



**HAL**  
open science

## Méthode de couplage vague-morphodynamisme du littoral par principe de minimisation.

Ronan Dupont, Megan Cook, Frederic Bouchette, Bijan Mohammadi

► **To cite this version:**

Ronan Dupont, Megan Cook, Frederic Bouchette, Bijan Mohammadi. Méthode de couplage vague-morphodynamisme du littoral par principe de minimisation.. Salon international du littoral, enjeux méditerranéens, Nov 2021, La Grande-Motte, France. hal-03454097v1

**HAL Id: hal-03454097**

**<https://hal.science/hal-03454097v1>**

Submitted on 29 Nov 2021 (v1), last revised 3 Mar 2023 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# MÉTHODE DE COUPLAGE VAGUE-MORPHODYNAMIQUE DU LITTORAL PAR PRINCIPE DE MINIMISATION

R. Dupont<sup>1,3</sup> M. Cook<sup>1,3</sup> F. Bouchette<sup>1,3</sup> B. Mohammadi<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>GEOSCIENCES-M, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France, ronan.dupont@umontpellier.fr, megan.cook@umontpellier.fr, frederic.bouchette@umontpellier.fr

<sup>2</sup>IMAG, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France, bijan.mohammadi@umontpellier.fr

<sup>3</sup>GLADYS, Univ Montpellier, CNRS, Le Grau du Roi, France

## INTRODUCTION

- Un nouveau modèle de morphodynamique de dynamique côtière a été développé sur la base de la **minimisation de l'énergie** sous contrainte. Cette approche pourrait à terme s'étendre dans de nouvelles disciplines.
- Le modèle s'adapte à des contextes de bassin ou de mer ouverte et ne requiert que deux hyper-paramètres (taux d'abrasion du sable et le seuil de pente maximale). Les modèles conventionnels (XBeach, Swan, Telemac, ...) nécessitent un grand nombre de paramètres empiriques.
- Opti-Morph a été validé à travers des cas comparant des données expérimentales de canal et des simulations numériques avec XBeach.
- Le modèle est **rapide** et de **faible complexité**.

## MODÈLE NUMÉRIQUE

### 1) Fonction coût:

L'évolution du fond marin  $\psi$  est obtenu par principe de minimisation de la fonction coût  $J$ . Ici on minimise l'énergie d'une vague avant le déferlement.

$$J(\psi, t) = \frac{1}{16} \int_{\Omega_S} \rho_w g H^2(\psi, x, t) dx \quad [J.m^{-1}]$$

$\Omega_S$ : zone avant déferlement [m]  
 $\rho_w$ : densité de l'eau [m<sup>3</sup>]  
 $g$ : accélération gravitationnelle [m.s<sup>-2</sup>]  
 $H$ : hauteur significative de la vague [m].

### 2) Équation du système:

Le fond marin  $\psi$  est obtenu grâce à l'équation suivante résultant du principe de descente du gradient.

$$\begin{cases} \psi_t = -\Upsilon \Lambda d \\ \psi(t=0) = \psi_0 \end{cases}$$

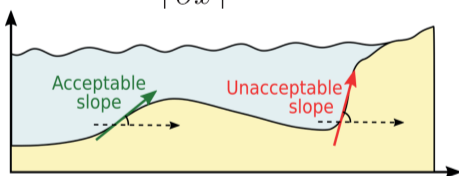
$\psi_t$ : évolution du fond marins en temps [m.s<sup>-1</sup>]  
 $\Upsilon$ : abrasion du sable [m.s.kg<sup>-1</sup>]  
 $\Lambda$ : excitation du fond marin par les vagues  
 $\psi_0$ : élévation initiale du fond de la mer [m].

Des contraintes sont ajoutées à  $d = \nabla_{\psi} J$  afin que le modèle soit le plus réaliste possible.

