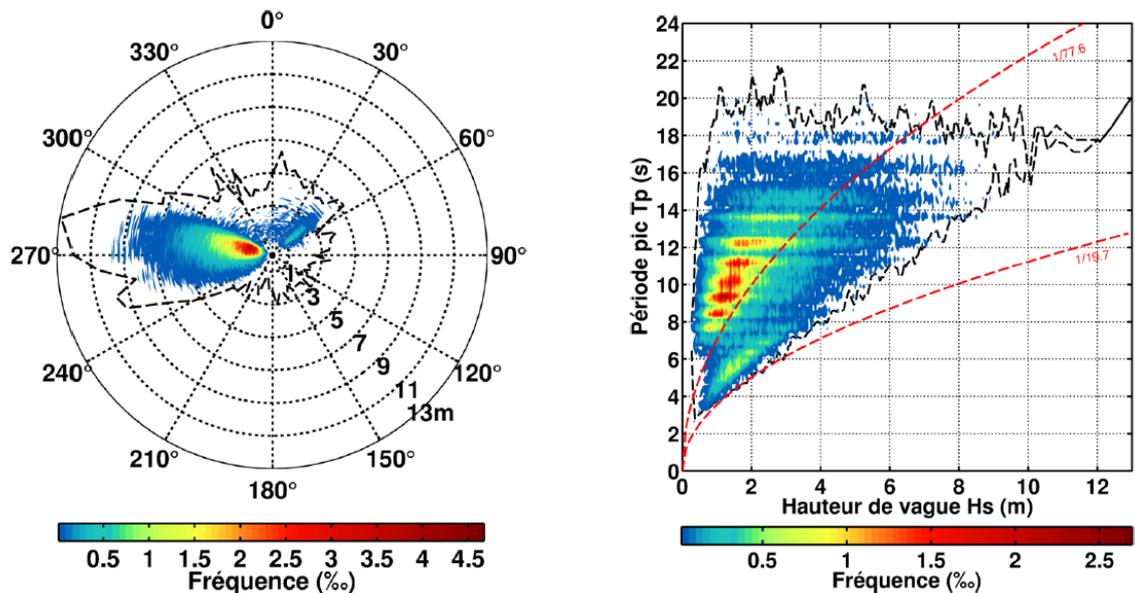


Fig. 9. Rose des vagues (à gauche) et diagramme bivarié (à droite) au point Bretagne_07

L'analyse de ces données permet d'extraire les informations suivantes :

- Les directions principales de provenances des vagues sont l'Ouest (270°) et l'Ouest-Nord-Ouest (300°) ;
- Les hauteurs significatives des vagues les plus hautes sont autour des 9 mètres avec un maximum relevé à 12,53 mètres ;
- Les états de mer inférieurs à 2 mètres ont généralement des périodes de pics de l'ordre de 8 à 12 secondes. Les états de mer plus forts voient leurs périodes augmenter avec communément des périodes comprises entre 12 et 18 secondes. Plus rarement, certains états de mer ont des périodes longues pouvant atteindre les 20 secondes.

Analyse des extrêmes de Hs :

L'analyse a consisté à ajuster une loi *Generalised Pareta Distribution* (GPD) pour les pics de tempêtes. Ces pics sont sélectionnés par la méthode *Peak Over Threshold* (POT) qui permet de définir un seuil au-delà duquel on considère que la population de vagues est composée uniquement de valeurs extrêmes. Ce seuil est choisi à l'aide des propriétés asymptotiques de la loi GPD théorique et de tests statistiques.

Les résultats de cette analyse sont donnés dans le tableau ci-après.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 5 - Résultats de l'analyse globale des houles (BoBWA-X)

Seuil u (m)	Estimation de ξ	Estimation de σ	Nombre d'évènements par an
7,80	-0,0323	1,0944	≈ 2,4
Période de retour (ans)	Valeur de retour (m)	Intervalle de confiance à 68% (m)	Intervalle de confiance à 95% (m)
1	8,75	[8,65 ; 8,86]	[8,55 ; 8,96]
10	11,11	[10,76 ; 11,46]	[10,43 ; 11,80]
20	11,79	[11,30 ; 12,28]	[10,82 ; 12,76]
50	12,66	[11,91 ; 13,41]	[11,20 ; 14,13]
100	13,30	[12,32 ; 14,29]	[11,37 ; 15,24]

Cette analyse des valeurs extrêmes de Hs permet d'estimer une période de retour en terme de hauteur significative Hs pour des événements historiques.

Tabl. 6 - Pics de fortes houles historiques (de période de retour théorique supérieure à 10 ans) (BoBWA-X)

Pics de fortes houles historiques (de période de retour théorique supérieure à 10 ans)				
Date (jj/mm/aaaa)	Hs (m)	Tp (s)	Dp (°)	Période de retour théorique pour Hs (ans)
17/01/1965	12,92	20,0	282	66
12/02/1990	12,39	17,9	277	37
15/12/1979	12,05	17,5	273	26
09/02/1988	11,61	18,2	281	17
25/01/1990	11,28	15,6	268	12

2.3.3. PROBABILITE CONJOINTE DES EVENEMENTS EXTREMES D'ETATS DE MER ET DE NIVEAU MARIN

Le DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs) a développé une méthode permettant de caractériser la probabilité conjointe d'un événement incluant deux variables statistiques connaissant les périodes de retours de chaque variable ainsi que leur dépendance.

Le CETMEF a calculé les coefficients de corrélation entre les hauteurs de vagues et les niveaux d'eau pour le littoral de la Mer du Nord, la Manche et l'Atlantique. Au niveau de Roscoff (port de référence le plus proche du site d'étude), la dépendance est considérée comme faible pour le couple hauteur significative / niveau d'eau.

La Fig. 10 présente les différents couples hauteur de vagues / niveau d'eau pour différentes périodes de retour. Les hauteurs de vagues correspondent aux hauteurs de vagues au niveau du point BoBWA-X Bretagne_07 et les niveaux d'eau sont ceux au niveau du marégraphe de Roscoff.

Une même période de retour peut correspondre à un niveau marin élevé associé à une faible houle ou à une forte houle associée à un niveau marin faible.

Les tempêtes les plus marquantes sur le territoire (1985, 2008 et 2014) ont été représentées sur le graphique.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

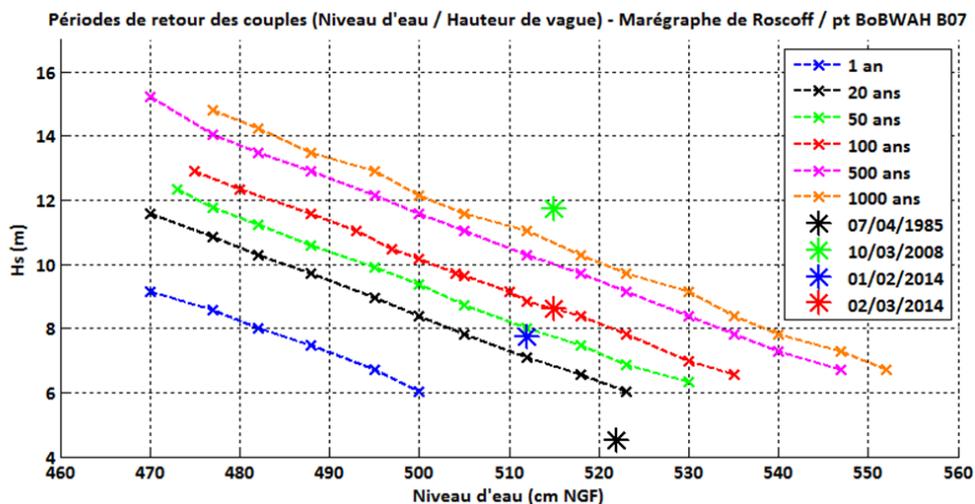


Fig. 10. Probabilité conjointe des événements extrêmes d'états de mer et de niveau marins au niveau de Roscoff (CASAGEC)

Au niveau de Roscoff, la tempête du 10 mars 2008 est la plus marquante en termes de niveau d'eau et de condition de houle.

