



Étude de l'évolution du littoral de la baie d'El Jadida (Maroc) par photo- interprétation

Mohamed CHAIBI^{1*}, Halima Ait MALEK¹, Abdessamad CHARIF¹, Mohamed Ayt OUGOUGDAL¹
et Mohamed MAANAN²

¹ Université Cadi Ayyad, Faculté Polydisciplinaire, Département des Sciences Naturelles et de Géographie,
Équipe GEGEL, BP 4162, Safi, Maroc

² Géolittomer, LETG-UMR 6554, Université de Nantes, France

* Correspondance, courriel : chaibimohamed@gmail.com

Résumé

La baie d'El Jadida se situe sur la façade atlantique du Maroc (entre 33° 15' 00" et 33° 21' 40" de latitude Nord, 8° 18' 00" et 8° 30' 00" de longitude Ouest). Elle constitue un grand système sableux fortement marqué par la dynamique littorale. L'utilisation des photographies aériennes permet de déterminer d'une part, l'évolution du trait de côte à l'embouchure de l'Oum Rbia à long terme (de 1949 à 1996) et d'autre part, de mesurer l'évolution de l'ensemble du littoral de la baie El Jadida à moyen terme (de 1988 à 1997). Les résultats de l'étude diachronique confirment la variabilité spatio-temporelle et l'évolution du littoral de la baie d'El Jadida avec des zones en érosion et d'autres en accumulation. L'analyse des variations des traits de côte, à moyen terme, ne montre pas des modifications importantes. Les seuls changements ont été enregistrés au niveau des unités morphologiques composant ce littoral (plage aérienne, dunes, ...).

L'évolution du trait de côte à long terme se caractérise par une forte variabilité dans le secteur de l'estuaire de l'Oum Rbia. La période d'érosion la plus importante se situe entre 1949 et 1996 avec un taux de recul de 45 m (1,28 m/an). Durant cette même période, on distingue aussi une variabilité spatiale qui se traduit par l'existence de deux secteurs très différents : le premier est caractérisé par une forte érosion (plage de la rive droite) et le deuxième est favorisé par des accumulations importantes (flèche sableuse de la rive gauche).

Mots-clés : *baie d'El Jadida, plage, estuaire, trait de côte, évolution morphologique, évolution diachronique, flèche sableuse, Maroc.*

Abstract

Study of coastline evolution of the El Jadida bay (Morocco) by photo-interpretation

El Jadida bay, is located on the middle of the Atlantic coast of Morocco (between 33° 15' 00" and 33° 21' 40" North and between 8° 18' 00" and 8° 30' 00" West), constitute a large sandy stock strongly marked by the littoral dynamic. The use of the aerial photographs permit to identify the coast evolution to the Oum Rbia estuary (of 1949 to 1996) and to measure the littoral of the bay El Jadida evolution in medium-term. The results of this diachronic study confirm space and time variability in the littoral of bay evolution with deepening reach's and others of sedimentation.

The coastline variation analysis in medium-term doesn't give satisfactory results. The only changes were registered at the morphological units of the coast (aerial beach, dunes, ...). The coastline evolution in the long-term coast is characterized by a strong variability in the Oum Rbia estuary. The period of the most important erosion ranges between 1949 and 1996 with a rate of retreat of 45 m (1.28 m/an). During this period, we can also notice a space variability which results in the existence of two very different sectors: the first is characterized by strong erosion (beach of Right Bank) and the second is characterized by accumulations (sandy arrow of left bank).

