

Identification des zones côtières à fort potentiel en énergie marine renouvelable (vagues/houles) à travers l'étude de la morphologie côtière et sous-marine et hydrodynamique

Y. Hemdane, M. Bouhmadouche et F. Atroune

Laboratoire Géo-Environnement, Département de Géologie
Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire, FSTGAT
USTHB, B.P. 32, El Alia, Bab Ezzouar 16111, Alger, Algérie

(reçu le 10 Novembre 2016 - accepté le 20 Décembre 2016)

Résumé - Bien que les vagues soient souvent traitées comme facteur naturel érosif, elles transportent toutefois une énergie renouvelable pouvant être exploitée notamment pour le développement durable des zones côtières rocheuses (i.e., falaises) où l'électrification classique est souvent difficile. Au niveau Méditerranéen, les travaux de Besio et al., (2016) [6] ont montré que 'la zone la plus énergétique de la Méditerranée se situe dans le bassin occidental entre les îles Baléares, la Sardaigne, la Corse et la côte nord de l'Algérie et ce, avec une puissance moyenne annuelle - le long de la côte - d'environ 10kW/m'. L'objectif de cette étude est l'identification des zones côtières à fort potentiel en énergie marine, avec comme exemple d'application le littoral compris entre Tamentfoust (Alger Est) et Ain Tagourait (Tipasa Est). En se basant sur l'étude des indicateurs de la morphologie côtière et sous-marine, couplée avec la modélisation du forçage induit par les vagues à la côte par le modèle SWAN, des zones côtières potentiellement à ressource en énergie marine ont pu être identifiées. L'étude a montré que les vagues sont moins dissipées sur les petits-fonds des côtes rocheuses (caps), contrairement aux zones côtières meubles (sableuses) où les vagues y perdent une grande partie de leur énergie en raison de leur déferlement loin de la côte. De ce fait, les zones côtières les plus exposées aux vagues fréquentes se situent aussi bien sur les petits-fonds des côtes rocheuses que sur les côtes (naturellement) moins protégées par l'orientation structurale des caps. En l'occurrence, les résultats montrent que le forçage induit par les vagues des secteurs NNE et WNW est essentiellement tributaire du degré d'exposition de la côte aux vagues provenant du large (i.e., Ain Benian), de la position du trait de côte par rapport aux caps et promontoires voisins (i.e., Bou Ismail) et des pentes sous-marines proches côtières (i.e., caps de la région). Enfin, les résultats de ce travail ouvrent de nouvelles perspectives de recherches pour l'estimation plus fine des puissances des vagues sur le littoral Algérien et ce, à travers l'actualisation des données océanographiques notamment celles relatives aux vagues et houles interagissant fréquemment sur les petits-fonds du littoral algérien.

Abstract - Although waves are often studied as a natural erosive factor, they transport nevertheless renewable energy that can be exploited in particular for the development of rocky coastal areas (ie cliffs) where classical electrification is often difficult. In the Mediterranean region, 'the most energetic area in the Mediterranean Sea is the Western basin in between the Balearic Islands, Sardinia and Corsica and the Northern coast of Algeria with a yearly available mean wave power of about 10kW=m along the coast' [6]. The aim of this study is to identify the coastal areas with high marine energy potential. This study is carried out in the near shore zone between Tamentfoust (Algiers East) and Ain Tagourait (East Tipasa). Based on the study of indicators of coastal and underwater morphology coupled with SWAN modeling of coastal waves induced forcing, coastal areas potentially with marine energy resources could be identified. Results show that waves are less dissipated on

the rocky coasts (headland), unlike the sandy coastal areas where the waves lose their energy because of their breaking away from the coast. On the other hand, the coastal areas most exposed to frequent waves are located on the near shore of rocky coasts as well as on coasts less protected naturally by the structural orientation of the headlands. Waves induced forcing of the NNE and WNW sectors is essentially dependent on the degree of exposure (coast) to incoming waves (i.e., Ain Benian), the position of the coastline in relation to the neighboring headlands (i.e., Bou Ismail) and near shore slopes (i.e., headlands). Finally, the results introduce new research perspectives to assess the wave powers on the Algerian coast, by updating oceanographic data, in particular those relating to waves and swells frequently interacting with the Algerian coast.