2.4. MODELISATION DE LA HOULE

2.4.1. LOGICIEL UTILISE

Un modèle maritime a été réalisé par CASAGEC avec le code de calcul TELEMAR 2D - TOMAWAC. Ce modèle permet de représenter les phénomènes marins (marée et propagation des vagues) ainsi que les phénomènes de surcote de tempête (surcote liée au vent, au gradient de pression atmosphérique et au déferlement). L'emprise du modèle est présentée sur la Fig. 11 ci-dessous :

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

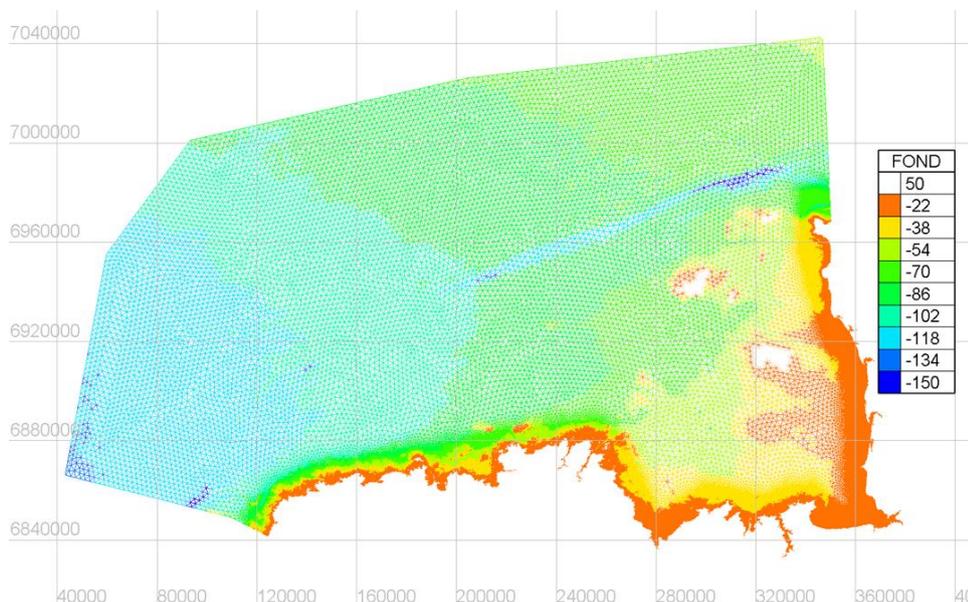


Fig. 11. Emprise du MNT maritime, échelle en m NGF (CASAGEC)

Le modèle a d'abord été calé sur les niveaux d'eaux des événements « courants » (sans processus physiques impactant le niveau de la mer) avant d'être calé sur les événements de tempêtes du 10 mars 2008 et du 03 mars 2014.

2.5. FRANCHISSEMENT PAR PAQUETS DE MER

2.5.1. INTRODUCTION

Les ouvrages littoraux permettent de protéger les zones à présence d'enjeux contre les submersions marines. La houle arrivant sur la zone côtière dissipe son énergie par le déferlement. Celui-ci provoque des franchissements des ouvrages par paquets de mer. Selon la morphologie de la plage et des ouvrages littoraux, ces débits peuvent être très importants et engendrer des inondations derrière les ouvrages.

Les débits de franchissement déversés par paquets de mer sont estimés dans ce chapitre afin de caractériser les aléas. Les débits de franchissement ont été calculés dans les zones avec enjeux et où le franchissement peut générer des risques. Ces points à risque ont été localisés et un profil 1D a été associé à chacun.

Dans la suite de l'étude, les différents profils ont été regroupés en 4 secteurs géographiques :

- Ploumanac'h : Profils 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 39, 40 ;
- Treastro-Trestrignel : Profils 9, 10, 11, 12, 13, 14, 37, 41, 42, 43 ;
- Perros-Guirec : Profils 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 ;
- Louannec : Profils 31, 32, 33, 34, 35, 36.

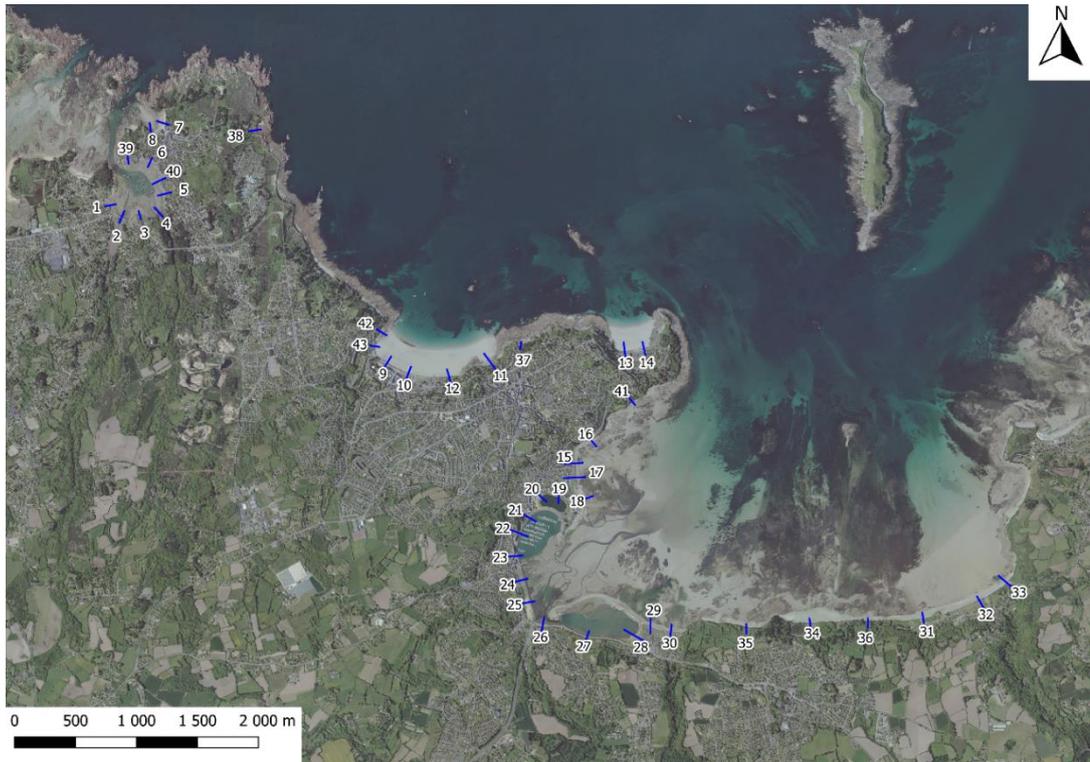


Fig. 12. Localisation des 43 profils étudiés

2.5.2. METHODOLOGIE ET CALCULS

Pour chaque point de calcul, le débit de franchissement est calculé en se basant sur les caractéristiques du profil associé ainsi que les données calculées lors de l'analyse de la houle.

Les formules utilisées pour estimer ces débits sont les formules de l'Eurotop V2 (2018).

Les formules de l'Eurotop V2 permettent de calculer le débit de franchissement par mètre linéaire (débit spécifique).

Pour les digues en remblais de talus à pente douce, les débits de franchissements sont calculés par :

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = \frac{0,023 \cdot \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0}}{\sqrt{\tan(\alpha)}} \cdot \exp\left(-2,7 \cdot \frac{R_c}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0}} \cdot \frac{1}{\gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_\xi}\right)^{1,3}$$

Avec un maximum défini par : $\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0,09 \exp\left(-1,5 \cdot \frac{R_c}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_\xi}\right)^{1,3}$

Pour les digues en remblais de talus à pente verticale, les débits de franchissements sont calculés avec la formule suivante :

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = a \exp\left(-\left(b \cdot \frac{R_c}{H_{m0}}\right)^c\right)$$

Avec :

$$a = 0,09 - 0,01(2 - \cot\alpha)^{2,1} \text{ pour } \cot\alpha < 2 \text{ et } a = 0,09 \text{ pour } \cot\alpha \geq 2$$

$$b = 1,5 + 0,42(2 - \cot\alpha)^{1,5}, \text{ avec pour maximum } b = 2,35 \text{ et } b = 1,5 \text{ pour } \cot\alpha \geq 2$$

Les paramètres pris en compte par ces formules sont :

- α la pente du talus
- q le débit de franchissement moyenné sur le temps par mètre linéaire de crête
- R_c la différence entre le niveau statique et le niveau de crête
- H_{mo} la hauteur de houle en pied d'ouvrage

Les coefficients $\gamma_f, \gamma_\beta, \gamma_*$ représentent respectivement les facteurs d'amortissements correspondant à l'influence de rugosité des revêtements des ouvrages, l'influence de l'angle d'incidence des vagues et l'influence de la géométrie des ouvrages. Les valeurs de ces paramètres sont définies selon les recommandations du manuel Eurotop II.

2.5.3. ESTIMATION DES DEBITS DE FRANCHISSEMENT

Les débits de franchissements ont tout d'abord été estimés au niveau des 43 profils pour les deux événements de tempêtes du 10 mars 2008 (Tempête Johanna) et du 03 mars 2014 (Tempête Christine). L'analyse de ces deux événements a montré que le tempête Johanna était la plus marquante en termes de débit de franchissement.

Quatre scénarios de références ont alors été définis puis modélisés :

- Scénario 1 : Tempête Johanna +20 cm ;
- Scénario 2 : Tempête Johanna +60 cm ;
- Scénario 3 : Niveau 6.05 m NGF avec vent et houle de Johanna ;
- Scénario 4 : Niveau 6,45 m NGF avec vent et houle de Johanna.

Les niveaux 6.05 m NGF et 6.45 m NGF ont été définis de la même manière que pour l'étude de la submersion par débordement (cf. chapitre suivant). La modélisation est faite sur deux cycles de marées (une journée).

Les 4 scénarios ont été modélisés avec le modèle couplé TELEMAC 2D – TOMAWAC. Pour chaque profil et chaque scénario, les houles et niveau d'eau en pied d'ouvrage ont été récupérés afin de calculer les débits de franchissements. Pour chaque scénario, les débits de franchissements maximaux sont obtenus à pleine mer.

