

SUR L'EVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE LE LONG DE LA CÔTE SABLEUSE JIJELIENNE (EST- ALGERIE)

M.BOUTIBA, M.GUENDOZ, M.S.GUETTOUCHE

Département d'Architecture , Faculté des Sc. De la Terre, Université Mentouri Constantine, Algérie

Reçu le 19/03/2005– Accepté le 25/07/2010

Résumé

Le but de cet article est de suivre l'évolution de la ligne de rivage le long de la côte sableuse jijelienne à travers deux périodes pluriannuelles : 1865-1960 et 1960-2003. Cette évolution peut être perçue à travers l'analyse de documents anciens (cartes topographiques) et récents (photographies aériennes).

Ainsi, dans le but d'obtenir des résultats cohérents sur les variations temporelles de la ligne de rivage, nous avons essayé de recueillir les données nécessaires pour le traitement statistique, à savoir :

- le calcul des taux nets d'évolution annuelle,
- la tendance,
- l'écart type et l'intervalle de confiance à 95%.

Cette analyse statistique s'est révélée intéressante, car elle indique un recul global de la ligne de rivage contrairement à quelques endroits qui connaissent plutôt une évolution d'engraissement. La modélisation de l'évolution de la ligne de rivage a montré que cette dernière peut s'exprimer par un modèle linéaire.

Mots clés : Côte sableuse, Baie de Jijel, Photo interprétation, SIG, Cinématique, Ligne de rivage, Modélisation..

Abstract

The aim of this paper is to study the evolution of the shoreline through the jijelian sandy coast. This study has been followed one several years periods (1865-1960, 1960-2003). This evolution can be discerned through the ancient (topographic maps) and recent (aerial photographs) documents analysis.

Thus, in the goal to get some coherent results on the temporal variations of the shoreline, we tried to collect the necessary data for the statistical treatment, to know:

- the nets rates of yearly evolution,
- the tendency,
- the standard deviation and the 95% confidence interval.

This statistical analysis was revealed interesting, because it indicates a global receding of the shoreline contrarily to some places that rather know an evolution of fattening. The shoreline evolution modelling of the coast showed that this last can be well expressed by a linear model.

Keywords: Sandy Coast, Bay of Jijel, Photo interpretation, SIG, Kinematics, shoreline, Modelling..

ملخص

-1960) (1960-1865)
: () () (2003)

95

()

الكلمات المفتاحية:

I

ntroduction

L'évolution de la ligne de rivage ou trait de côte a fait l'objet durant ces dernières décennies de plusieurs publications à travers le monde [8, 9, 10, 4, 7]. Ceci contrairement au littoral algérien qui n'a fait l'objet d'aucune étude similaire jusqu'à présent. Le choix de la côte jijelienne comme terrain d'investigation apportera sans doute une première contribution à cet effet.

La côte Jijelienne qui s'étale sur 60 Km entre Ras Oum Chiche à l'est et la ville de Jijel à l'ouest est une unité morphologique remarquable. Elle est formée d'une longue (54 Km) et belle plage sableuse et qui est interrompue vers sa partie orientale par l'éperon de Ras Mouadène. Ce dernier isole la plage de oued Z'Hor du reste de la côte sableuse (fig.1).

Durant ces dernières décennies et à l'image du reste des côtes sableuses algériennes ouvertes aux agitations marines, la côte jijelienne connaît pour sa part d'importantes variations de la position de la ligne de rivage, menaçant ainsi le potentiel touristique de cette attrayante côte. Aussi sur bon nombre de plages l'érosion s'est fait beaucoup renforcée durant ces dernières années sans pour autant être liée à des changements climatiques. Ces variations sont dues principalement aux effets cumulés des tempêtes surtout quand ils se combinent à des actions humaines. A cet effet, le recul de la ligne de rivage peut être mesuré pour estimer les volumes de sédiments mis en mouvement [11, 6].

Pour lutter contre ce phénomène et avant d'entreprendre de coûteux travaux de protection une meilleure gestion du trait de côte passe par un suivi historique de l'évolution de la position de la ligne de rivage. A travers cet article nous comptons suivre l'évolution de cette côte sur une période pluriannuelle, d'une part pour pouvoir dire si la ligne de rivage est en érosion, en accrétion ou stable et d'autre part pour mieux cerner l'ampleur et l'endroit où les futurs changements se produisent.

