

PROGRAMME_INTERREG MAC 2014-2020
CODE DE PROJET_ MAC2/3.5b/314

PROJET_ OUTILS DE PLANIFICATION DES INFRASTRUCTURES ET DE GESTION DES
RISQUES POUR LE DÉVELOPPEMENT D'ÉCONOMIES CÔTIÈRES RÉILIENTES AU
CHANGEMENT CLIMATIQUE EN AFRIQUE DE L'OUEST

ACTIVITE 2.2.1_ PLANIFICATION URBAINE RESILIENTE DANS LES ZONES CÔTIÈRES

DOCUMENT_ÉTUDES DE SOLUTIONS DE PROTECTION CÔTIÈRE BASÉES SUR LA
NATURE DANS LA LANGUE DE BARBARIE/ SENEGAL

DATE_ DÉCEMBRE/ 2023

VOLUME 03
ANNEXE I

Interreg

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS

**Gobierno
de Canarias**

ULPGC

**INSTITUTO UNIVERSITARIO DE
TURISMO Y DESARROLLO
ECONÓMICO SOSTENIBLE**

Tides

URSCAPES

CETECIMA
CENTRO TECNOLÓGICO CIENCIAS MARINAS

GRAFCAN

**Cofradía de Pescadores
de Castillo del Romeral**



PROGRAMME_INTERREG MAC 2014-2020

CODE DE PROJET_ MAC2/3.5b/314

PROJET_ OUTILS DE PLANIFICATION DES INFRASTRUCTURES ET DE GESTION DES RISQUES
POUR LE DÉVELOPPEMENT D'ÉCONOMIES CÔTIÈRES RÉSILIENTES AU CHANGEMENT
CLIMATIQUE EN AFRIQUE DE L'OUEST

ACTIVITE 2.2.1_ PLANIFICATION URBAINE RESILIENTE DANS LES ZONES CÔTIÈRES

DOCUMENT_ÉTUDES DE SOLUTIONS DE PROTECTION CÔTIÈRE BASÉES SUR LA NATURE DANS
LA LANGUE DE BARBARIE/ SENEGAL

DATE_DÉCEMBRE/ 2023

VOLUME 03
ANNEXES I

Interreg

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



itc
Instituto Tecnológico de Canarias



ULPGC

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE
TURISMO Y DESARROLLO
ECONÓMICO SOSTENIBLE



URSCAPES



CETECIMA
CENTRO TECNOLÓGICO CIENCIAS MARINAS



Cofradía de Pescadores
de Castillo del Romeral



PROGRAMME_INTERREG MAC 2014-2020
CODE DE PROJET_MAC2/3.5b/314

PROJET_ Outils de planification des infrastructures et de gestion des risques
pour le développement d'économies côtières résilientes au changement
climatique en Afrique de l'Ouest

ACTIVITE 2.2.1_ PLANIFICATION URBAINE RESILIENTE DANS LES ZONES CÔTIÈRES

DOCUMENT_ÉTUDES DE SOLUTIONS DE PROTECTION CÔTIÈRE BASÉES SUR LA NATURE
DANS LA LANGUE DE BARBARIE/ SENEGAL

DATE_DÉCEMBRE/ 2023

VOLUME 03
ANNEXES I

Interreg

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



MAC 2014-2020
Cooperación Territorial



itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANTABRIA



ULPGC

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE
TURISMO Y DESARROLLO
ECONÓMICO SOSTENIBLE



URSCAPES



CETECIMA
CENTRO TECNOLÓGICO CIENCIAS MARINAS

GRAFCAN

Cofradía de Pescadores
de Castillo del Romeral

ÉDITION FINANCÉE PAR
PROGRAMME INTERREG-MAC 2014-2021
avec des fonds FEDER

PUBLICATION FAITE PAR
Groupe de recherche reconnu (GIR) URSCAPES
Institut universitaire du tourisme et du développement économique durable.
Université de Las Palmas de Gran Canaria.

Première édition, décembre 2023
© de l'édition, ses auteurs
© du texte, ses auteurs
© de ses images, ses auteurs

ÉDITION FINANCÉE PAR
PROGRAMME INTERREG-MAC 2014-2021
avec des fonds FEDER

Mise en page et Conception
Jin Taira

ISBN [Ouvrage Complet] 978-84-09-59268-5. ISBN [Volume 03] 978-84-09-59265-4

Le "copyright" et tous les droits de propriété intellectuelle et/ou industrielle sur le contenu de cette édition sont la propriété de l'Université de Las Palmas de Gran Canaria. La reproduction totale et/ou partielle de cette publication, ni son traitement informatique, ni la transmission sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique, mécanique, par photocopie ou par enregistrement ou par tout autre moyen, ne sont pas autorisés, sauf dans le cas où elle est effectuée à des fins académiques ou scientifiques et strictement non commerciales et gratuites, avec en tout état de cause l'ULPGC et l'ITC.

Avertissement

Le projet RESCOAST (numéro de contrat : MAC2/3.5b/314) est cofinancé par le programme de coopération territoriale Interreg MAC 2014-2020. Le présent document ne reflète que le point de vue du ou des auteurs et le Programme subventionnaire n'est pas responsable de toute utilisation qui pourrait être faite des informations qu'il contient.

www.ulpgc.es
www.itccanarias.org
www.tides.ulpgc.es



ÉQUIPE DE RÉDACTION

Chercheur principal ULPGC:
Jin Taira, TIDES

Chercheurs ULPGC :

Flora Pescador, TIDES

Vicente Mirallave, TIDES

Francisco Martinez, TIDES

Robin Houterman, TIDES

Antonio I. Hernández, IOCAG

Ignacio Alonso, IOCAG

Fidel García, SIANI

Guayre R. Macías, ULPGC

Architectes sous contrat

Santiago González

Carlos Peñate

Jacob de la Croix

Javier Portilla

Ingénierie:

Raley Estudios Costers

Gestion du bénéficiaire

principal:

Baltasar Peñate, ITC

Javier Acerete, ITC

Équipe consultative

WET

LNEC (Portugal)

HKV (PAYS-BAS)

IEOCI (Espagne)

BCIS (Senegal)

TROPIS (Senegal)

Rodrigo Martinez, architecte.

index

VOLUME 1/ MÉMOIRE

VOLUME 2/ PLANOS

VOLUME 3/ ANNEXRS

01 ETUDES OCÉANOGRAPHIQUES/ RALEY [015]

01.01 DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR DE HOULE CALCULÉE SUR LA CÔTE DE SAINT LOUIS/ SÉNÉGAL [017]

01.01.01 INTRODUCTION

01.01.02 RUPTURE DES VAGUES SUR LA PLAGE DE SAINT LOUIS

01.01.03 OBTENTION DE LA HAUTEUR DE VAGUE AU PIED DE CHANTIER

01.01.03.01 ANALYSE DE LA NON-RUPTURE

01.01.03.02 ANALYSE DE LA RUPTURE

01.01.03.02.01 CALCUL DE LA PROFONDEUR DE RUPTURE

01.01.04 RÉSULTATS FINAUX

01.01.05 FIGURES DE LA SHORE PROTECTION MANUELLE (SPM)

01.01.06 APPENDICE : SIMULATIONS DE SMC (SYSTÈME DE
MODÉLISATION CÔTIÈRE)

01.01.06.01 INTRODUCTION

01.01.06.02 HAUTEUR DES VAGUES EN RUPTURE

01.01.06.03 HAUTEUR DE VAGUE EN RUPTURE

01.02 CARACTÉRISATION DU CLIMAT MARITIME SUR LA CÔTE DE SAINT-LOUIS [041]

01.02.01 INTRODUCTION

01.02.02 CARACTÉRISTIQUES OCÉANOGRAPHIQUES

01.02.03 BASE DE DONNÉES

01.02.04 RÉGIME DE HOULE ORDINAIRE EN EAU PROFONDE

01.02.05 RÉGIME D'ESCALADE EXTRÊME DANS LES EAUX
PROFONDES

01.02.06 RATIO Hs/Tp EN EAU PROFONDE

01.02.07 CONCLUSIONS

01.02.08 BIBLIOGRAPHIE

01.03 INONDATION MARINE [071]

01.03.01 CALCUL DU ZÉRO HYDROGRAPHIQUE

01.03.02 CALCUL DES VALEURS EXTRÊMES DE LA MARÉE
ASTRONOMIQUE

01.03.03 CALCUL DES VALEURS EXTRÊMES DE LA MARÉE
MÉTÉOROLOGIQUE

01.03.04 CALCUL DU RÉGIME NORMAL DES VAGUES

01.03.05 CALCUL DU RÉGIME DE HOULE EXTRÊME

01.03.06 PÉRIODES ASSOCIÉES AU RÉGIME ORDINAIRE DES VAGUES

01.03.07 PÉRIODES ASSOCIÉES AU RÉGIME EXTRÊME DES VAGUES

01.03.08 CALCUL DE LA REMONTÉE MÉCANIQUE

01.03.09 CRITÈRE D'INONDATION

01.03.10 CONCLUSIONS

01.03.11 PROPOSITIONS CONTRE LES INONDATIONS EN MER

7

01.04 ÉTUDE CONFIGURATION ÎLOT DE PROTECTION [097]

01.04.01 ÉTUDE ET ANALYSE DE LA SECTION TYPE DE L'ÎLE ARTIFICIELLE

01.04.02 CALCUL DU RUN-UP

01.04.03 CALCUL DE LA STABILITÉ

01.04.03.1 CALCUL DE LA STABILITÉ DU MANTEAU PRINCIPAL

01.04.03.2 CALCUL DE LA STABILITÉ DU MANTEAU SECONDAIRE

01.04.03.3 LONGUEUR DU COURONNEMENT DU MANTEAU PRINCIPAL

01.04.03.4 CALCUL DE LA STABILITÉ DU MANTEAU SECONDAIRE

01.04.04 RÉSULTATS POUR L'ÎLE ARTIFICIELLE

02 ÉTUDES OCÉANOGRAPHIQUES. ÉTUDE HYDRODYNAMIQUE SUR MODÈLE NUMÉRIQUE D'UNE ÎLE ARTIFICIELLE SUR LA CÔTE DE SAINT-LOUIS (SÉNÉGAL)/ WET [111]

02.01 CARACTÉRISATION DE LA ZONE [112]

02.01.01 HISTORIQUE

- 02.01.02 OBJETS ET PORTÉE
- 02.01.03 INFORMATIONS DE DÉPART
- 02.01.04 CARACTÉRISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE
 - 02.01.04.01 LOCALISATION
 - 02.01.04.02 MORPHOLOGIE
 - 02.01.04.03 SÉDIMENTS
 - 02.01.04.04 EVOLUTION HISTORIQUE
 - 02.01.04.05 CONCLUSIONS
 - 02.01.04.06 RÉFÉRENCES

02.02 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL ET DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST [130]