Mots clés: Développement durable du littoral - Energie marine renouvelable - Forçage des vagues/houles - Morphologie côtière et sous-marine - Modélisation, degré d'exposition de la côte

1. INTRODUCTION

Les vagues furent considérées pendant longtemps comme nuisibles en raison de leurs effets érosifs et des dégâts qu'elles peuvent engendrer sur la côte, bien que ces mêmes vagues soient une source d'énergie propre pouvant être utilisée pour le développement durable des territoires côtiers.

Elles ont en effet un énorme potentiel pour la génération de l'énergie électrique propre, ce qui a attiré l'intérêt des gouvernements et de l'industrie depuis la crise pétrolière de 1973 [1]. Au niveau Méditerranéen, plusieurs travaux y ont été menés concernant l'exploitation de l'énergie générée par les vagues [2-5]. Aussi, les travaux de Besio *et al.* (2016) [6] ont montré que la "*zone la plus énergétique de la Méditerranée se situe dans le bassin occidental entre les îles Baléares, la Sardaigne, la Corse et la côte nord de l'Algérie et ce, avec une puissance moyenne annuelle - le long de la côte - d'environ 10kW/m*".

En effet, avec un linéaire côtier de 1622 km, le littoral Algérien pourrait - à travers l'exploitation de l'énergie transportée par les vagues et les houles fréquentes- contribuer au développement des énergies marines renouvelables, notamment dans les zones côtières rocheuses qui se caractérisent souvent par une topographie montagneuse, pouvant rendre difficile leur électrification par voie de terre.

Aussi, ces zones côtières rocheuses dissipent (généralement) peu les vagues et les houles. Ces dernières sont, par conséquent, moins amorties et conservent relativement leur énergie jusqu'à leur déferlement sur la falaise ou la côte rocheuse. Il convient également de souligner que ces zones rocheuses - à fortes pentes sous-marines - se caractérisent généralement par une forte érosion induite par l'impact des vagues et des houles.

A ce sujet, Palmer *et al.* (2011) [7] ont classé les côtes à forte pente dans la catégorie des côtes les plus vulnérables. En plus clair, la morphologie sous-marine des côtes rocheuses se caractérise souvent par des profondeurs et des pentes plus importantes que dans les côtes dites d'accumulations (sableuses), notamment pour les plages dissipatives. Il en résulte que les faibles profondeurs engendrent une perte d'énergie - à travers la friction induite par le fond et l'accroissement du déferlement des vagues - et la réduction des hauteurs des vagues maximales [8].

C'est cette optique que s'inscrit ce travail qui traite de l'étude de la morphologie côtière et sous-marine et du forçage induit par les vagues à la côte visant l'identification des zones côtières à fort potentiel en énergie marine avec comme exemple d'application le littoral compris entre Tamentfoust (Alger Est) et Ain Tagourait (Tipasa Est).

En résumé, ce travail concerne l'étude de la morphologie côtière (à travers des données morpho-bathymétriques) couplée avec la modélisation du forçage des vagues à la côte. Les résultats de cette étude sont ensuite utilisés pour l'identification des zones côtières possiblement à fort potentiel hydrodynamique (énergie marine renouvelable).

2. ZONE D'ETUDE ET MORPHOLOGIE COTIERE ET SOUS-MARINE

La zone d'étude se situe dans la partie côtière au nord du centre algérien. Celle-ci est délimitée à l'ouest par le mont du Chenoua (80 kms à l'ouest d'Alger) et à l'est par Tamentfoust (terminaison est de la baie d'Alger) (figure 1). Bien que l'orientation générale du trait de côte soit de WSW-ENE, celui-ci est, localement, très irrégulier, ce qui rend l'action des vagues très variable le long du littoral de la zone d'étude (figure 2).

A ce sujet, l'observation détaillée et locale de la morphologie côtière (orientation du trait de côte) montre que la partie occidentale de la zone d'étude A et B est exposée aux vagues/houles du secteur Nord et Ouest (A) et Ouest et Nord-Ouest (B). La partie centrale (C) est, quant à elle, exposée aux vagues/houles du secteur Nord. En ce qui concerne la partie orientale de la zone d'étude, elle se caractérise par une orientation très variable au niveau de la baie d'Alger.