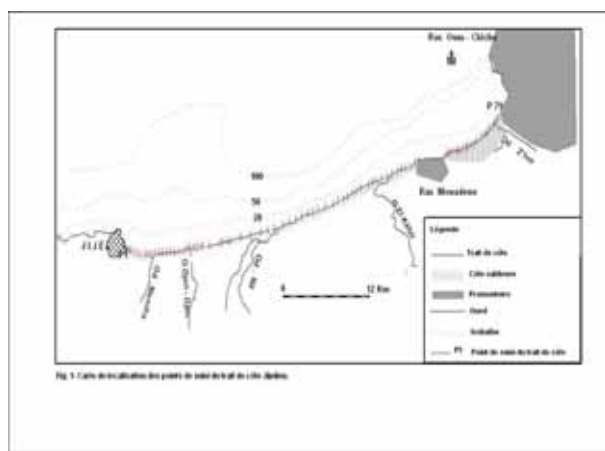


Fig. 1 carte de localisation des points de suivi du trait de côte jijelien

Méthodologie

Les mouvements du trait de côte ont été appréhendés à différents pas de temps (pluri décennales et pluriannuels) grâce à l'utilisation de cartes topographiques anciennes types 1863, 1960 et 1986, de levés topographiques effectués par nous mêmes lors de différentes missions sur terrain et de photographies aériennes (missions :1960, 1972, 1983, 1988, 1998 et 2000). La position de la ligne de rivage peut donc être mesurée à 4 ou 7 dates différentes selon les secteurs.

La méthode de travail que nous avons adoptée vise à minimiser au maximum les erreurs possibles dues à la manipulation des photographies aériennes. Cette méthode de travail consiste à corriger et géoréférencier les photographies aériennes par le biais de logiciels S.I.G (ERDAS. MapInfo) à fin de pouvoir comparer les clichés entre eux. L'estimation d'une marge d'erreurs de ± 10 mètres permet de fixer les limites de notre démarche.

Les résultats obtenus sont illustrés sous formes de cartes qui retracent l'évolution du trait de côte. Sur ces cartes, et en appliquant la méthodologie proposée par Anders et al [1], nous avons choisi des points singuliers du littoral jijelien (79 stations) fig. n°1, pour estimer la direction et l'importance des déplacements perpendiculairement à l'orientation générale de la côte.

Par la suite, nous avons calculé le taux net d'évolution entre deux missions aériennes (érosion ou accrétion) ainsi que sur la totalité de la période couverte par les cartes et les photographies aériennes.

La tendance moyenne annuelle a été calculée par ajustement linéaire de la série, selon l'équation

$$y = a \cdot x + b \quad \text{Avec : } a \text{ et } b : \text{ constantes}$$

l'écart type du paramètre est régulièrement calculé pour minimiser la valeur de la tendance. L'intervalle de confiance à 95% a été aussi calculé à partir de l'écart type résiduel.

Evolution de la ligne de rivage le long de la côte jijelienne

L'analyse des cartes de l'évolution de la ligne de rivage le long de la côte jijelienne (figures 1,2,3,4,5 et 6) montre d'une manière générale que le trait de côte jijelien est en érosion. Approximativement, les évolutions suivies dans cette région sont très contrastées depuis la ville de Jijel à l'ouest jusqu'à Ras Oum Chiche à l'Est.

a) *Le littoral entre Jijel et Oued Nil*

Sur le littoral jijelien entre Jijel ville et l'embouchure de l'oued Nil (fig.2et 3) le recul du trait de côte entre 1863 et 1960 a été long et modéré (- 0.08 à -0.5 mètre par an).

De 1960 à 2001 les évolutions sont très disparates, la tendance à l'érosion se continue au niveau des stations P1

à P9 et P21 à P26, dans ces stations le recul du trait de côte a été très fort localement – 1.78 mètres par an au niveau de la station P5. Cependant, certaines stations ont connu un apport en sable qui a conduit à un engraissement de la côte. Le taux net d’engraissement atteint la valeur de 2.14 mètres par an, c’est le cas des stations P10 à P19 et P33 à P37 (fig.2 et 3). Par ailleurs, sur cette portion côtière on observe depuis la fin de la construction du port de Jen-Jen des modifications importantes. Une plage réflexive dans la partie ouest du port qui est la conséquence directe de l’ouvrage du port qui a bloqué le transit sédimentaire dominant. Contrairement, sur la façade Est de la jetée secondaire du port on assiste depuis à une importante accumulation de sable sur une longueur de 1200 mètres. Cette progradation atteint la distance de 300mètres au droit de la digue secondaire et 40 mètres dans sa partie terminale (fig.3).