Keywords : *El Jadida bay, estuary, coastline, morphologic evolution, diachronic evolution, sandy arrow, Morocco.*

1. Introduction

L'évolution du trait de côte résulte de la conjonction de nombreux facteurs naturels et particulièrement la variation du niveau de la mer, le vent, la houle, les courants et l'importance des apports sédimentaires des fleuves [1-3]. Sur le plus long terme, l'élévation du niveau de la mer, que « l'effet de serre » contribue à accélérer, pourrait atteindre selon certains experts 7 à 39cm d'ici 2015 et 20 à 86cm d'ici 2100 [4,5]. Les vents sont en outre à l'origine d'importants transferts de sables dans toutes les zones dunaires. Ainsi, le long de la baie d'El Jadida, le transport éolien potentiel peut atteindre des valeurs élevées de 6000 à 15000 m³/an [6]. Cette évolution est souvent perturbée par l'action de l'Homme : les barrages, en piégeant les sédiments, réduisent les apports alluviaux [2,7,8]. Ainsi l'aménagement de l'oued d'Oum Rbia (construction des barrages : Si Saïd Maachou (1929), Imfout (1945), Al Massira, Daourat (1950), Ben El Ouidane (1952), Moulay Youssef, Sidi Driss et Hassan 1^{er}) a réduit de 90 % les apports de sédiments au littoral (Snoussi, 1988). Les prélèvements de granulats au début des années 80 pour la construction du Port de Jorf Lasfar ont nettement contribué à l'appauvrissement des sédiments des côtes.

L'évolution et l'équilibre dynamique de la baie d'El Jadida reposent sur les échanges sédimentaires entre l'estran, la plage aérienne et les dunes. Ces mouvements sédimentaires dans le système plage aérienne et estran se trouvent révélés par des changements de la position de la ligne du rivage et par l'évolution des unités morphologiques de ce littoral. L'utilisation des photographies aériennes va permettre d'identifier ces tendances évolutives à l'échelle décennale, définies en termes d'avancée et de recul, et les variations de surface des différentes unités morphologiques. Les photographies aériennes verticales sont à l'heure actuelle les seuls documents qui restituent au mieux la physionomie d'une côte à un moment donné [10-11]. De ce fait, cette étude qui s'inscrit dans la tendance actuelle des études de géomorphologie littorale, va permettre de mieux comprendre le comportement spatio-temporel sédimentaire de cette côte.

2. Présentation de la zone d'étude

La baie d'El Jadida située sur la façade atlantique marocaine entre les latitudes 33° 15' 00'' et 33° 21' 40'' Nord et les longitudes 8° 18' 00'' et 8° 30' 00'' Ouest, est orientée nord-est - sud-ouest (*Figure 1*). Elle constitue un grand système sableux (plages, dunes, estuaire,...) fortement marqué par la dynamique littorale. Les secteurs en érosion sont marqués par l'affleurement du substrat rocheux, l'apparition des galets, un estran surbaissé et des dunes basses et dégradées avec des siffle-vents. Elle comprend une étendue de plages (plage d'El Haouzia au sud et plage de Lalla Aicha Al Bahria au nord) avec le débouché de

l'oued d'Oum Rbia qui se jette dans l'océan Atlantique au nord de la ville d'Azemmour (33° 19' 00" latitude Nord et 8° 20' 00" longitude Ouest).