A chaque profil a été associé un tronçon de littoral dit homogène, c'est-à-dire un tronçon de littoral dont le profil associé est représentatif de la coupe.

Dans les tableaux suivants, les débits sont colorés **du vert** (débit négligeable) vers **le rouge** (débit important), en passant par le **jaune**, selon leurs intensités. Un aspect dégradé a également été appliqué.

Lorsque le niveau marin dépasse la cote de l'ouvrage, on considère le débit franchissant par paquets de mer comme étant négligeable devant le débit de submersion. Il est alors marqué SURVERSE et est surligné en rouge.

2.5.3.1. SECTEUR 1 : PLOUMANAC'H**Fig. 13. Localisation des profils du secteur de Ploumanac'h****Tabl. 7 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Ploumanac'h**

Profil	Longueur du tronçon homogène associé (ml)	Débit de franchissement maximum (l/s/ml)			
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
1	127	0,41	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
2	147	0,00	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
3	231	0,00	0,05	0,03	SURVERSE
4	103	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
5	204	0,00	0,00	0,00	SURVERSE
40	75	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
6	254	0,00	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
39	76	0,00	0,00	0,00	8,16
8	129	0,00	0,00	0,00	0,00
7	247	4,15	31,05	39,09	SURVERSE

Ces profils, en raison de leur faible exposition à la houle et de leur basse altitude, sont assez peu sensibles aux franchissements par paquets de mer mais plus au phénomène de surverse.

2.5.3.2. SECTEUR 2 : TRESTRAOU-TRESTRIGNEL**Fig. 14. Localisation des profils du secteur de Trestraou-Trestrignel****Tabl. 8 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Trestraou-Trestrignel**

Profil	Longueur du tronçon homogène associé (m)	Débit de franchissement maximum (l/s/ml)			
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
42	102	116,11	295,39	291,29	SURVERSE
43	90	122,23	316,59	305,65	SURVERSE
9	235	7,37	55,54	49,36	188,70
10	307	19,12	83,19	76,94	225,64
12	322	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU
11	359	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU
37	144	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU
13	160	19,67	115,24	103,62	310,92
14	160	14,60	91,91	82,71	221,40
41	160	0,00	0,00	0,00	0,00

Ce secteur est beaucoup plus exposé aux houles ; par conséquent, les débits de franchissements peuvent alors être forts au niveau des ouvrages des plages de Trestraou (P9, P10, P42 et P43) et Trestrignel (P13 et P14).

Au niveau de la plage de Trestrignel (profils 13 et 14), ces débits importants ont lieu au niveau du chemin piétonnier de front de mer présentant peu d'enjeux. Le terrain à l'arrière est pour sa part relativement haut.

Au niveau de la plage de Trestraou (profils 9 et 10), pour les scénarios extrêmes, des franchissements importants sont estimés sur le front de mer à cause des fortes houles impactant le secteur

2.5.3.3. SECTEUR 3 : PERROS-GUIREC



Fig. 15. Localisation des profils du secteur de Perros-Guirec

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 9 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Perros-Guirec

Profil	Longueur du tronçon homogène associé (ml)	Débit de franchissement maximum (l/s/ml)			
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
16	260	0,00	0,00	0,00	0,00
15	189	0,01	0,38	0,27	5,78
17	184	0,05	2,38	1,74	32,31
18	175	0,04	2,65	1,87	44,67
19	193	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
20	136	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
21	104	0,00	0,00	0,00	SURVERSE
22	225	0,00	0,00	0,00	SURVERSE
23	94	0,01	7,97	4,18	SURVERSE
24	238	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
25	212	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
26	193	0,00	6,01	3,44	SURVERSE
27	526	0,00	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
28	196	0,00	SURVERSE	SURVERSE	SURVERSE
29	138	0,00	0,03	0,02	0,38
30	173	0,00	0,04	0,03	0,61

Les profils du boulevard de la mer (profils 15, 17, 18) présentent pour les scénarios les plus extrêmes des débits de franchissements relativement forts en raison des faibles revanches de crête de l'ordre de 50cm à 1m.

Les profils de Perros-Guirec (petit bassin, grand bassin et esplanade de la Douane) sont relativement bas et sont plutôt soumis au risque de surverse.

Au niveau du camping Ernest Renan (profils 29 et 30), les franchissements sont faibles en lien avec l'altitude élevée de la crête de l'ouvrage (supérieure à 7,50 m NGF).

2.5.3.4. SECTEUR 4 : LOUANNEC**Fig. 16. Localisation des profils du secteur de Louannec****Tabl. 10 - Débits de franchissements maximaux par profils du secteur de Louannec**

Profil	Longueur du tronçon homogène associé (ml)	Débit de franchissement maximum (l/s/ml)			
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
35	288	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU
34	419	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU
36	448	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU	0,00
31	290	0,00	0,02	0,01	5,20
32	417	309,15	523,98	512,26	SURVERSE
33	289	PAS D'EAU	PAS D'EAU	PAS D'EAU	0,00

Ce secteur, malgré sa forte exposition, est très peu sensible aux franchissements par paquets de mer. Les profils sont relativement hauts et même pour des niveaux extrêmes, l'eau n'atteint pas forcément le pied des ouvrages.

Le profil 32 présente des franchissements importants mais ceux-ci sont compensés par la pente du terrain à l'arrière.

2.5.4. MODELISATION HYDRAULIQUE

2.5.4.1. LOGICIEL HEC-RAS

Le logiciel HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), développé au Hydrologic Engineering Center du US Army Corps of Engineers, est un outil conçu pour réaliser des calculs hydrauliques unidimensionnels (1D) et bidimensionnels (2D) pour des réseaux complexes de cours d'eau naturels et de canaux. Ce logiciel dispose notamment d'un module relativement complet, ce qui permet de représenter précisément la quasi-totalité des ouvrages pouvant être rencontrés en rivière.

HEC-RAS fonctionne sous Windows et bénéficie donc des avantages de cet environnement.

La modélisation se fait ici avec un modèle bidimensionnel.

2.5.4.2. CONSTRUCTION DU MODELE

2.5.4.2.1. TOPOGRAPHIE

Les modèles 2D nécessitent une bonne connaissance de la topographie du secteur à représenter.

Les levés topographiques réalisés et couplés aux données LIDAR de résolution 1 mètre par 1 mètre ont permis la réalisation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) sur l'ensemble des zones à enjeux et zones d'expansion avec un maillage fin.

2.5.4.2.2. MAILLAGE DU MODELE 2D

Une taille de cellule de 1 mètre a été adoptée. Cela correspond à un « découpage » du terrain naturel en mailles de 1m x 1m pour chacune desquelles un calcul de hauteur et vitesse est réalisé. Cela permet de rendre compte des axes d'écoulement étroit et des structures de l'ordre du mètre, tels que les murets et autres ouvrages de protection.

2.5.4.2.3. RUGOSITE

Une couche de rugosité est ajoutée à la topographie. Cette couche permet de délimiter les zones à faible rugosité comme les routes, parkings etc, des zones à fortes rugosité comme les zones boisées.

Pour représenter les bâtiments dans un modèle hydraulique, deux méthodes sont possibles :

- Représenter en relief les bâtiments sur le MNT (élévation locale de la topographie) ;
- Les représenter « virtuellement » par une rugosité équivalente plus élevée que le reste du MNT.

En général, la deuxième solution est retenue car elle permet d'intégrer le fait que les bâtiments permettent le transit d'un faible débit.

2.5.4.2.4. CONDITIONS LIMITE

Le niveau de la mer est imposé par un marégramme correspondant au scénario modélisé.

Pour chaque tronçon homogène de littoral, une condition limite de débit est calculée à partir des débits de franchissement calculés précédemment. Cette condition en débit va être répartie tout du long du tronçon afin de représenter les paquets de mer franchissant les ouvrages. Temporellement, le pic du débit de franchissement est synchronisé avec le pic de marée.

Si au cours de la simulation un des tronçons est submergé, on considère le débit provenant de la surverse comme supérieur au débit de franchissement.

