

ANALYSE HARMONIQUE DES SERIES CHRONOLOGIQUES DES NIVEAUX D'EAU ET DES COURANTS AU NIVEAU DE RAS TAGUERMESS ET À EL KANTARA DANS LE GOLFE DE GABES

Abdelfattah ATOU¹, M. BRAHIM¹ et Ch. SAMMARI¹

1- Institut National des Sciences et Technologies de la Me, 28 rue 2 mars 1934, Salammbô, 2025 Tunis, Tunisie.

abdelfattah.atoui@gmail.com ; mouldi.brahim@instm.rnrt.tn ; cherif.sammari@instm.tn

ملخص

تحليل معطيات مستوي و تيارات المياه براس تاجر ماس و القنطرة في خليج قابس: ضمن المشروع الوطني لدراسة ديناميكية المياه على طول الشواطئ التونسية تمكنا من وضع أدوات قياس للتيارات والمد والجزر والأمواج في خليج قابس تحديدا برأس تقرماش والقنطرة.

بينت لنا التحاليل الهرمونية لمعطيات مستوى المياه سيطرة المد والجزر النهاري وخصوصا المنبثقة على القمر المسمى (M2) وصاحبة الدورة المنتظمة 12 س و 25 دق. أما بنسبة لسرعة تيارات المد والجزر قمنا بتحليلها إلى عواملها الرئيسية (ACP). وبيننا أن السرعة على مستوى القنطرة تبلغ حوالي 45 صم/ث بمنحني يقدر ب 29 ° على الشرق ويكون بالتالي اتجاه التيار بهذه النقطة شرقي شمالي شرقي. أما بالنسبة على مستوى رأس تمرقاش فقد بلغت سرعته 5 صم/ث واتجاهه شمالي جنوبي.

كلمات مفاتيح: مستوى المياه، التيار، المد و الجزر رأس تقرماش، القنطرة، خليج قابس.

RESUME

Dans le cadre d'un programme national concernant l'étude de la circulation des eaux dans le littoral tunisien nous avons installé des courantmètres et des houlographes marégraphes dans le golfe de Gabès et notamment à l'Est de Djerba, en face de Ras-Taguermess et au niveau d'El Kantara.

L'analyse harmonique des séries temporelles de niveau d'eau au niveau de Ras Taguermess et El-Kantara montre la dominance des composantes de la marée semi-diurne avec prédominance de la composante semi-diurne (M2) de période 12 h 25 mn.

L'analyse en composantes principales où en fonction orthogonale empirique (EOF) des courants de la marée montre qu'au niveau d'El-Kantara la vitesse des courants est de 45 cm.s⁻¹ et que sa direction est de 29° par rapport à l'Est ; c'est-à-dire de direction Est-Nord-Est. Alors qu'au niveau de Ras Taguermess la vitesse des courants de la marée est de l'ordre de 5 cm.s⁻¹ et de direction Nord-Sud.

Mots-clés : niveau d'eau, courant, marée, Ras Taguermess, El kantara, golfe de Gabès

ABSTRACT

Harmonic analysis of time series of water levels and currents at Ras Taguermess and El Kantara in the Gulf of Gabes: Within the framework of a national program concerning the study of the circulation of waters in the Tunisian coast we installed currentmeter and holographs tide graph in the gulf of Gabès in particular east of Djerba, in front of Ras-Taguermess and at the level of El Kantara.

The harmonious analysis of time series of water level at the level of Ras Taguermess and El-Kantara shows the dominance of the constituents of the semi-diurnal tide with ascendancy of the semi-diurnal constituent (M2) of period 12h25 mn

The analysis in main constituent where in empirical orthogonal function (EOF) of the currents of the tide shows that at the level of El-Kantara their speed is 45 cm s⁻¹ and the main direction is 29 ° with regard to the East; which means that is of East-north-east direction. While at the level of Ras Taguermess the speed of the tidal currents of the tide is of the order of 5 cm s⁻¹ and the direction is North-south.

Key Word: level of water, current, Tide, Ras Taguermess, El kantara, Gulf of Gabes

INTRODUCTION

Les littoraux sont souvent soumis à une érosion importante pouvant atteindre, par endroits, plus de 20 m par an, ce qui met en péril une partie du patrimoine national que représente la frange littorale (Paskoff, 2004). La côte orientale de Djerba entre Ras Taguermess et Ras Marmour n'échappe pas à la

conjoncture mondiale de déséquilibre sur les plans sédimentaire et morphologique, puisqu'elle est soumise à une dégradation et à une perturbation de son budget sédimentaire (Miossec & Paskoff, 1979; Oueslati, 2004 ; Paskoff, 2004 ; Masmoudi et al, 2005). Ce déséquilibre sédimentaire est la résultante des effets naturels, tels que les paramètres

hydrodynamiques (vents, houles et marée), la topographie sous-marine, l'augmentation du niveau de la mer, le couvert végétal sous-marin et des interventions multiples de l'homme, tels que l'urbanisation touristique et balnéaire près de la mer et le déficit des apports terrigènes des sédiments par les cours d'eaux exoréiques (Paskoff, 2004).

Nous nous proposons d'étudier la modélisation de la dynamique sédimentaire et l'état de stabilité de la frange littorale situé entre Ras Taguermess et Ras Marmour, afin d'identifier et d'analyser les causes qui sont à l'origine de l'érosion de ces côtes et de contribuer à la prise de décisions concernant sa protection et son aménagement.

Parmi les paramètres qui servent pour calibrer le modèle numérique du transport des sédiments figurent celles de l'hydrodynamique notamment les courants associés à la houle et à la marée. Dans ce cadre nous avons installé des houlographes marégraphes et des ADCP dans la zone à étudier. Le présent travail, traite les séries chronologiques des niveaux d'eau et les vitesses des courants dans le littoral de l'Est de Djerba. Il s'intègre dans le cadre de la gestion globale de tout le littoral tunisien et il est impliqué dans un programme de recherche national « Préservation des Ressources Marines et Côtières du golfe de Gabès » et dans un programme de recherche international « Planktonic and Oceanographic Ecosystem Monitoring and aménagement (POEMM) »

Les vents

La distribution des vents entre 1981 et 2004, indique une moyenne élevée pour les vents de secteurs Nord et Est qui représentent 49,7 % des observations (INM, 2008).

Les vents des secteurs Ouest et Nord-Ouest se manifestent pendant les mois de Novembre à Février. Les vents des secteurs Est et Nord-Est dominant pendant les mois de mars à Octobre. Par sa position insulaire, Djerba est très ventée, les situations calmes ne dépassent pas 3,5 % des observations. Les coups de vents proviennent du secteur Nord et surviennent pendant la saison hivernale avec des vitesses rarement supérieures à 16 m.s⁻¹ (Figure 1).