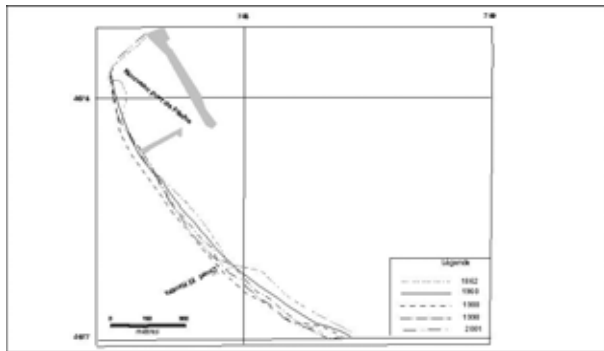


Fig.2- Carte de l'évolution du trait de côte à l'Est de la Ville de Jijel

Fig.2- Carte de l'évolution du trait de côte à l'Est de la Ville de Jijel

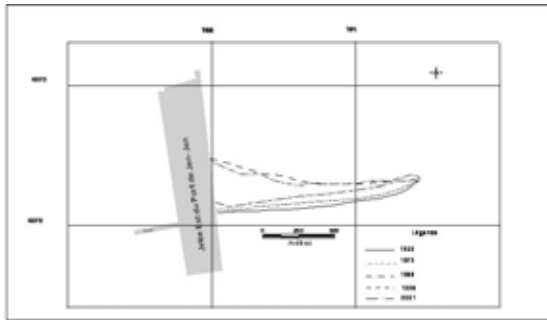


Fig. 3 – Carte de l'évolution du trait de côte à l'Est de la jetée secondaire du port de Jen-Jen

Fig. 3 – Carte de l'évolution du trait de côte à l'Est de la jetée secondaire du port de Jen-Jen

b) Le littoral de sidi Abdelaziz

Sur le littoral de Sidi Abdelaziz qui s'étale de l'embouchure de Oued Nil à l'ouest à Ras mouadène à l'Est, une analyse sur une période pluriannuelle 1960-1998 montre que le taux d'évolution net du trait de côte a été modéré et contrasté d'un site à un autre (fig. 4 & 5) le recul du trait de côte a été maximal -0.7 mètre par an à – 1.78 mètres par an. De 1960 à 1973, un engraissement de la plage peut être observé au niveau des stations P48 à P53. Cet engraissement varie de 20 à 30 mètres aux endroits des stations P49 et P51. A l'Est de la station P53

et jusqu'à la limite orientale de cette portion du littoral jijelien nous passons d'un secteur en accumulation à un secteur en érosion , des reculs nets qui oscillent entre 10 et 30 mètres ont été enregistrés. De 1973 à 1988 le recul du trait de côte continue sur l'ensemble des stations à l'exception des stations P45 et P46 qui ont enregistré une importante accumulation de l'ordre de 30 mètres. Cette tendance érosive du trait de côte se poursuit le long de cette portion côtière jusqu'à 1998.

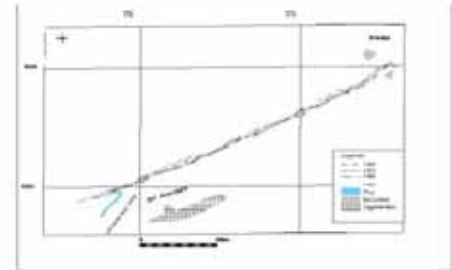


Fig.4- Carte de l'évolution du trait de côte le long de la plage de Sidi Abdelaziz

Fig.4- Carte de l'évolution du trait de côte le long de la plage de Sidi Abdelaziz

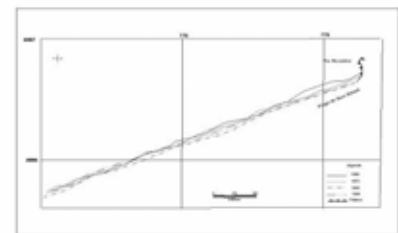


Fig. 5 - Carte de l'évolution du trait de côte devant la plage de Beni Belaid

Fig. 5 – Carte de l'évolution du trait de côte devant la plage de Beni Belaid

C) Le littoral de Oued Z'Hor

Sur le littoral de oued Z'Hor entre l'éperon de Mouadène et Ras Oum-Chiche (fig.6), on enregistre un engraissement relativement progressif de la plage entre 1960 et 1973. Cet engraissement varie de plus de 14 mètres au niveau de la station P61 à plus 40 mètres au niveau de la station P78. Cette nette accrétion des plages trouve son explication dans l'importance des apports de crues de l'oued Z'Hor survenues pendant ces années et qui ont globalement maintenu l'équilibre sédimentaire sur la période 1960-1973.