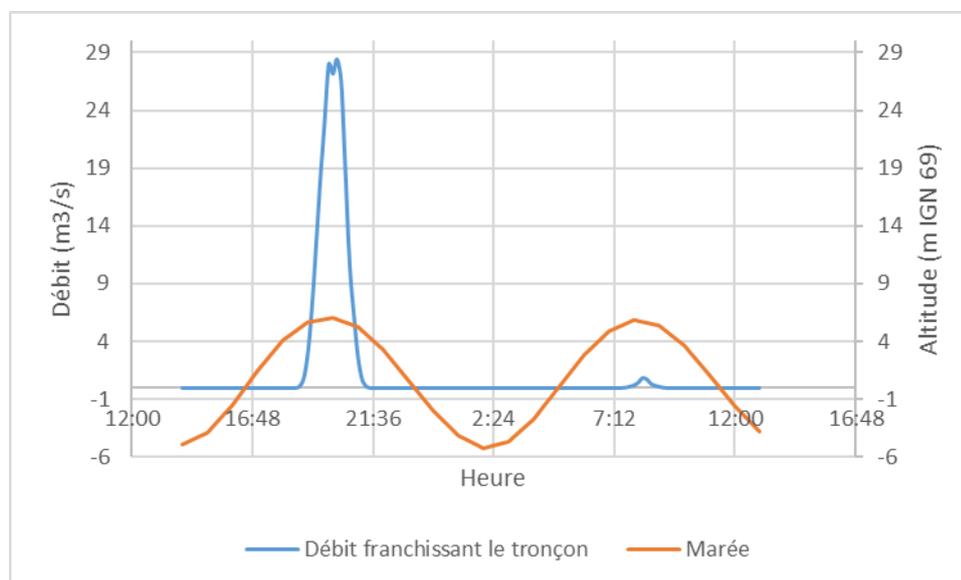


Fig. 17. Synchronisation temporelle du pic du débit de franchissement et du pic de marée

2.5.5. CONSTRUCTION DU MODELE

4 secteurs géographiques ont été repérés dans la partie 2.5, lesquels ont été séparés en 6 zones distinctes :

- Ploumanac'h (plus particulièrement la plage Saint-Guirec) ;
- Plage de Trestraou ;
- Plage de Trestrignel ;
- Perros-Guirec ;
- Camping Ernest Renan ;
- Louannec.

Un modèle hydraulique est créé pour chacune de ces zones, avec un maillage de 1m x 1m, en prenant en compte les conditions limites présentées ci-dessus. Les secteurs soumis au risque de submersion étant étudiés dans la partie suivante, les modèles de franchissement ne prennent en compte que les zones soumises au franchissement sans submersion.

La hauteur d'eau et la vitesse de l'écoulement sont calculées dans le modèle afin de caractériser des aléas, comme décrit dans le Tabl. 1 - .



Fig. 18. Modèle de franchissement à la plage de Saint-Guirec (Perros-Guirec)

Sur le secteur de Ploumanac'h, seule la plage de Saint-Guirec est soumise au franchissement. Le reste de la zone est soit submergée, soit non-soumise au franchissement.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT



Fig. 19. Modèle de franchissement de la plage de Trestraou (Perros-Guirec)



Fig. 20. Modèle de franchissement de la plage de Trestrignel (Perros-Guirec)

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

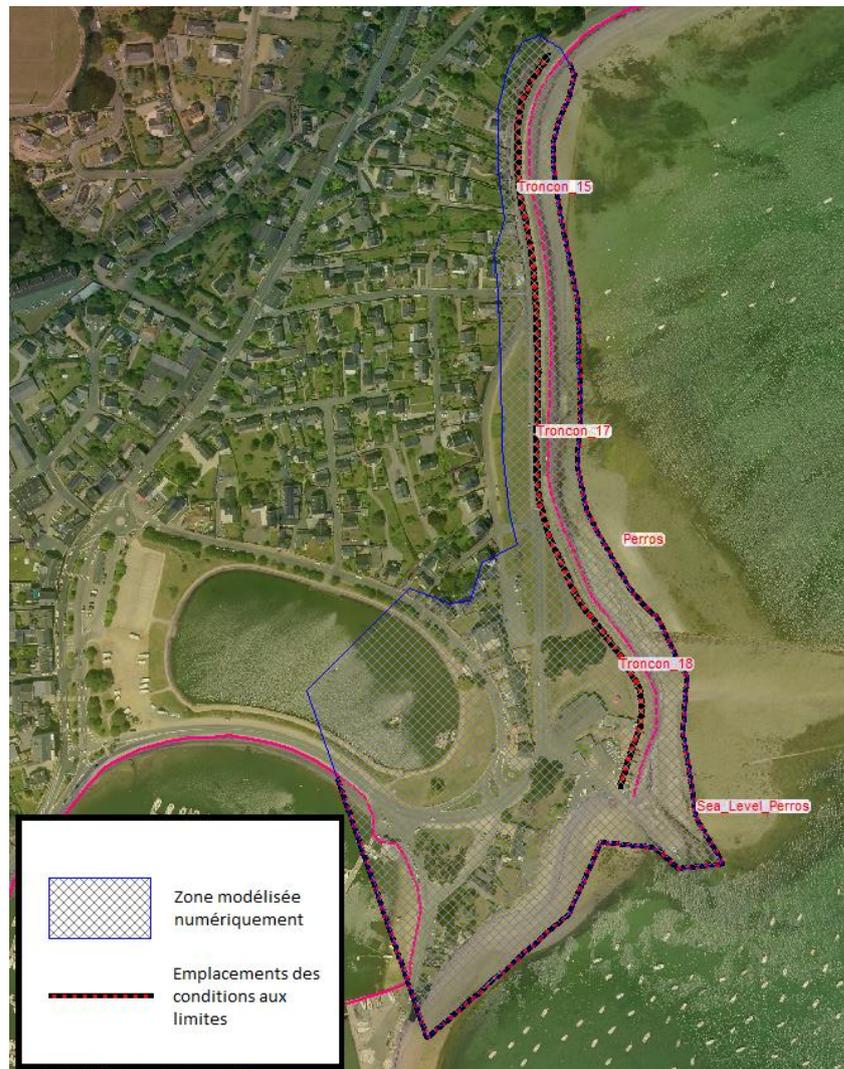


Fig. 21. Modèle de franchissement du port de Perros-Guirec – Boulevard de la mer

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

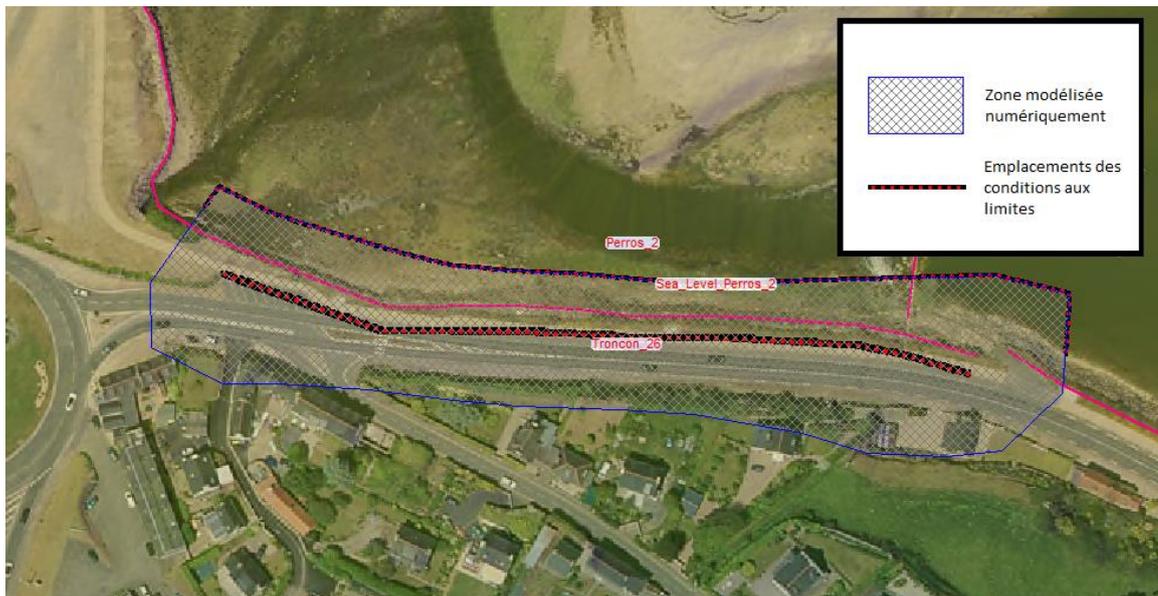


Fig. 22. Modèle de franchissement de Pont Ar Sauz (Louannec)



Fig. 23. Modèle de franchissement du Camping Ernest Renan (Louannec)

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT



Fig. 24. Modèle de franchissement de la plage de Nantouar (Louannec)

3. SUBMERSION MARINE PAR DEBORDEMENT

3.1. CONDITIONS AUX LIMITES

La modélisation représentant l'effet de débordement est plus simple que dans le cas du franchissement. En effet, seul un niveau d'eau est imposé en condition aval sur tout le linéaire des 2 communes.

Le niveau d'eau centennal est donné par l'étude statistique des niveaux extrêmes des côtes de France réalisée en 2012 dans le cadre d'un partenariat SHOM-CETMEF et est en moyenne sur le linéaire des deux communes égal à 5.60 m IGN69.