- 02.02.01 OBJET ET PORTÉE
- 02.02.02 INFORMATIONS DE DÉPART
- 02.02.03 ÉTUDE DE DYNAMIQUE MARINE
 - 02.02.03.01 VAGUES EN EAUX INDÉFINIES
 - 02.02.03.02 NIVEAU DE LA MER
- 02.02.04 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE LITTORALE ACTUELLE
 - 02.02.04.01 PROPAGATION DES VAGUES
 - 02.02.04.02 COURANTS DANS LA ZONE DE RUPTURE
 - 02.02.04.03 VAGUES SUR LA CÔTE D'ÉTUDE
 - 02.02.04.04 TRANSPORT SÉDIMENTAIRE
 - 02.02.04.05 DIAGNOSTIC
- 02.02.05 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL AVEC LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST
 - 02.02.05.01 PROPAGATION DES VAGUES
 - 02.02.05.02 COURANTS DANS LA ZONE DE RUPTURE
 - 02.02.05.03 VAGUES SUR LA CÔTE D'ÉTUDE
 - 02.02.05.04 TRANSPORT SÉDIMENTAIRE
 - 02.02.05.05 DIAGNOSTIC
- 02.02.06 CONCLUSIONS
- 02.02.07 BIBLIOGRAPHIE

02.03 ÉTUDE DU PROFIL DE LA PLAGE ACTUELLE ET DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST, ÉTUDE DE LA REFONTE DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

ET ÉTUDE DU PROFIL DE LA PLAGE AVEC LA REFONTE DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST [238]

02.03.01 OBJET ET PORTÉE

02.03.02 ÉTUDE DU PROFIL DE LA PLAGE ACTUELLE ET DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.03.02.01 DÉTERMINATION DU PROFIL ACTIF DE LA PLAGE ACTUELLE

02.03.02.02 DÉTERMINATION DU PROFIL AVEC LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.03.02.03 ÉTUDE DIAGNOSTIQUE

02.03.03 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL AVEC LA REFONTE DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.03.03.01 RÉSULTATS DE LA PROPAGATION DES VAGUES

02.03.03.02 COURANTS DANS LA ZONE DE RUPTURE

02.03.03.03 VAGUES SUR LA CÔTE D'ÉTUDE

02.03.03.04 TRANSPORT SÉDIMENTAIRE

02.03.04 ÉTUDE DU PROFIL DE LA PLAGE AVEC LA REFONTE DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.03.04.01 PROFONDEUR DE FERMETURE DU PROFIL AVEC LA REFONTE PROPOSÉE

02.03.04.02 PROFIL D'ÉQUILIBRE DE LA CÔTE AVEC LA REFONTE PROPOSÉE

02.03.05 ETUDE DE DIAGNOSTIC

02.03.06 CONCLUSIONS

6

02.04 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL ET ÉTUDE DU PROFIL DE PLAGE DE LA TROISIÈME PROPOSITION PRÉSENTÉE PAR RESCOAST [303]

02.04.01 OBJET ET PORTÉE

02.04.02 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL AVEC LA REFONTE DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.04.02.01 RÉSULTATS DE LA PROPAGATION DES VAGUES

02.04.02.02 COURANTS DANS LA ZONE DE RUPTURE

02.04.02.03 VAGUES SUR LA CÔTE D'ÉTUDE

02.04.02.03 VAGUES SUR LA CÔTE D'ÉTUDE

02.04.02.04 TRANSPORT SÉDIMENTAIRE

02.04.03 ÉTUDE DU PROFIL DE LA PLAGE AVEC LA TROISIÈME CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.04.03.01 PROFONDEUR DE FERMETURE DU PROFIL AVEC LA TROISIÈME
CONCEPTION PROPOSÉE

02.04.03.01 PROFIL D'ÉQUILIBRE DE LA CÔTE AVEC LA TROISIÈME
CONCEPTION PROPOSÉE

02.04.04 ÉTUDE DIAGNOSTIQUE

02.04.05 CONCLUSIONS

**02.05 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL ET DU PROFIL DE PLAGE DE LA
QUATRIÈME PROPOSITION PRÉSENTÉE PAR RESCOAST [357]**

02.04.01 OBJET ET PORTÉE

02.04.02 ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DU LITTORAL AVEC LA REFONTE
DE LA CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.04.02.01 RÉSULTATS DE LA PROPAGATION DES VAGUES

02.04.02.02 COURANTS DANS LA ZONE DE RUPTURE

02.04.02.03 VAGUES SUR LA CÔTE D'ÉTUDE

02.04.02.04 TRANSPORT SÉDIMENTAIRE

02.04.03 ÉTUDE DU PROFIL DE LA PLAGE AVEC LA QUATRIÈME
CONFIGURATION PROPOSÉE PAR RESCOAST

02.04.03.01 PROFONDEUR DE FERMETURE DU PROFIL AVEC LA TROISIÈME
CONCEPTION PROPOSÉE

02.04.03.02 PROFIL D'ÉQUILIBRE DE LA CÔTE AVEC LE QUATRIÈME
DESSIN PROPOSÉ

02.04.04 ÉTUDE DIAGNOSTIQUE

02.04.05 CONCLUSIONS

**02.06 ÉTUDE HYDRODYNAMIQUE SUR MODÈLE NUMÉRIQUE D'UNE ÎLE
ARTIFICIELLE SUR LA CÔTE DE SAINT-LOUIS (SÉNÉGAL). ÉTUDE DE
LA DYNAMIQUE LITTORALE PAR L'EFFET DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE [409]**



[FOTO: JIN TAIRA]



5. ANNEXES





ETUDES OCÉANOGRAPHIQUES/ RALEY

2023

PETICIONARIO:
Programme de
Coopération
INTERREG V A
MAC 2014-2020
Projet RES-COAST

16

**RÉALISATION D'ÉTUDES TECHNIQUES DANS
LE CADRE DU PROJET "PROGRAMME DE
COOPÉRATION :
INTERREG MAC 2014-2020. PROJET RES-COAST -
COSTA DE SAINT LOUIS (SENEGAL)"**



C/ Francisco Gourié 107, 2 Ofic. 20
35002 Las Palmas de Gran Canaria
Tlf: 928 077 145 Mov: 606 574 415
info@raleyestudioscosteros.com
CIF : J-76054766