Inversement, on enregistre un recul important du rivage entre 1973 et 1988 (localement plus de 30 mètres). Ce phénomène peut être corrélé aux faibles apports de l'oued Z'Hor qui combinés aux fortes agitations marines ont engendré des érosions importantes au niveau de la plage. A cela s'ajoute le phénomène de l'explosion de l'urbanisme en arrière pays qui a soustrait un cubage important de matériaux au stock sédimentaire sableux disponible.

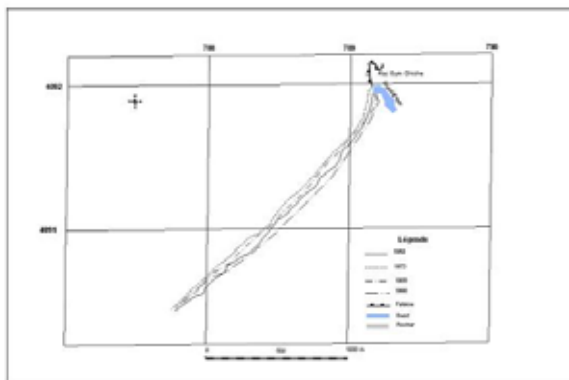


Fig. 6 – Carte de l'évolution du trait de côte le long du littoral de oued Z'Hor

Fig. 6 – Carte de l'évolution du trait de côte le long du littoral de oued Z'Hor

Analyse et modélisation de l'évolution de la ligne de rivage

a) Analyse et discussion des résultats de l'évolution du trait de côte

L'analyse diachronique à différentes échelles de temps a révélé des résultats intéressants. Ainsi, sur une longue période de temps, bien qu'elle indique un recul global du trait de côte, en réalité, nous relevons une avancée consistante dans quelques zones de la côte.

L'histogramme des taux nets d'évolution (fig.7) montre des résultats très disparates. Le recul presque général du trait de côte peut être nuancé. Ainsi, sur les 79 stations, 31 sont en érosion et 34 en accrétion. Ces dernières se localisent surtout aux embouchures des différents oueds qui débouchent dans la baie et à l'abri de la digue Est du port de Jen- Jen.

Néanmoins, compte tenu de la marge d'erreurs admise lors de la manipulation des photographies aériennes estimée à ± 10 mètres et compte tenu de la durée de suivi pour certains sites (40 années en moyenne), les valeurs du taux net d'évolution inférieures à 0.25 mètres par an restent incertaines.

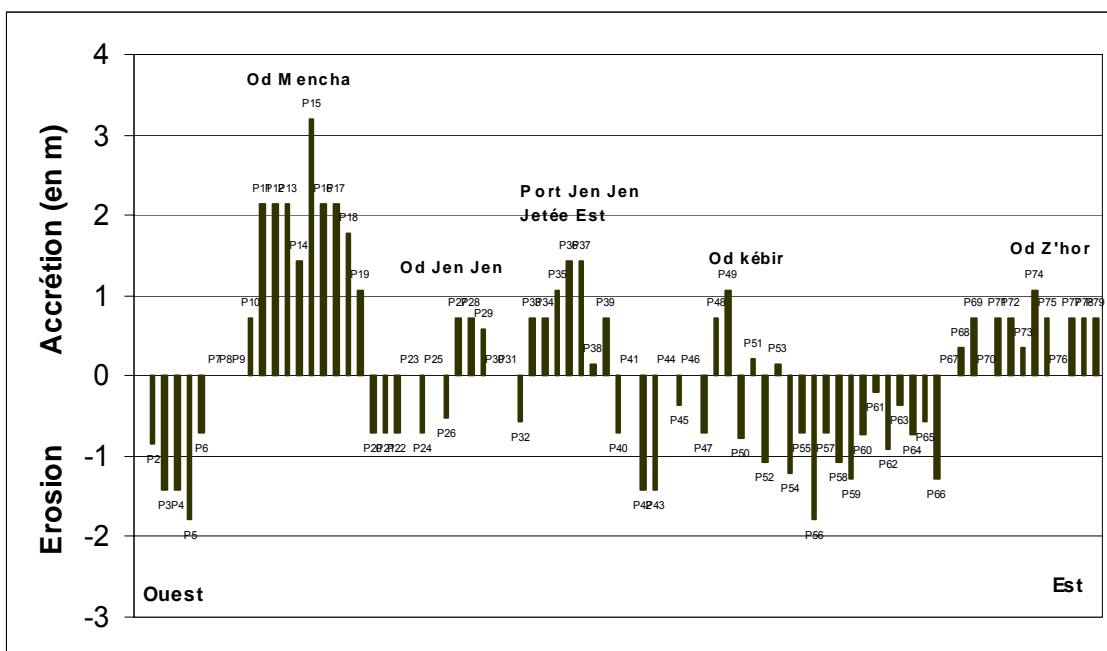


Fig. 7 - Evolution moyenne du trait de côte entre Jijel ville et Ras Oum-chiche sur une période pluriannuelle (1860-1960 ou 1960-1998). D'importantes variations spatiales peuvent être observées, avec des sites en érosion et d'autres en engraissement. Les taux nets d'évolution restent aussi très disparates d'une zone à une autre.

