

Circulation Marine de la Baie de Cintra (Sud du Maroc) par Modèle Hydrodynamique 2D

Hilmi Karim (PhD)

Makaoui Ahmed (PhD)

Ettahiri Omar (PhD)

Idrissi Mohammed (PhD)

Abdellaoui Benyounes (PhD)

Aziz Agouzouk

Tarik BaiBai (PhD)

Ait Chattou ELMustafa (PhD)

Institut National de Recherche Halieutique, Maroc

Ismail Bessa (Doctorant)

Université Hassan II de Casablanca, Maroc

Bouksim Hassan (PhD)

Direction de la Météorologie Nationale, Maroc

doi: 10.19044/esj.2017.v13n12p175 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p175](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p175)

Abstract

The marine circulation of Cintra bay located at Dakhla Oued Eddahab area (south of Morocco 23°08'N-16°20'W) has been studied from October to November 2016 by 2D hydrodynamic model. This study aims to understand the marine circulation of this bay and its hydrodynamic functioning. Mainly governed by wind and semidiurnal M2 tides, currents are generally strong in intensity (mainly $> 0.5 \text{ m.s}^{-1}$) outside the bay. Inside the bay, their intensity are less than 0.3 m.s^{-1} and generally oriented to the south of the bay due to the influence of the trade winds (NE). Due sometimes to the influence of W and/or SW winds, the coastal circulation of the bay is oriented from the south to the north, impacting its northern part.

Keywords: Cintra bay – Dakhla Oued Eddahab area - Morocco- marine circulation- 2D hydrodynamic model.

Résumé

La circulation marine de la baie de Cintra située dans la région de Dakhla Oued Eddahab (Sud du Maroc 23°08'N-16°20'W) a été appréhendée

par modèle hydrodynamique bidimensionnel 2D sur la période d'octobre à novembre 2016. Cette étude vise à comprendre la circulation marine de la baie et son mode de fonctionnement hydrodynamique. Principalement induits par les vents et les marées semi diurnes de type M2 (de période 12.42h) , les courants côtiers présentent des intensités généralement supérieures à 0.5 m.s^{-1} à l'extérieur de la baie. A l'intérieur de la baie, ces intensités sont inférieures à 0.3 m.s^{-1} et orientés vers le sud de la baie, généralement sous l'influence des vents alizés de secteurs Nord à Nord-Est. Soumis parfois à l'influence de vents de secteurs Ouest et/ou Sud Ouest, la circulation côtière de la baie est orientée vers le Nord impactant ainsi sa partie nord.

Mots-clés : Baie de Cintra – Région Dakhla Oued Eddahab – Maroc - Circulation marine- Modèle hydrodynamique 2D.

Introduction

Présentation du site d'étude

Localisée dans la province de Dakhla Oued Eddahab (sud du Royaume du Maroc) et située à 170 km environ au sud de la baie de Dakhla par voie terrestre, la baie de Cintra fait partie des plus importantes baies du littoral national. Sous forme concave et orientée selon l'axe NW–SW, elle présente une longueur de 21 km avec une largeur de 11 km environ dans sa zone centrale et communique avec l'Océan Atlantique à travers sa large passe (Figure 1).

Climat de la zone d'étude

Pour la présentation du climat de la baie de Cintra et compte tenu de la proximité de cette baie avec celle de Dakhla dans la région de Dakhla-Oued Eddahab (Sud du Royaume du Maroc), nous nous référons dans cette section aux travaux présentés par Hilmi *et al.* (2017) pour la baie de Dakhla:

Température de l'air

Observées sur la période 1986-2015, les températures moyennes mensuelles de l'air observées à la station de Dakhla varient entre 11.7°C et 28.8°C ; la valeur minimale étant observée au mois de février 2012 et la valeur maximale au mois d'octobre 1995 avec une période «chaude» allant généralement d'août à octobre/novembre et une période «fraîche» allant de décembre à février (Figure 2). Les températures moyennes minimales de l'air varient entre 11.7°C et 21.3°C et les températures moyennes maximales entre 20.3°C et 28.8°C sur la période 1986-2015 (Figure 2).

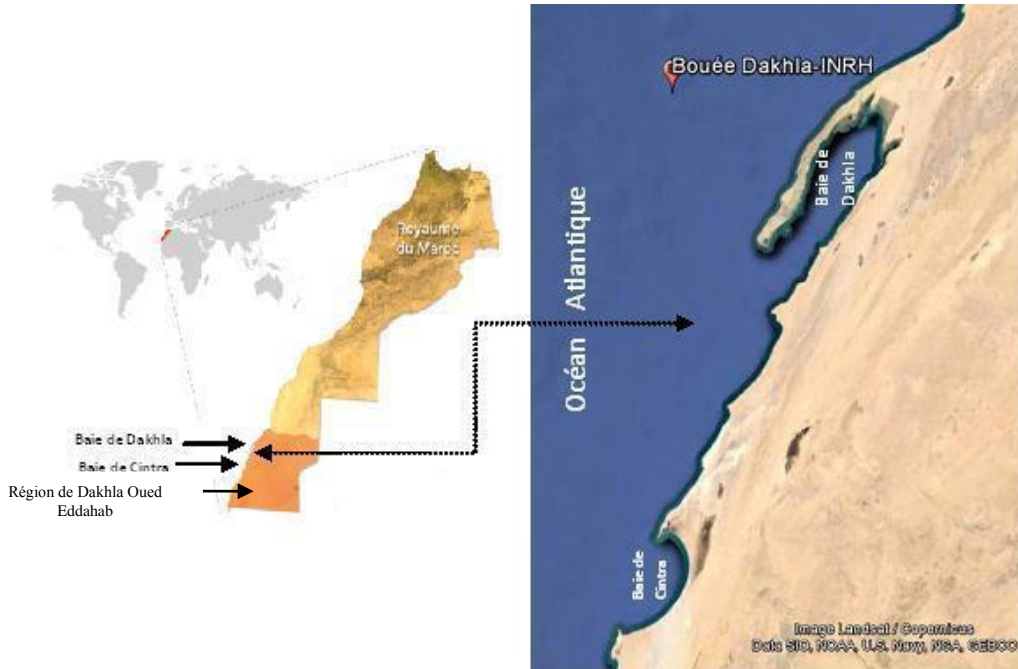


Figure 1. Situation géographique des baies de Dakhla et de Cintra de la région de Dakhla Oued Eddahab dans la zone sud du Royaume du Maroc.

Ainsi, les écarts thermiques sont faibles ne dépassant pas 10°C au maximum entre les saisons à cause de la situation géographique de Dakhla à proximité de l’océan Atlantique et de l’influence océanique très marquée (Source Maroc Météo, 2015).

Précipitation

Comme pour l’ensemble des régions sahariennes marocaines, le régime pluviométrique dans la région de Dakhla Oued Eddahab est caractérisé par une grande irrégularité, en plus de son extrême aridité (Agence du Sud, 2014). En termes de normales mensuelles des précipitations et sur la période 1968-2015, ces dernières varient entre 0.9 mm à 3.7 mm pour les mois de janvier à mai, inférieures à 0.2 mm entre juin et juillet, 2.2 à 6.7 mm d’août à décembre (Figure 3), ce qui dénote que les précipitations sont généralement concentrées sur deux périodes de l’année: août à octobre et décembre à mars (Source Maroc Météo, 2015).

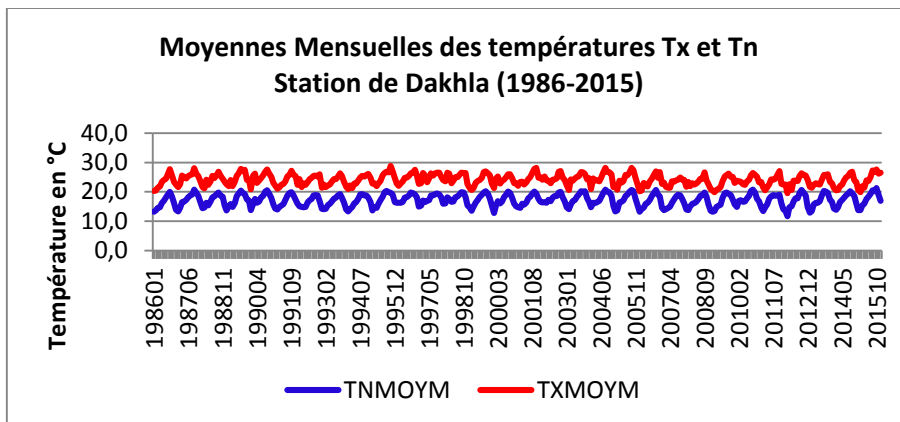


Figure 2. Températures moyennes mensuelles de l’air à Dakhla sur la période 1986-2015. Les températures moyennes minimales mensuelles sont représentées en bleu et les températures moyennes maximales mensuelles en rouge (Source Maroc Météo, 2015).