REALISATION D'ETUDES TECHNIQUES DANS LE PROJET "PROGRAMME DE COOPERATION :
INTERREG MAC 2014-2020 PROJET : RES-COAST - CÔTE DE SAINT LOUIS (SÉNÉGAL)"

DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR DE LA VAGUE DE CALCUL SUR LA CÔTE DE SAINT LOUIS (SÉNÉGAL)

17

INDEX

1. INTRODUCTION	3
2. LES VAGUES SE BRISENT SUR LA PLAGE DE SAINT LOUIS	3
3. OBTENTION DE LA HAUTEUR DES VAGUES SUR LE CHANTIER.....	6
2.1. Analyse de la Non Rupture.....	7
2.2. Analyse de la rupture	8
2.2.1. Calculs Plage de Profondeur de Rupture	9
4. RÉSULTATS FINAUX	14
5. FIGURES DE LA SHORE PROTECTION MANUELLE (SPM).....	15

1. INTRODUCTION

La présente annexe décrit les calculs nécessaires pour connaître le comportement à la rupture des vagues dans la zone d'étude. Son analyse contribuera à la prise de décision et à l'étude de différentes alternatives pour la protection que l'on veut projeter sur la côte de Saint-Louis, au Sénégal.

Pour cela, il faut calculer la hauteur de calcul, de sorte qu'il est nécessaire de connaître la propagation des vagues des eaux profondes à la profondeur de pied du mur. Ces propagations peuvent être obtenues à partir de modèles numériques bidimensionnels tels que SMC ou MIKE 21. Dans ce cas, on utilisera le SMC, avec lequel on effectuera les propagations avec les données de houle obtenues du climat maritime, des eaux profondes aux côtes.

Cet outil permet d'analyser le comportement de rupture et de non-rupture de la houle pour obtenir la hauteur de calcul des éventuelles structures à envisager. En outre, il servira à voir si ces structures supportent la rupture de la houle, surtout par des tempêtes de mer, afin d'éviter des défaillances et des dommages sur le chantier.

2. RUPTURE DES VAGUES SUR LA PLAGES DE SAINT LOUIS

Le type de rupture de la vague dépend à la fois du dévers de celle-ci et du talus de la plage, c'est-à-dire que la forme de rupture est définie par la valeur de nombre d'Iribarren ou "paramètre de ressemblance de surf".

$$Iro = \xi = \frac{tg \alpha}{\sqrt{Ho/Lo}}$$

19

où :

- $Iro = \xi =$ Paramètre d'Iribarren
- $Tg \alpha =$ Pente du fonds
- $Ho =$ Hauteur des vagues en eau profonde
- $Lo =$ Longueur d'onde en eau profonde

Galvin & Battjes ont obtenu en laboratoire les valeurs limites du nombre d'Iribarren pour les différents types de rupture. En fonction de la Ho en eaux profondes ont établi les gammes suivantes :

- **Rotura tipo Spilling: $Iro < 0.5$**
 La rupture commence par la crête de la vague, sans que la volute ou le tube ne se forme. Ils se caractérisent par la présence de mousse sur la crête.
 Pente de la plage : TRÈS BASSE
 Dévers de la vague : TRÈS HAUT
- **Rotura tipo Plunging: $0.5 < Iro < 3.0$**
 Lors de la formation de la volute ou du tube se produit la rupture par la chute de la vague vers l'avant.
 Pente de la plage : BAJA
 Dévers de la vague : HAUT
- **Rotura tipo Collapsing: $3.0 < Iro < 3.5$**

Transition entre la rupture Plunging et Surging.

Pente de la plage : TRÈS HAUTE

Dévers de la vague : TRÈS BAS

- **Rupture type Surging : $Iro > 3.5$**

Il se présente comme une vague en forme de rupture Plunging mais cette rupture commence par le sein de la vague.

Pente de la plage : TRÈS HAUTE

Dévers de la vague : TRÈS BAS

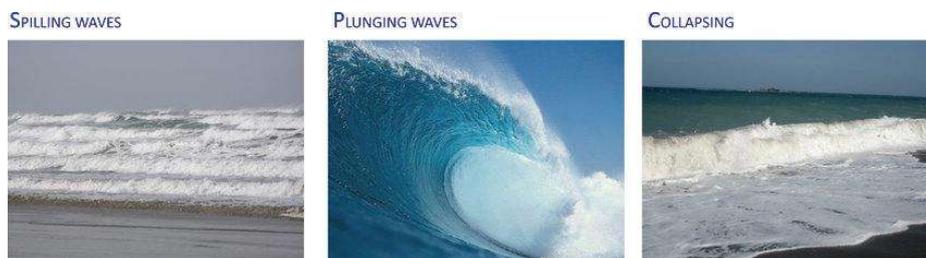


Figure 1.- Types de Rupture des Vagues sur une Plage

Pour la côte de Saint-Louis, le nombre d'Iribarren est calculé comme suit :

RÉSULTATS RÉGIME MOYEN

- $Tg \alpha$ = Pente du fond = 0.002
- H_o = Hauteur des vagues en eau profonde = 2,5 m
- Tp = période de pic = 13 s
- L_o = Longueur d'onde en eau profonde = 263,86 m
- $Iro = \Xi = \text{Paramètre d'Iribarren} = 0,02$

La valeur d' $Iroes$ est inférieure à 0,5, de sorte que c'est type de rupture qui se produit sur la côte de Saint-Louis est type **Spilling**.

RÉSULTATS RÉGIME EXTRÊME

- $Tg \alpha$ = Pente du fond = 0.002
- H_o = Hauteur des vagues en eau profonde = 6,44 m
- Tp = période de pic = 18 s
- L_o = Longueur d'onde en eau profonde = 505,86 m
- $Iro = \Xi = \text{Paramètre d'Iribarren} = 0.018$

La valeur d' $Iroes$ est inférieure à 0,5, de sorte que c'est type de rupture qui se produit sur la côte de Saint-Louis est type **Spilling**.