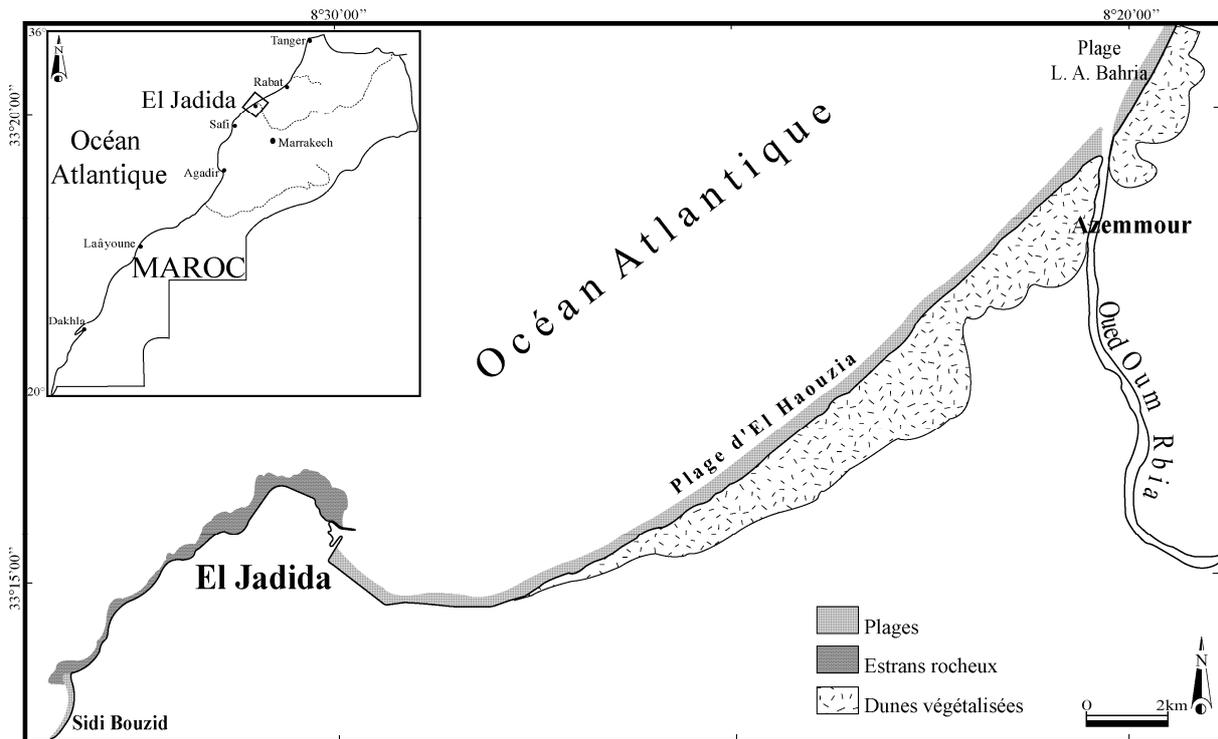


Figure 1 : Cartes de localisation de la baie d'El Jadida

L'oued d'Oum Rbia communique avec l'océan par un seul chenal principal. Il est caractérisé par un fond peu profond (-4 m à marée basse) et une largeur réduite, qui ne dépasse pas 200 m. Ce chenal qui a la forme d'un petit canyon sous-marin, avec des ruptures de pentes assez marquées surtout celles de la rive droite, absorbe une partie des apports solides. Ce chenal longe d'abord la rive gauche de l'oued puis, avant de se poursuivre sous l'eau, il occupe le milieu de l'embouchure. D'après les critères établis par [12] sur l'évolution des embouchures tidales naturelles, nous avons pu classer l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia dans le sixième type parmi les embouchures dominées par les houles (*wave dominated inlet*). Le régime hydraulique de l'oued d'Oum Rbia est lié à celui de ses principaux affluents : la superposition des influences montagneuses, continentales, méditerranéennes et océaniques lui donne un caractère irrégulier et complexe.

Au niveau de son bassin versant, les endroits les plus arrosés sont les Atlas (800 à 1200 mm/an) et les plateaux des phosphates avec une moyenne annuelle qui varie de 400 à 600 mm/an. Les précipitations sont maximales pendant l'automne et l'hiver (70 à 80 % du total annuel) et peuvent s'étendre jusqu'au mois de mars. Le printemps totalise une part appréciable des pluies annuelles (entre 20 % et 25 %), par contre, l'été ne collecte que 3 % au maximum. L'alimentation nivale du printemps de l'oued d'Oum Rbia se combine avec la montée des eaux des autres affluents (oued El Abid, Tessaoui, Srou, ...) influencés par la fonte de la neige. Cela explique l'importance des débits enregistrés pendant le mois de mars et avril au barrage d'Imfout pour la période de 1936 à 1970. La plage d'El Haouzia présente une organisation transversale des unités morphodynamiques presque homogène : les dunes littorales (anciennes végétalisées et embryonnaires bordières), la plage aérienne et la plage immergée.