La vitesse maximale enregistrée est de l'ordre de 50 m.s⁻¹, comme celle de Juillet 1992 et d'Avril 1958. Les vents sahariens chauds (sirocco) deviennent très fréquents dès le début du printemps, mais ils s'installent surtout pendant la saison sèche. Le sirocco est souvent accompagné de poussières sahariennes mais il se rafraîchit en arrivant sur Djerba en se chargeant d'humidité marine (APAL, 2005).

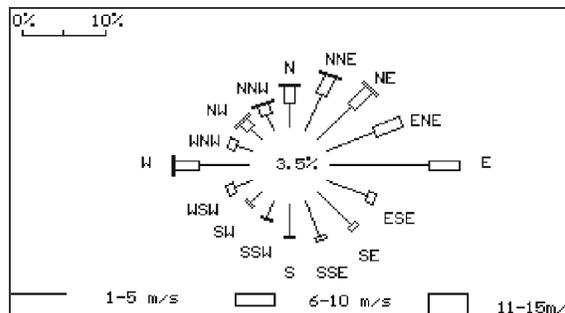


Figure 1: Rose des vents Djerba 1981-2004 (INM, 2008)

MATERIELS ET METHODE

Un Acoustic Doppler current meter (ADCP) (Figure 2) et un marégraphe de type RBR TWR-2050 (Figures 2 et 3) ont été installés dans la période allant du 09/09/2007 au 20/11/2007 dans le littoral à Ras-Taguermess. Les coordonnées géographiques de leur mise à l'eau ont été relevées par un GPS Radar (33° 49' N et 11° 03' E).

Un argonaute (figure 4) et un marégraphe de type RBR TWR-2050 ont été installés au niveau de la passe d'El-Kantara durant la période allant du 27/05/2008 au 10/07/2008. Les coordonnées géographiques ont été effectuées par un GPS Radar (33° 39'N et 10° 55' E).

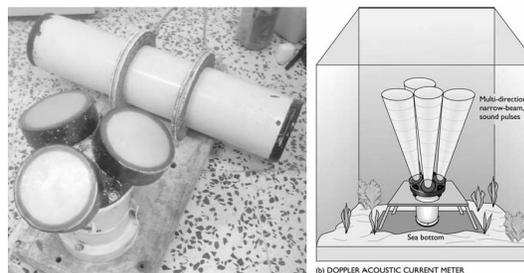


Figure 2 : Courantomètre ADCP (Acoustic Doppler current meter)



Figure 3: Marégraphe RBR TWR-2050



Figure 4: Argonaute ADP (Acoustic Doppler Velocimeters)

RESULTATS

Niveau d'eau à Ras Taguermess

Les séries des données du RBR TWR-2050 indiquent que la profondeur de l'eau varie entre 3,23 et 4,49 m, la valeur moyenne de la profondeur est de 3,85 m avec un écart type de 0,25m. La température de l'eau minimale est de 25,48°C et la température maximale est de 28,8°C. Sa valeur moyenne est de 27,1°C. La série chronologique du niveau de l'eau a subi un filtrage pour séparer les signaux à haute fréquence (marée) de ceux de basse fréquence (houle). Les résultats sont présentés sous la forme d'un graphique (figure 5):

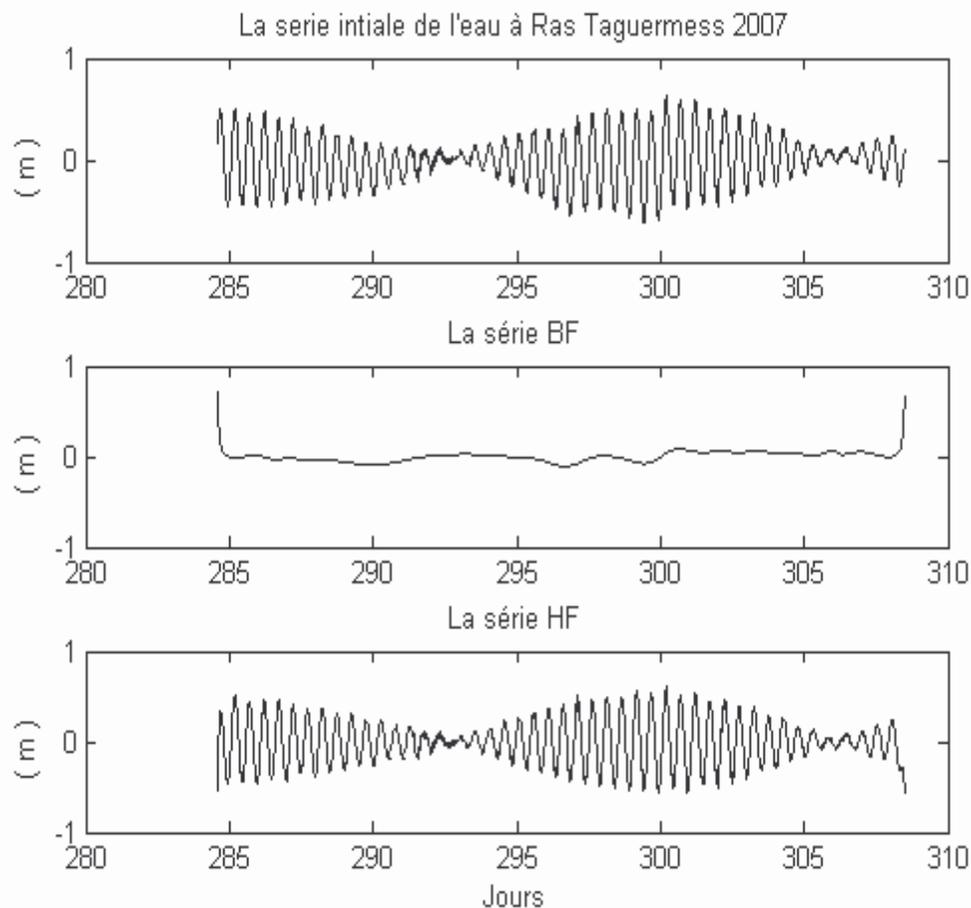


Figure 5: Filtre de niveau d'eau Ras Taguermess 2007

Nous avons effectué une analyse harmonique de la série de données des hautes fréquences.

Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau I. Analyse harmonique du niveau d'eau (Ras Taguermess 2007)

nobs = 5733, nbon = 5733, longueur de la série (jours) = 23.89						
Temps de débit: 12-Sep-2007 13:57:03						
Critère de Rayleigh = 1.0						
La phase par rapport à Greenwich calculée avec corrections nodales appliquées à amplitude et phase relatif centrer le temps : $x_0 = -0.00427$, $x_{trend} = 0$						
var(x) = 0.060531 var(xp) = 0.05737 var(xres) = 0.0031443						
Pourcentage de var prédite/var original = 94.8 %						
l'amplitude et phase de la marée estimées avec 95% CI						
Marée	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
MSF	0,0028219	0,0045	0,01	113,12	125,39	0,21
*O1	0,0387307	0,0135	0,006	133,04	27,59	5
P1	0,0415526	0,0047	0,007	12,1	84,33	0,46
*K1	0,0417807	0,0142	0,007	5,03	26,27	4,4
*M2	0,0805114	0,2735	0,036	114,99	8,13	59
*S2	0,0833333	0,1675	0,032	129,3	11,86	27
*K2	0,0835615	0,0456	0,027	151,7	35,22	2,9
*M3	0,1207671	0,0047	0,003	301,44	42,97	2,4
SK3	0,1251141	0,0028	0,003	64,02	53,05	1,1
M4	0,1610228	0,0042	0,004	349,96	49,6	1,3
MS4	0,1638447	0,0024	0,003	162,08	88,72	0,55
S4	0,1666667	0,0022	0,003	308,72	90,48	0,51
2MK5	0,2028035	0,0024	0,002	60,25	61,44	0,96
2SK5	0,2084474	0,003	0,002	120,96	42,13	1,8
M6	0,2415342	0,0044	0,004	12,22	59,57	1,2
2MS6	0,2443561	0,0022	0,003	42,62	109,49	0,58
2SM6	0,2471781	0,0032	0,004	136,88	65,09	0,71
*3MK7	0,2833149	0,0028	0,002	129,54	40,36	2,3
*M8	0,3220456	0,0028	0,002	82,5	40,26	3

- Les bons nombres de points analysés sont 5733 sur 5733;
- L'intervalle de mesure est de 6 mn et la période d'observation est de 23,89 jours;
- La série débute le 12 Septembre 2007 à 13:57 h;
- Le critère de Rayleigh est 1;
- La moyenne est -0,00427 et il n'y a pas de tendance;
- La variance de série est $0,060531 \text{ m}^2$;
- La variance expliquée par l'analyse est $0,05737 \text{ m}^2$;
- La variance résiduelle est $0,0031443 \text{ m}^2$;
- Le pourcentage de variance expliquée est 94,8 %;
- Le nombre d'estimés significatifs (étoiles) est de 8 sur 19 harmoniques;
- L'harmonique dominante est le constituant M_2 ; d'amplitudes $0,2735 \pm 0,036 \text{ m}$ et de phase relative à TU est $114,99 \pm 8,13 \text{ degrés}$;

- Les harmoniques suivantes par ordre d'importance sont S_2 , K_2 , K_1 , O_1 , etc.

Le nombre de forme $F=0,06 \ll 0,25$ indique que les ondes de marée semi-diurne sont dominantes c'est une caractéristique du Golfe de Gabès (Maraï, 2005 ; Abdennadher et boukthir, 2006; Sammari *et al*, 2006).

Niveau d'eau à El-Kantara

Les enregistrements de RBR TWR-2050 sont essentiellement deux variables, la température et la hauteur de l'eau. Le RBR TWR-2050 indique que la profondeur de l'eau varie entre 3,03 et 3,59 m sur 9813 enregistrements avec un pas de temps de 6 minutes. La valeur moyenne de la profondeur est de 3,29 m. L'enregistrement de la température de l'eau donne un écart de $10,5 \text{ }^\circ\text{C}$ avec une minimale de $20,37^\circ\text{C}$ et une maximale de $30,95^\circ\text{C}$. La valeur moyenne de la température est de $26,1^\circ\text{C}$.

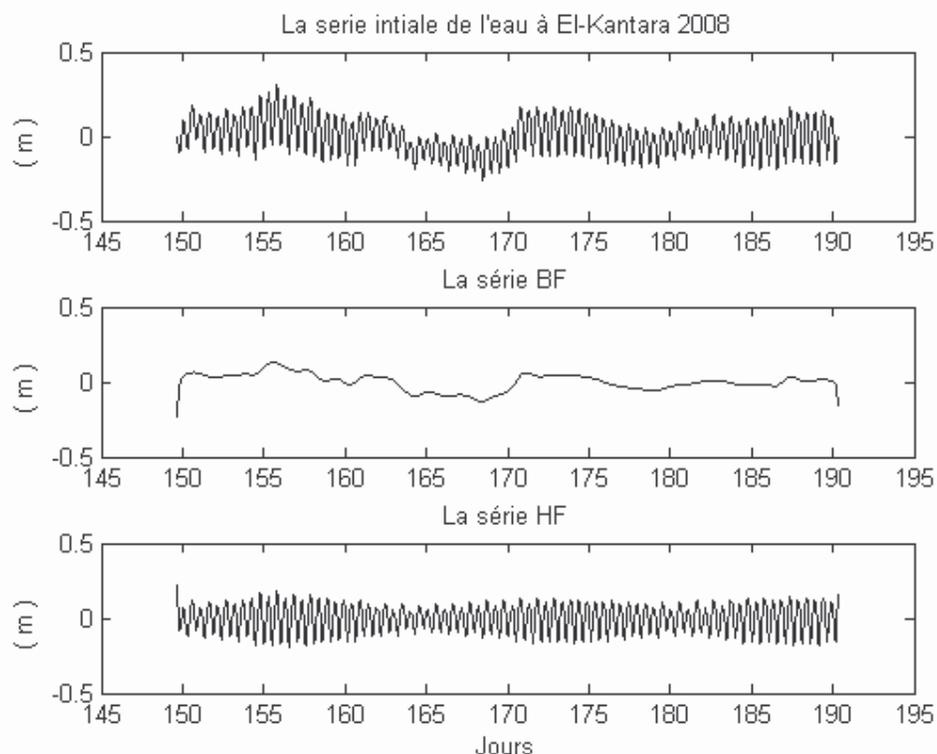


Figure 6: Filtre de niveau d'eau El-Kantara 2008

Nous avons effectué une analyse harmonique de la série de données des hautes fréquences (figure 6) Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau II. Analyse harmonique du niveau d'eau (El Kantara, 2008)

nobs = 9452, nbon = 9451, longueur de la série (jours) = 39.38						
Temp de debit: 28-Mai-2008 13:57:30						
Critère de Rayleigh= 1.0						
La phase par rapport à Greenwich calculée avec corrections nodales appliquées à amplitude et phase relatif centrées autour de $x_0 = -0.00127$, $x_{trend} = 0$						
var(x)= 0.0072009 var(xp)= 0.0067148 var(xres)= 0.00056231						
Pourcentage de var prédite/var original = 93.2 %						
l'amplitude et la phase de la marée estimées avec 95% CI						
Marée	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
MM	0,0015122	0,0012	0,002	263,48	113,76	0,36
MSF	0,0028219	0,0017	0,002	299,68	74,18	0,84
ALP1	0,0343966	0,0021	0,003	347,8	80,49	0,48
2Q1	0,0357064	0,0029	0,003	354,68	61,01	1,1
Q1	0,0372185	0,0042	0,003	117,89	46,59	1,6
*O1	0,0387307	0,0106	0,003	134,8	18,13	9,8
NO1	0,0402686	0,0056	0,004	241,66	44,63	1,6
P1	0,0415526	0,0036	0,004	54,62	60,31	0,91
*K1	0,0417807	0,0108	0,003	47,55	15,98	9,6
J1	0,0432929	0,0022	0,003	33,56	77,12	0,59
OO1	0,0448308	0,0028	0,002	293,5	50,63	1,3
UPS1	0,046343	0,0015	0,002	64,12	87,09	0,66

