



HAL
open science

Quantification de la dissipation de la houle par une forêt de structures souples dites basées sur la nature

Garance Marlier, Frédéric Bouchette, Samuel Meulé, Jean-Yves Jouvenel

► To cite this version:

Garance Marlier, Frédéric Bouchette, Samuel Meulé, Jean-Yves Jouvenel. Quantification de la dissipation de la houle par une forêt de structures souples dites basées sur la nature. Journée des Doctorants 2022 de Géosciences Montpellier, Jun 2022, Montpellier, France. hal-03694481

HAL Id: hal-03694481

<https://hal.science/hal-03694481>

Submitted on 13 Jun 2022

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.

Quantification de la dissipation de la houle par une forêt de structures souples dites basées sur la nature

Garance MARLIER^{1,3,4}, Frédéric BOUCHETTE^{1,3}, Samuel MEULE^{1,2,3}, Jean-Yves JOUVENEL⁴

1. Géosciences Montpellier, Univ. Montpellier, CNRS, Montpellier, France

2. CEREGE, Univ. Aix-Marseille, CNRS, IRD, Aix-En-Provence, France

3. Institut des plages GLADYS, Univ. Montpellier, Le Grau-du-Roi, France

4. P2A Développement, Frontignan, France

INTRODUCTION

Les solutions basées sur la nature ont pour objectifs de protéger, gérer et restaurer les écosystèmes, tout en offrant des services bénéfiques à l'Homme et à la biodiversité (Cohen-Shacham, 2016).

Une des stratégies de leur développement se base sur la biomimétique (la solution s'inspire des propriétés physiques et de la capacité de structures naturelles à contrôler l'hydrodynamique).

Ces nouvelles solutions possèdent une forte complexité structurelle. Les lois hydrodynamiques traditionnelles ne s'appliquent pas facilement sur ce nouveau type de solution.

Des mesures in-situ permettent de quantifier l'atténuation de la houle au-dessus d'une forêt de structures souples dites basées sur la nature. La valeur obtenue est comparée à différents modèles de dissipation présents dans la littérature.



Figure 1 - Schéma représentant les domaines d'application des solutions NBS d'après Cohen-Shacham (2016)

THEORIE

De nombreux modèles de dissipation s'inspirent de Dalrymple (1984). La dissipation est calculée à partir de l'équation de conservation de l'énergie de la houle en théorie linéaire. Cette hypothèse tend à surestimer l'atténuation générée par des structures flexibles, comme les herbiers. Le fond est considéré plat.

$$\frac{\partial E c_g}{\partial x} = -\epsilon_v$$

E : densité d'énergie de houle [N/m] avec $E = \frac{1}{8}\rho g H_s^2$
 ρ : masse volumique de l'eau [kg/m³]
 g : accélération de la pesanteur [m/s²]
 H_s : hauteur significative de la houle [m]
 c_g : vitesse de groupe de la houle [m/s]
 ϵ_v : énergie dissipée moyennée en temps [N / m.s]

$$\epsilon_v = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{z=0}^{l_s} F_D u dz dt$$

T : période de la houle [s]
 F_D : force de traînée [N] avec $F_D = \frac{1}{2}\rho C_D |u| u$
 l_s : longueur de la structure [m]
 u : vitesse du courant [m/s]
 D : diamètre de la structure [m]
 C_D : coefficient de traînée [-]

La résolution de l'équation différentielle combinant les deux équations précédentes permet de définir l'équation de dissipation d'énergie le long de l'axe x (horizontal dans le sens de la propagation de la houle) avec K_D le coefficient de dissipation [-].

$$\frac{H_s}{H_{s0}} = \frac{1}{1 + K_D H_{s0} x}$$

H_{s0} représente la hauteur significative en $x = 0$. La dissipation mesurée est comparée à 3 modèles de dissipation différents. Ces modèles supposent la structure cylindrique et rigide.