Comme pour les littoraux étudiés par Wright et Shore [12], Barrusseau [2] et Levoy [6], l'analyse du littoral jijelien a montré que l'évolution du trait de côte peut être conditionnée par des phénomènes locaux tels que la proximité de l'embouchure et la présence de barres sableuses d'avant côte.

En effet, les apports fluviaux au niveau des embouchures de différents oueds constituent des stocks sédimentaires qui vont être repris par les houles et les courants pour alimenter en matériaux les plages avoisinantes.

La présence d'une ou de deux barres d'avant côte remontent vers la côte pendant la saison estivale pour engraisser la plage et modifier la position du trait de côte.

La figure 8 montre que les évolutions les plus parlantes se localisent à proximité des embouchures des oueds qui débouchent dans la baie. Des valeurs élevées du recul du trait de côte (supérieures à -1.5 mètres par an) sont enregistrées à des endroits plus éloignées

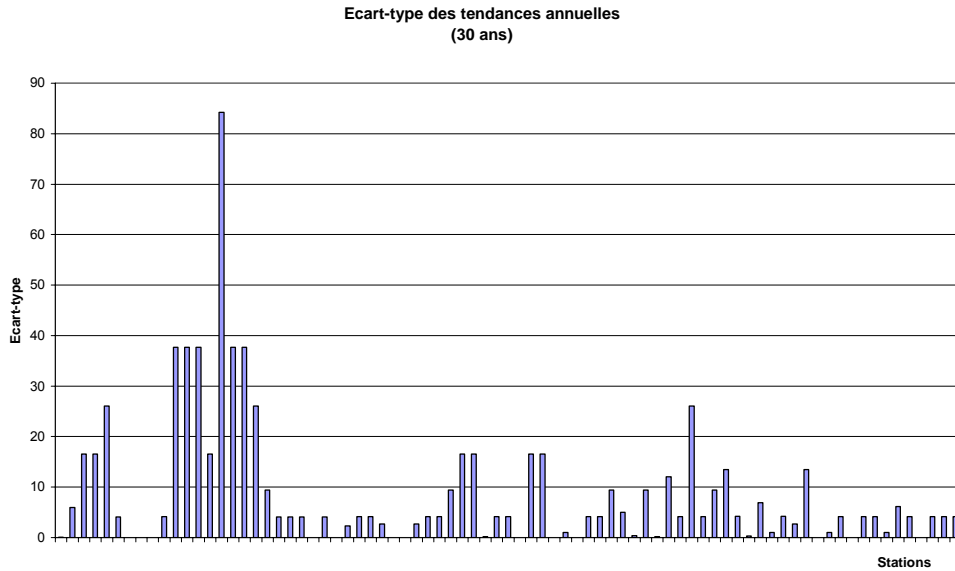


Fig. 8 - Ecart-types des tendances annuelles d'évolution entre Jijel ville et Ras Oum-chiche.

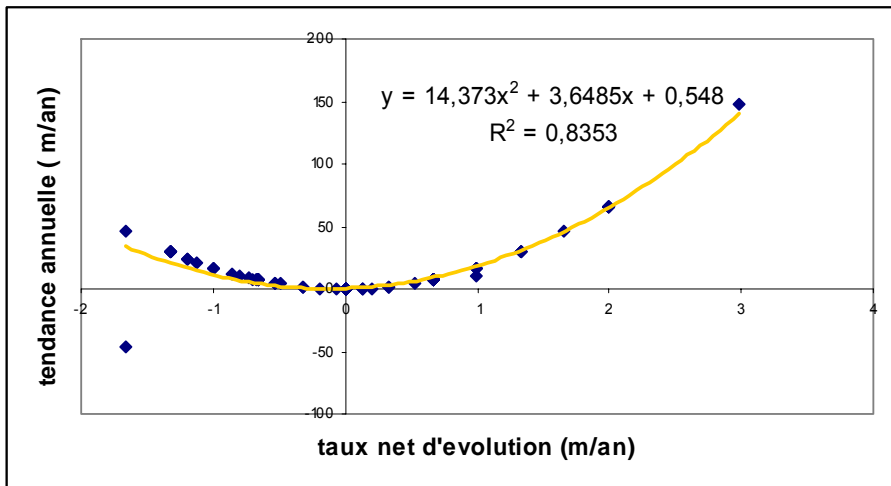


Fig. 9 - Représentation du taux net d'évolution du trait de côte en fonction de la tendance moyenne..