EPS2	0,0761773	0,0025	0,004	232,89	96,75	0,38
*MU2	0,0776895	0,0121	0,005	200,76	25,53	5,9
*N2	0,0789992	0,0141	0,005	134,36	20,42	7,3
*M2	0,0805114	0,1057	0,005	121,95	2,63	380
L2	0,0820236	0,0043	0,004	110,01	53,89	1,2
*S2	0,0833333	0,0496	0,005	183,79	5,95	88
*K2	0,0835615	0,0135	0,004	206,19	20,29	10
ETA2	0,0850736	0,0012	0,003	34,54	149,34	0,2
*MO3	0,1192421	0,0022	0,001	42,84	32,96	2,4
M3	0,1207671	0,002	0,002	131,72	45,27	1,6
MK3	0,1222921	0,0012	0,001	48,93	66,6	0,74
SK3	0,1251141	0,0014	0,001	17,05	61,69	0,91
*MN4	0,1595106	0,0046	0,003	36,05	32,59	3,3
*M4	0,1610228	0,0121	0,002	40,09	10,66	26
SN4	0,1623326	0,0024	0,002	196,69	59,99	0,97
*MS4	0,1638447	0,0085	0,003	87,18	17,78	9,4
S4	0,1666667	0,0011	0,002	157,32	113,21	0,33
*2MK5	0,2028035	0,001	0,001	343,34	43,03	2,2
*2SK5	0,2084474	0,0012	0,001	249,74	34,62	3,4
2MN6	0,2400221	0,0019	0,002	349,7	51,96	1,2
*M6	0,2415342	0,0027	0,002	51,83	34,79	2,5
2MS6	0,2443561	0,0022	0,002	35,72	40,67	1,8
2SM6	0,2471781	0,0006	0,001	181,56	124,94	0,24
*3MK7	0,2833149	0,0009	0	293,58	31,37	4,1
*M8	0,3220456	0,0015	0,001	1,4	19,28	8
*M10	0,402557	0,0008	0,001	274,3	32	2,1

- ✓ Les bons nombres des points analyses est 9451 sur 9452;
- ✓ L'intervalle de mesure est de 6 min et la période d'observation est de 39,38 jours;
- ✓ La série débute le 28 Mai 2008 à 13:57 h et le critère de Rayleigh est 1 ;
- ✓ La moyenne est -0,00127 et il n'y a pas de tendance;
- ✓ La variance de série est 0,0072009 m²;
- ✓ La variance expliquée par l'analyse est 0,0067148 m² ;
- ✓ La variance résiduelle est 0,00056231 m² ;
- ✓ Le pourcentage de variance expliquée est 93,2 % ;
- ✓ Le nombre d'estimés significatifs (étoiles) est de 17 sur 38 harmoniques;

- ✓ L'harmonique dominante est de type de M 2; son amplitude $0,1057 \pm 0,005$ m et sa phase relative à TU est $121,95 \pm 2,63$ degrés;
- ✓ Les harmoniques suivantes par ordre d'importance sont, S2, N2, K2, MU2 etc.

Le nombre de forme $F=0,14 < 0,25$ indique que les ondes de la marée semi-diurne sont dominantes.

Courant d'eau à Ras Taguermess

Nous avons tracé les vecteurs vitesses des courants en fonction du temps « Stick Plot ». Nous constatons que la vitesse de courant moyen est de 5,37 cm/s et que la direction moyenne est orientée vers le Nord/Nord-Est (figure7). Pendant la période d'enregistrement, il y a une alternance du changement de l'orientation de la vitesse en fonction de la marée.

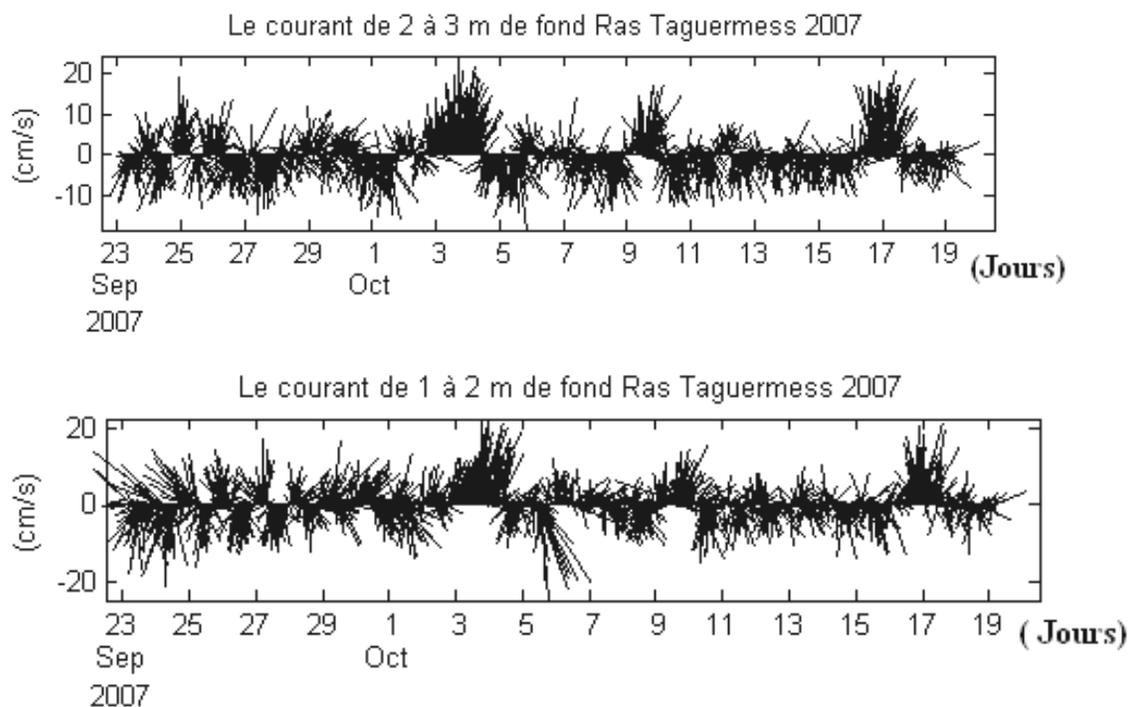


Figure 7: La direction et la vitesse des courants à différentes profondeurs dans la colonne d'eau dans la région de Ras Taguermess (Septembre et Octobre 2007)