La morphologie du littoral d'El Haouzia est affectée par des mouvements sédimentaires qui sont perçus par des formes de dépôt et des formes d'érosion. Ces flux sédimentaires sont dus à l'interaction des houles/courants dans la zone intertidale. En effet, l'action des houles le long du littoral d'El Haouzia est très variable dans le temps et dans l'espace et détermine le sens et l'intensité du transit sédimentaire. Les houles dominantes sont celles du cadran NNW et NW, 78 % du temps. Les houles les plus efficaces sont celles dont les périodes sont longues (<11s), leur fréquence dépassent 59 % du temps. Le plan d'eau (climat de houle) est régulièrement agité puisque les hauteurs significatives supérieures à 2 m dépassent 40 % des cas. Les limites d'action spatio-temporelle sont en fonction des caractéristiques des houles, mais dépendent aussi du niveau de la marée.

La marée dans la région d'étude est de type semi-diurne et le signal, grossièrement sinusoïdal, a une période de 12h25 mn. Elle se définit par deux cycles de marnage dans le même jour : deux pleines mers et deux basses mers. Elle est caractérisée par une instabilité et par des variations journalières, mensuelles et saisonnières. Les inégalités et l'importance du marnage, des hautes et basses mers, varient d'un cycle de marée à un autre. Les fortes amplitudes enregistrées sont de l'ordre de 4,48 m pendant les vives eaux (août 2001). Les vents dominants, au niveau de la région d'étude, sont ceux des secteurs W, N et NE. Les vents forts (11 à 16 m/s) proviennent des secteurs W et SW. Ces vents parcourent une surface marine considérable avant d'atteindre la côte.

3. Matériel et méthodes

3-1. Documents utilisés

L'analyse diachronique de l'évolution littorale de la baie d'El Jadida a été déterminée grâce à la comparaison des photographies aériennes de deux missions, sélectionnées parce qu'elles couvrent l'ensemble du linéaire côtier de la baie d'El Jadida. Afin d'obtenir des résultats plus significatifs concernant l'évolution du site, l'espacement (de 1988 à 1997) entre les deux missions a, lui aussi, été pris en considération (*Tableau 1*). Pour l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia, l'étude a été réalisée sur une longue durée (*Tableau 2*) grâce à la superposition des photographies aériennes (1949 : 1/20000, 1984 : 1/20000, 1988 : 1/40000, 1996 : 1/7500) et de la carte topographique d'Azemmour 1/50000 [13].

Tableau 1 : Documents aériens et topographiques couvrant la baie d'El Jadida

| Document | Date | Organisme | Échelle | Nbre de clichés |
|--|------|--------------------------------------|---------|-----------------|
| Photos aériennes | 1988 | A. C. F. du cadastre et cartographie | 1/40000 | 5 |
| Photos aériennes | 1997 | A. C. F. du cadastre et cartographie | 1/17500 | 9 |
| Cartes topographiques : El Jadida, Sidi Masbah, Adir et Azemmour | 1991 | A. C. F. du cadastre et cartographie | 1/25000 | 4 |

Tableau 2 : Documents aériens couvrant l'estuaire de l'oued d'Oum Rbia

| Missions | 1949 | 1984 | 1988 | 1996 |
|------------------|---------|---------|---------|--------|
| Échelle annoncée | 1/20000 | 1/20000 | 1/40000 | 1/7500 |
| Échelle corrigée | 1/21230 | 1/22850 | 1/41230 | 1/7356 |

3-2. Méthode de traitement des photos aériennes

Le traitement des photographies aériennes a été effectué par l'utilisation des techniques numériques de traitement d'images. Ces méthodes sont désormais régulièrement utilisées dans l'étude des variations de la ligne de rivage [15-20]. Les démarches de cette méthode suivent les étapes établies par Thieler et Danforth, (1994): digitalisation des photographies aériennes, corrections des distorsions, géoréférencement, restitution graphique et superposition multitemporelle des traits de côte. Les photographies aériennes présentent en général des distorsions qui peuvent avoir plusieurs causes: des changements d'altitude d'avion, déterminant des variations d'échelle d'une photo à l'autre, les variations du relief entraînant une distorsion radiale et l'inclinaison de l'axe optique par rapport à la surface terrestre. Pour corriger ces distorsions et géoréférencer les photographies aériennes, nous avons traité les images numérisées grâce au logiciel *Géoimage*.