Dalrymple (1984)

$$K_D = \frac{4}{9\pi} C_D k \frac{D}{b^2} \frac{\sinh^3(kl_s) + 3\sinh(kl_s)}{\sinh kh (\sinh 2kh + 2kh)}$$

k : nombre d'onde [rad/m]
 b : espace entre structure [m]
 N : densité des structures [nbr/m²]

Mendez et Losada (2004)

$$K_D = \frac{4}{9\pi} C_D k N b_v \frac{\sinh^3(kl_s) + 3\sinh(kl_s)}{(\sinh(2kh) + 2kh) \sinh(kh)}$$

b_v : surface d'une structure par unité de hauteur [m]
 h : profondeur [m]

Lei et Nepf (2019)

$$K_D = \frac{1}{9\pi} C_D k N b_v \beta^3 \frac{9 \sinh kl_s + \sinh 3kl_s}{\sinh kh (\sinh 2kh + 2kh)}$$

β : coefficient géométrique [-]
 Lowe et al. (2005)

CAMPAGNE DE MESURES

La campagne de mesures a eu lieu entre juillet et août 2021 à Palavas-les-Flots (Hérault, France).

Trois capteurs de pression (RBR) ont été positionnés le long d'un transect traversant un réseau de structures molles (figure 2 et 3). Les capteurs mesuraient à une fréquence de 4Hz continue.

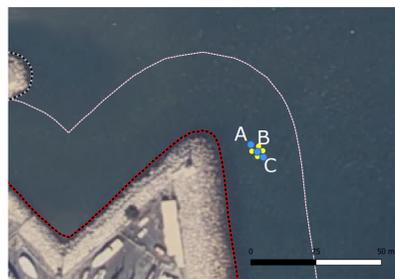


Figure 2 - Emplacement des structures en jaune et des RBR en bleu (Palavas-les-Flots)

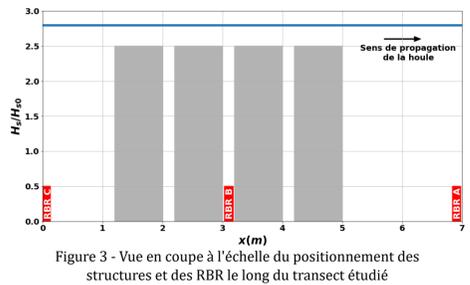


Figure 3 - Vue en coupe à l'échelle du positionnement des structures et des RBR le long du transect étudié

Le réseau est composé de 16 structures souples sur une surface totale de 16 m² (4 x 4m). Chaque structure est maintenue à la verticale à l'aide d'un flotteur. La solution imite la forme du varech grâce à un agencement complexe de cordages.

RESULTATS

Paramètre	Valeur
l_s	2,5 m
D	0,8 m
b	1 m
N	1
h	2,8 m
b_v	0,8 m
C_D	1
β	0,93

Tableau 1 - Caractéristiques des structures

Le tableau 1 reprend les caractéristiques des structures. Ces valeurs sont utilisées pour appliquer les différents modèles. Le coefficient C_D est posé à 1. Cette valeur est définie à partir de la figure 6 de Keulegan et Carpenter (1958), puisqu'ici $U_m T/D$, avec U_m la vitesse au fond, ne dépasse pas 0,2.

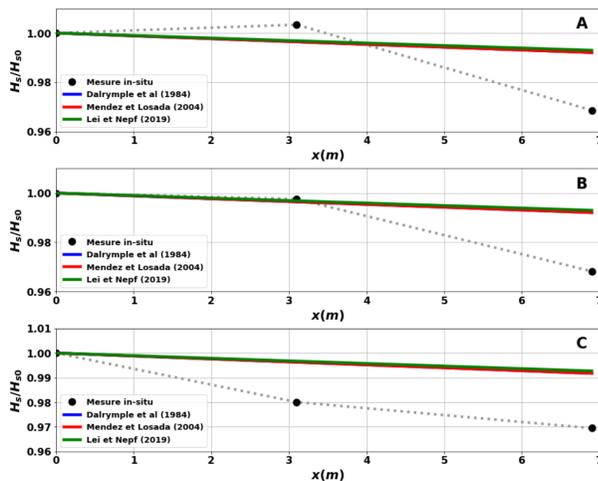


Figure 4 - Dissipation le long du transect pour différents intervalles de temps. A : Le 1er juillet entre 13h58 et 14h18 ; B : Le 1er juillet entre 18h48 et 19h08 ; C : Le 2 juillet entre 00h38 et 00h58

La dissipation moyenne de la solution est de 6,3 % (figure 5).