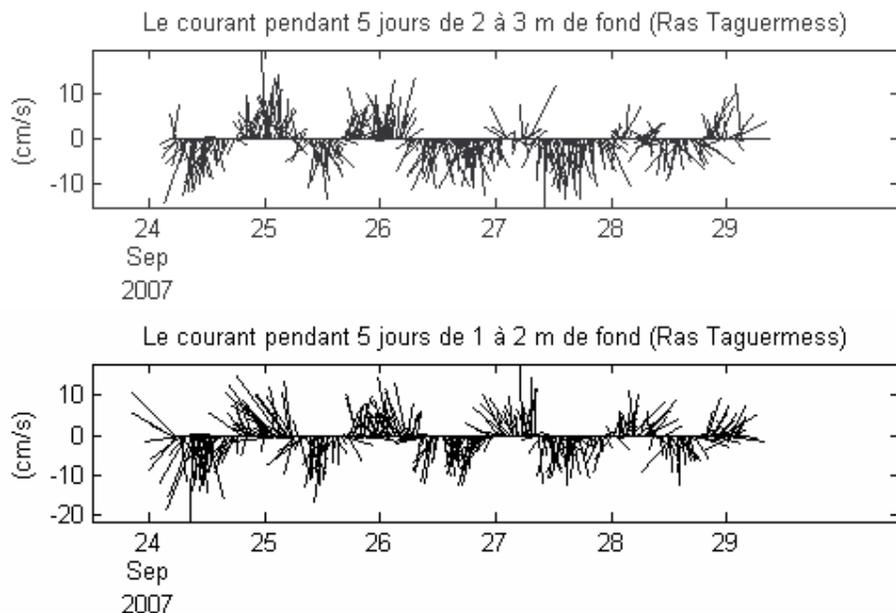


Figure 8: La direction et la vitesse des courants à différentes profondeurs dans la colonne d'eau dans la région de Ras Taguermess pendant 5 jours

La représentation de courant pendant une période de temps de 5 jours (figure 8) montre une périodicité de changement de sens de courant de l'ordre de 12h. Le zoom de 5 jours de figure 7 (figure 8) met en évidence la dominance de marée semi-diurne dans la région de Ras Taguermess.

Courant d'eau à El-Kantara

La représentation de courant au niveau d'El-Kantara a montré une condensation de vecteur collinaire (figure 9). Un zoom de 5 jours de la figure 9 (figure 10) montre que au d'El-Kantara, le vecteur vitesse

est unidirectionnel. Il a la même direction que le lit de l'Oued El kébir (Nord-Est/Sud-Ouest). La vitesse des courants à une période répréhensif de l'ordre de

12h. le « stick plot » sur une période de 5 jours (figure 10) a montre que la dominance de marée semi-diurne au niveau d'El Kantara

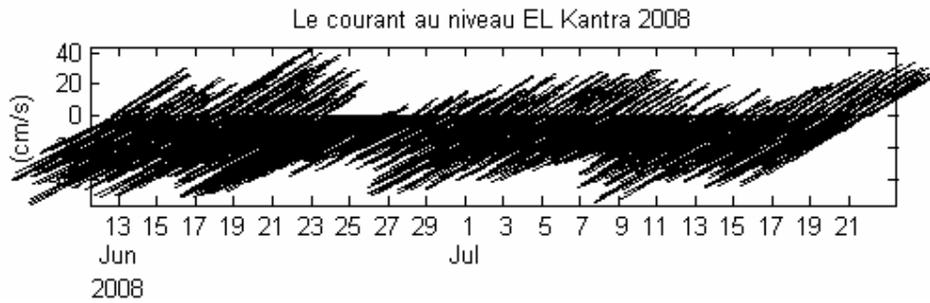


Figure 9: La direction et la vitesse des courants au niveau d'El kantara (juin et juillet 2008)

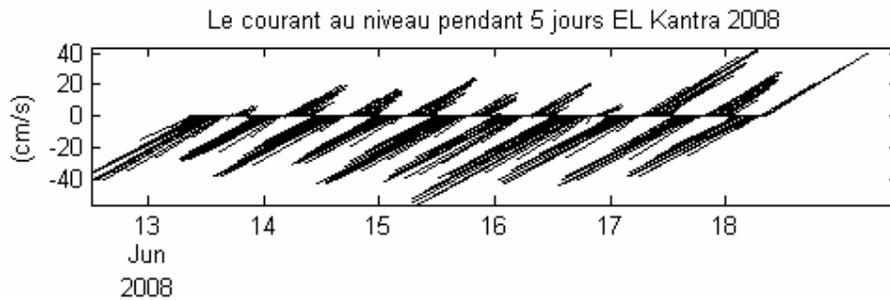


Figure 10: La direction et la vitesse des courants au niveau d'El kantara pendant 5 jours

Les courants de Marée

Les mouvements verticaux de la surface de l'eau lors du passage d'une onde de marée sont accompagnés par des mouvements horizontaux. Ces derniers sont exprimés en termes de vitesse plutôt que d'élévation. Ce sont les courants de marée. Ces courants ont la même périodicité que les oscillations verticales du niveau de l'eau mais leurs directions décrivent une ellipse au cours d'une période d'oscillation. Les courants sont mesurés comme une vitesse et une direction ; c'est-à-dire comme un vecteur orienté relativement au Nord.

Ce vecteur est composé de deux composantes scalaires:

- une composante de direction Est-Ouest : u ,
- une composante de direction Nord-Sud : v ,

Cette décomposition est arbitraire, elle n'est pas dynamique.

L'ellipse de courant de marée est caractérisée par son demi-axe majeur (A), son demi-axe mineur (a)

et son excentricité (e) qui est définie par $e = \frac{v'}{u'}$ où

$$u' = u - \bar{u} \text{ et } v' = v - \bar{v}.$$

L'angle α qui sépare l'axe u' et l'axe u représente l'orientation du courant de marée.

Les axes de l'ellipse sont facilement déterminés par l'analyse en composante principale de vecteur vitesse. L'analyse en EOF ou l'analyse en composante principale est une méthode d'analyse

statistique multi variée, mais elle est facilement utilisable pour un vecteur de série de donnée temporelle bidimensionnelle tel que le vecteur vitesse. Cette méthode se base sur l'existence d'une et une seule base orthogonale formée par les vecteurs propres associés aux valeurs propres de la matrice de covariance dans laquelle on peut décomposer le vecteur vitesse en fonction de sa fluctuation par rapport à la moyenne. Le problème revient à résoudre l'égalité à zéro du déterminant de la relation matricielle suivante (William & Richard, 2001):

$$C = \lambda I \text{ où } C = \begin{pmatrix} \overline{u'^2} & \overline{v'u'} \\ \overline{u'v'} & \overline{v'^2} \end{pmatrix}$$

Avec

$$\overline{u'^2} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u'_i(t_n))^2, \quad \overline{v'^2} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (v'_i(t_n))^2$$

$$\overline{u'v'} = \overline{v'u'} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u'_i v'_i(t_n))$$

Le $\det(C - \lambda I) = 0$ est équivalent à résoudre le polynôme caractéristique suivant :

$$\lambda^2 - (\overline{u'^2} + \overline{v'^2})\lambda + \overline{u'^2} \overline{v'^2} - \overline{u'v'}^2 = 0$$