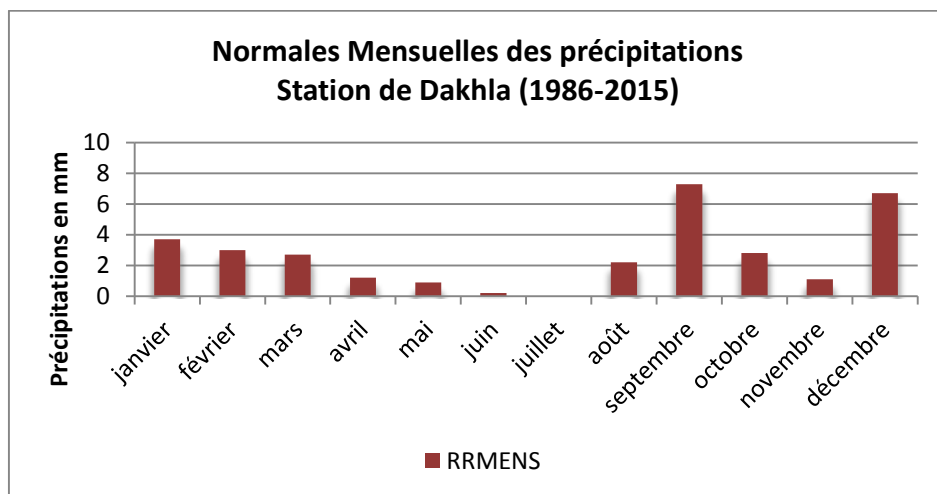


Figure 3. Normales mensuelles des précipitations à la station de Dakhla sur la période 1986-2015 (Source Maroc Météo-2015).

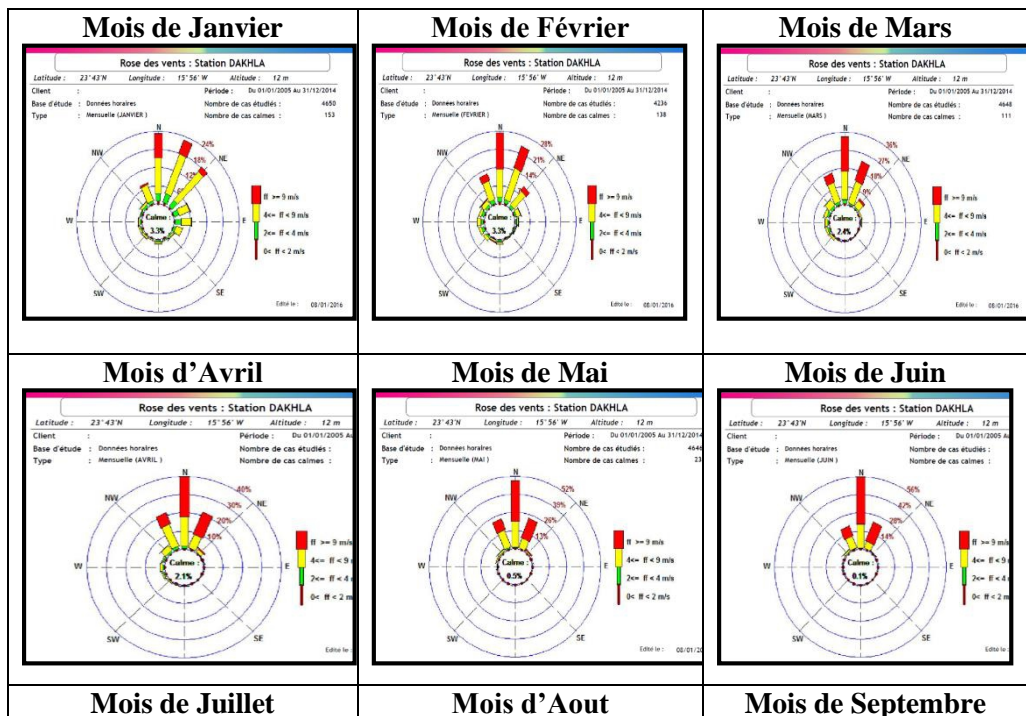
Vents

La figure 4 illustre les roses mensuelles de vent à la station de Dakhla sur la période 2005-2014 (Source MarocMétéo, 2015). L’analyse de ces roses de vent montre que les vents dominants soufflent généralement du secteur Nord Ouest, Nord à Nord Est, avec une très forte prédominance des vents de secteurs Nord à Nord Est (Figure 4) qui sont caractéristiques des vents Alizés dans la zone sud du Royaume du Maroc. Quelque soient les saisons, les intensités maximales des vents de secteur Nord sont souvent supérieures à 9 m.s^{-1} . Les vents présentent des fréquences d’occurrence variables selon les saisons, variant entre 12% et 28% pour les saisons d’hiver, entre 18% et 52% pour les saisons du printemps, entre 16% et 64%

pour les saisons d'été et entre 22% et 56% pour les saisons d'automne (Figure 4).

Objectifs de l'étude

De par sa grande importance socio économique dans la région de Dakhla - Oued Eddahab, la baie de Dakhla a fait l'objet de plusieurs études visant notamment à définir son organisation écologique, hydrologique, hydrodynamique, sédimentologique, en aquaculture (ANDA, 2015; Arid *et al.*, 2005; Hilmi *et al.*, 2017 ; INRH, 2002, 2017; Kamara *et al.*, 2005, 2008; Lakhdar *et al.*, 2010; NOVEC, 2012 a et b; Orbi *et al.*, 1995, 1996; Orbi et Berraho, 1999; Saad *et al.*, 2013, 2015; Zidane, 2011; Zidane *et al.*, 2008, 2013 a et b). S'agissant de la baie de Cintra, elle présente de fortes potentialités aquacoles (Source INRH/ANDA) mais rares sont les études menées dans cette baie, mis à part celles menées par l'Institut National de Recherche Halieutique (Makaoui *et al.*, 2016) et par l'Agence Nationale pour le Développement Aquacole (ANDA, 2015).



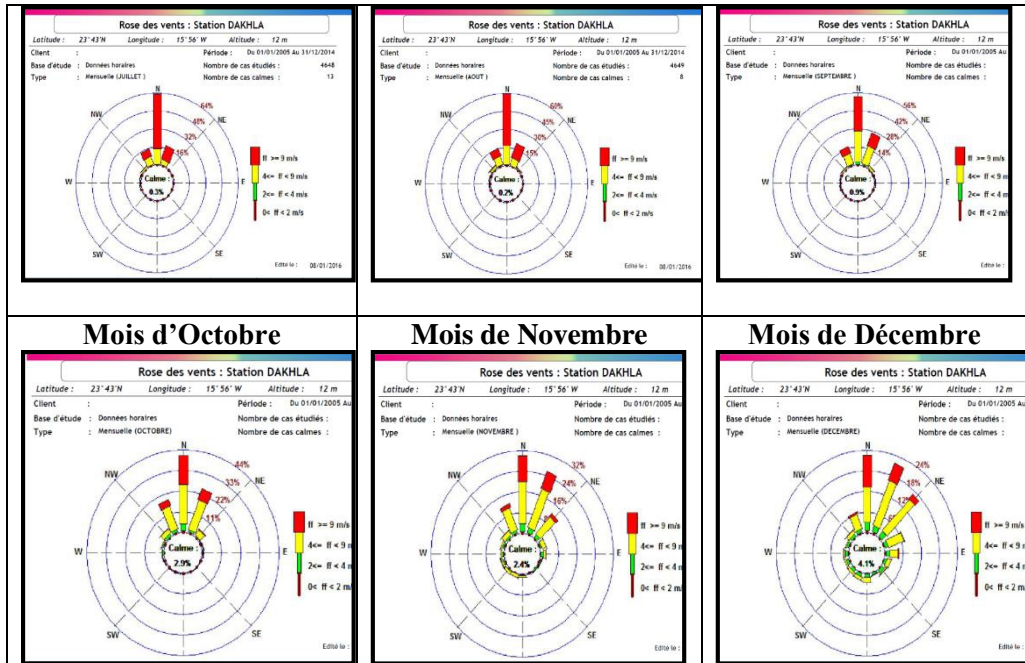


Figure 4 : Roses mensuelles des vents à la station météorologique de Dakhla sur la période 2005-2014 (Source Maroc Météo, 2015).