### 3) Contraintes:

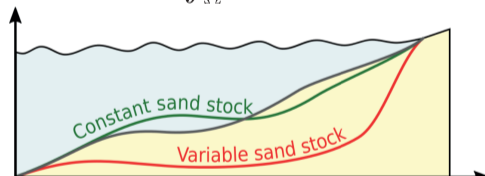
La pente du fond marin est conditionnée par un seuil  $M_{slope}$  limitant un scénario où les grains ne tomberaient pas.

$$\left| \frac{\partial \psi}{\partial x} \right| \leq M_{slope}$$



On considère bien souvent la conservation du sable au cours du temps.

$$\int_{\Omega} \psi(t, x) dx = \int_{\Omega} \psi_0(x) dx \quad \forall t \in [0, T]$$



## RÉSULTATS ET APPLICATION

À travers plusieurs thèses, de nombreuses applications ont vu le jour en passant par l'**optimisation de formes d'ouvrages portuaires** jusqu'au **positionnement stratégique** de système de protection. Cette dernière application a été conduite par Megan Cook<sup>1,3</sup>. Elle visait à limiter la propagation de la houle sur une plage sableuse. Ci-dessous le résultat de plusieurs simulations sur différents emplacements de géotubes.

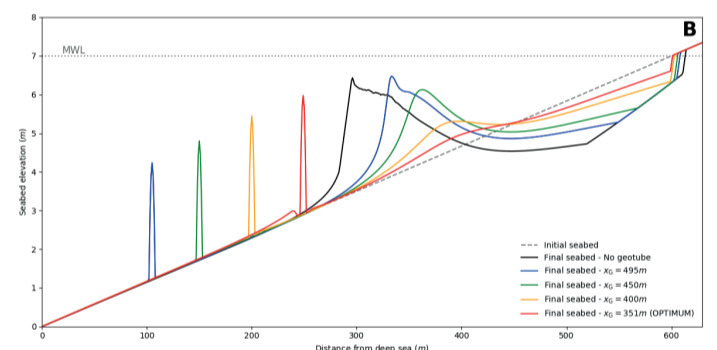


Fig. 1 Résultats de la recherche numérique de la position optimale du géotube via Opti-Morph

L'optimum étant trouvé à l'emplacement  $x=351$  m (rouge), il en résulte une dynamique sableuse du domaine bien plus faible que les autres emplacements de géotubes. Plusieurs scénarios ont été testés et d'autres travaux ont été effectués sur l'influence de ces géotubes sur les hauteurs d'eau.

## AXES DE RECHERCHE

- Développement du code de calcul Opti-Morph: nouvelles approches théoriques et numériques, extension du code à des **modèles 2D**.
- Reformulation du principe d'hydro-morphisme du littoral vers un **problème global** (et non local).
- Confrontations des nouveaux modèles à des données issues d'expérimentations validées par le partenaire GLADYS.
- Extension de cette notion de transport optimal à d'**autres disciplines**: développement mathématique de nouveaux formalismes et concepts.

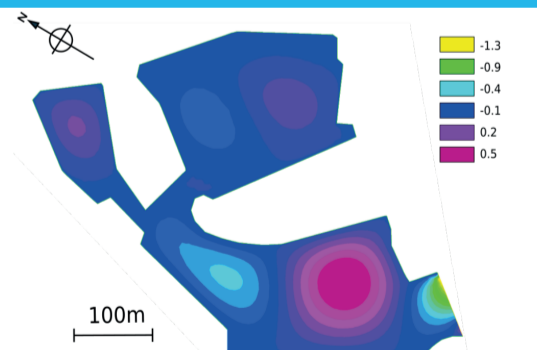


Fig. 2 Oscillation des vagues au sein du port de La Turballe, pour une paramétrisation donnée du port par Mégan Cook<sup>1,3</sup>.

## RÉFÉRENCES

D. Isebe, P. Azerad, B. Mohammadi, F. Bouchette (2007). Optimal shape design of defense structures for minimizing short wave impact.

M. Cook, F. Bouchette, B. Mohammadi, L. Sprunck, N. Fraysse (2021) Optimal port design minimizing standing waves with a posteriori long term shoreline sustainability analysis.

M. Cook, F. Bouchette, B. Mohammadi, L. Sprunck, N. Fraysse (2021) Application of Opti-Morph: Optimized beach protection by submerged geotextile tubes.