L'application des modèles estimait à 0,5 % la dissipation de la houle générée par le réseau de structures molles.

La hauteur significative augmente au centre de la plantation sur certains intervalles de temps (figure 4A et 4B). L'augmentation moyenne est de 1,3 % (figure 5). Le shoaling est probablement lié à cette augmentation.

Aucune corrélation n'a été mise en évidence quant à l'atténuation de houles plus ou moins énergétiques (figure 5).

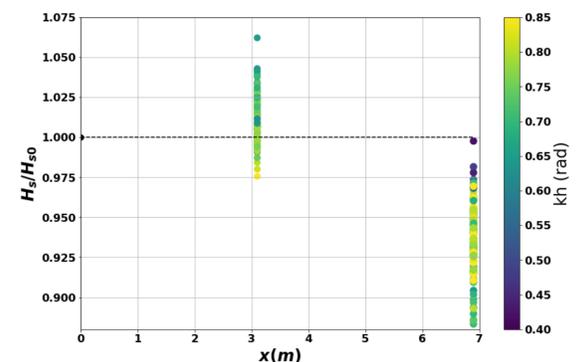


Figure 5 - Dissipation le long du transect en fonction de kh pour la RBR A (aval) à droite et la RBR B (milieu) au centre

CONCLUSION

Le taux de dissipation mesuré pour un réseau de 16 structures est de 6,3 %.

L'application des modèles évalue la dissipation de ce réseau à 0,5 %, malgré l'hypothèse faite selon laquelle les structures sont cylindriques et rigides, supposée surévaluer la dissipation au-dessus d'une structure souple (ex : herbier).

Aucun lien n'a été trouvé sur la capacité des structures à atténuer des houles plus ou moins énergétiques.

Ces résultats montrent l'importance de définir des formulations spécifiques pour décrire les effets dissipatifs au-dessus de structures souples.

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier l'entreprise P2A Développement, qui nous permet d'instrumenter la solution souple basée sur la nature qu'elle développe.

Nous remercions également le réseau GLADYS Littoral (www.gladys-littoral.org) pour les équipements, workshops et les conditions de travail offertes.

REFERENCES

COHEN-SCHACHAM E., WALTERS G., JANZEN C., MAGINNIS S. (2016). Naturebased solutions to address global societal challenges. IUCN, Gland, Switzerland, Vol. 97, p. 2016-036.
 DALRYMPLE R.A., KIRBY J.T., HWANG P.A. (1984). Wave diffraction due to areas of energy dissipation. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Vol. 110(1), pp.67-79.
 KEULEGAN, G. H., CARPENTER, L. H. (1958). Forces on cylinders and plates in an oscillating fluid. Journal of research of the National Bureau of Standards, Vol. 60(5), p.423-440.
 LEI, J., NEPF, H. (2019). Wave damping by flexible vegetation: Connecting individual blade dynamics to the meadow scale. Coastal Engineering, vol. 147, p. 138-148.
 LOWE, R. J., KOSEFF, J. R., MONISMITH, S. G. (2005). Oscillatory flow through submerged canopies: 1. Velocity structure. Journal of Geophysical Research: Oceans, vol 110(C10).
 MENDEZ F.J., LOSADA I.J. (2004). An empirical model to estimate the propagation of random breaking and non-breaking waves over vegetation fields. Coastal Engineering, Vol. 51(2), pp.103-118