Dans l'attente de mener d'autres études plus approfondies sur ce site, cette étude est originale dans la baie de Cintra en matière de modélisation hydrodynamique visant la description des processus physiques régissant cette baie et son fonctionnement. L'objectif de ce travail est de décrire ainsi, à l'aide d'un modèle hydrodynamique bidimensionnel (2D), la circulation marine de la baie de Cintra et de comprendre les processus physiques régissant son fonctionnement hydrodynamique.

Matériel et méthodes

Le modèle bidimensionnel (2D), implémenté pour la baie de Cintra, est le modèle MIKE2-HD développé par la société DHI dont les équations du modèle 2D sont décrites en détail (DHI, 1990). Le modèle MIKE2/HD simule l'évolution temporelle des courants et du niveau d'eau en intégrant les équations de la conservation du mouvement et de la masse intégrées sur l'axe vertical. Il a été calibré à partir des mesures de courant dans la baie en 2015 (frottement au fond, entraînement par le vent) (Makaoui *et al.*, 2016). Dans cette étude, le modèle 2D n'intègre pas la houle, ni les températures de l'air/l'eau et ni les précipitations en sorties. Les intrants du modèle 2D sont les paramètres suivants: la bathymétrie de la zone d'étude, la marée et les vents observés sur la période de simulation:

Bathymétrie de la baie de Cintra

La figure 5 présente la bathymétrie corrigée par rapport à la marée de la baie de Cintra réalisée par l’INRH sur le terrain en 2015 (Makaoui *et al.*, 2016). Pour les besoins de cette étude en matière de modélisation, la grille de calcul, développée pour le domaine de la baie, comprend 115 mailles en X (vers l’Est) et 175 mailles en Y (vers le Nord), de dimensions 200m x 200m sur le plan horizontal, soit un domaine d’emprise s’étalant sur 23 km vers l’Est et sur 35 km vers le Nord (Figure 5).

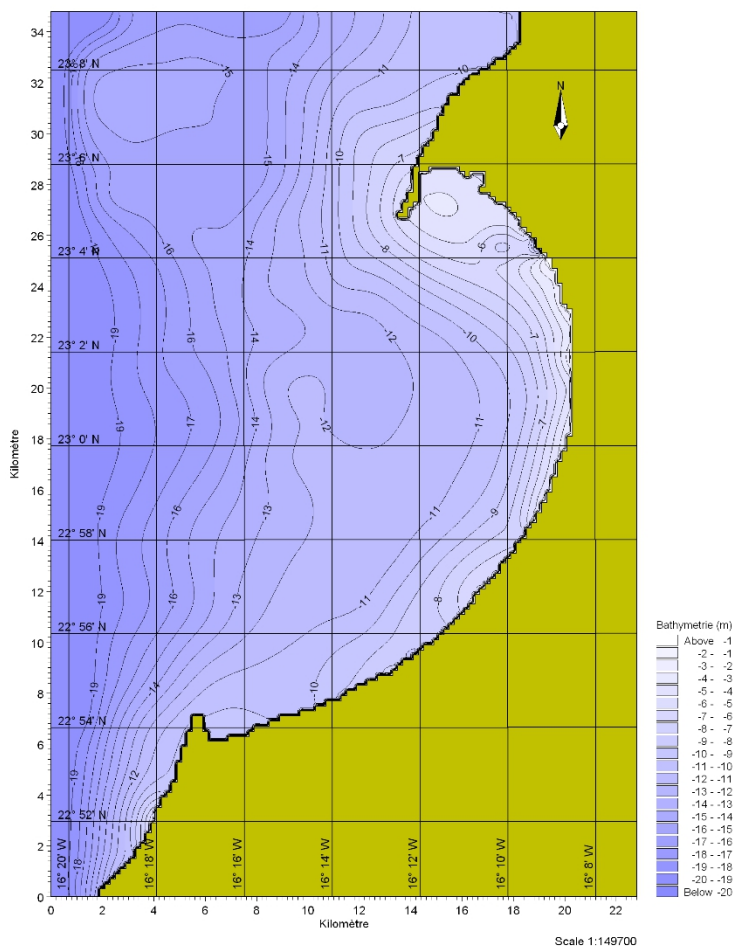


Figure 5: Bathymétrie de la baie de Cintra établie pour le domaine d’étude du modèle 2D et corrigée par rapport à la marée.

Forçage par la marée

Pour les besoins du modèle à ses frontières ouvertes au Sud, Ouest et Nord (Figure 6) et à défaut de marée observée dans la zone d’étude, le modèle 2D a été forcé par la marée prédite à Dakhla par le SHOM (www.shom.fr) sur la période du 07 octobre au 06 novembre 2016. Cette

période couvre ainsi deux cycles de marée compris entre des marées de morte-eau et de vive-eau (Figure 6).

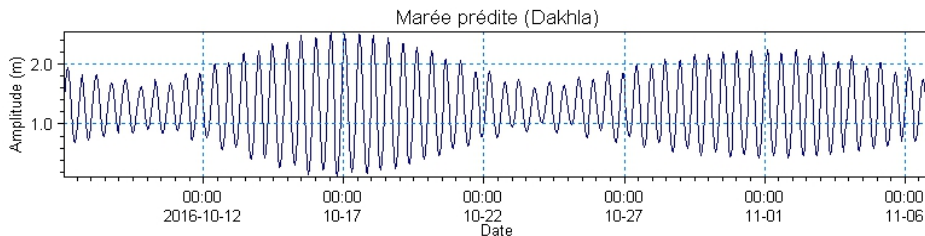


Figure 6: Marée horaire prédite à Dakhla sur la période du 07 octobre au 06 novembre 2016 (Source données SHOM).

Sur cette période d'observation, les coefficients de marée sont compris entre 31 et 42 pour les marées de morte eau et entre 85 et 116 pour les marées de vive eau (Figure 6). Ces coefficients de marée sont généralement calculés pour une pleine mer à Brest, ce port étant choisi comme port de référence par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM-France) . C'est le quotient du marnage semi-diurne de la formule harmonique par la valeur moyenne du marnage pour les marées de vive-eau d'équinoxe, admise à 6,1m à Brest (Source SHOM). C'est un nombre sans dimension compris entre 20 et 120 et qui varie peu d'un jour sur l'autre. Par convention, le coefficient 100 est attribué au marnage semi-diurne moyen lors des vives-eaux voisines des équinoxes (21 mars, 21 septembre Source SHOM):

- marées extraordinaires de vive-eau d'équinoxe: le marnage à Brest est admis à 7,32 m d'où le coefficient maximal de 120;
- marées de vive-eau moyenne: coefficient 95;
- marées de morte-eau moyenne: coefficient 45;
- marées de morte-eau les plus faibles: le marnage à Brest est admis à 1,22 m, d'où le coefficient minimal de 20.

Forçage par le vent

La figure 7 présente la rose du vent horaire observé à la bouée METOCEAN «Dakhla » de l'INRH (23.91711°N; -16.18703°W Ref figure 1) sur la période allant du 07 octobre au 06 novembre 2016 (Source INRH, 2017). On constate que les vents sont de secteurs variables sur cette période de l'étude, avec des vents dominants de secteurs Nord à Nord Est (fréquence > 50%) dont les intensités sont supérieures à 5 m.s⁻¹. Ce sont ces vents dominants qui sont généralement observés dans la zone d'étude en cette période de l'année (Figure 7). Les vents soufflant dans les secteurs Est, Ouest, Sud à Sud Est sont aussi observés mais avec une fréquence moins importante et leurs intensités sont inférieures à 5m. s⁻¹ (Figure 7).