D'où :

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} (\overline{u'^2} + \overline{v'^2}) + \sqrt{(\overline{u'^2} - \overline{v'^2})^2 + 4(\overline{u'v'})^2} \\ (\overline{u'^2} + \overline{v'^2}) - \sqrt{(\overline{u'^2} - \overline{v'^2})^2 + 4(\overline{u'v'})^2} \end{pmatrix}$$

L'angle d'orientation de l'axe majeur par rapport à l'Est est le résultat de la relation suivante (William & Richard, 2001):

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2\overline{u'v'}}{\overline{u'^2} - \overline{v'^2}}\right)$$

On peut aussi déterminer la pente entre les deux vecteurs propres associés aux valeurs propres par les relations suivantes (William & Richard, 2001):

$$s_1 = \frac{\lambda_1 - \overline{u'^2}}{\overline{u'v'}} \text{ et } s_2 = \frac{\lambda_2 - \overline{v'^2}}{\overline{u'v'}}$$

Les courants de marée à Ras Taguermess

La série des données fournies par l'ADCP est constituée d'une série de haute fréquence et d'une série de basse fréquence. La valeur moyenne est mentionnée dans les différents niveaux (Figure 11).

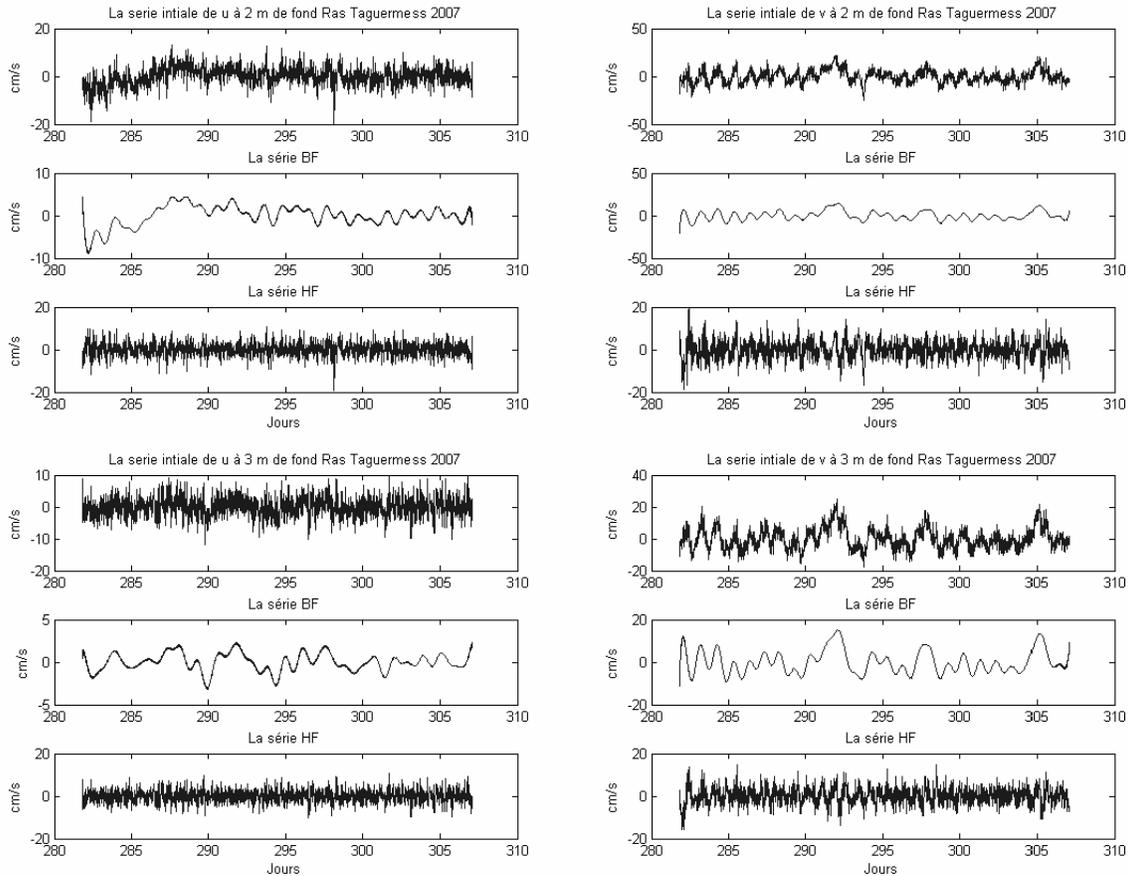


Figure 11: Filtrage de courants d'eau à Ras Taguermess 2007

La filtration des séries de hautes fréquences est analysée par la méthode de la Fonction Empirique Orthogonale (figure 12).

L'analyse des séries temporelles des courants par la méthode de la fonction empirique orthogonale montre que la direction des courants à la surface a un angle d'incidence de 39° par rapport à l'Est. Cet angle d'incidence peut jouer un rôle important dans la dérive littorale et le transport des sédiments dans les petits fonds. En effet, les courants incidents fondent un angle oblique avec le trait de côte. Par conséquent il

résulte un courant de dérive Nord-Sud et un courant de retour Ouest-Est. La vitesse maximale suivant l'axe majeur est de 4,9 cm/s et celle suivant l'axe mineur est de 3 cm/s. Les courants d'eau au niveau de 1m de profondeur sont déviés de 3° par rapport à ceux au niveau de la surface. La vitesse maximale suivant l'axe principal est de 5,5 cm/s et la vitesse suivant l'axe secondaire est de 3,3 cm/s. Par conséquent, les courants résultants sont importants suivant la direction intermédiaire.

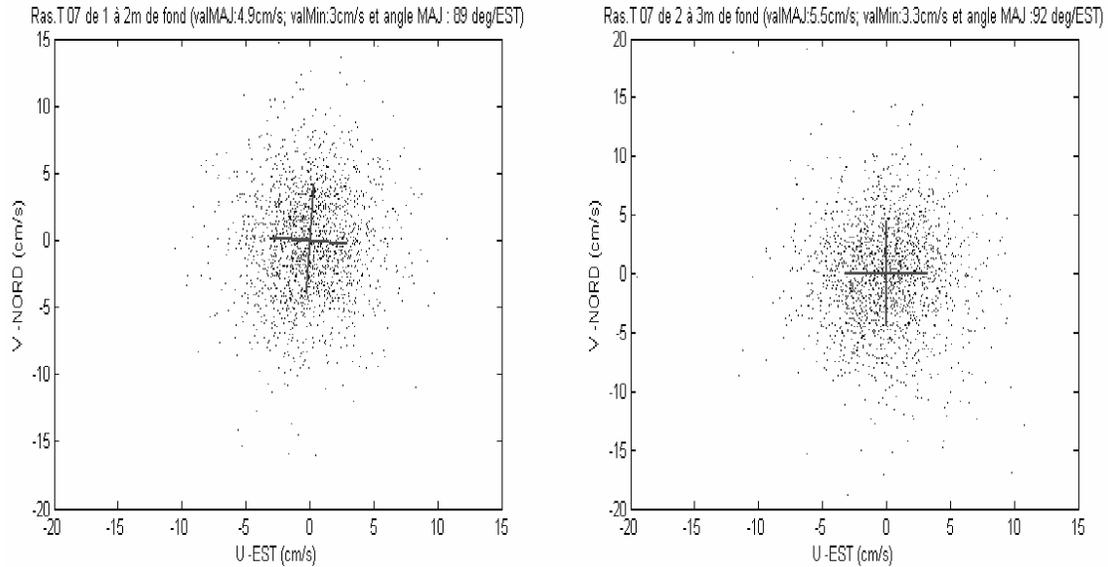


Figure 12: L'analyse des courants par la méthode de la fonction empirique orthogonale dans la région de Ras Taguermess 2007