De ce fait, cette dernière est exposée aux vagues/houles du secteur Nord (N), Nord-Est et Est (D) Ouest et Nord-Ouest (F-G). L'observation générale de la morphologie sous-marine montre que (figure 3), (1) les fonds côtiers sont relativement moins abrupts aussi bien entre Bou Ismail et Sidi Fredj que sur le littoral du centre de la baie d'Alger. En revanche, les fonds côtiers deviennent plus abrupts notamment au niveau des caps de la baie d'Alger.

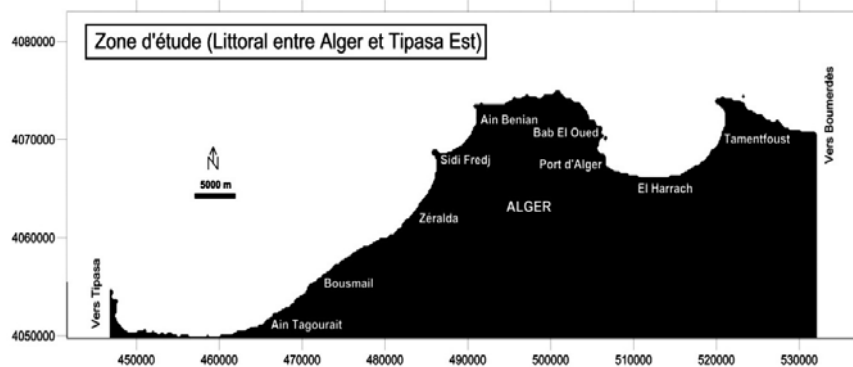


Fig. 1: Littoral de zone d'étude. Zone côtière comprise entre Tamentfoust (Alger Est) et Ain Tagourait (Tipasa Est)

3. MATERIELS ET METHODES

La méthodologie appliquée dans ce travail concerne deux volets. La première approche traite de la morphologie côtière de la zone d'étude comprise entre Tamentfoust (Alger Est) et Ain Tagourait (Tipasa Est). Elle a été réalisée grâce aux données bathymétriques de Leclair (1972) qui détaillent assez bien les reliefs sous-marins de la zone du *nearshore* (hauts fonds).

Cette dernière est, pour rappel, l'endroit où les vagues et les houles subissent plus de modulations avant leur déferlement final sur la côte. Bien que relativement anciennes, ces données peuvent être utilisées en supposant que des modifications des fonds côtiers au-delà des isobathes d'environ -20 m sont moins importantes. De plus, ce sont les seules données denses disposées pour cette étude (figure 3).

La seconde approche concerne la modélisation du forçage induit par les vagues et les houles sur le littoral de la zone d'étude. En effet, une fois digitalisées, les données (numériques) de la carte bathymétrique sont utilisées dans le modèle SWAN. Ce dernier est un modèle numérique de troisième génération pour le calcul des vagues aléatoires et des crêtes courtes (*short-crested waves*) dans la zone côtière des eaux peu-profondes et des courants ambiants (*Simulating Waves Nearshore*) [9]. Il est le premier modèle de 3^{ème} génération conçu spécialement pour les applications côtières, incluant les effets de déferlement bathymétrique et les interactions non-linéaires entre triplets de fréquences [10]. Largement validé par la communauté scientifique, le modèle SWAN est, entre autres, utilisé dans l'estimation de l'énergie marine engendrée par les vagues à la côte [11-13].

L'évolution du spectre de vagues est décrite par l'équation d'action de balance (1) qui, selon les coordonnées cartésiennes, est (Hasselmann *et al.*, 1973, Booij, 1999 [9]):

$$\frac{\partial}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial x} c_x N + \frac{\partial}{\partial y} c_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} c_\theta N = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

Le premier terme du côté gauche de l'équation (1) décrit le taux de changement local de la densité d'action dans le temps. Le deuxième et le troisième termes décrivent la propagation de l'action dans l'espace géographique (avec les vitesses de propagation C_x et C_y respectivement dans les espaces x et y). Le quatrième terme de l'équation représente le changement de la fréquence relative lié aux variations de la profondeur et des courants (avec la vitesse de propagation C_σ dans l'espace σ).