Sur une même vague, deux types de rupture peuvent se produire, comme expliqué *par Iro* dépend également de la pente du fond (αTg). La méthodologie proposée pour l'étude de la rupture des vagues sur la côte de Saint-Louis est la suivante :

- Obtention de H_b à partir du dévers de la vague en eau profonde et du talus côtier (GODA 1970). Figure 2.72 du Sh.P.M. (Manuel de protection des shores).

RÉSULTATS RÉGIME MOYEN

- m = Pente du fond = 0.002
- H_o '= Hauteur des vagues en eau profonde = 2,5 m
- T_p = période de pic = 13 s

La valeur de $H_o'/(g * T^2) = 0.0015$ est calculée. Avec cette valeur et la valeur de m

vous obtenez la valeur de H_b/H_o' , de la figure 2.72 de Sh.P.M. (Figure 5).

La valeur de $H_b/H_o' = 1.20$, de sorte que la valeur de **Hb = 3,0 m. L'Hb est 20 % supérieure au**

Ho' qui la génère.

RÉSULTATS RÉGIME EXTRÊME

- m = Pente du fond = 0.002
- H_o '= Hauteur des vagues en eau profonde = 6,44 m
- T_p = période de pic = 18 s

La valeur de $H_o'/(g * T^2) = 0.0020$ est calculée. Avec cette valeur et la valeur de m

se, on obtient la valeur de H_b/H_o' , de la figure 2.72 de Sh.P.M. (Figure 5).

La valeur de $H_b/H_o' = 1.13$, de sorte que la valeur de $H_b = 7.28$ m. H_b est 13% plus grande que la H_o' que la produisant.

- b. Obtention de la profondeur de rupture (db) à partir du dévers de H_b et du talus côtier (Weggel 1972). Figure 2.73 du Sh.P.M. (Manuel de protection des côtes).

RÉSULTATS RÉGIME MOYEN

$$H_o'/(g * T^2) = 0.0015 \rightarrow H_b/H_o' = 1.20 \rightarrow H_b = 3.0 \text{ m}$$

$$H_b/(g * T^2) = 0.0018 \rightarrow \text{si } m = 0 \rightarrow db/H_b = 1.28 \rightarrow db = 3.84 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{si } m = 0.15 \rightarrow db/H_b = 0.68 \rightarrow db = 2.04 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{si } m = 0.002 \rightarrow db/H_b = 1.26 \rightarrow db = 3.78 \text{ m}$$

RÉSULTATS RÉGIME EXTRÊME

$$H_o'/(g * T^2) = 0.0020 \rightarrow H_b/H_o' = 1.13 \rightarrow H_b = 7.28 \text{ m}$$

$$H_b/(g * T^2) = 0.0023 \rightarrow \text{si } m = 0 \rightarrow db/H_b = 1.28 \rightarrow db = 9.52 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{si } m = 0.15 \rightarrow db/H_b = 0.72 \rightarrow db = 5.24 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{si } m = 0.002 \rightarrow db/H_b = 1.26 \rightarrow db = 9.17 \text{ m}$$

La rupture de la houle au large de la côte sénégalaise est de type Spilling avec des vagues du régime moyen et de l'extrême, typique des plages avec des pentes basses et des déverss élevés.

Figure 21. - Stabilité du cresson pour les vagues régulières (Markle 1989). (Source : Coastal Engineering Manuel)

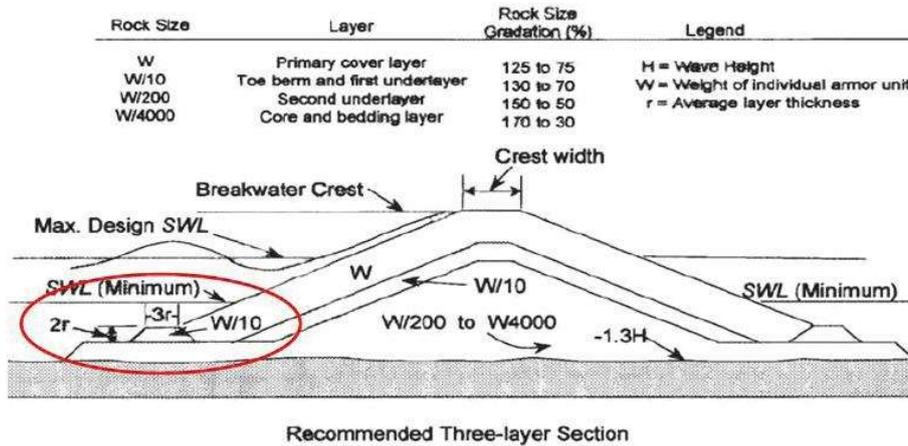


Figure 22. - Considérations de la formule de Van der Meer (1995) pour le dimensionnement de Bermas sur les digues en talus. (Source : Coastal Engineering Manual)

3.3.3. Longueur du couronnement du manteau principal

La longueur de la cote de couronnement du manteau principal est égale à 3 éléments du manteau principal, c'est-à-dire :

$$3 *$$

3.3.4. Calcul de Stabilité du Manteau Secondaire

Pour le calcul des poids du manteau secondaire, il est tenu compte de l'état du filtre, qui prévoit que le poids du manteau secondaire est 1/10 ou 1/20 le poids du manteau principal.