L'objectif de cette opération consiste à déformer, par calcul, la photographie aérienne de façon à la rendre conforme à un système de projection cartographique donné. Les photographies aériennes ont été géoréférencées par rapport à un document cartographique: les cartes topographiques au 1/25000^{ème} d'El Jadida, de Sidi Masbah, d'Adir et d'Azemmour de 1991. Il s'agit donc de créer des photographies aériennes superposables aux documents géographiques afin qu'elles aient la même valeur métrique. Ce procédé fait appel à des modèles de correction polynomiaux. Il faut repérer des points de calages (amers) communs à chaque photographie et aux documents de référence. Les recherches étant réalisées en milieu littoral, le choix des amers s'avère complexe. En effet, l'ensemble des clichés de la zone étudiée présente une surface plus au moins importante en mer; or, aucun point de repère ne peut être pris en dehors de la zone terrestre. Ainsi, les points de calage doivent être positionnés sur l'espace littoral qui est très restreint sur certains clichés.

Pour chaque photographie aérienne, nous avons saisi les coordonnées (X et Y) de chaque amer et les coordonnées (X et Y) sur le document de référence. La qualité du calage repose entièrement sur la sélection des amers qui dépend de la précision avec laquelle sont déterminés, leur répartition spatiale et leur nombre. Les amers doivent être suffisamment nombreux pour assurer un quadrillage spatial homogène. Pour chaque photographie aérienne, au moins 10 amers ont pu être régulièrement déterminés. Après cette étape de correction, les images sont ensuite mosaïquées par année, créant ainsi une table couvrant l'ensemble de la baie d'El Jadida pour chaque mission (*Figure 2*). Les corrections et l'assemblage terminé, les images sont traitées sous le logiciel *MapInfo*. Les traits de côte et les surfaces occupées par les unités morphologiques sont alors dessinés. La comparaison des résultats de ces deux missions a permis d'évaluer l'évolution de cette zone au cours de la période allant de 1988 à 1997. Les coordonnées (X et Y) de chaque point sont exprimées en mètres.

3-3. Limites de la méthode

Quand on utilise des photographies aériennes, le premier choix est celui de la limite du trait de côte. Ce dernier est défini comme l'interface terre/mer que nous assimilons à une ligne [22]. Son tracé représente une position de la limite terre/mer à un moment donné. Au niveau de la plage d'El Haouzia, le consensus s'est fait sur le niveau de marée haute parce qu'il est continu le long du littoral. Cette limite est facilement reconnaissable sur les photos aériennes puisqu'elle représente la limite des surfaces mouillées qui apparaissent en gris foncé [23]. Cette limite peut varier en fonction des fluctuations marégraphiques et pendant les événements météo-marins exceptionnels de type houle de tempête.