Le cinquième terme de l'équation décrit la réfraction induite par la profondeur et le courant (avec la vitesse de propagation C_θ dans l'espace θ). Le terme $S [= S(\sigma, \theta)]$ du côté droit de l'équation est la densité d'énergie représentant les effets de génération, de dissipation et des interactions non-linéaires vague-vague [9].

En ce qui concerne les données de vagues au large, deux directions ont été privilégiées. Elles concernent les vagues du secteur WNW et NNE.

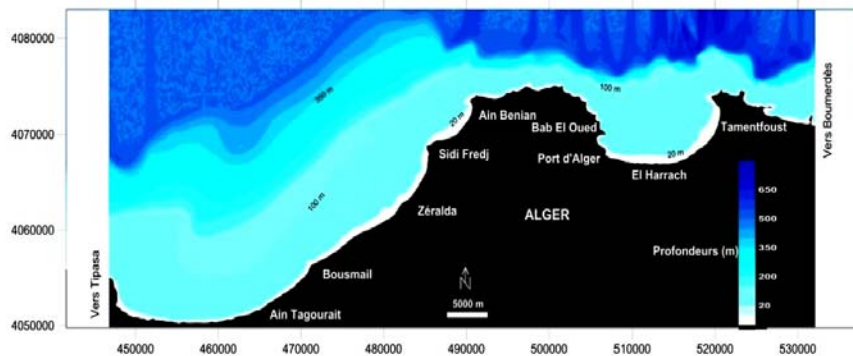


Fig. 2: Morphologie côtière et sous-marine du littoral de zone d'étude

Ces deux directions sont décrites dans les travaux de Leclaire (1972) [14]. L'auteur montre que "des observations complémentaires effectuées à Beni Saf, Arzew, Bougie et Bône nous ont montré que l'Algérois était à cet égard, en première analyse, suffisamment représentatif de l'ensemble (...). Ce régime saisonnier se caractérise par une rose annuelle où apparaissent deux directions privilégiées", WNW (300°) et NNE (20-40°).

En ce concerne les hauteurs des vagues fréquentes, celles-ci ont des hauteurs variant entre 1 et 2 m (Boccotti, 2000, Filianoti *et al.*, 2015 [15]). Les hauteurs des vagues

traitées dans cette étude comme données d'Input pour la modélisation par SWAN est 1.5 m. Aussi, ces données (fréquences) correspondent aux besoins de cette étude traitant de l'énergie marine des vagues dont l'occurrence est fréquente sur le littoral de la zone d'étude.

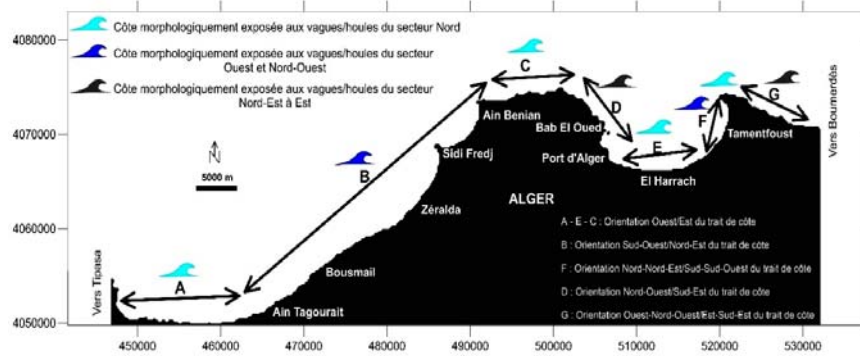


Fig. 3: Orientation locale du trait de côte de la zone d'étude

4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'observation des résultats de la morphologie côtière et sous-marine montre que la bathymétrie, à elle seule, renseigne que les vagues et les houles sont moins amorties au niveau des côtes rocheuses (caps), contrairement aux zones côtières dites d'accumulation où les vagues et les houles sont relativement plus amorties par l'effet des hauts fonds (figure 3).

En ce qui concerne l'effet érosif des vagues sur le littoral d'étude (Alger – Tipaza), il est à noter que les vagues induisent par endroits des pertes de terrains (cas des plages de Corso et de Boudouaou El Bahri) et la fragilisation par érosion de défenses côtières naturelles (falaises sableuses côtières). A titre d'exemple, toutes les dunes du côté ouest d'Alger, Sidi Fredj et Zéralda sont pratiquement réduites. Et il en est de même pour la sape d'ouvrages de protection par affouillement.