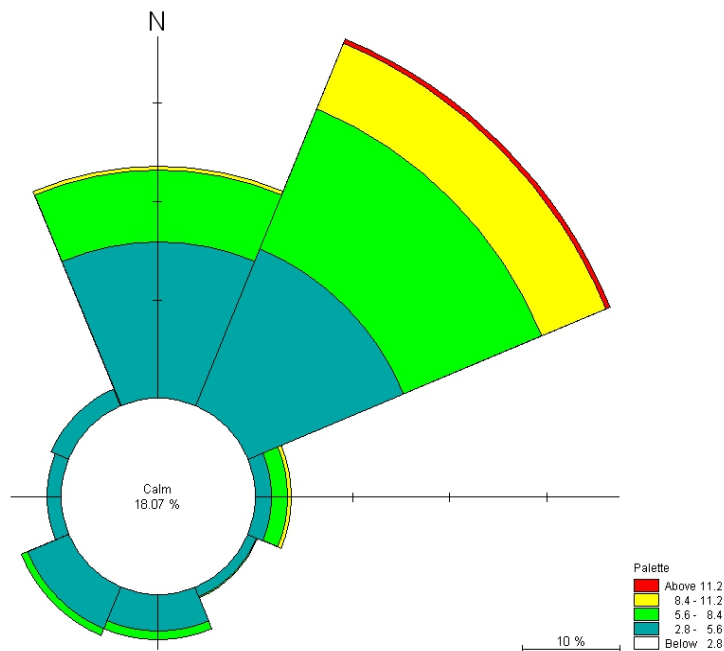


Figure 7. Rose du vent horaire observé à la bouée METOCEAN «Dakhla» de l'INRH (23.91711°N; -16.18703°W Ref figure 1) sur la période allant du 07 octobre au 06 novembre 2016 (Source INRH, 2017).

Résultats

Validation du modèle 2D

Le modèle 2D, implémenté pour la zone au large et dans la baie de Cintra, a été validé par des mesures de courant (Figures 8 et 9) sur la période allant du 07 octobre au 06 novembre 2016 à la station de la bouée météorologique et océanographique de l'INRH «Dakhla», située au large de Dakhla (23.91711°N; -16.18703°W voir position de la bouée à la figure 1b). Le nombre d'observations horaires correspond à 734 avec une moyenne de -0.01; RMS de 0.12 m/s; l'indice (Scatter Index) de -1.09 et le coefficient de corrélation entre la composante observée du courant et la composante modélisée du courant correspondant à 0.85. Dans cette version du modèle 2D, ce dernier reproduit parfaitement la marée et à 85% les intensités de la composante Nord-Sud du courant qui est sa composante dominante dans cette zone d'étude (Figure 8). Les différences d'intensité du courant, observées entre le modèle 2D et les mesures, est dû au fait que le modèle 2D reproduit une intensité moyenne du courant sur toute la colonne d'eau du domaine d'étude tandis que les observations effectuées à la station METOCEAN de «Dakhla» (23.91711°N; -16.18703°W) sont relatives au courant observé en profondeur (-10m) en point fixe (Figure 8).

Sorties du modèle 2D

Comme mentionné précédemment, la simulation de la circulation marine de la baie de Cintra a porté sur la période du 07 octobre au 06 novembre 2016, couvrant ainsi deux cycles de marées de morte-eau (coefficients de marée compris entre 31 et 42) et de vive-eau (coefficients de marée compris entre 68 et 116) (Figure 6).

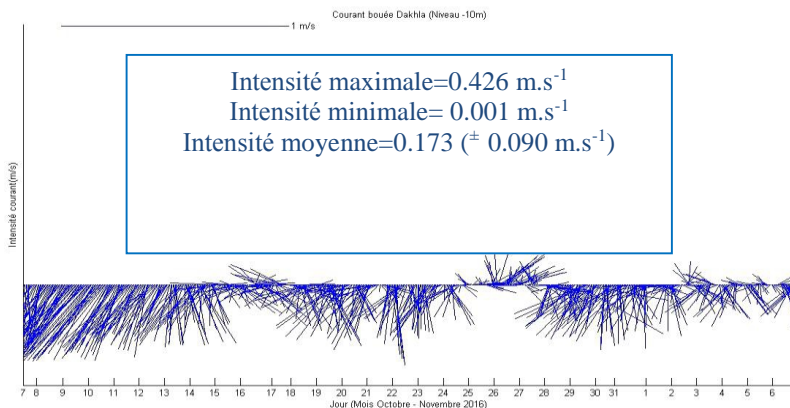


Figure 8: Diagramme en bâtonnets du courant observé en profondeur (-10m) à la station METOCEAN «Dakhla» de l'INRH (23.91711°N; -16.18703°W Ref figure 1) du 07 octobre au 06 novembre 2016 (Source INRH, 2017).

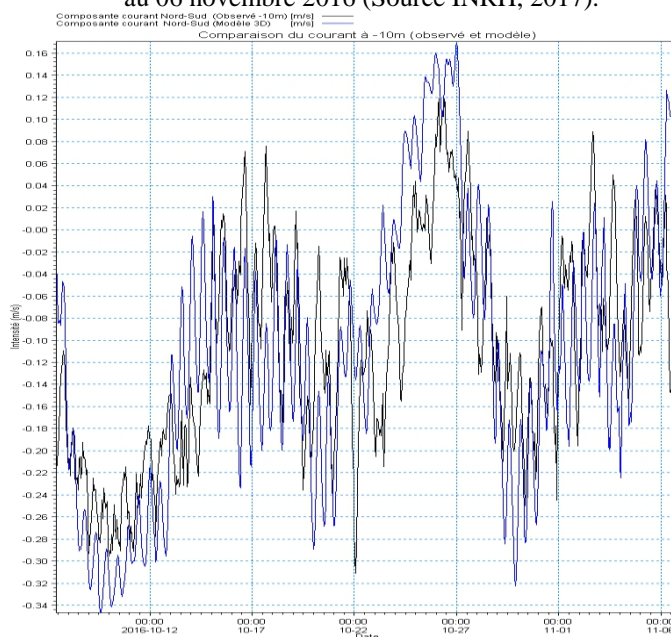


Figure 9: Comparaison de la composante Nord-Sud du courant entre les sorties du modèle 2D (en couleur bleue) en point fixe à sa frontière ouverte du Nord et les observations (en couleur noire) de la bouée météorologique et océanographique «Dakhla» de l'INRH en point fixe (23.91711°N; -16.18703°W Ref figure 1) sur la période allant du 07 octobre au 06 novembre 2016.

La baie de Cintra, étant soumise à une forte influence des vents et des marées de type semi diurne M2 (de période 12.42h), nous présentons ici comme résultats des sorties du modèle 2D des exemples de configuration de la circulation de cette baie selon les situations suivantes:

- en période de marées de vive-eau à marée entrante (Figure 10) et à marée sortante (Figure 11). Le coefficient de marée est de 116;
- en période de marées de morte-eau à marée entrante (Figure 12) et à marée sortante (Figure 13). Le coefficient de marée est de 31;
- par situations de vent de secteurs Sud – Ouest (Figure 14) et Nord-Est (Figure 15) dont les coefficients de marée sont compris entre 42 et 68.