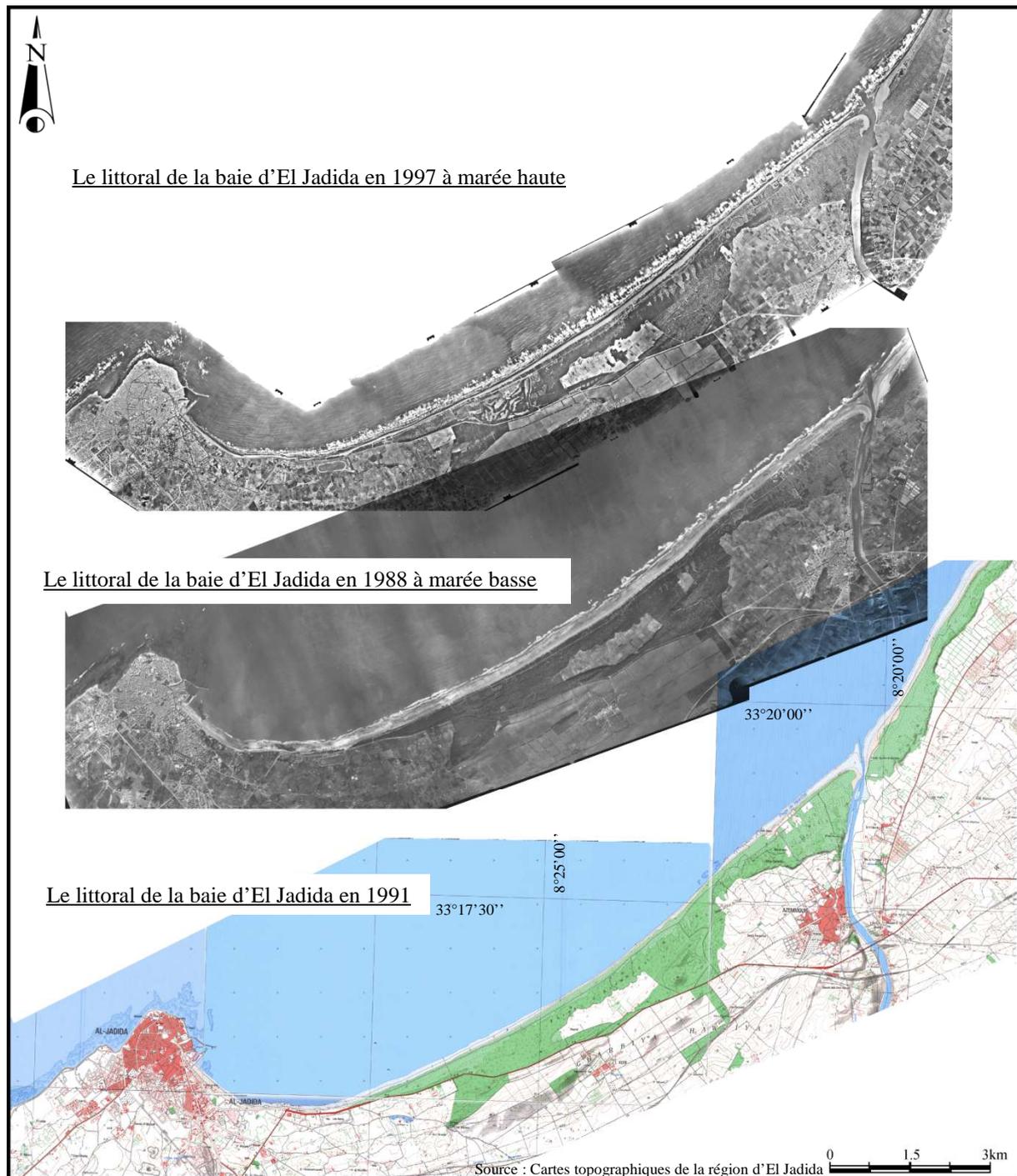


Figure 2 : Résultats de traitement des documents aériens et topographiques par Géomage

Au stade de l'analyse des documents, d'autres obstacles peuvent intervenir tel que le repérage des amers sur le document de référence. En effet, il est difficile de déterminer avec précision la position réelle des amers à la fois sur les cartes de référence que sur les photographies aériennes. La marge d'erreur liée à la numérisation des photographies aériennes, dans notre cas, est estimée à 1 pixel soit l'équivalent de 2 à 2,5m.