B. Mohammadi, & A. Bouharguane (2011). Optimal dynamics of soft shapes in shallow waters. Computers and Fluids

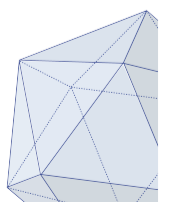


UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER



IMAG

INSTITUT MONTPELLIERAIN ALEXANDER GROTHENDIECK



Biodiversité  
Agriculture  
Alimentation  
Environnement  
Terre  
Eau

SALON INTERNATIONAL COASTAL EXHIBITION  
DU LITTORAL  
LES ENJEUX MÉDITERRANÉENS - MEDITERRANEAN CHALLENGES

# MÉTHODE DE COUPLAGE VAGUE-MORPHODYNAMIQUE DU LITTORAL PAR PRINCIPE DE MINIMISATION

R. Dupont<sup>1,3</sup> M. Cook<sup>1,3</sup> F. Bouchette<sup>1,3</sup> B. Mohammadi<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>GEOSCIENCES-M, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France, ronan.dupont@umontpellier.fr, megan.cook@umontpellier.fr, frederic.bouchette@umontpellier.fr

<sup>2</sup>IMAG, Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France, bijan.mohammadi@umontpellier.fr

<sup>3</sup>GLADYS, Univ Montpellier, CNRS, Le Grau du Roi, France

## INTRODUCTION

- Un nouveau modèle de morphodynamique de dynamique côtière a été développé sur la base de la **minimisation de l'énergie** sous contrainte. Cette approche pourrait à terme s'étendre dans de nouvelles disciplines.
- Le modèle s'adapte à des contextes de bassin ou de mer ouverte et ne requiert que deux hyper-paramètres (taux d'abrasion du sable et le seuil de pente maximale). Les modèles conventionnels (XBeach, Swan, Telemac, ...) nécessitent un grand nombre de paramètres empiriques.
- Opti-Morph a été validé à travers des cas comparant des données expérimentales de canal et des simulations numériques avec XBeach.
- Le modèle est **rapide** et de **faible complexité**.

## MODÈLE NUMÉRIQUE

### 1) Fonction coût:

L'évolution du fond marin  $\psi$  est obtenu par principe de minimisation de la fonction coût  $J$ . Ici on minimise l'énergie d'une vague avant le déferlement.

$$J(\psi, t) = \frac{1}{16} \int_{\Omega_S} \rho_w g H^2(\psi, x, t) dx \quad [J.m^{-1}]$$

$\Omega_S$ : zone avant déferlement [m]  
 $\rho_w$ : densité de l'eau [m<sup>3</sup>]  
 $g$ : accélération gravitationnelle [m.s<sup>-2</sup>]  
 $H$ : hauteur significative de la vague [m].

### 2) Équation du système:

Le fond marin  $\psi$  est obtenu grâce à l'équation suivante résultant du principe de descente du gradient.

$$\begin{cases} \psi_t = -\Upsilon \Lambda d \\ \psi(t=0) = \psi_0 \end{cases}$$

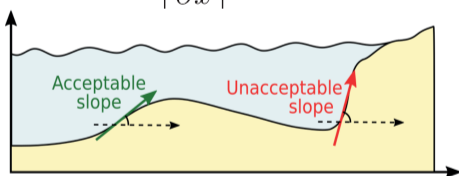
$\psi_t$ : évolution du fond marins en temps [m.s<sup>-1</sup>]  
 $\Upsilon$ : abrasion du sable [m.s.kg<sup>-1</sup>]  
 $\Lambda$ : excitation du fond marin par les vagues  
 $\psi_0$ : élévation initiale du fond de la mer [m].

Des contraintes sont ajoutées à  $d = \nabla_{\psi} J$  afin que le modèle soit le plus réaliste possible.

### 3) Contraintes:

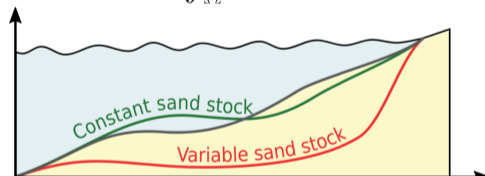
La pente du fond marin est conditionnée par un seuil  $M_{slope}$  limitant un scénario où les grains ne tomberaient pas.

$$\left| \frac{\partial \psi}{\partial x} \right| \leq M_{slope}$$



On considère bien souvent la conservation du sable au cours du temps.

$$\int_{\Omega} \psi(t, x) dx = \int_{\Omega} \psi_0(x) dx \quad \forall t \in [0, T]$$



## RÉSULTATS ET APPLICATION

À travers plusieurs thèses, de nombreuses applications ont vu le jour en passant par l'**optimisation de formes d'ouvrages portuaires** jusqu'au **positionnement stratégique** de système de protection. Cette dernière application a été conduite par Megan Cook<sup>1,3</sup>. Elle visait à limiter la propagation de la houle sur une plage sableuse. Ci-dessous le résultat de plusieurs simulations sur différents emplacements de géotubes.

