

Analyse de l'impact de vagues extrêmes sur la digue de l'Artha (Saint-Jean-de-Luz)

Hugo Demare

Doctorant en génie civil

Encadrants : Stéphane Abadie & Damien Sous

Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, SIAME, Anglet, France



Journée des États de Mer — CEREMA
11 décembre 2025



Plan de la présentation

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

Données et
observations

Résultats

Conclusion et
perspectives

1 Contexte et objectifs

2 Site d'étude

3 Données et observations

4 Résultats

5 Conclusion et perspectives

Contexte

- Bloc de 50 t éjecté sur la digue de l'Artha, photographié en février 2017.
- Enjeux : déplacement de blocs, stabilité de la carapace, maintenance.
- Données disponibles : bouées directionnelles (H_{m0} , T_p , θ), marée/surcote, bathymétrie, images multi-dates.



Bloc de 50 t sur la digue de l'Artha

Objectifs

- Connaître la position initiale du bloc projeté sur la digue et quantifier son déplacement.
- Analyser les conditions hydrodynamiques qui ont permis le déplacement du bloc.
- Caractériser l'aléa de tempête au niveau de Saint-Jean-de-Luz.

Site d'étude : la digue de l'Artha (Saint-Jean-de-Luz)

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

Données et
observations

Résultats

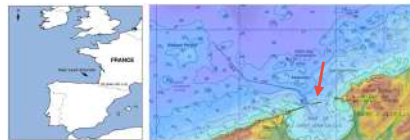
Conclusion et
perspectives

Localisation et rôle

- Ouvrage emblématique de la baie, construit pour protéger Saint-Jean-de-Luz et Ciboure.
- Exposé directement aux houles dominantes de secteur Ouest–Nord-Ouest.
- Digue mixte : carapace en blocs béton cubiques, risberme et couronnement massif.

Contexte morphologique et hydrodynamique

- Côte rocheuse à bathymétrie fortement variable.
- Transformation complexe des vagues du large vers la côte.
- Exposition fréquente aux tempêtes hivernales.



Localisation de la digue de l'Artha.



Vue aérienne de la baie de
Saint-Jean-de-Luz.

Données utilisées

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

Données et
observations

Résultats

Conclusion et
perspectives

Bouée du réseau Candhis

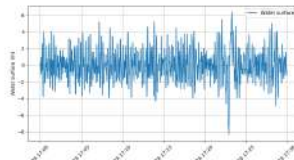
- Bouée directionnelle Datawell DWR-G.
- Durée d'observation : 12 ans (2013–2025).
- Située à 1 km de la côte, à une profondeur d'environ 20 m.

Données utilisées

- Données issues d'analyses temporelles et spectrales validées par le CEREMA : H_{m0} , H_{max} , T_p , θ_m .
- Surface libre mesurée au niveau de la bouée.
- Niveau d'eau mesuré par un marégraphe dans la baie.



Localisation de la bouée.



Surface libre mesurée en 2017 lors du déplacement du bloc.

Analyse croisée : ADCP vs bouée Candhis

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

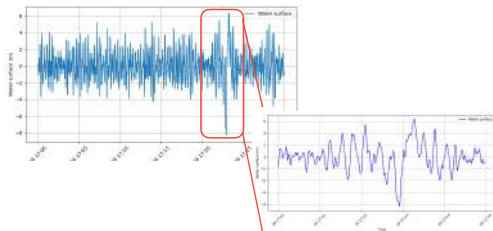
Données et
observations

Résultats

Conclusion et
perspectives

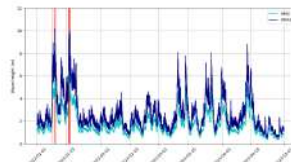
Objectif

- Comparer les conditions de houle reconstituées à partir de l'ADCP avec celles de la bouée Candhis située au large.
- Vérifier la cohérence des paramètres (H_{m0} , H_{max} , T_p).

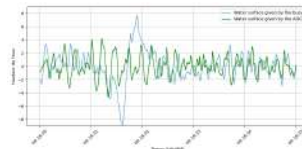


Vague responsable du déplacement ?

Conclusion : Présence d'artéfacts, fréquents en conditions de tempête, problème connu du CEREMA



H_{m0} et H_{max} durant l'hiver 2023.



Comparaison surface libre ADCP vs Candhis
— événement analogue à 2017.