La répartition de leurs écart-types (Fig .8) souligne un important balancement de la position du trait de côte aux embouchures des oueds. Les valeurs de l'écart type se réduisent beaucoup en s'éloignant de l'axe de l'embouchure des oueds. La corrélation des tendances annuelles obtenues à partir des ajustements linéaires aux taux nets d'évolution (fig. 9) a révélé que les deux paramètres sont bien corrélés $R^2=0.83$.

La modélisation de l'évolution du trait de côte en baie de Jijel

- Le modèle spatio-temporel de l'évolution du trait de côte jijelien

La figure n° 10 fournit des informations beaucoup plus explicites sur la variabilité du trait de côte que celles récoltées à partir des cartes ou obtenues à partir de simples statistiques. On peut facilement distinguer les aspects clés qui contrôlent les mouvements sédimentaires le long de la côte jijelienne cependant, 3 différents modèles spatio-temporels des variations du trait de côte ont été mis en évidence (fig. 10).

Sur une échelle d'un siècle le modèle montre une tendance générale vers le recul du trait de côte. Cette perte en sédiment est due aux effets cumulés des tempêtes qui se sont combinés ces dernières années aux activités humaines.

Le modèle spatial de l'évolution du trait de côte sur une période décennale montre des fluctuations majeures le long de la côte jijelienne. Les variations de la position du trait de côte dans la portion Est de la côte tend vers le recul. Cependant, on note un important accroissement au niveau des stations localisées de part et d'autre des embouchures de l'oued Mencha et oued Jen-Jen et à l'Est de la jetée secondaire du port de Jen –Jen.

D'année en année le modèle spatial des variations de la position de la ligne du rivage (fig. 10) montre des tendances à l'engraissement et à l'érosion. Plusieurs sites ont connu un engraissement pendant l'année 1998. Ce gain est dû surtout aux apports de crues de l'oued Mencha pendant l'année 1998.

- La modélisation statistique

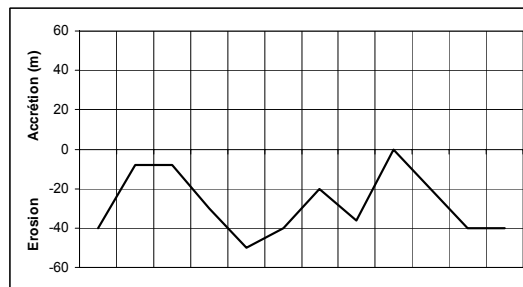
L'ajustement des tendances rencontrées au niveau des stations, localisées de part et d'autre des embouchures des oueds Mencha et Jen –Jen, à des droites de régressions (fig.11) a montré que ce dernier suit la droite d'équation :

- $y = 2.48 - 0.001x + \text{eps}$, pour l'embouchure de l'oued Mencha
- $y = - 1.228+0.002x +\text{eps}$ pour l'embouchure de l'oued Jen-Jen

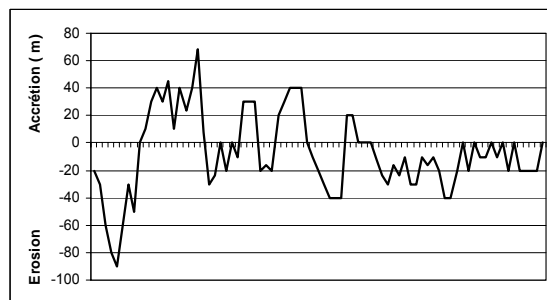
L'allure générale de la tendance pour les stations de l'embouchure de l'oued El-Kébir semble être différente de la linéarité rencontrée précédemment. Elle suit une loi exponentielle d'équation

$$y = - 0.185 - 1.892 e^{-4x}$$

Variation centennale 1862 – 1960



Variation décennale du trait de côte 1973 - 1988



Variation annuelle 1998-1999

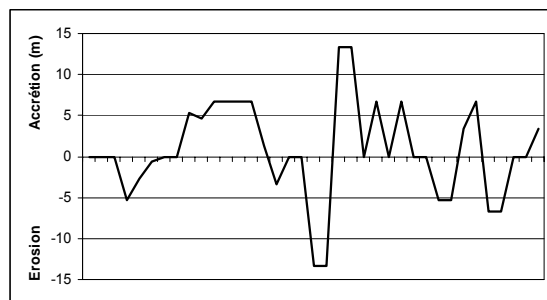


Fig.10 - Modèles spatiaux des variations de la position du trait de côte à différents pas de temps.