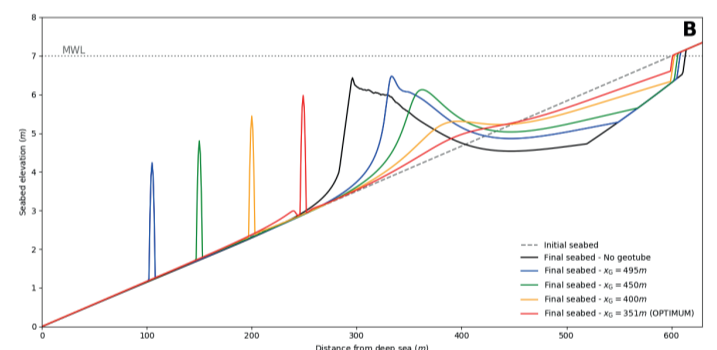


Fig. 1 Résultats de la recherche numérique de la position optimale du géotube via Opti-Morph

L'optimum étant trouvé à l'emplacement  $x=351$  m (rouge), il en résulte une dynamique sableuse du domaine bien plus faible que les autres emplacements de géotubes. Plusieurs scénarios ont été testés et d'autres travaux ont été effectués sur l'influence de ces géotubes sur les hauteurs d'eau.

## AXES DE RECHERCHE

- Développement du code de calcul Opti-Morph: nouvelles approches théoriques et numériques, extension du code à des **modèles 2D**.
- Reformulation du principe d'hydro-morphisme du littoral vers un **problème global** (et non local).
- Confrontations des nouveaux modèles à des données issues d'expérimentations validées par le partenaire GLADYS.
- Extension de cette notion de transport optimal à d'**autres disciplines**: développement mathématique de nouveaux formalismes et concepts.

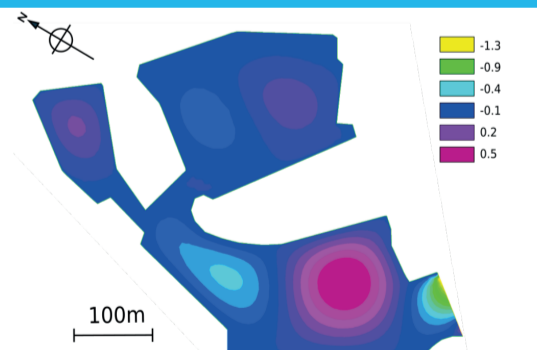


Fig. 2 Oscillation des vagues au sein du port de La Turballe, pour une paramétrisation donnée du port par Mégan Cook<sup>1,3</sup>.

## RÉFÉRENCES

D. Isebe, P. Azerad, B. Mohammadi, F. Bouchette (2007). Optimal shape design of defense structures for minimizing short wave impact.

M. Cook, F. Bouchette, B. Mohammadi, L. Sprunck, N. Fraysse (2021) Optimal port design minimizing standing waves with a posteriori long term shoreline sustainability analysis.

M. Cook, F. Bouchette, B. Mohammadi, L. Sprunck, N. Fraysse (2021) Application of Opti-Morph: Optimized beach protection by submerged geotextile tubes.

B. Mohammadi, & A. Bouharguane (2011). Optimal dynamics of soft shapes in shallow waters. Computers and Fluids

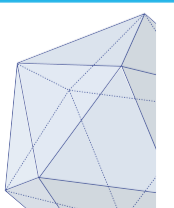


UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER



IMAG

INSTITUT MONTPELLIERAIN ALEXANDER GROTHENDIECK



Biodiversité  
Agriculture  
Alimentation  
Environnement  
Terre  
Eau

SALON INTERNATIONAL COASTAL EXHIBITION  
DU LITTORAL  
LES ENJEUX MÉDITERRANÉENS - MEDITERRANEAN CHALLENGES