Ainsi, en période de marée de vive eau en prenant l'exemple de la journée du 17 octobre 2016 à 01h à marée entrante coïncidant avec des vents de secteur Nord Est (Figure 10), les courants sont orientés du Nord au Sud avec des intensités comprises entre 0.1 m.s^{-1} et 0.5 m.s^{-1} . Les plus forts courants sont observés au Nord du domaine d'étude et au large de la baie. A l'intérieur de la baie, les courants sont dirigés du Nord au Sud mais avec des intensités de moindre amplitude ($< 0.3 \text{ m.s}^{-1}$) (Figure 10). A marée sortante et en prenant l'exemple de la journée du 16 novembre 2016 à 19h en période de marée de vive eau coïncidant avec des vents de secteur Nord (Figure 11), les courants au large de la baie ont tendance à être orientés vers le Nord Ouest avec des intensités comprises entre 0.1 m.s^{-1} et 0.3 m.s^{-1} . A l'intérieur de la baie, les intensités du courant sont inférieures à 0.3 m.s^{-1} (Figure 11). En fin de période de marée de vive eau, la figure 14 montre un autre exemple de circulation de la baie de Cintra soumise à des vents de secteur Sud Ouest à marée sortante (cas du 05 Novembre 2016 à 22h – coefficient de marée 68) où les courants côtiers sont généralement orientés du Sud vers le Nord de la baie (Figure 14). En périodes de marées morte eau, que ce soit à marées entrante ou sortante, les courants présentent généralement de faibles intensités ($< 0.2 \text{ m.s}^{-1}$) (Figures 12 et 13). Notons aussi des situations d'exception comme ce fût le cas de la journée du 09 octobre 2016 à 19h par exemple en période de marée de morte eau (Figure 15). En effet, bien que cette journée ait coïncidé avec une période de marée de morte eau de coefficient 42, de très forts vents de secteur Nord Est dont les intensités étaient supérieures à 8 m.s^{-1} ont soufflé dans la zone d'étude (Figure 15). Les sorties du modèle reproduisent assez bien cette situation et les courants observés au large la zone d'étude sont orientés dans la direction Nord Est. Ils présentent ainsi de fortes intensités à l'extérieur et au large de la baie ($> 0.4 \text{ m.s}^{-1}$) et comprises entre 0.1 et 0.3 m.s^{-1} à l'intérieur de la baie (Figure 15). Au milieu de la baie et dans sa partie Nord, on constate qu'une partie des courants côtiers de la baie sont dirigés vers le Nord formant ainsi une

circulation giratoire cyclonique impactant ainsi cette partie nord de la baie (Figure 15).

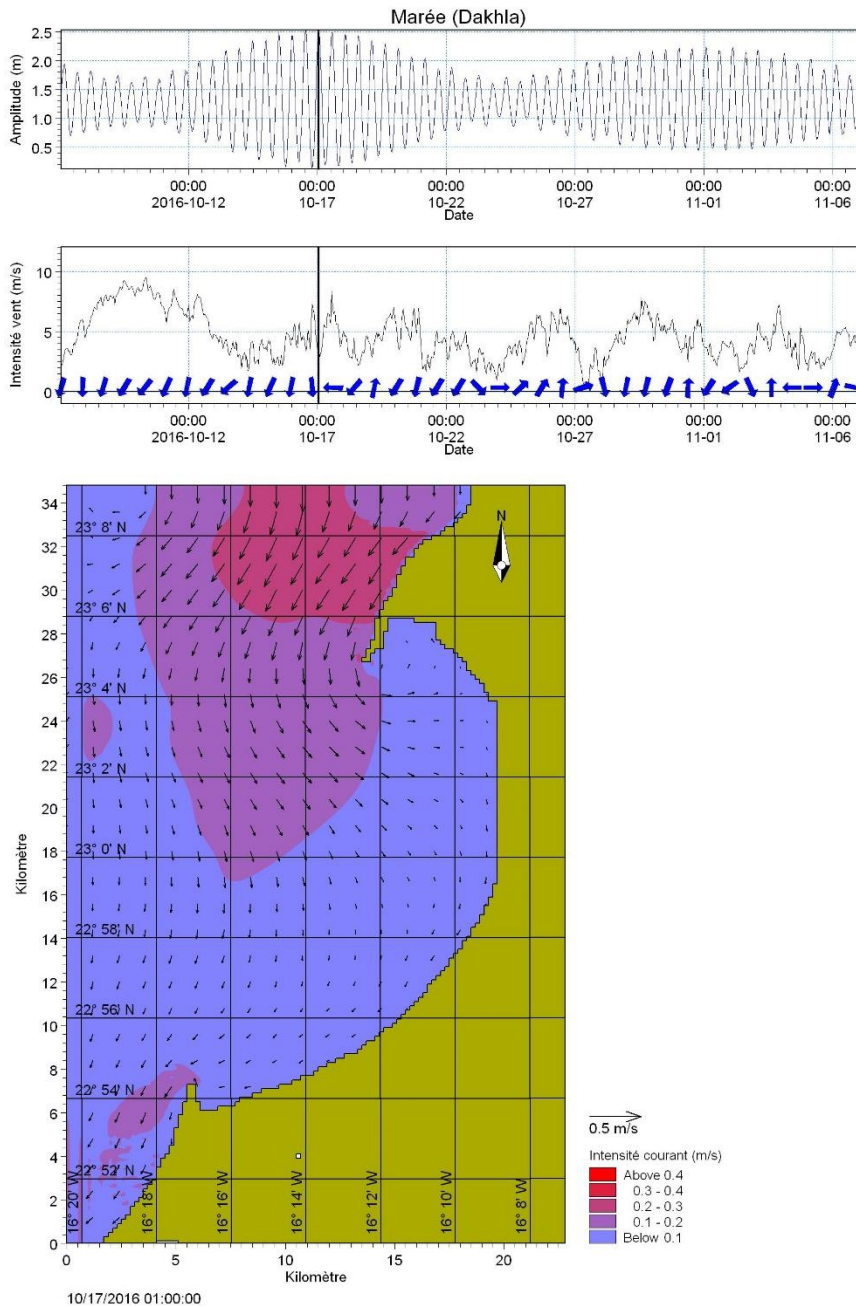


Figure 10. Exemple de circulation de la baie de Cintra en période de vive-eau à marée entrante (cas du 17 octobre 2016 à 01h – coefficient de marée 116).