l'écart type résiduel nous a permis de calculer l'intervalle de confiance à 95% (fig.11), la constante b dans cet intervalle prend les valeurs qui suivent :

- Pour l'oued Jen-jen $b= -2.0079$ pour la borne inférieure
 $b=-0.44711$ pour la borne supérieure
- Pour l'oued Mencha $b= +2.225$ pour la borne inférieure
 $b= +3.825$ pour la borne supérieure
- Pour l'oued El-kébir $b= -0.9$ pour la borne inférieure
 $b= 0.7$ pour la borne supérieure

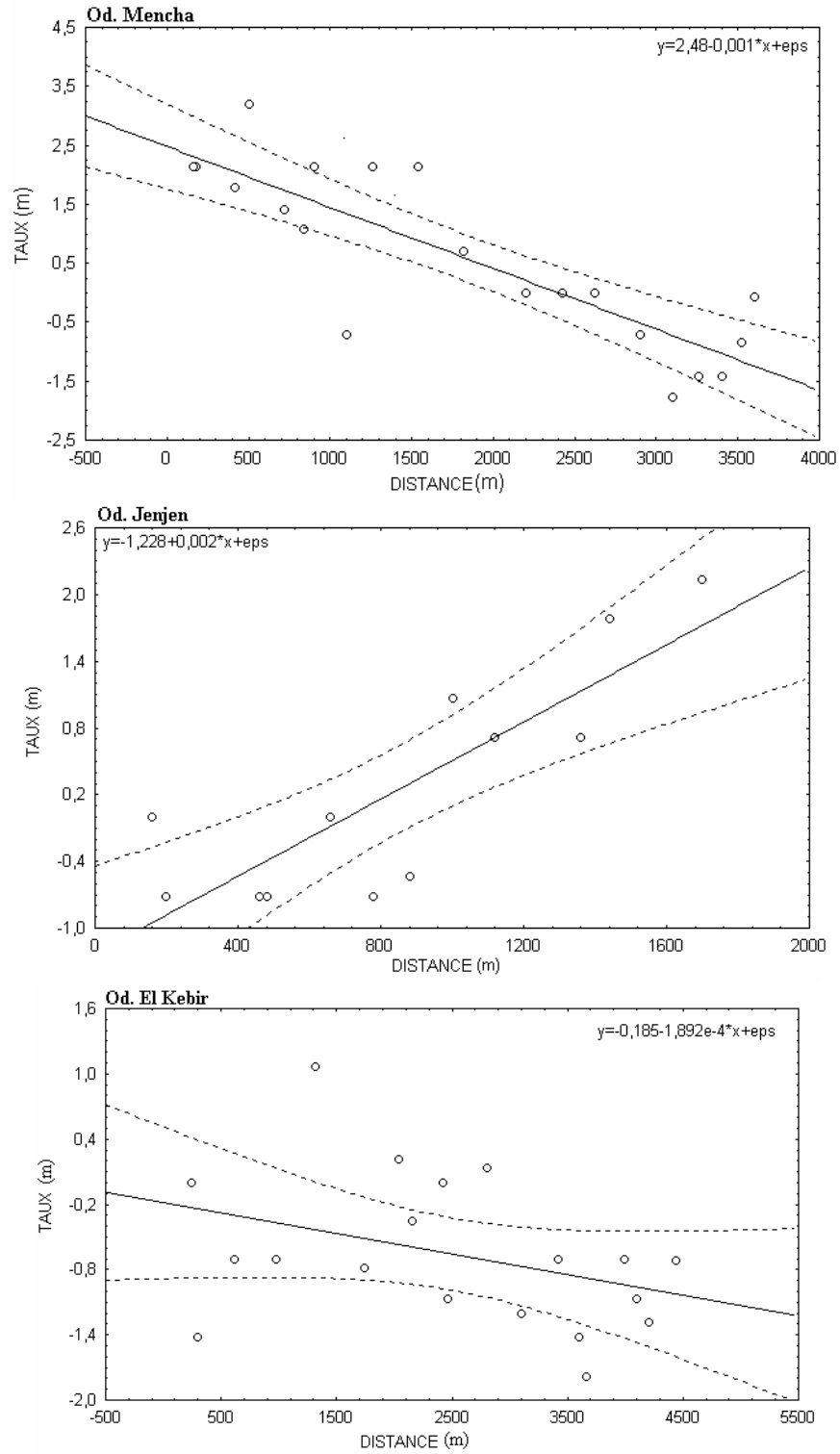


Fig.11 - Modélisation du taux d'évolution du trait de côte en fonction de la distance par rapport à l'axe de l'embouchure