Tableau III. Traitement statistique des vitesses

Niveau de fond (m)	de 1 à 2 m	de 2 à 3 m
Angle majeur (°)	89	92
Axe majeur (cm/s)	4,9	5,5
Axe mineur (cm/s)	3	3,3

Les courants de marée à El-Kantara

Les séries des courants de l'Argonaute au niveau El-Kantara ont été filtrées suivant les deux axes Est et Nord. Les résultats des séries de haute et de basse fréquence sont montrés dans la figure 13.

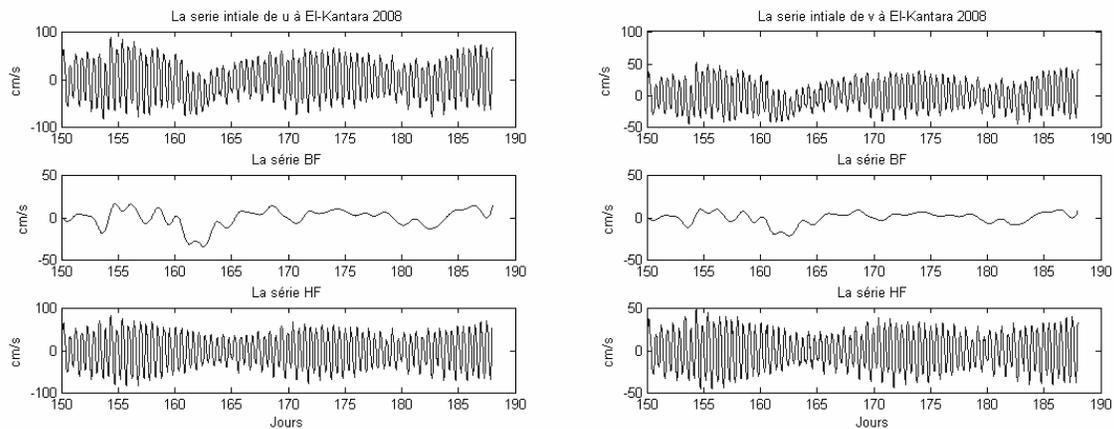


Figure 13: Filtre de courant d'eau El-Kantara 2008

Le filtrage des séries de hautes fréquences est analysé par la méthode de la Fonction Empirique Orthogonale. Nous avons représenté l'ellipse de la

dispersion des vitesses selon les deux axes Nord et Est (figure 14).

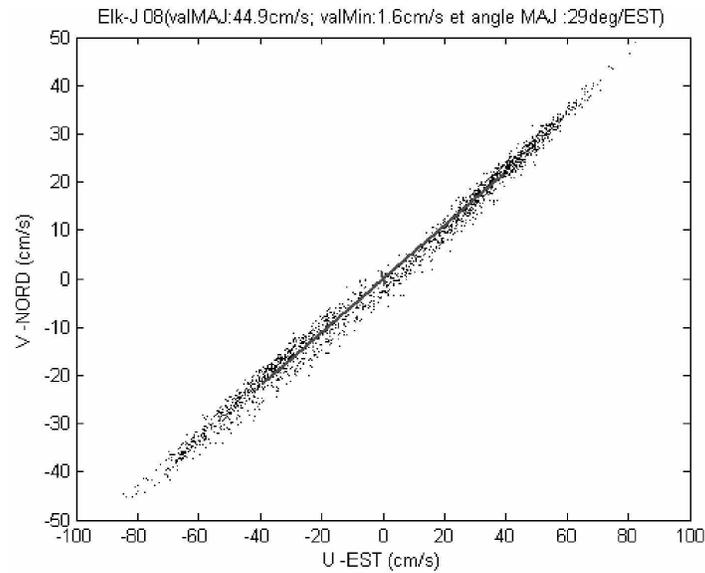


Figure 14: L'analyse des courants par la méthode de la fonction empirique orthogonale à El-Kantara 2008

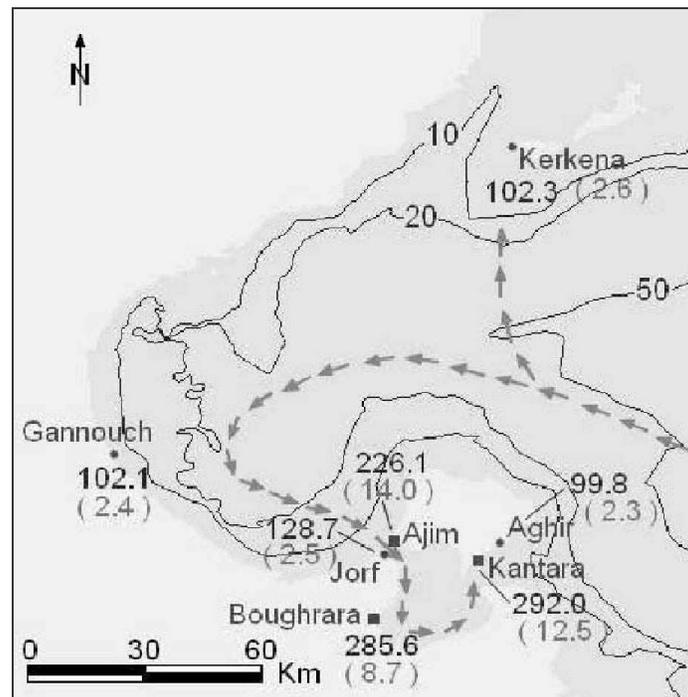


Figure 15: Trajectoire de l'onde M₂ dans le golfe de Gabès (Marai, 2005)

La direction principale des courants est orientée de 29° par rapport à l'Est. La vitesse suivant l'axe majeur est de 45 cm.s⁻¹ alors que celle orientée suivant l'axe mineur est de 1,6 cm.s⁻¹. L'ellipse de dispersion des vitesses est nettement allongée suivant son axe principal et l'écoulement est considéré unidimensionnel de direction Est/Nord-Est. La vitesse enregistrée à la fin du mois lunaire est une vitesse entrant à la lagune de Bou Ghrara. L'analyse harmonique du niveau d'eau montre une

dominance de l'onde M₂ et sa trajectoire dans le golfe de Gabès prend le sens contraire des aiguilles d'une montre (Marai, 2005) et rentre du côté Jorf dans la lagune de Bou Ghrara et sort du côté El Kantara à l'Est (figure 15). Nous avons comparé les résultats des caractéristiques de la marée obtenues dans ce présent travail à celles obtenues dans des travaux antérieurs (Tableau IV).