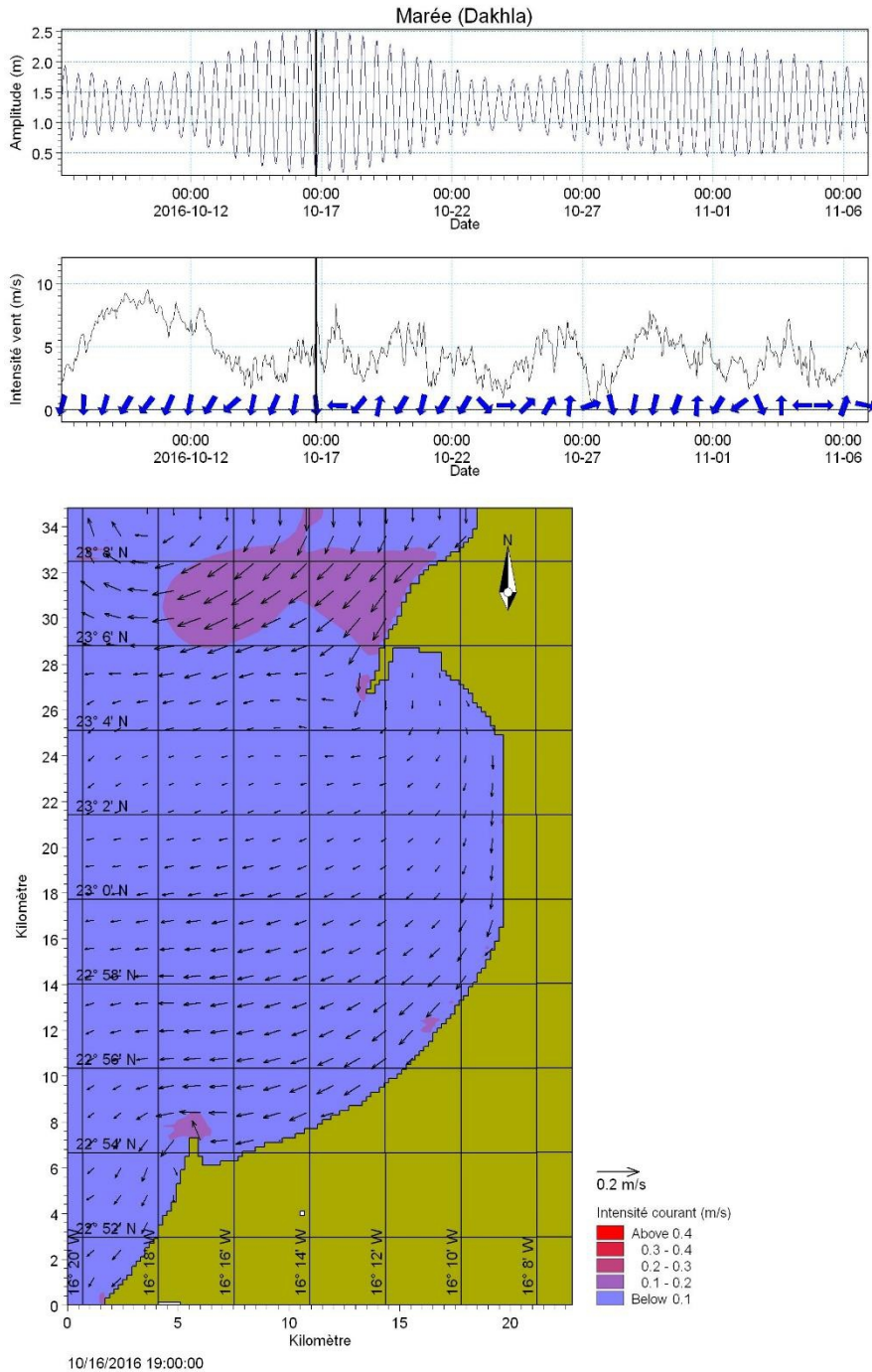


Figure 11. Exemple de circulation de la baie de Cintra en période de vive-eau à marée sortante (cas du 16 novembre 2016 à 19h – coefficient de marée 116).

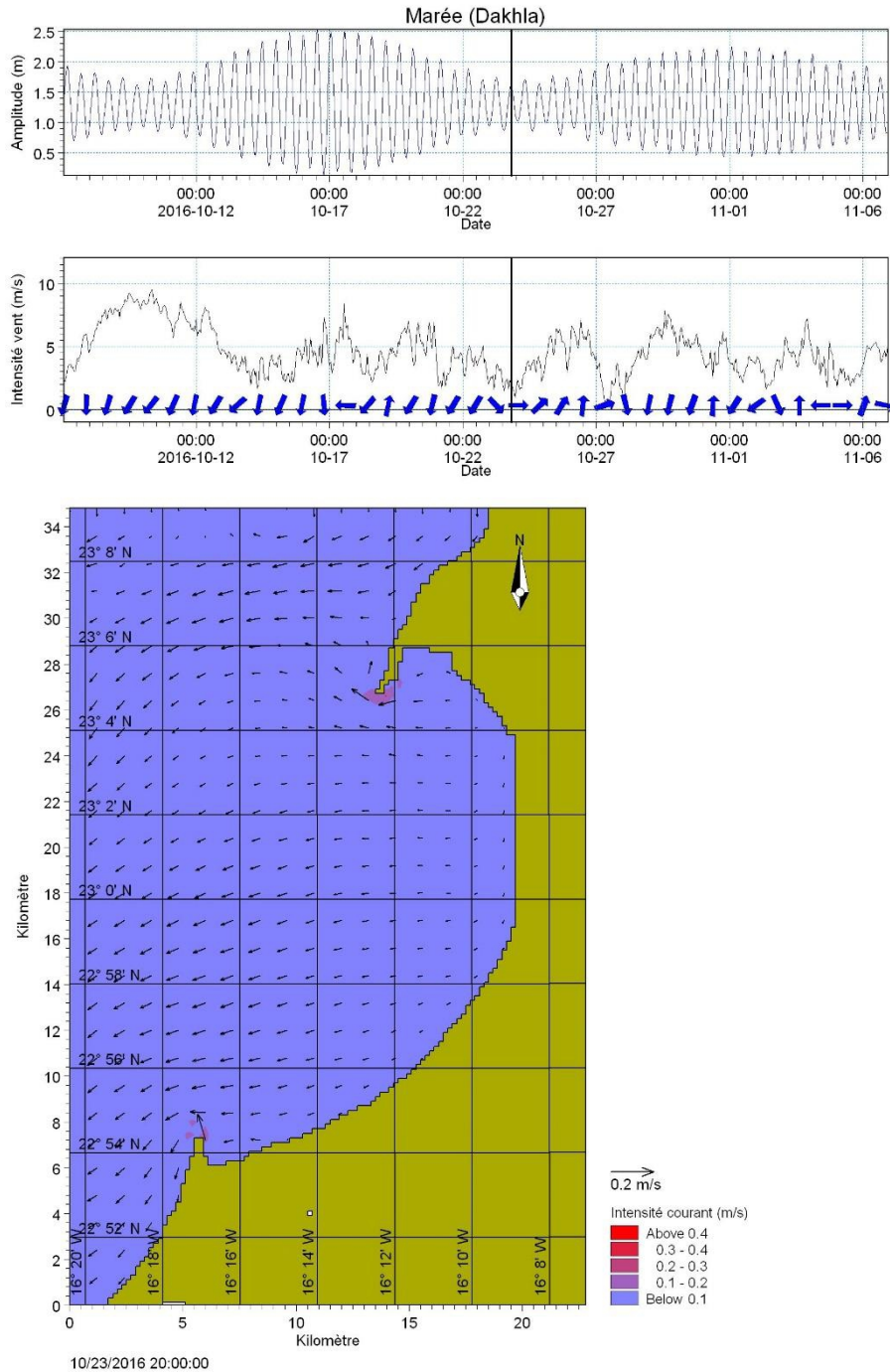


Figure 12. Exemple de circulation de la baie de Cintra en période de morte-eau à marée entrante (cas du 23 novembre 2016 à 20h – coefficient de marée 31).