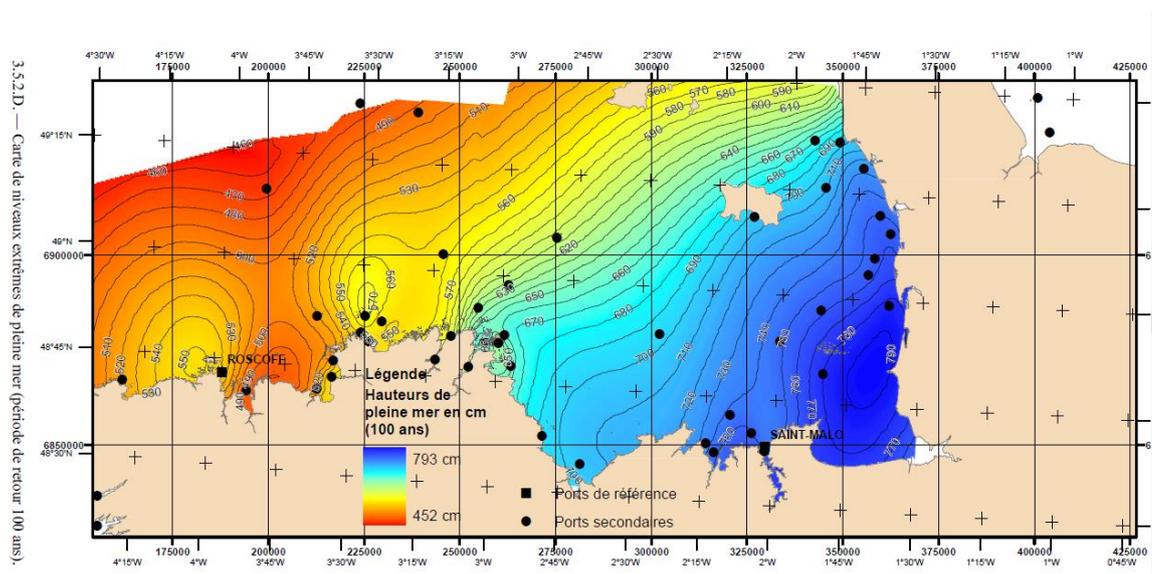


Fig. 25. Niveau centennal de pleine mer en m IGN69 (SHOM-CETMEF 2012)

Une incertitude de 25 cm sur le niveau doit être prise en compte selon les recommandations des guides pour les PPR.

Le changement climatique est également intégré :

- 20 cm en l'état actuel,
- 60 cm à l'horizon 100 ans.

Ainsi les niveaux utilisés pour représenter le phénomène de submersion sont :

- État actuel : $5.60 + 0.25 + 0.20 = 6.05$ m IGN69
- État à l'horizon 2100 : $5.60 + 0.25 + 0.60 = 6.45$ m IGN69

Une grande partie du littoral des communes de Perros-Guirec et Louannec est constitué de falaises s'élevant à plus de 6.45 m IGN69. Ces zones peuvent donc être considérées comme protégées du risque de submersion. Cependant, de multiples zones à enjeux sont situées à des altitudes inférieures, de même que certains des ouvrages protégeant ces zones.

Enfin, un marégramme est imposé comme condition limite sur tout le littoral afin de représenter le phénomène de marée sur trois périodes complètes.

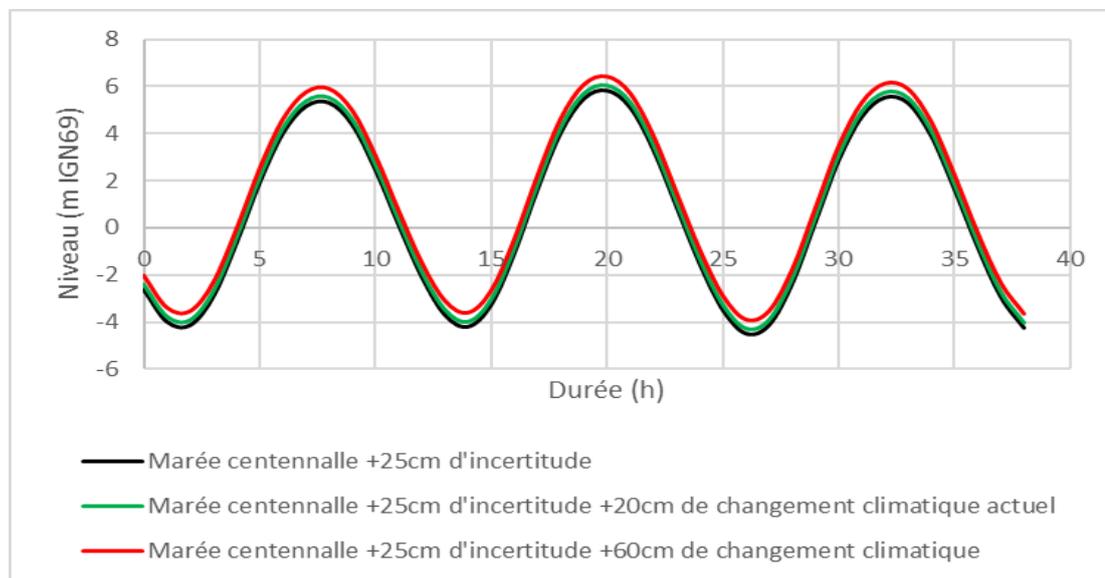


Fig. 26. Marégramme imposé en condition limite

3.2. MODELISATION HYDRAULIQUE

De même que pour la modélisation utilisé pour le franchissement, un modèle hydraulique bidimensionnel est utilisé pour la submersion. Celui-ci a été construit sur tout le linéaire, en intégrant les zones habitées. Un maillage de 3m x 3m a été utilisé, raffiné à 1m x 1m au droit des ouvrages, afin d'optimiser les temps de calculs tout en prenant en compte l'influence des ouvrages fins tels que les murets de protection.

4. CHOCS MECANQUES LIES AUX VAGUES ET RISQUES DE PROJECTIONS

Un événement extrême tel qu'une tempête peut provoquer les aléas étudiés plus tôt, comme cela a été le cas avec la tempête Johanna de 2008. Cependant, les risques de submersion et de franchissements par paquets de mer ne sont pas les seuls à prendre en compte lors de tels événements. Il existe aussi un risque de projection d'objets et de chocs mécaniques par les vagues sur le littoral impacté.

Ce risque est modélisé dans la cartographie par une bande de précaution couvrant les zones dangereuses. Cette bande s'étend jusqu'à 25 mètres dans les terres, ou jusqu'à une altitude de 15 m IGN69. Cela représente la zone potentiellement atteinte par les paquets de mer et les objets qu'ils projettent lors d'une tempête équivalente à l'événement de référence.

Cette bande est classée en aléa très fort.



Fig. 27. Exemple de dégâts provoqués par des projections lors de la tempête du 10 mars 2011 à Perros-Guirec

ADDENDA – AOUT 2024

En dehors du contexte des études techniques du PPR, une étude relative à l'agitation dans le port de Perros-Guirec a été réalisée en 2022, soit postérieurement à la validation de la précédente version du présent rapport de phase 2.

Au regard des résultats de cette étude, le présent rapport fait l'objet d'un addenda.

L'étude « Port de Perros Guirec – Etude technique – Modélisation de l'agitation du port » a été réalisée par SOFID en 2022, elle est annexée au présent rapport.

Cette étude avait pour objectif de vérifier le respect des critères de confort et de sécurité pour la mise en œuvre de lodges flottants dans le port.

La modélisation mise en œuvre a permis, pour différentes conditions et occurrences, d'estimer l'agitation en amont et dans le port du Linkin (avant et après le mur et la porte ceinturant le port).

La configuration modélisée la plus défavorable correspond à un événement de période de retour décennale à cinquantennale (T=10 ans à 50 ans, cf §5 du rapport). Les résultats illustrés en figure 6 du rapport indiquent une hauteur maximale de houle limitée à 25 à 50cm au droit de la D788, en fond de port. Dans tous les cas simulés, l'atténuation de la houle est à minima de moitié entre le fond de l'anse de Perros et la D788 en fond de port.

Cette atténuation et la présence du mur limitant a priori fortement l'arrivée de galets dans le port, ont conduit au retrait de la bande de chocs mécaniques des vagues/projections à l'arrière du mur de ceinture du port. De fait et de façon localisée, certaines zones ne sont plus surclassées en aléa très fort de façon automatique.