3.3.4.1. Calcul de l'épaisseur des manteaux

L'épaisseur des manteaux est calculée comme suit:—

où :

- e = épaisseur du manteau (m)
- n = nombre de pièces
- k = coefficient de couche
- W_{50} = poids de l'élément (Tn)
- γ = densité du matériau

CUADRO DE COEFICIENTES DE CAPA
Y POROSIDADES SEGÚN ELEMENTOS DEL MANTO

UNIDAD DEL MANTO	NÚMERO DE PIEZAS	COLOCACIÓN	COEFICIENTE DE CAPA, K_s	POROSIDAD (P) (P)
Escollera lisa	2	Aleatoria	1,02	38
Escollera rugosa	2	Aleatoria	1,00	37
Escollera rugosa	> 2-3	Aleatoria	1,00	40
Esc. paralelepípeda	2	Especial	1,00	27
Cubo	2	Aleatoria	1,10	47
Bloque	2	Aleatoria	1,10	47
Antifer	2	Aleatoria	1,10	44-49
Tetrápodo	2	Aleatoria	1,04	50
Tribar	2	Aleatoria	1,02	54
Dolo	2	Aleatoria	0,94	56
Acrópodo	1	Especial	1,24-1,40	52
Cuadrípodo	2	Aleatoria	0,95	49
Hexápodo	2	Aleatoria	1,15	47
Toskane	2	Aleatoria	1,03	52
Core-lac	1	Especial	1,60	66
Tribar	1	Especial	1,13	47

Figure 23. - Valeurs du coefficient de couche de porosité pour différents éléments de protection

3.4. Résultats pour l'île artificielle

Pour la configuration de la section en talus ont été pris en compte deux types d'éléments, des blocs fabriqués avec une chaux hydraulique à base de Tifa (pour plus d'informations sur ce matériel consulter le TFG réalisé pour ce projet "Caractérisation des Mortiers de Chaux Hydrauliques Renforcés avec Typha pour leur Emploi en Travaux Maritimes" (Erreur! On ne trouve pas l'origine de la référence.) et des blocs Antifer fabriqués avec des bétons durables de type ^{ECONcrete} à l'italienne (Erreur! L'origine de la référence n'est pas trouvée.). Les calculs ont été effectués pour les différents profils établis dans le corps de l'île, puisque la hauteur de vague de calcul varie en fonction de la profondeur à laquelle ces profils sont établis. Ces hauteurs de vague de calcul, en non-rupture ont été obtenus à partir de la propagation des vagues en SMC.

Enfin, après avoir étudié les alternatives à prendre en compte pour le choix des éléments de protection du talus de l'île, les résultats obtenus sont présentés. Ces valeurs serviront à la conception et à la configuration de la section du talus de l'île de protection.

Compte tenu des caractéristiques structurelles des éléments choisis, blocs de typhoïde et Antifer ECONCRETE, les paramètres de conception du talus sont les suivants :

P = Poids de l'élément de protection
ainsi α = talus des manteaux et de berme
 L_c = Longueur de la cote de couronnement
 C_c = Cote de couronnement

em = épaisseur moyenne des nappes
 h = hauteur du mur de sable
 b = Longueur de la base supérieure berme
 B = Longueur de la base inférieure berme

TIFA		MANTEAU PRINCIPALE		MANTEAU SECONDAIRE			BERMA	
SECTIONS (PK)		P ₁ (Tn)	e _m (m)	P ₂ (Tn)	e _m (m)	h (m)	b (m)	B (m)
CORPS	4,40 – 1,60	14	4,00	0,70	1,30	3,00	4,00	12,80
	0,60	9	3,00	0,44	1,00	2,20	3,00	9,60
	0,40	6	2,80	0,28	1,00	2,10	3,00	9,40
TÊTE	5,00 – 4,60	21	4,00	1,06	1,40	3,00	4,00	12,80
	1,40 – 1,20	21	4,00	1,06	1,40			
	1,00 – 0,80	13	4,00	0,66	1,40			

Tableau 14. - Caractéristiques du talus avec des blocs de typhus pour les profils établis sur l'île artificielle

ECONCRETE		MANTEAU PRINCIPALE		MANTEAU SECONDAIRE			BERMA	
SECTIONS (PK)		P ₁ (Tn)	e _m (m)	P ₂ (Tn)	e _m (m)	h (m)	b (m)	B (m)
CORPS	4,40 – 1,60	7	4,00	0,36	1,30	3,00	4,00	12,80
	0,60	5	3,00	0,23	1,00	2,20	3,00	9,60
	0,40	3	2,80	0,14	1,00	2,10	3,00	9,40
TÊTE	5,00 – 4,60	11	4,00	0,54	1,40	3,00	4,00	12,80
	1,40 – 1,20	11	4,00	0,54	1,40			
	1,00 – 0,80	7	4,00	0,34	1,40			

Tableau 15. - Caractéristiques du talus avec des blocs d'Econcrete pour les profils établis sur l'île artificiel

Le dessin des profils établis pour l'île artificielle peut être consulté dans les plans joints en annexe au présent rapport. La section de l'île est présentée ci-dessous (Figure 24).

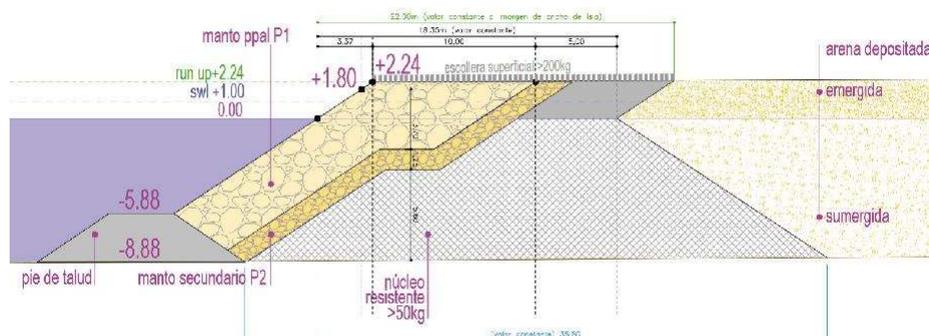


Figure 24. - Conception en section du corps de l'île artificielle (fabrication propre)