La synthèse de tous ces indicateurs montre que la zone d'étude est régulée par une agitation hydrodynamique non négligeable. L'examen des résultats de la modélisation du forçage induit à la côte par les vagues fréquentes que les hauteurs significatives des vagues se comportent variablement pour les deux directions étudiées (WNW et NNE).

Il est important de rappeler au préalable que l'énergie des vagues par unité de front d'onde (kW/m) est surtout proportionnelle à la hauteur des vagues. Cette énergie transportée par les vagues est proportionnelle au carré de l'amplitude et à la période des vagues [16]. De ce fait, le suivi des Hauteurs Significatives de vagues à la côte peut, en l'occurrence, conduire à identifier les zones côtières à fort potentiel d'énergie marine (vagues/houles).

L'observation des résultats de la modélisation des vagues du secteur NNE (figure 4 et 5) montre que les vagues sont possiblement moins amorties au niveau de Tamentfoust, zone côtière comprise entre le Port d'Alger et Ain Benian et à moindre degré sur le littoral de Bou Ismail. Et les zones côtières les plus exposées aux vagues du secteur NNE sont situées au niveau des littoraux du Massif cristallophyllien (facies résistant à l'érosion) de Bouzareah et Tamentfoust où les vagues déferlantes se dissipent modérément.

En ce qui concerne les vagues du secteur WNW (figure 6 et 7), le modèle SWAN montre que celles-ci atteignent la région occidentale et centrale - comprenant Bou Ismail, Zéralda, Ain Benian et Bab El Oued (socle cristallophyllien)- avec moins de

dissipation. Hormis le Cap de Tamentfoust, ces mêmes vagues (WNW) sont toutefois moins énergiques au niveau de la partie orientale de la zone d'étude, ceci s'interpréterait facilement du fait de la présence d'un platier rocheux en sub surface atténuant cette énergie.

L'observation combinée du forçage induit par les vagues des secteurs NNE et WNW montre que les zones côtières à forts potentiels énergétiques sont essentiellement tributaires: (1) de leur degré d'exposition aux vagues provenant du large (i.e. Ain Benian); (2) des positions par rapport aux caps et promontoires voisins (i.e. Bou Ismail); (3) des pentes sous-marines proches côtières (i.e. caps de la région) (figure 8).

Les observations visuelles *in situ* de certains géo-indicateurs (indicateurs de l'érosion marine) confirment d'une manière générale la variabilité de l'impact des vagues sur la zone d'étude comme le montrent les résultats de cette étude.

En ce qui concerne la puissance des vagues transportée par front d'onde, elle est proportionnelle notamment à la hauteur significative des vagues. Elle s'exprime par l'équation suivante [16].

$$P = 0.4 H_s^2 T \quad (\text{kW/m}) \quad (2)$$

avec H_s , hauteurs significatives des vagues (m) et T , période pic du spectre (s)

Le **Tableau 1** illustre les résultats de l'estimation de la puissance des vagues (P) (2) en (kW/m) relatifs à quelques points situés dans la zone de déferlement des vagues de la zone d'étude (profondeurs inférieures à 20 m) (figure 4, A-F). Ces résultats font état de niveaux de ressources atteignant ≈ 3 kW/m et 4 kW/m, respectivement pour les vagues des secteurs WNW et NNE.

Il est à noter que ces estimations sont relatives aux vagues fréquentes régulant la zone côtière de la zone d'étude. En effet, ces estimations peuvent facilement dépasser 20 kW/m et 100 kW/m respectivement lors des périodes de tempêtes modérées et de fortes tempêtes.