5. INONDATION FLUVIALE

5.1. COURS D'EAU

Plusieurs cours d'eau ont été étudiés afin d'évaluer l'impact des inondations dues au débordement de leur lit mineur :

- Sur la commune de Louannec :
 - Le Truzugal ;
 - Le Dourdu ;
- Limitrophe aux communes de Louannec et de Saint-Quay-Perros :
 - Le Gruguil ;
- Limitrophe aux communes de Perros-Guirec et de Saint-Quay-Perros :
 - Le Kerduel ;

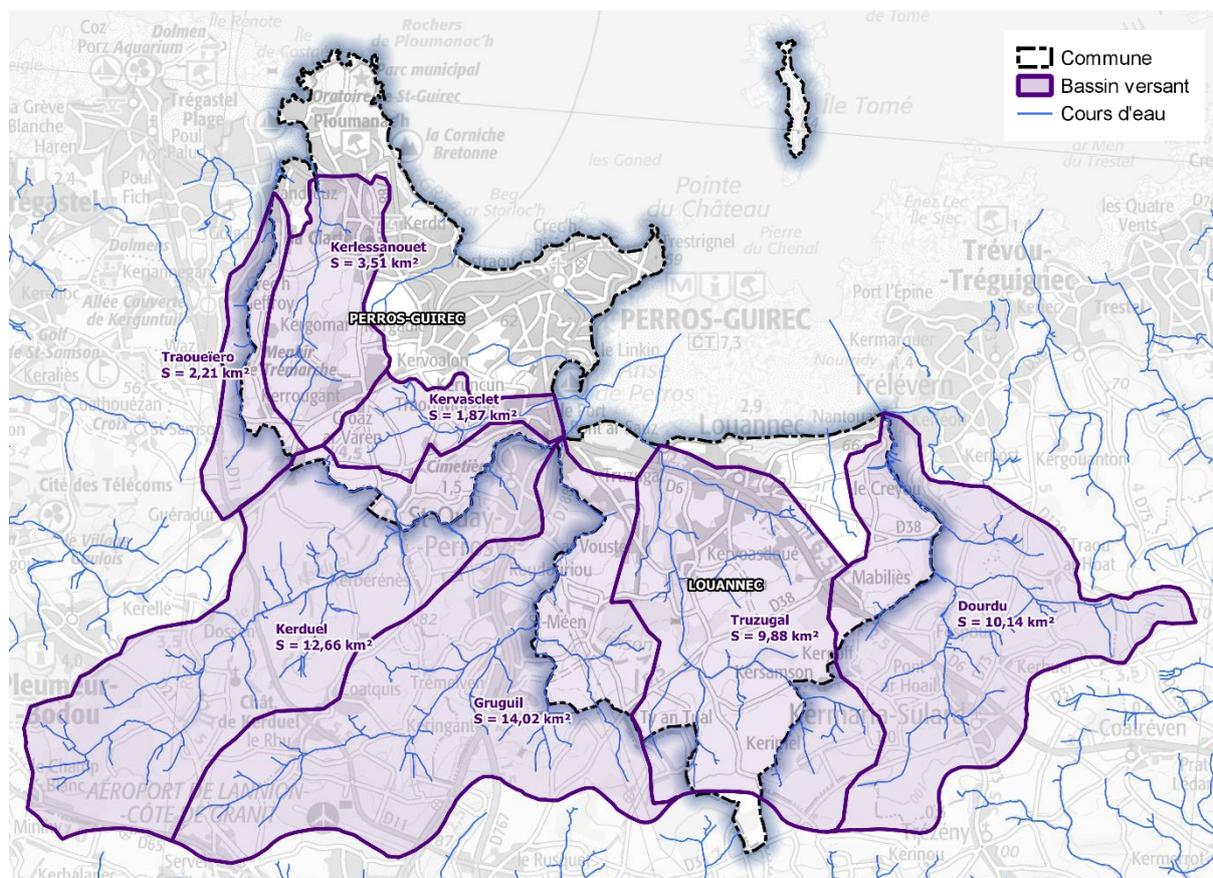
Remarque : le bassin versant du Traoueïro et du Kerlessanouët est très encaissé pour le territoire et aucun enjeu humain n'est présent dans sa vallée, aussi ces cours d'eau sont écartés de l'étude du risque d'inondation.

Les caractéristiques des bassins versants sont détaillées dans la partie 3.2. de la phase 1.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

**Fig. 28. Localisation des bassins versants**

5.2. ETUDE HYDROLOGIQUE

Il n'y a pas de stations hydrométriques sur les cours d'eau des bassins versants étudiés. Ainsi les débits caractéristiques sont calculés à partir de méthodes empiriques et des bases de données SHYREG et de la banque HYDRO. Les méthodes utilisées sont :

- La méthode de Myer ;
- La méthode rationnelle.

5.2.1. METHODE DE MYER

La méthode de Myer est basée sur un rapport surfacique avec des stations hydrométriques proches du secteur d'étude.

Elle permet de transposer via un rapport surfacique le débit de crue d'une station de référence au bassin versant étudié. Pour cela, le bassin versant jaugé doit être situé proche du secteur d'étude et présenter les mêmes caractéristiques morphologiques.

Dans cette étude, les stations suivantes ont été utilisées :

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 11 - Stations hydrométriques proches

N° Station	Nom	Lieu	Surface (km ²)	Débit Qix10 (m ³ /s)	Débit Qix50 (m ³ /s)
J1711710	Le Trieux	Saint-Péver	183	34	46
J2023010	Le Jaudy	Mantallot	164	49	70
J2034010	Le Guindy	Plouguiel	125	17	23
J2314910	Le Yar	Tréduder	59	9,3	13

Avec Qix le débit instantané maximal sur une période donnée, en m³/s.

Ces stations sont installées depuis plusieurs années et disposent donc de suffisamment de données pour produire des résultats statistiques. De plus, leurs bassins versants ont une superficie inférieure à 200 km² ce qui permet de garder une cohérence de taille avec les bassins versants impactant Perros-Guirec et Louannec qui sont inférieurs à 15 km². Cependant les cours d'eau du Kervaslet et du Kerlessanouët ont des bassins versants trop petits (1,87 km² et 3,51 km²) pour pouvoir conserver ce critère de cohérence de taille avec les stations utilisées.

La banque HYDRO ne donne pas le débit instantané maximal pour des périodes de retour supérieures à 50 ans. Ces débits ont donc été extrapolés par la méthode du GRADEX des débits.

Tabl. 12 - Extrapolation des débits centennaux et millenaux

N° Station	Nom	Lieu	Xo	GRADEX	Débit Qix100 (m ³ /s)	Débit Qix1000 (m ³ /s)
J1711710	Le Trieux	Saint-Péver	16.2	7.71	52	69
J2023010	Le Jaudy	Mantallot	21.6	12.3	78	107
J2034010	Le Guindy	Plouguiel	7.51	4.36	28	38
J2314910	Le Yar	Tréduder	4.53	2.12	14	19

Une fois ces débits établis, il a alors été possible d'estimer les débits de pointes des cours d'eau étudiés pour différentes périodes de retour.

Tabl. 13 - Calcul du débit décennal

Stations hydro	Superficie km ²	Qix10 (m ³ /s)	Dourdu	Truzugal	Gruguil	Kerduel
			10,14 km ²	9,88 km ²	14,02 km ²	12,66 km ²
Le Trieux	183	34	1,88	1,84	2,60	2,35
Le Jaudy	164	49	3,03	2,95	4,19	3,78
Le Guindy	125	17	1,38	1,34	1,91	1,72
Le Yar	59	9,3	1,60	1,56	2,21	2,00
Moyenne			1,97	1,92	2,73	2,46

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 14 - Calcul du débit cinquantennal

Stations hydro	Superficie km ²	Qix50 (m ³ /s)	Dourdu	Truzugal	Gruguil	Kerduel
			10,14 km ²	9,88 km ²	14,02 km ²	12,66 km ²
Le Trieux	183	46	2,55	2,48	3,52	3,18
Le Jaudy	164	70	4,33	4,22	5,98	5,40
Le Guindy	125	23	1,87	1,82	2,58	2,33
Le Yar	59	13	2,23	2,18	3,09	2,79
Moyenne			2,74	2,67	3,79	3,43

Tabl. 15 - Calcul du débit centennal

Stations hydro	Superficie km ²	Qix100 (m ³ /s)	Dourdu	Truzugal	Gruguil	Kerduel
			10,14 km ²	9,88 km ²	14,02 km ²	12,66 km ²
Le Trieux	183	52	2.88	2.81	3.98	3.60
Le Jaudy	164	78	4.82	4.70	6.67	6.02
Le Guindy	125	28	2.27	2.21	3.14	2.84
Le Yar	59	14	2.41	2.34	3.33	3.00
Moyenne			3.10	3.02	4.28	3.86

Tabl. 16 - Calcul du débit millennial

Stations hydro	Superficie km ²	Qix1000 (m ³ /s)	Dourdu	Truzugal	Gruguil	Kerduel
			10,14 km ²	9,88 km ²	14,02 km ²	12,66 km ²
Le Trieux	183	69	3.82	3.73	5.29	4.77
Le Jaudy	164	107	6.62	6.45	9.15	8.26
Le Guindy	125	38	3.08	3.00	4.26	3.85
Le Yar	59	19	3.27	3.18	4.51	4.08
Moyenne			4.20	4.09	5.80	5.24

5.2.2. METHODE RATIONNELLE

Les sous-bassins versants étudiés ayant une superficie inférieure à 100 hectares, la méthode rationnelle peut être utilisée. Cette méthode prend en compte les coefficients de Montana de la zone d'étude ainsi que les caractéristiques du terrain (pente, longueur du plus long chemin hydraulique, surface) afin d'estimer le débit de pointe d'une crue d'une période de retour donnée.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 17 - Coefficients de Montana pour des pluies de durée 15 minutes à 6 heures – Station de St-Brieuc – Statistiques sur la période 1986-2011

Période de retour	a	b
10	6.162	0.654
50	11.639	0.779
100	14.924	0.816
1000*	36.99	0.937

* : les coefficients de Montana pour une période de retour de 1000 ans ont été extrapolés selon la loi de Gumbel

Avec ces coefficients de Montana, les débits de pointes des crues des périodes de retour étudiées ont pu être estimés.