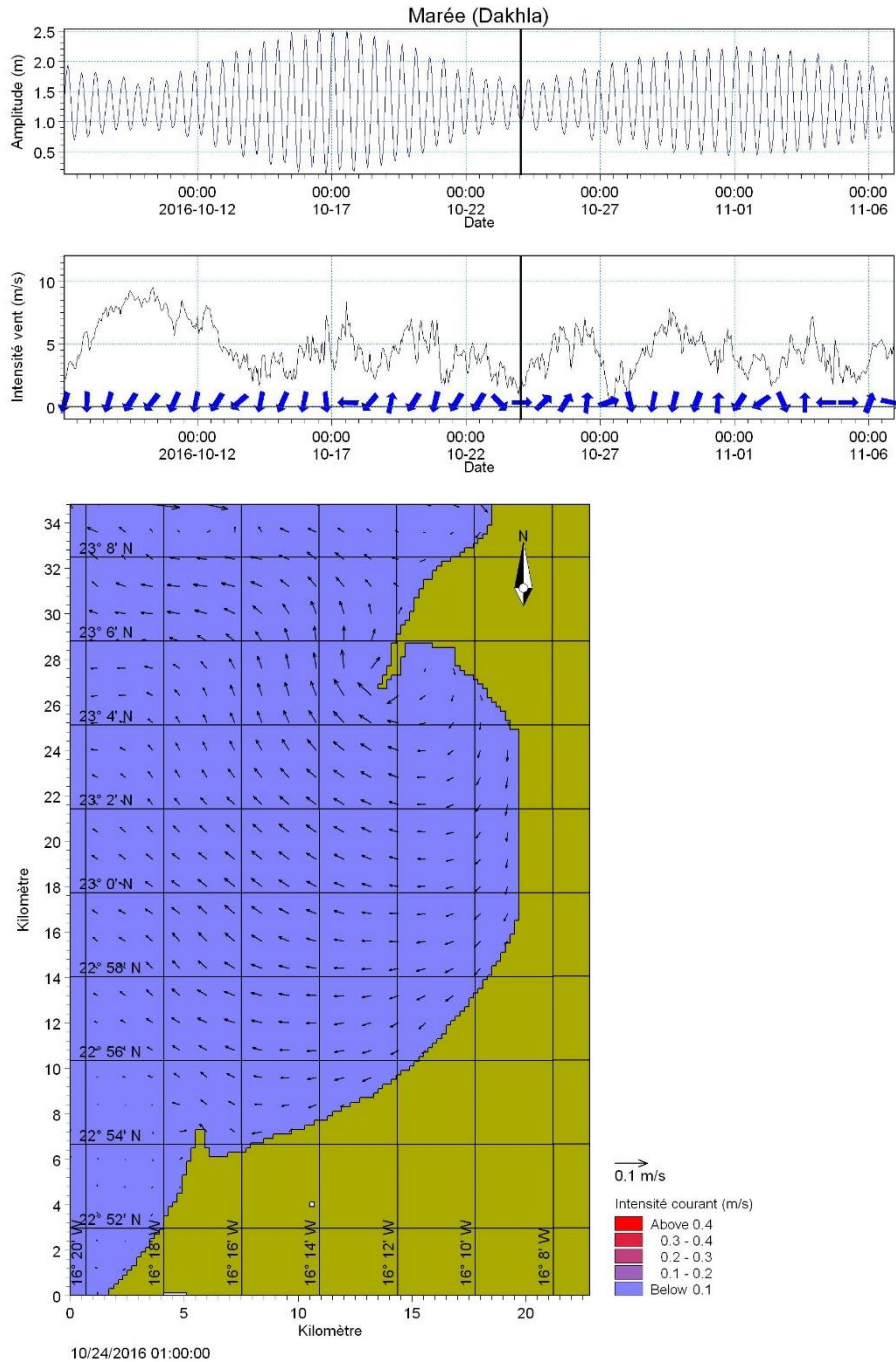


Figure 13. Exemple de circulation de la baie de Cintra en période de morte-eau à marée sortante (cas du 24 novembre 2016 à 01h – coefficient de marée 32).

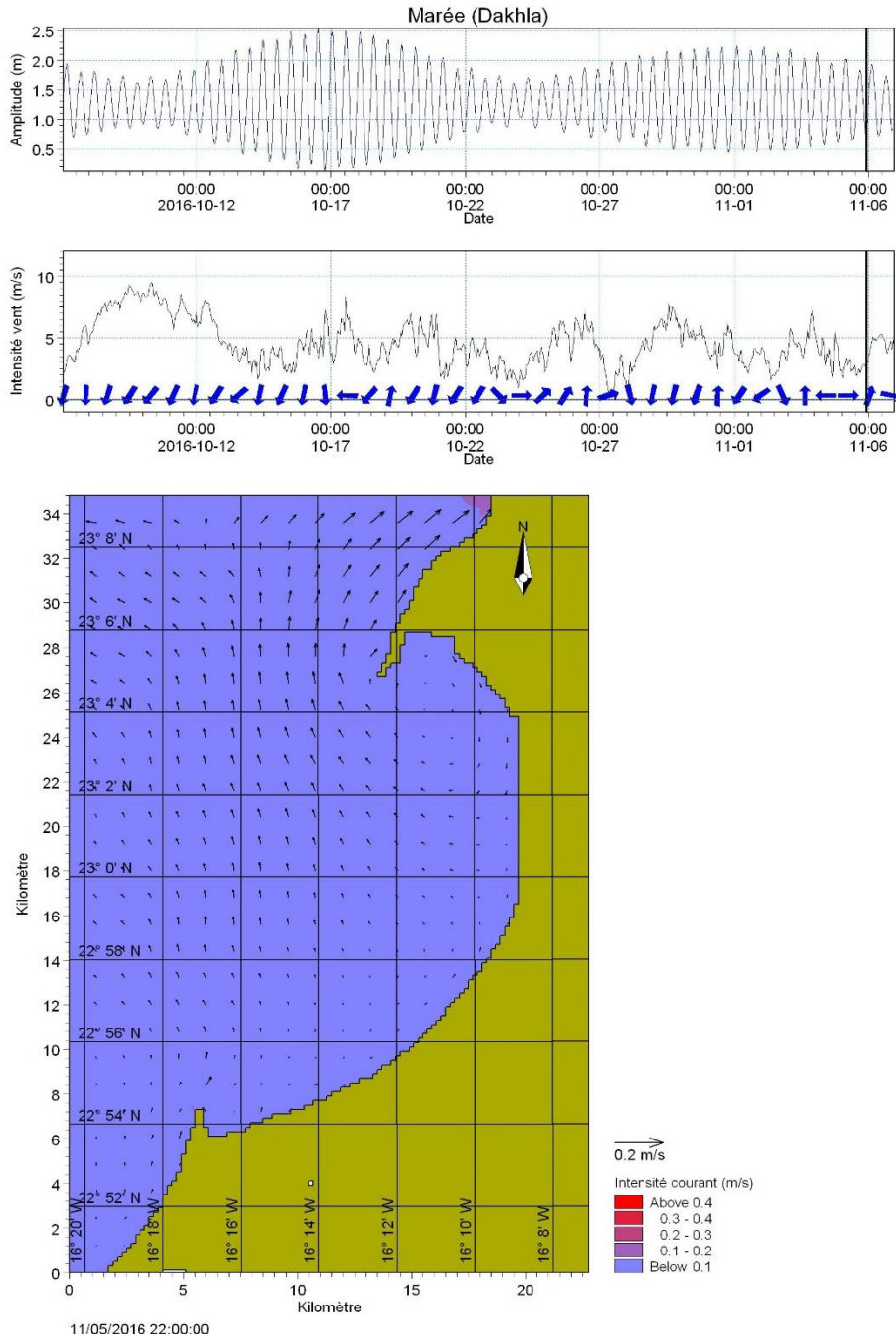


Figure 14. Exemple de circulation de la baie de Cintra par vent de secteur Sud Ouest en marée sortante (cas du 05 Novembre 2016 à 22h – coefficient de marée 68).

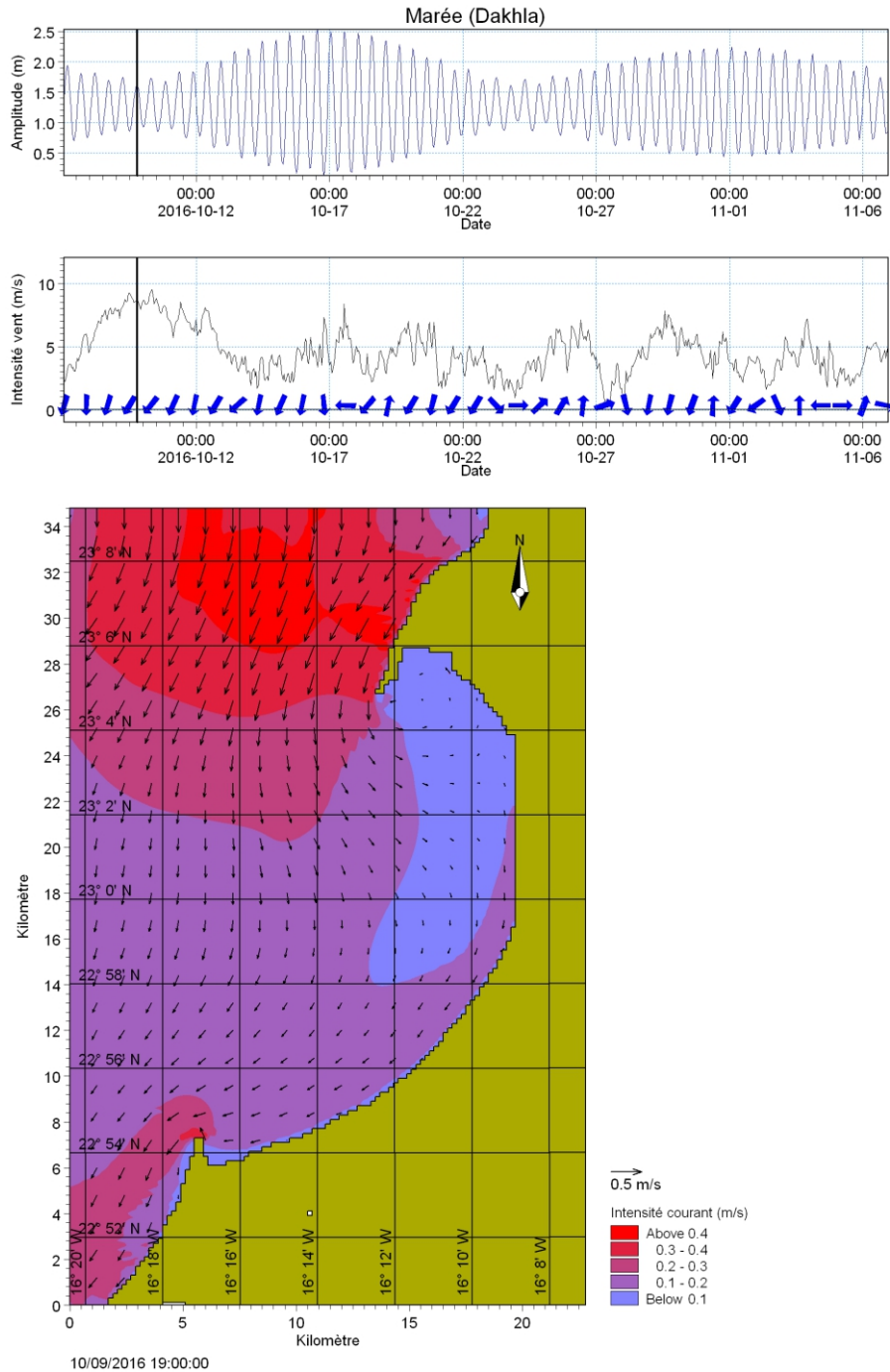


Figure 15. Exemple de circulation de la baie de Cintra par vent de secteur Nord Est à marée entrante (cas du 09 octobre 2016 à 19h – coefficient de marée 42).