SL-5316GN



ÉTUDES OCÉANOGRAPHIQUES/ WET





WET
 INGENIERIA
 HIDRÁULICA Y MARÍTIMA

**ÉTUDE HYDRODYNAMIQUE SUR MODÈLE
 NUMÉRIQUE D'UNE ÎLE ARTIFICIELLE SUR LA CÔTE
 DE SAINT LOUIS (SÉNÉGAL)**
 CARACTÉRISATION DE LA ZONE

CLIENTE



VERSION 03
 DATE : 17/01/2024

INDEX

1. ANTÉCÉDENTS	4
2. OBJET ET PORTÉE.....	4
3. INFORMATIONS DE DÉPART	4
4. CARACTÉRISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	5
4.1. LOCALISATION	5
4.2. MORPHOLOGIE	6
4.2.1. CONTEXTE ET HISTORIQUE.....	6
4.2.2. ORIENTATION DU LITTORAL	8
4.2.3. BATHYMÉTRIE.....	9
4.3. SÉDIMENTS.....	10
4.4. ÉVOLUTION HISTORIQUE	11
4.4.1. ÉVOLUTION HISTORIQUE GÉNÉRALE.....	11
4.4.2. EVOLUTION HISTORIQUE DE LA ZONE D'ETUDE.....	14
4.4.3. ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DU NIVEAU DE LA MER.....	16
5. CONCLUSIONS.....	18
6. RÉFÉRENCES.....	18

CARACTÉRISATION DE LA ZONE

1. ANTÉCÉDENTS

L'INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, S.A. (ci-après ITC) dirige le projet "RESCOAST - Outils de planification des infrastructures et de gestion des risques pour le développement des économies côtières résilientes au changement climatique en Afrique de l'Ouest (MAC2/3.5b/314)" cofinancé à 85 % par le FEDER dans le cadre du programme de coopération territoriale INTERREG V A Espagne-Portugal MAC 2014-2020.

Ce projet RESCOAST vise à répondre aux risques spécifiques dans les zones côtières, à assurer la résilience face aux catastrophes et à développer des systèmes de gestion des catastrophes sur le littoral.

Dans le cadre de l'activité 2.2.1 de ce projet, il est justifié de sous-traiter la prestation du service d'assistance technique pour la réalisation d'une étude hydrodynamique sur modèle numérique d'une île artificielle au large de Saint-Louis (Sénégal) et déterminer la faisabilité fonctionnelle de la configuration proposée, dirigée par le Groupe de recherche reconnu URSCAPES (n° 566) de l'Institut universitaire de tourisme et de développement économique durable (TIDES), de l'Université de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), partenaire du projet RESCOAST.

En novembre 2022, l'ITC annonce l'appel d'offres "Service d'étude hydrodynamique sur modèle numérique d'une île artificielle sur la côte de Saint Louis (Sénégal)", dans le cadre du projet RESCOAST, du Programme de Coopération Territoriale INTERREG V A Espagne Portugal MAC 2014-2020, cofinancé à 85% par le Fonds européen de développement régional (FEDER)".

La société WET INGENIERIA HYDRAULICA Y MARÍTIMA, S.L.U. (ci-après dénommée WET INGENIERÍA) est adjudicataire de cet appel d'offres et le présent contrat est développé.

2. OBJET ET PORTÉE

L'objet de la présente étude est de réaliser une étude hydrodynamique sur modèle numérique d'une île artificielle au large de la côte de Saint-Louis (Sénégal) pour protéger cette zone de l'érosion côtière. À cette fin, le comportement fonctionnel et la dynamique côtière de la zone seront déterminés, ce qui permettra de vérifier la faisabilité technique et environnementale de la configuration proposée.

Dans ce premier livrable de l'étude est réalisée une caractérisation de la zone d'étude, détaillant la localisation et la morphologie de la zone ainsi que son évolution historique.

3. INFORMATIONS DE DÉPART

Les informations suivantes ont été fournies aux fins du présent document :

- ξ Topographie et bathymétrie détaillée de la zone d'étude. Source : ITC.
- ξ Cartographie et Ortofoto. Source : ITC.
- ξ Données granulométriques du site d'étude. Source : ITC.
- ξ Photographies aériennes de la zone d'étude. Source : Landsat et Copernicus.

- ξ Base de données du niveau de la mer du maréchal de Dakar. Fuente: Sea Level Center, University of Hawaii,

4. CARACTÉRISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le présent paragraphe donne une description de la localisation et de la morphologie du tronçon de côte qui fait actuellement l'objet d'une analyse. L'objectif est de mettre en évidence les éléments qui conditionneront le plus le régime de comportement de la côte d'étude.

4.1. LOCALISATION

Saint-Louis est une ville et une région du nord-ouest du Sénégal, proche de l'embouchure du fleuve Sénégal et de la frontière mauritanienne (Figure 1).

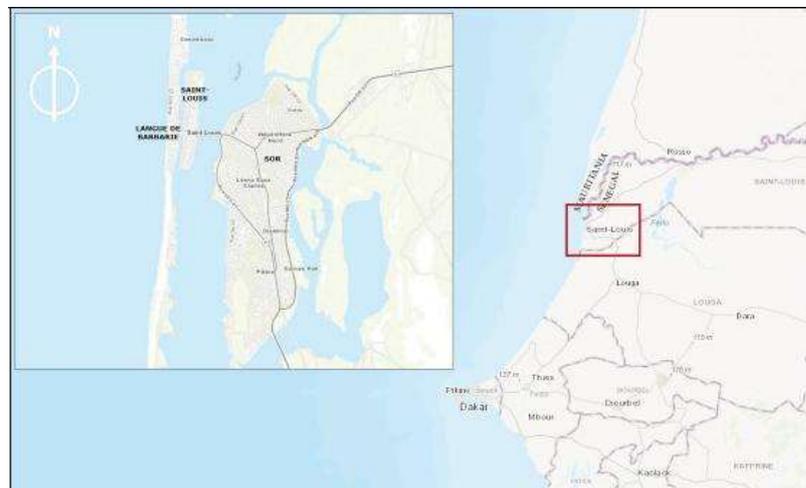


Figure 1 Emplacement de la zone d'étude

La ville est située sur une île étroite du même nom, située sur le fleuve Sénégal. À ce point, la rivière est séparée de l'océan Atlantique par une mince péninsule sablonneuse, appelée Langue de Barbarie dans laquelle se trouvent quelques quartiers de la ville. Une autre partie de la ville se trouve sur l'île de Sor, située à l'est de l'île Saint-Louis.