Tabl. 18 - Débits de pointe pour différentes périodes de retour – méthode rationnelle

Cours d'eau	Q10	Q50	Q100	Q1000
Le Douardu	6.06	7.35	7.62	10.36
Le Truzugal	7.19	8.82	9.49	13.12
Le Gruguil	13.62	16.34	17.3	23.16
Le Kerduel	6.28	7.43	8	10.54
Le Kervascllet	3.31	4.34	4.79	7.25
Le Kerlessanouët	4.65	5.96	6.4	9.37

5.2.3. BASE DE DONNEES SHYREG

La base de données SHYREG est développée par l'IRSTEA. Dans le cadre de ses activités de recherche et d'appui aux politiques publiques, l'IRSTEA a mis en œuvre la méthode SHYREG afin d'estimer des quantiles de débits de crue sur l'ensemble du territoire métropolitain. L'aboutissement de ce travail est une base de données informatique des débits de crue estimés pour différentes durées et pour différentes périodes de retour (entre 2 et 1000 ans) en tout point du réseau hydrographique.

5.2.4. CHOIX DES DEBITS CARACTERISTIQUES

Les tableaux suivants récapitulent les valeurs obtenues pour des débits décennaux, cinquantennaux, centennaux et millenaux.

Plan de Prévention des Risques Littoraux et d'inondation (PPRL-i) des communes de Louannec et de Perros-Guirec

PHASE 2 : CARACTERISATION DES ALEAS (INONDATION)

RAPPORT

Tabl. 19 - Débit décennal (Q10)

	Q10		
	Myer	BD SHYREG	Rationnelle
Le Dourdu	1,97	2.1	6,06
Le Truzugal	1,92	1.98	7,19
Le Gruguil	2,73	2.86	13,62
Le Kerduel	2,46	2.15	6,28

Tabl. 20 - Débit cinquantennal (Q50)

	Q50		
	Myer	BD SHYREG	Rationnelle
Le Dourdu	2,74	3.46	7,35
Le Truzugal	2,67	3.24	8,82
Le Gruguil	3,79	4.62	16,34
Le Kerduel	3,43	3.54	7,43

Tabl. 21 - Débit centennal (Q100)

	Q100		
	Myer	BD SHYREG	Rationnelle
Le Dourdu	3.1	4.17	7.62
Le Truzugal	3.02	3.91	9.49
Le Gruguil	4.28	5.56	17.3
Le Kerduel	3.86	4.27	8

Tabl. 22 - Débit millenal (Q1000)

	Q1000		
	Myer	BD SHYREG	Rationnelle
Le Dourdu	4.2	7.76	10.36
Le Truzugal	4.09	7.25	13.12
Le Gruguil	5.8	10.2	23.16
Le Kerduel	5.24	7.95	10.54

La méthode rationnelle a tendance à surestimer les débits de pointes, ce qui se retrouve ici dans la comparaison avec les débits obtenus par la méthode de Myer et ceux de la base de données SHYREG. Ce sont donc les débits les plus importants, hors méthode rationnelle, qui sont retenus comme débits caractéristiques d'une période de retour donnée.

Tabl. 23 - Débits caractéristiques par période de retour et par cours d'eau

Cours d'eau	Q10	Q50	Q100	Q1000
Le Dourdu	2.1	3.46	4.17	7.76
Le Truzugal	1.98	3.24	3.91	7.25
Le Gruguil	2.86	4.62	5.56	10.2
Le Kerduel	2.46	3.54	4.27	7.95

Les hydrogrammes correspondant à ces débits de pointe et aux caractéristiques des bassins versants sont ensuite créés par simulation hydrologique afin d'être utilisés comme conditions limites dans le modèle hydraulique.

5.3. MODELISATION HYDRAULIQUE

Dans cette modélisation hydraulique, le niveau de la mer est considéré comme constant et égal à la côte de haute-mer d'une marée de coefficient d'environ 70 à la station de Perros-Guirec, soit 3.60 m IGN69.

L'amont des cours d'eau modélisés a fait l'objet d'une approche hydrogéomorphologique sur le territoire des communes concernées. Cette approche se base principalement sur la forme naturelle des lits mineurs et majeurs des cours d'eau, et est couplée à une analyse topographique.

5.3.1. LE KERDUEL ET LE GRUGUIL

Ces deux cours d'eau ayant un exutoire commun, un seul et même modèle 2D a été utilisé. Les données LIDAR et les relevés topographiques ont permis de créer un Modèle Numérique de Terrain auquel a été rajouté les ouvrages influençant l'écoulement. Le maillage utilisé est un maillage 1 mètre par 1 mètre afin de tenir compte des axes d'écoulements étroits, notamment dans le lit mineur.

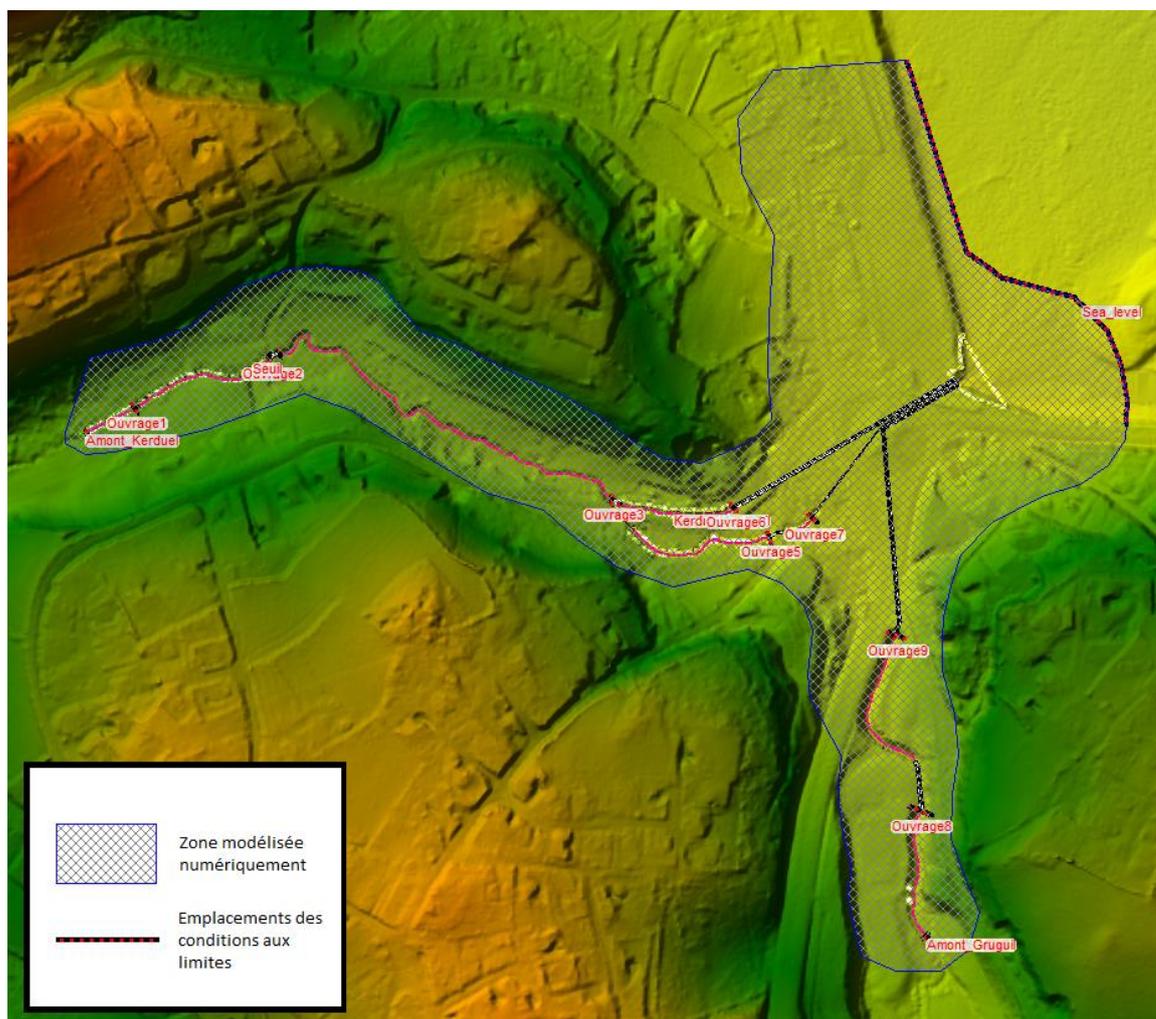


Fig. 29. Modèle hydraulique du Kerduel et du Gruguil : extrait HEC RAS (Perros-Guirec et Louannec)

5.3.2. LE TRUZUGAL

Les données LIDAR et les relevés topographiques ont permis de créer un Modèle Numérique de Terrain auquel a été rajouté les ouvrages influençant l'écoulement. Le maillage utilisé est un maillage 1 mètre par 1 mètre afin de tenir compte des axes d'écoulements étroits, notamment dans le lit mineur.