Tableau 1: Estimation de la puissance des vagues dans la zone de déferlement des vagues de la zone d'étude

Puissances potentielles des vagues (P) en kW/m, dans la zone de déferlement des vagues de la zone d'étude						
Vagues du secteur WNW						
	A	B	C	D	E	F
Hs(m)	1.2	1.2	1.15	1.1	1	1
T(s)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
P (kW / m)	2.8	2.8	2.6	2.4	2.4	2.0
Vagues du secteur NNE						
Hs(m)	1.04	1	1.2	1.2	1.4	1
T(s)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
P (kW / m)	2.1	2.0	2.8	2.8	3.8	2.0

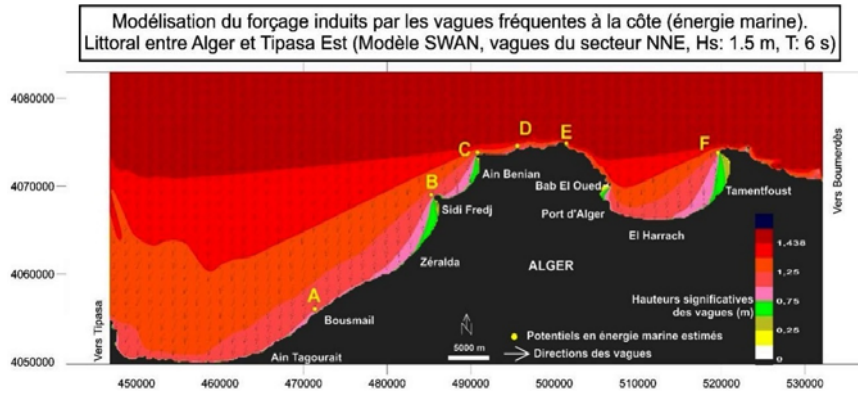


Fig. 4: Estimation du forçage induit par les vagues à la côte
Vagues du secteur NNE. Hs: 1.5 m. T: 6 s

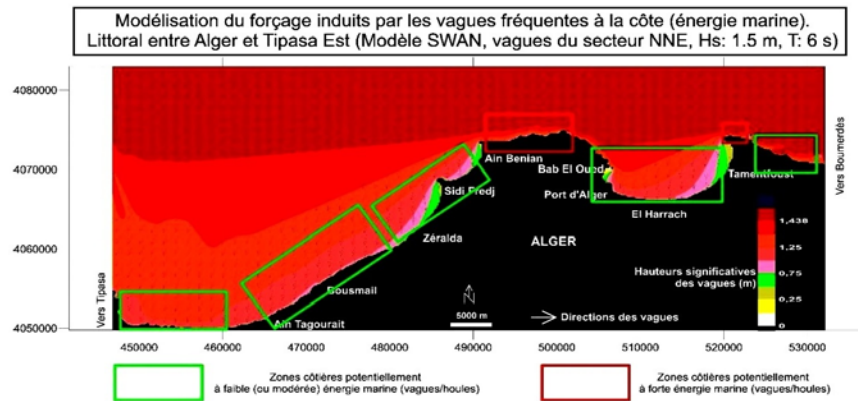


Fig. 5: Identification des zones à fort potentiel hydrodynamique
Vagues du secteur NNE. Hs: 1.5 m. T: 6 s

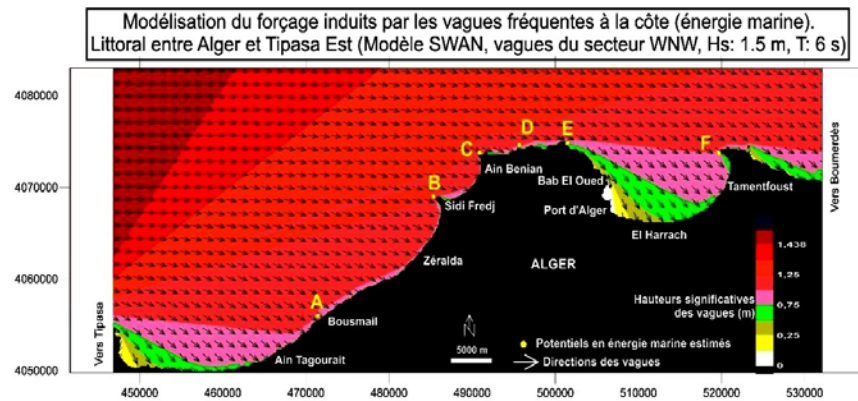


Fig. 6: Estimation du forçage induit par les vagues à la côte
Vagues du secteur WNW. Hs: 1.5 m. T: 6 s