Conclusion

Cette étude originale a visé à étudier la circulation marine de la baie de Cintra située dans la région de Dakhla Oued Eddahab (Sud du Royaume du Maroc) par modèle hydrodynamique 2D sur la période allant du 07 octobre au 06 novembre 2016. Principalement induits par les vents et par l'influence par les marées semi diurnes de type M2 (de période 12.42h), les courants présentent des intensités généralement supérieures à 0.5 m.s^{-1} à l'extérieur de la baie. A l'intérieur de la baie, ces intensités sont inférieures à 0.3 m.s^{-1} sur cette période d'étude. Soumis à l'influence de vents alizés de secteurs Nord à Nord Est, ils sont généralement orientés vers le sud de la zone d'étude et de la baie. Sous l'influence de vents de secteurs Ouest ou Sud Ouest, la circulation côtière de la baie se trouve orientée vers le Nord impactant ainsi sa partie nord. Cette étude a permis ainsi de comprendre son mode de fonctionnement hydrodynamique de cette baie mais d'autres travaux par modélisation hydrodynamique 3D de la baie doivent être entrepris, en vue d'estimer par exemple le temps de renouvellement des eaux de la baie qui est un paramètre physique à prendre en considération pour le développement des activités aquacoles dans cette baie.

Remerciements

Cet article est dédié à la mémoire de feu Dr J.Lakhdar Idrissi, chercheur à l'Institut National de Recherche Halieutique qui a beaucoup travaillé de son vivant dans la baie de Dakhla (Région Oued Eddahab). Les auteurs tiennent aussi à remercier du Centre Régional de l'INRH à Dakhla qui a contribué aux missions de terrain ainsi que les évaluateurs externes anonymes de la revue.

References :

1. ANDA (2015). *Appel à Manifestation d'Intérêt - Plan de développement de l'aquaculture marine dans la région de Dakhla Oued Eddahab*. Agence Nationale pour le Développement de l'Aquaculture, Royaume du Maroc, 24p.
2. Arid, H., Moudni, H., Orbi, A., Talbaoui, M., & Idrissi, J.I. (2005). *Téledétection spatiale et SIG pour la gestion intégrée des potentialités aquacoles*, Geobservateur, ISSN 113-4410, N° 14, Novembre 2005, p. 49-62.
3. Danish Hydraulic Institute (1990). *Coastal Hydraulics and Oceanography. Mike 21*. Hydrodynamic Module. User's Guide and reference Manual.
4. Hilmi, K., Orbi, A., Makaoui, A., Bouksim, H., Idrissi, M., Ettahiri, O., Benyounes, A. & Ait Chattou, M. (2017). *Circulation marine de la baie de Dakhla (Sud du Maroc) par modèle hydrodynamique 2D*.

- European Scientific Journal, March 2017 edition vol.13, No.9, pp 69-82, ISSN: 1857 – 7881 (Print).
5. INRH (2002). *Ressources littorales: Etat de nos connaissances*. Institut National de Recherche Halieutique, Document du Ministère des Pêches Maritimes, Royaume du Maroc, 110 p.
 6. INRH (2017). *Bulletins de la bouée météorologique et océanographique de l'INRH «Dakhla» N° 1, 2 et 3*. Disponibles sur site web (www.inrh.ma).
 7. Kamara, A., Rharbi, N., Berraho, Ab., & Ramdani, M. (2005). *Etude comparative du cycle sexuel de la palourde Ruditapes decussatus issue de trois milieux paraliques des côtes marocaines*, Mar. Life 2005 – VOL.15 (1-2): 43-50.
 8. Kamara, A., Rharbi., N., Ramdani, M. & Berraho, Ab. (2008). *Recherches préliminaires au développement de l'élevage de la palourde européenne (Ruditapes decussatus L.) sur les côtes marocaines et au repeuplement des sites surexploités*. Bull. Soc. zool. Fr., 133(1-3): 193-202.
 9. Lakhdar, I.J., Orbi, A. & Hilmi, K. (2010). *Rapport relatif à l'étude bathymétrique de la baie de Dakhla*. Rapport interne, Institut National de Recherche Halieutique, Royaume du Maroc, 22p.
 10. Makaoui *et al.*, 2016. Rapport de la campagne océanographique dans la baie de Cintra (Sud du Maroc)- Octobre 2015. Rapport interne, Institut National de Recherche Halieutique, Royaume du Maroc, 20p.
 11. NOVEC (2012a). *Etude de la vulnérabilité de la baie d'Oued Eddahab – Etat des lieux actuels de la baie d'Oued Eddahab*, Rapport inédit, 115 p.
 12. NOVEC (2012b). *Etude de la vulnérabilité de la baie d'Oued Eddahab – Diagnostic des stratégies et des risques*, Rapport inédit, 54 p.
 13. Orbi, A., Dafir, J.M. & Berraho, Ab. (1995). *Étude pluridisciplinaire de la baie de Dakhla*. Rapport interne, Institut Scientifique des Pêches Maritimes, Royaume du Maroc, 86, 26 p.
 14. Orbi, A., Guelorget O. & Lefebvre, A. (1996). *La baie de Dakhla: Organisation biologique et fonctionnement*. Rapport interne, Institut National de Recherche Halieutique, Royaume du Maroc, 240 p.
 15. Saad, Z., Orbi, A., Abouabdellah, R., Saad, A. & Oudra, B. (2013). *Impact of economic development on the dynamics of phytoplankton and physic-chemical quality of Dakhla Bay (South of Morocco)*. South Asian Journal of Experimental Biology, 3 (5), 274-285.
 16. Saad, Z., El-Gharmali., A., El-Khalloufic, F., Saad., A., Oudra, B. (2015). *Metal contamination of the macrobenthic fauna of the Dakhla Bay (South of Morocco): an ecotoxicological diagnostic and*

- environmental perspective*. South Asian Journal of Experimental Biology 2015 Vol.5 No.2 pp.55-69.
17. SHOM. *Site web* (www.shom.fr).
 18. Zidane, H., Orbi, A., Mouradi, A., Zidane, F. & Blais, J-F. (2008). *Structure hydrologique et édaphique d'un site ostréicole: Duna Blanca (la baie de Dakhla sud du Maroc)*. Environnemental Technology, Vol. 29, pp 1031-1042.
 19. Zidane, H. (2011). *Potentialités aquacoles de la baie de Dakhla*. Environnemental Technology, Vol. 29, pp 1031-1042.
 20. Zidane, H., Menioui, M., Mouradi, A., Orbi, A. & Zidane, F. (2013a). *Croissance de l'huître C. Gigas, en élevage dans la baie de Dakhla - Maroc*, Rapp. Comm. int. Mer Médit., CIESM 40. p. 470.
 21. Zidane, H., Menioui, M., Mouradi, A., Orbi, A., Zidane, F. & Blais, J-F. (2013b). *Les métaux lourds dans le sédiment et leur impact sur le développement de la conchyliculture (Baie de Dakhla, Maroc)*. Rapp. Comm. int. Mer Médit., CIESM 40, p. 766.