Fig. 30. Modèle hydraulique du Truzugal : extrait HEC RAS (Louannec)

5.3.3. LE DOURDU

Les données LIDAR et les relevés topographiques ont permis de créer un Modèle Numérique de Terrain auquel a été rajouté les ouvrages influençant l'écoulement. Le maillage utilisé est un maillage 1 mètre par 1 mètre afin de tenir compte des axes d'écoulements étroits, notamment dans le lit mineur.

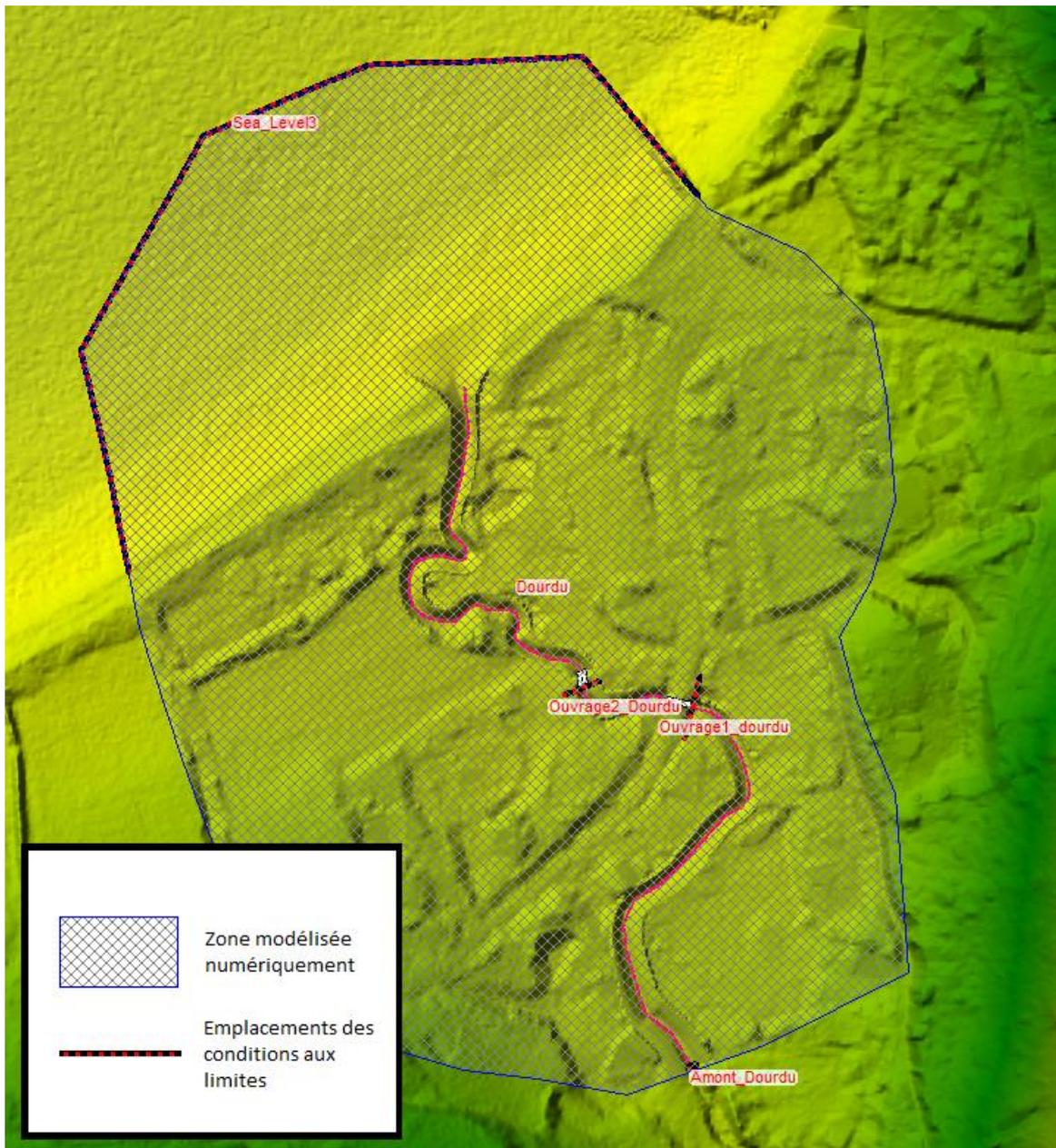


Fig. 31. Modèle hydraulique du Dourdu : extrait HEC RAS (Louannec)

5.3.4. LE TRAQUEIRO

Le bassin versant du Traoueïro est très encaissé pour le territoire et aucun enjeu humain n'est présent dans sa vallée, aussi ce cours d'eau est écarté de la modélisation fluviale.

6. CONCOMITANCE

L'étude de l'aléa inondation fluviale a été faite en considérant un niveau marin fixe égal à une marée haute de coefficient 70 (voir 5.3) et un débit centennal. Le niveau correspondant est de 3.60 m IGN69.

L'étude de submersion a été basé sur une marée centennale.

La concomitance est le produit de ces deux évènements.

Cela afin de prendre en compte une concomitance entre le pic de débit fluvial et un niveau marin élevé qui empêcherait la bonne évacuation du débit. Ce phénomène a déjà été observé lors des inondations historiques.

Rappelons que la modélisation n'a pas été basée sur un débit centennal en amont cumulé à une marée centennale. En effet, la période de retour d'un tel événement, serait bien supérieure à un événement centennal.

7. CARTES D'ALEAS

Les cartes d'aléas sont présentées en Annexe 3:

- Aléa inondation : maximum de l'aléa observé pour chaque type d'inondation (submersion marine, franchissement et débordement de cours d'eau). Les cartes d'aléas inondation intègrent également une bande de précaution correspondant aux chocs mécaniques et aux risques de projection liés aux vagues ;

Les échelles et formats des cartographies sont les suivants :

- Atlas 1/5000 : format A3.

7.1. PLOUMANAC'H

Le port de Ploumanac'h est situé à une altitude inférieure à la côte de la marée centennale de référence (pour rappel, 6.05 m IGN69). Il est donc soumis à la submersion avant le franchissement. La route le long de la digue du port est submergée, ainsi que quelques parcelles et rues proches de la côte.

La plage de Saint-Guirec est soumise à une légère submersion par la rue donnant sur la plage, et des paquets de mers sont projetés sur les bâtiments littoraux.

7.2. PLAGE DE TRESTRAOU

La digue de la plage de Trestraou remplit son office et empêche les inondations par submersion sur ce secteur. Cependant des paquets de mer sont projetés par-dessus cette digue, inondant la route littorale et le centre nautique, et touchant quelques bâtiments du bord de mer.

7.3. PLAGES DE TRESTRIGNEL

De même que pour la plage de Trestraou, la digue est suffisamment haute pour éviter la submersion, mais des paquets de mer sont projetés sur le chemin littoral. Seul le chemin est touché par le franchissement, la route et le parking étant suffisamment surélevé pour ne pas être touché.

7.4. BOULEVARD DE LA MER

Le boulevard de la Mer est suffisamment en altitude pour ne pas se faire submerger par la marée centennale étudié, mais subit une inondation par le franchissement des paquets de mer.

7.5. PORT DE PERROS-GUIREC ET DIGUE DU LENN

Le littoral du port de Perros-Guirec est situé en dessous de la côte de la marée centennale de référence, entraînant une inondation par submersion sur une bande allant de 50 à 150 mètres vers les terres.

Du côté de Louannec, la digue du Lenn est submergée, ainsi que la partie Ouest du camping Ernest Renan.

Le ruisseau du Kerduel sort de son lit au passage de certains ouvrages lors de crues, inondant légèrement les terrains adjacents.

Les canalisations utilisées pour amener les ruisseaux du Kerduel, du Gruguil et du Truzugal ne permettent pas le passage du débit de pointe d'une marée centennale lors d'une marée haute habituelle de coefficient 70, ce qui provoque des inondations au niveau du rond-point et du camping. Ces inondations pourraient être encore plus importantes si une submersion survenait au même moment, empêchant l'écoulement vers la mer.

7.6. LOUANNEC

Le littoral de Louannec n'est pas touché par la submersion, mais le franchissement est intense sur sa partie Ouest. Les terrains littoraux sont inondés sur une bande de 15m. A cela vient se rajouter le débordement du Doudu, qui inonde les parcelles longeant.

8. CONCLUSION

Ce rapport de Phase 2 a présenté les aléas sur les communes de Perros-Guirec et Louannec.

Les aléas suivants ont été étudiés :

- Submersion par franchissement,
- Submersion par débordement,
- Inondation fluviale.

Les emprises d'aléas obtenues seront alors comparées aux enjeux lors de la Phase 3.

A SAINT-HERBLAIN, le 13 Aout 2024



VILLES & TERRITOIRES
DIRECTION REGIONALE OUEST
Les Bureaux du Sillon
8 Avenue des Thébaudières - CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX
Tél. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

ANNEXE 1

Décrets et Arrêtés

ANNEXE 2

Modélisation des phénomènes de houle (CASAGEC)

ANNEXE 3

Cartographie des aléas

ANNEXE 4

Etude de l'agitation du port du Linkin (SOFID 2022)