CONCLUSION

L'étude de l'évolution de la ligne du rivage entre Jijel ville et Ras-Oum -Chiche a révélé des résultats très disparates sur une échelle spatiotemporelle. Les mesures montrent un recul net de la ligne du rivage qui était estimé selon les sites de - 0.2 à - 0.5 m/an entre 1865 et 1960 et de -0.7 à -1.7 m / an entre 1960et 2003.

L'analyse diachronique à différents pas de temps montre, sur une longue période de temps, une tendance générale à l'érosion. Ainsi, sur les 79 stations étudiées 31 sont en érosion et 34 en accrétion.

Une étroite relation entre les taux nets d'évolution annuelle et la proximité de l'embouchure d'oueds a été aussi mise en évidence.

L'existence synchrone des zones en accrétion et des zones en érosion sur de petites distances témoigne absolument des mouvements sédimentaires qui s'opèrent à l'intérieur des cellules hydrosédimentaires côtières, des cellules en érosion vers les cellules en accumulation.

Cette étude fait ressortir également l'impact des activités humaines sur le littoral. La construction du port de Jen-Jen a causé une avancée de la ligne de rivage sur la façade Est du port et un retrait sur la façade ouest. De 1987 à 2003 il y a eu 18 hectares de plage gagnés. Cependant, durant la même période 2 hectares de plage ont été perdus.

L'approche modélisatrice a montré que l'évolution de la ligne du rivage peut être parfaitement exprimée par un modèle linéaire.

Sur la base des résultats obtenus, nous suggérons qu'un programme de suivi de l'évolution de la ligne de rivage de la côte jijelienne soit mis en place afin de compléter les données en vue d'une bonne gestion du recul de la ligne de rivage.

[7]-Morton R.A., "Temporal and spatial variations in shoreline changes and their implications: examples from the Texas Gulf Coast", *Journal of Sedimentary Petrology*, 49,(1979), pp1101-1112.

[8]-O'Connell J.F., "Historic shoreline change maps analysis along the Massachusetts shore", *Proceeding Symposium on Coastal and Ocean Management coast*, Boston, M.A, (1997).

[9]-O'Connell J.F., Thieler, E.R., and Schupp, C., "New shoreline change data analysis for the Massachusetts shore with emphasis on Cape Cod and the Islands: Mid-1800s to 1994", *Environment Cape Cod*, Vol.5 (2002), No. 1.

[10]-O'Connell J.F., " New shoreline change data reveal Massachusetts is eroding", *WHOI sea Grant Program, Marine Extension Bulletin*, (2003),4p.

[11]-Van de Graaf J., and Koster, J.M., "Dune and beach erosion and nourishment", In: *Coastal Protection*, K.W. Pilarczyk editor, (1990),pp 99-109.

[12]-Wright L.D, and Short, A.D., " Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis", *Mar.Géol.*, 56 (1984), pp 93-118.

REFERENCES

[1]-Anders F.A., Leatherman S.P., "Mapping techniques and historical shoreline analysis-Nauset Spit, Massachusetts", In O.C. Farquhar, edit, *geotechnology in Massachusetts*, Amherts, MA., (1982), pp 501-509.

[2]-Barrusseau J.P., "Processus hydrodynamiques et morphosédimentaires de l'environnement des barres d'avant côte du littoral du golfe du lion", *Océanologica Acta*, Spécial issue, No.11, édité par H. Chameley. (1991), pp163-176.

[3]-Carter R.W., "Coastal environment", *Academic Press*, London, (1988), 617p.

[4]-Crowel M., Letherman, S.P., and Buckley, M.K., " Historical shoreline change error analysis and mapping accuracy" , *Journal of Coastal Research*, 7, (1991), pp 839-852.

[5]-Levoy F., " Morphocinématique et évolution prévisionnelle du rivage de Montmartin –sur-mer(France) " , *Photo interprétation*, No.1, Fasc.1(1989), pp1-8.

[6]-Levoy F., "Evolution et fonctionnement hydrosédimentaire des plages macrotidales :l'exemple de la côte ouest de Contentin", *Thèse de l'université de Caen*, (1994), 413p.