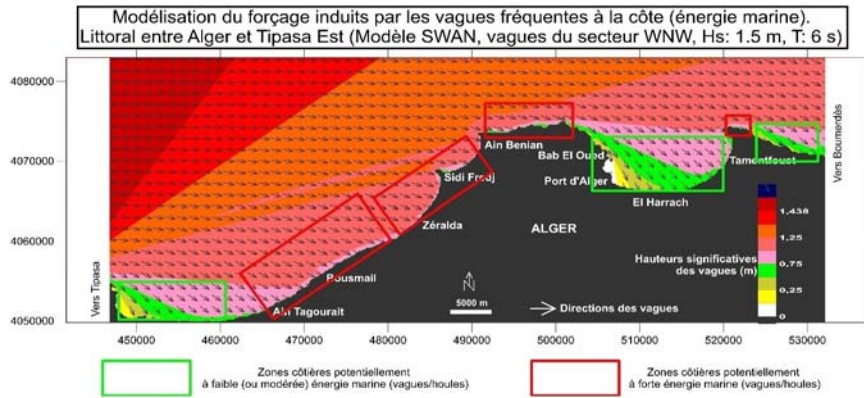


Fig. 7: Identification des zones à fort potentiel hydrodynamique
Vagues du secteur WNW. Hs: 1.5 m. T: 6 s

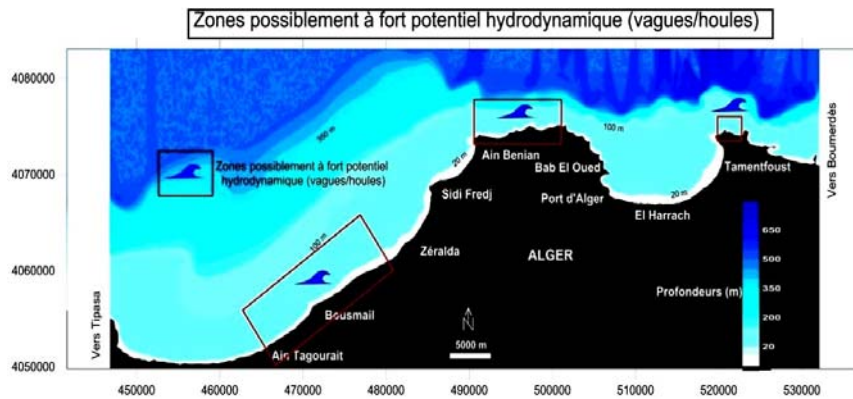


Fig. 8: Identification des zones à fort potentiel hydrodynamique
Vagues du secteur NNE et WNW.

5. CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont permis, à travers l'auscultation des indicateurs morphologiques et hydrodynamique (vagues/houles), l'identification des zones côtières à fort potentiel en énergie marine du littoral de la zone d'étude (compris entre Tamentfoust (Alger Est) et Ain Tagourait (Tipasa Est)).

En effet, en se basant sur l'étude des données de la morphologie côtière et sous-marine couplée avec la modélisation du forçage des vagues à la côte par le modèle SWAN, les zones côtières potentiellement à ressource en énergie marine ont pu être identifiées. En clair, les vagues et les houles sont moins amorties au niveau des côtes rocheuses (caps), contrairement aux zones côtières dites d'accumulation (sableuses) où les vagues et les houles sont relativement plus amorties par l'effet des hauts fonds.

De ce fait, l'examen de la bathymétrie fait ressortir, à elle seule, les zones à fort potentiel en énergie marine. Par ailleurs, les résultats de la modélisation du forçage des vagues effectuée par le modèle SWAN ont permis la sélection des zones les plus exposées aux vagues fréquentes régulant la zone d'étude. La combinaison des résultats morphologiques et hydrodynamiques montre que les zones côtières à forts potentiels énergétiques sont essentiellement tributaires: (1) de leur degré d'exposition aux vagues provenant du large (i.e. Ain Benian); (2) de la position par rapport aux caps et

promontoires voisins (i.e. Bou Ismail); (3) des pentes sous-marines proches côtières (i.e. caps de la région).

Enfin, les résultats de ce travail ouvrent des perspectives pour mener des recherches poussées pour l'estimation plus fine et détaillée des puissances des vagues le long de la côte algérienne. L'atteinte de cet objectif passe par l'actualisation des données morphologiques et hydrodynamiques pour une meilleure estimation du potentiel énergétique des vagues et des houles régulant fréquemment le littoral algérien.