L'île fluviale de Saint-Louis s'étend sur environ 2 km de long et 300 m de large et abrite les bâtiments coloniaux de la ville, l'île étant classée au patrimoine mondial de l'UNESCO.

Face à cette île, et en séparant le fleuve de l'océan se trouve la Langue de Barbarie, qui est une péninsule qui s'étend sur plus de 40 km de côte, de la frontière avec la Mauritanie au nord, à Potou, dans la région de Louga. Cette péninsule n'est pas construite sur toute sa longueur, mais face à l'île de Saint-Louis se trouvent les quartiers de pêcheurs de Guet Ndar, Ndar Toute, Santhiaba et Goxumbaac. Dans cette zone, la Langue de Barbarie a une largeur d'environ 300 mètres.

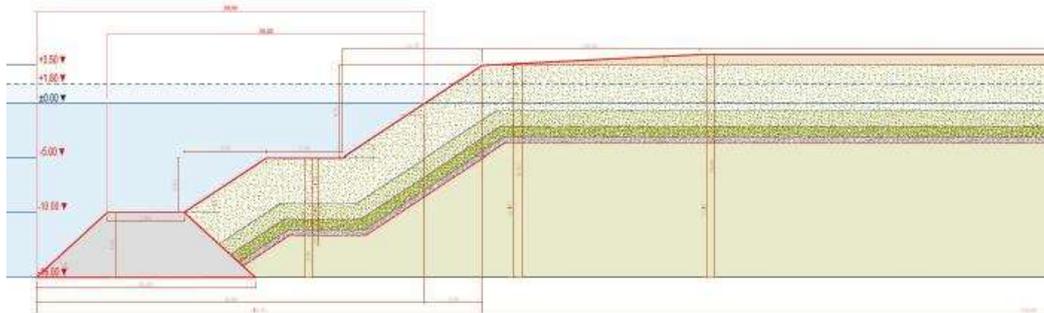


Figure 19 Section type des dessins proposés (Source : RESCOAST)

À partir de cette section type, on a obtenu pour les cotes d'inondation de 4,07 m et 4,15 m, une avance de l'inondation de 16,65 m et 18,39 m, respectivement. Cette inondation est représentée à titre d'exemple dans le premier dessin proposé (voir Figure 20).

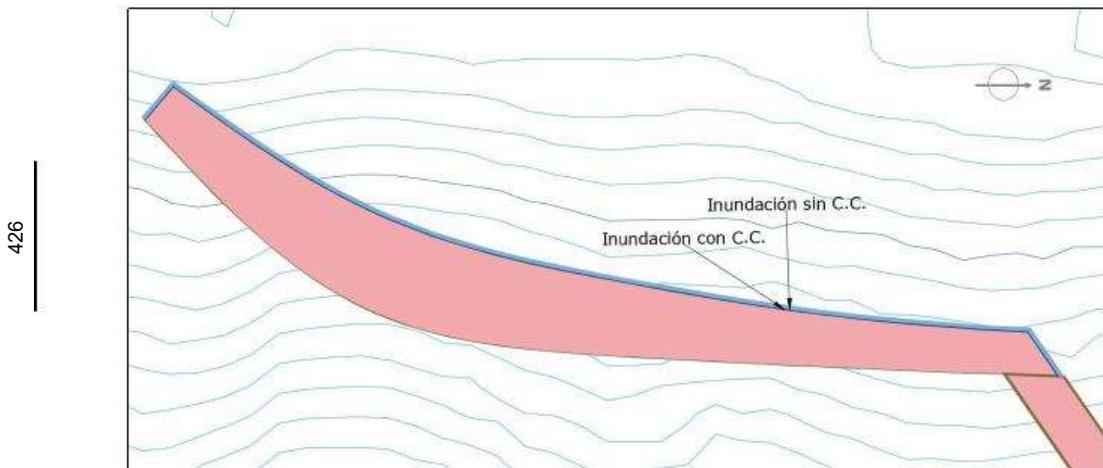


Figure 20 Inondations associées aux niveaux d'inondation dans la première conception proposée par RESCOAST

6. CONCLUSIONS

Les conclusions de ce document sont résumées ci-après :

- L'étude du niveau de la mer montre une tendance à la croissance, qui pourrait atteindre une augmentation de +0,16 m en 100 ans.
- En ce qui concerne la hauteur des vagues et la période de pointe, la tendance est négative, de sorte que ces valeurs diminueraient de -0,32 m et -0,16 sec. sur 100 ans, respectivement.
- En ce qui concerne la direction du flux moyen, une augmentation de 1,40° est prévue sur 100 ans si la tendance se maintient.
- Après calcul de la série des niveaux d'inondation sur le littoral de la Langue de Barbarie et sur le littoral de la conception proposée, on constate une nette augmentation de cette variable lorsque les effets du changement climatique lui sont appliqués.

À Telde, le 24 janvier 2024

Signé :

Fdo. Carlos Acosta Soria

Ingénieur des routes, canaux et ports

No Collégial : 23588

Fdo. Pedro Martínez-Corbalán Romero

Ingénieur des routes, canaux et ports

No Collégial : 30589

427