Tempête 2017 : données moyennées et fonctions de transfert

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

Données et
observations

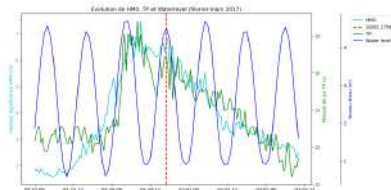
Résultats

Conclusion et
perspectives

Paramètres moyens (moment du déplacement du bloc)

Paramètre	Valeur (moy. 30 min)
H_{m0} (hauteur significative)	6,80 m
H_{max} (vague maximale observée)	8,53 m
T_p (période de pic)	16,30 s
P (flux d'énergie)	344 259 W/m ²
θ_p (direction au pic)	321,7°
Niveau d'eau (marée + surcote)	4,46 m

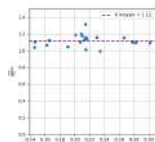
H_{max} peut être impacté par les artéfacts mais pas les autres paramètres



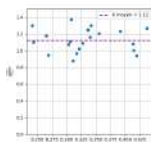
H_{m0} , T_p et niveau d'eau — tempête de février 2017

Fonctions de transfert (bouée → ADCP)

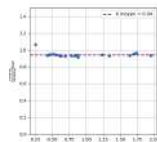
Établissement de fonction de transfert afin de reconstituer les forçages en pied de digue.



H_{m0}



H_{max}



Flux d'énergie

$$TF = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{X_{digue}(t_i)}{X_{bouée}(t_i)}$$

Paramètre	Valeur estimée à la digue
H_{m0} (hauteur significative)	7,62 m
H_{max} (vague maximale observée)	9,55 m
P (flux d'énergie)	323 603 W/m ²

Analyse de période de retour

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

Données et
observations

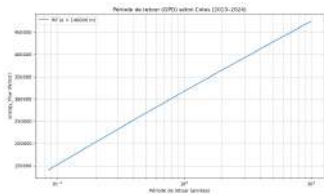
Résultats

Conclusion et
perspectives

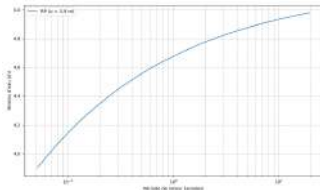
Objectif : estimer la rareté des états de mer extrêmes.

- Utilisation de 12 ans de données d'archives du CEREMA.
- Sélection des maxima journaliers de H_{m0} .
- Calcul du flux d'énergie associé.
- Ajustement d'une loi GPD (Arnoux *et al.*, 2021) :

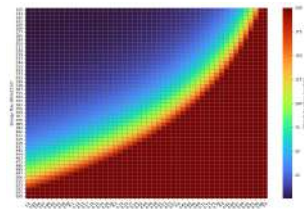
$$RP(x) = \frac{\mu_u}{1 - G_{u,\sigma,\xi}(x)}$$



Période de retour du flux d'énergie



Période de retour du niveau d'eau



Période de retour bvariée du flux d'énergie et du niveau d'eau

Conclusion : L'événement 2017 présente une période de retour d'environ **90 ans**.

Diagramme de Le Méhauté

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

Données et
observations

Résultats

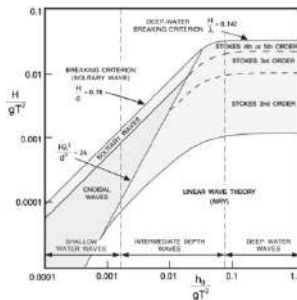
Conclusion et
perspectives

Principe

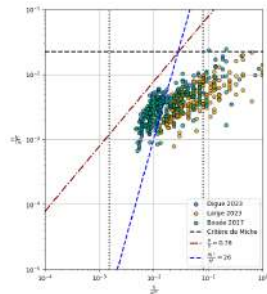
- Classification du régime de vagues selon la théorie de Le Méhauté.
- Paramètres utilisés :
 - $H_{1/3}$ (hauteur significative)
 - $T_{1/3}$ (période significative)
 - h (profondeur)

Données analysées :

- Bouée — 2017
- Bouée — 2023
- ADCP digue — 2023



Régime de vagues



Positionnement des données
dans le diagramme

Conclusion et perspectives

Impact des
vagues
extrêmes

H. Demare

Contexte et
objectifs

Site d'étude

Données et
observations

Résultats

Conclusion et
perspectives

Conclusion

- Apports de la bouée du réseau Candhis :
 - Données moyennées des états de mer au moment du déplacement du bloc de 50 t.
 - Estimation de la période de retour des états de mer extrêmes.
 - Fonction de transfert entre la bouée et la digue.
 - Identification du domaine d'applicabilité des différentes théories suivi des vagues de tempêtes sur ce site.
- Données disponibles depuis 2013 sur l'ensemble des tempêtes impactant la digue de l'Artha.

Perspectives

- Analyser la dynamique globale de la digue.
- Modélisation :
 - étudier la transformation des vagues atteignant la digue en conditions extrêmes ;
 - reproduire numériquement le déplacement du bloc de 2017.
- Suivre et analyser les futures tempêtes sur la période 2025–2028.

An aerial photograph of a coastal breakwater. The breakwater is a long, straight concrete structure extending from the shore into the sea. It is flanked by large, dark, irregularly shaped rocks. Waves are breaking against the rocks, creating white foam and spray. The sea is a deep blue color. In the background, a small town with buildings and a church is visible on the coast. The sky is blue with some white clouds.

Merci de votre attention