REFERENCES

- [1] S. Bozzi, A. Moreno Miquel, F. Scarpa, A. Antonini, R. Archetti, G. Passoni and G. Grusso, 'Wave Energy Production in Italian offshore: Preliminary Design of a Point Absorber with Tubular Linear Generator', International Conference on Clean Electrical Power, ICCEP, 978-1-4673-4430-2/13/IEEE
- [2] S. Ponce de Leon, A. Orfila and G. Simarro, 'Wave Energy in the Balearic Sea. Evolution from a 29 Year Spectral Wave Hindcast', Renewable Energy Vol. 85, pp. 1192 - 1200, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.076>.
- [3] F. Arena, V. Laface, G. Malara and A. Romolo, 'Wave Climate Analysis for the Design of Wave Energy Harvesters in the Mediterranean Sea', Renewable Energy Vol. 77, pp. 125 - 141, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.12.002>.
- [4] G. Malara and F. Arena, 'U-Oscillating Water Column in Random Waves: Modelling and Performances', Proceedings of the ASME 2013, 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE'2013, June 9-14, 2013, Nantes, France.
- [5] B. Ayat, 'Wave Power Atlas of Eastern Mediterranean and Aegean Seas', Energy Vol. 54, pp. 251 - 262, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.02.060>.
- [6] G. Besio, L. Mentaschi and A. Mazzino, 'Wave Energy Resource Assessment in the Mediterranean Sea on the Basis of a 35-Year Hindcast', Energy, Vol. 94, pp. 50 - 63, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.044>.
- [7] B.J. Palmer, R. Van der Elst, F. Mackay, A.A. Mather, A.M. Smith, S.C. Bundy, Z. Thackeray, R. Leuci and O. Parak, 'Preliminary Coastal Vulnerability Assessment for KwaZulu-Natal, South Africa', Journal of Coastal Research, Special Issue 64, pp. 1390 - 1395, 2011. ISSN 0749-0208.
- [8] Davidson-Arnott, 'Introduction to Coastal Processes and Geomorphology', Cambridge University Press. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, 2010.
- [9] N. Booij, R.C. Ris and L.H. Holthuijsen, 'A Third-Generation Wave Model for Coastal Regions. 1. Model Description and Validation', Journal of Geophysical research, Vol. 104, N°C4, pp. 7649 – 7666, 1999.
- [10] E. Gagnaire-Renou, 'Amélioration de la Modélisation Spectrale des Etats de Mer par un Calcul Quasi-Exact des Interactions Non-Linéaires Vague-Vague', Thèse de Doctorat, Océan, Atmosphère, Université du Sud Toulon Var, 2009.
- [11] M. Gonçalves, P. Martinho, C. Guedes Soares, 'Wave Energy Conditions in the Western French Coast', Renewable Energy, Vol. 62, pp. 155 - 163, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2013.06.028>.
- [12] C. Guedes Soares, A. Rute Bento, M. Gonçalves, D. Silva and P. Martinho, 'Numerical Evaluation of the Wave Energy Resource Along the Atlantic European

- Coast'*, Computers & Geosciences, Vol. 71, pp. 37 - 49, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2014.03.008i>.
- [13] J.E. Stopa, J.F. Filipot, Ning Li, Kwok Fai Cheu, Yi-Leng Chen, Luis Vega, '*Wave Energy Resources Along the Hawaiian Island Chain*', Renewable Energy Vol. 55, pp. 305 - 321, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.030>.
- [14] L. Leclaire, '*La Sédimentation Holocène sur le Versant Méridional du Bassin Algéro-Baléares (Précontinent Algérien)*', Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 391 p., (Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Série C – Sciences de la Terre (1950-1992), Vol. 24, 1972.
- [15] P. Filianoti and R. Piscopo, '*Wave Power Atlas of Eastern Mediterranean and Aegean Seas*', Ocean Engineering, Vol. 93, pp. 107 – 117, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng>.
- [16] A. Babarit. '*Le Système Electrique Autonome de Récupération de L'énergie des Vagues*', Images de la Physique, Publication CNRS, pp. 55 - 58, 2008.