Tableau IV Les résultats de la composante M2 de la marée des différents travaux réalisés dans le golfe de Gabès

		M2	
		El-Kantara	Ras Taguermess
Ce travail	Amplitude (cm)	10,57 ± 0,5	27,35 ± 3,6
	phase (°)	121,95 ± 2,63	114,99 ± 8,13
	Période de mesure	28/05/2008 (40j)	12/09/2007(24j)
Marai(2005)	Amplitude (cm)	12,5	-
	Phase (°)	292	-
	Période de mesure	-	-
Sammari <i>et al</i> (2006)	Amplitude (cm)	10,8 ± 2,7	-
	Phase (°)	192 ± 14	-
	Période de mesure	04/04/2003(88j)	-
Abdennadher et Boukthir (2006)	Amplitude (cm)	10 - 20	28-34
	Phase (°)	60- 80	60- 80
	Modèle		

Tous les travaux ont montrés que les ondes de la marée semi-diurne (M2) sont dominantes dans le golfe de Gabès et notamment dans notre zone d'étude. Notre étude montre que l'amplitude de la marée est au voisinage de 11 cm, alors que celle de Sammari et al (2006) et Marai (2005) est de l'ordre de 12 cm. Cette petite différence de l'amplitude est due à la différence de la période et de la durée de mesure. Le modèle de Abdennadher et Boukthir (2006) donne une fourchette de la valeur de l'amplitude comprise entre 10 et 20 cm, proche des autres valeurs expérimentales. Dans ce présent

travail, la valeur de la phase de la marée M2 est de l'ordre de 122°. La phase de la marée enregistrée par Marai (2005) est de l'ordre de 292°, elle présente plus que le double de ce travail. Les mesures de phase de Sammari et al (2006) est plus proche de ce travail, la phase est de 192°. La différence des valeurs de la phase de la marée est à l'origine des temps d'enregistrements. La valeur de la phase de la marée du modèle de Abdennadher et Boukthir (2006) est comprise entre 60° et 80°. Elle est inférieure aux mesures d'enregistrements

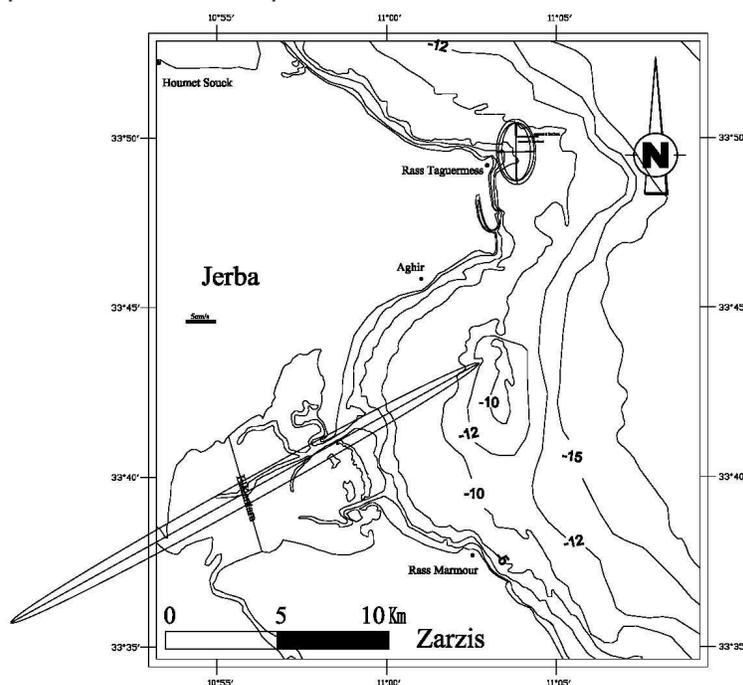


Figure 16: Ellipse de courant de marée

CONCLUSION

L'analyse harmonique des niveaux d'eau indique que l'harmonique de la marée M_2 est dominante. Le nombre de la forme $F \ll 0,25$ prouve que les ondes de la marée semi-diurne sont dominantes.

L'analyse par la méthode de la fonction empirique orthogonale de la série des vitesses des courants au niveau de Ras Taguermess montre que le courant de la marée est parallèle à la côte à l'Est de Djerba. Au niveau du cap de Ras Taguermess les courants près du fond sont de l'ordre de $5,37 \text{ cm.s}^{-1}$ et la direction moyenne de ces courants est orientée vers le Nord/Nord-Est.

Le courant au niveau d'El-Kantara est unidimensionnel et sa vitesse peut atteindre 100 cm.s^{-1} pendant les vives eaux. L'écoulement est considéré unidimensionnel de direction Est/Nord-Est

Il a la même direction que le lit de l'oued El Kébir.

Ces résultats seront certainement bénéfiques pour calibrer le modèle numérique du transport des sédiments dans cette zone.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdennadher J. & Boukthir M. (2006), Numerical simulation of the barotropic tides in the Tunisian shelf and the strait of Sicily. *Journal of marine system*, 63, Elsevier, pp162-182.
- Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL) (2005), Campagne de reconnaissance de gîtes de sable en mer pour le rechargement de plages, SCET-TUNISIE, 87p.
- INM (2008), Données climatiques et statistiques annuelles des vents (1981-2004)
- Marai G. (2005), Etude qualitative et quantitative de la marée dans le golfe de Gabès, MASTER ENIT, 2005, p42
- Masmoudi S., Yaich Ch. et Yamoun M. (2005), Evolution et morphodynamique des îles barrières et des flèches littorales associées à des embouchures microtidales dans le Sud-Est tunisien, *Bulletin de l'institut Scientifique, section Sciences de la Terre*, 65-81.
- Miossec J-M & Paskoff R. (1979), L'érosion des plages dans le sud tunisien : exemples à Djerba (côte est et sud-est) et à Zarzis, *Revue Tunisienne de Géographie*, 2, pp137-155.
- Oueslati A. (2004), Littoral et aménagement en Tunisie. Des enseignements de l'expérience du vingtième siècle et de l'approche géoarchéologique à l'enquête prospective. *Faculté des Sciences Humaines et Sociales Tunis*. 534p.
- Paskoff R. (2004), L'érosion des côtes: le cas des plages de l'île de Djerba (Tunisie), *la Houille Blanche/N°1-2004*
- Sammar Ch., Koutitonsky V. et Moussa M. (2006), Sea level variability and tidal resonance in the Gulf of Gabès, Tunisia, *Continental Shelf Research*, 26, 2006, pp338-350
- William J. Emery et Richard E. Thomson (2001), *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*, ELSEVIER, 638p.