4. Résultats et discussion

Les documents dont nous disposons nous ont permis d'effectuer une étude diachronique de l'ensemble du littoral de la baie d'El Jadida pour la période de 1988 à 1997. Cette étude a permis de suivre l'évolution du trait de côte de la plage d'El Haouzia ainsi que les surfaces des différentes unités morphologiques qui la compose. En revanche, pour l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia, nous avons pu identifier les tendances évolutives de la ligne du rivage (avancée et recul) à long terme de 1949 à 1996.

4-1. Évolution du trait de côte de la baie d'El Jadida

L'évolution du linéaire côtier de la baie d'El Jadida entre 1988 et 1997 est caractérisée par une grande stabilité (*Figure 3*). La succession des périodes d'érosion et d'accumulation a engendré des taux d'évolution très faibles. Depuis 1988, aucun recul significatif ni avancée n'apparaît à partir des photographies aériennes. Les seules évolutions notables interviennent au NE de la baie au niveau de l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia sur les deux rives. Dans cette zone, on observe une érosion très localisée à laquelle succède une faible tendance à l'accrétion. Ces résultats montrent qu'au cours de cette période (neuf années), les mouvements d'érosion sont compensés par des phénomènes d'accumulation, suite aux échanges sédimentaires essentiellement parallèles au trait de côte. Les faibles variations du trait de côte ne peuvent pas être considérées comme significatives puisqu'elles n'excèdent pas la marge d'erreur (± 2 m).

4-2. Évolution du trait de côte à l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia

L'étude de l'évolution du trait de côte à l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia permet de déterminer les tendances évolutives du littoral de la baie d'El Jadida à long terme. L'évolution observée entre 1949 et 1996 (*Figure 4*) dans cette partie du littoral nous a fourni un bon exemple des avancées et des reculs du trait de côte et reflète l'impact des processus morphosédimentaires. L'évolution du trait de côte présente deux caractéristiques principales : érosion de la plage de la rive droite et accumulation au niveau de celle de la rive gauche. La plage de Lalla Aïcha Al Bahria (rive droite) est caractérisée par une érosion importante et continue depuis 1949. Cette érosion a entraîné un recul du trait de côte estimé à -45 m soit un taux de recul moyen de l'ordre de 1,28 m par an (*Figure 4*). Lors de la période limitée entre 1984 et 1996, l'érosion se poursuit (-10 m) mais sur une zone plus restreinte que celle de la période précédente.

L'amplitude de recul annuel moyen s'est affaiblie pour atteindre une moyenne de 0,8 m/an. Le recul du trait de côte dans ce secteur coïncide entièrement avec la répartition de l'énergie des houles à la côte obtenue à partir des orthogonales des houles [6]. Le secteur en érosion est associé à des coefficients de réfraction moyens par les houles nord-ouest et moyens à forts par les houles ouest nord-ouest. Ceci traduit, soit des transports sédimentaires s'effectuant en direction du large (*onshore - offshore*), soit parallèlement à la côte suivant la direction de la dérivation littorale. Le trait de côte de la rive gauche de l'oued d'Oum Rbia enregistre d'importantes évolutions. Dans ce secteur apparaît une tendance à la progradation. Son association avec le secteur de la plage d'El Haouzia en érosion situé au sud ouest témoigne du transit sédimentaire Sud-Nord dans cette zone. Les sédiments mis à disposition par les courants de la dérivation littorale, provenant des secteurs en érosion, s'accumulent sur la plage de la rive gauche de l'oued d'Oum Rbia pour former la flèche sableuse. Cette dynamique sédimentaire a favorisé l'avancée du trait de côte (*Figure 4*). A partir de 1949, le taux d'avancée de la ligne de rivage est de 32 m (soit 0,91 m/an). La progression de la flèche vers le Nord Est s'est poursuivie au cours de la période de 1984 à 1996 (*Figure 4*) et le trait de côte a continué de progresser lui aussi vers la mer. Le rythme de l'évolution affaibli de cette flèche (0,41 m/an), n'a pas

empêché la mise en place d'un crochet sur la partie interne de la flèche et le rétrécissement de l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia.

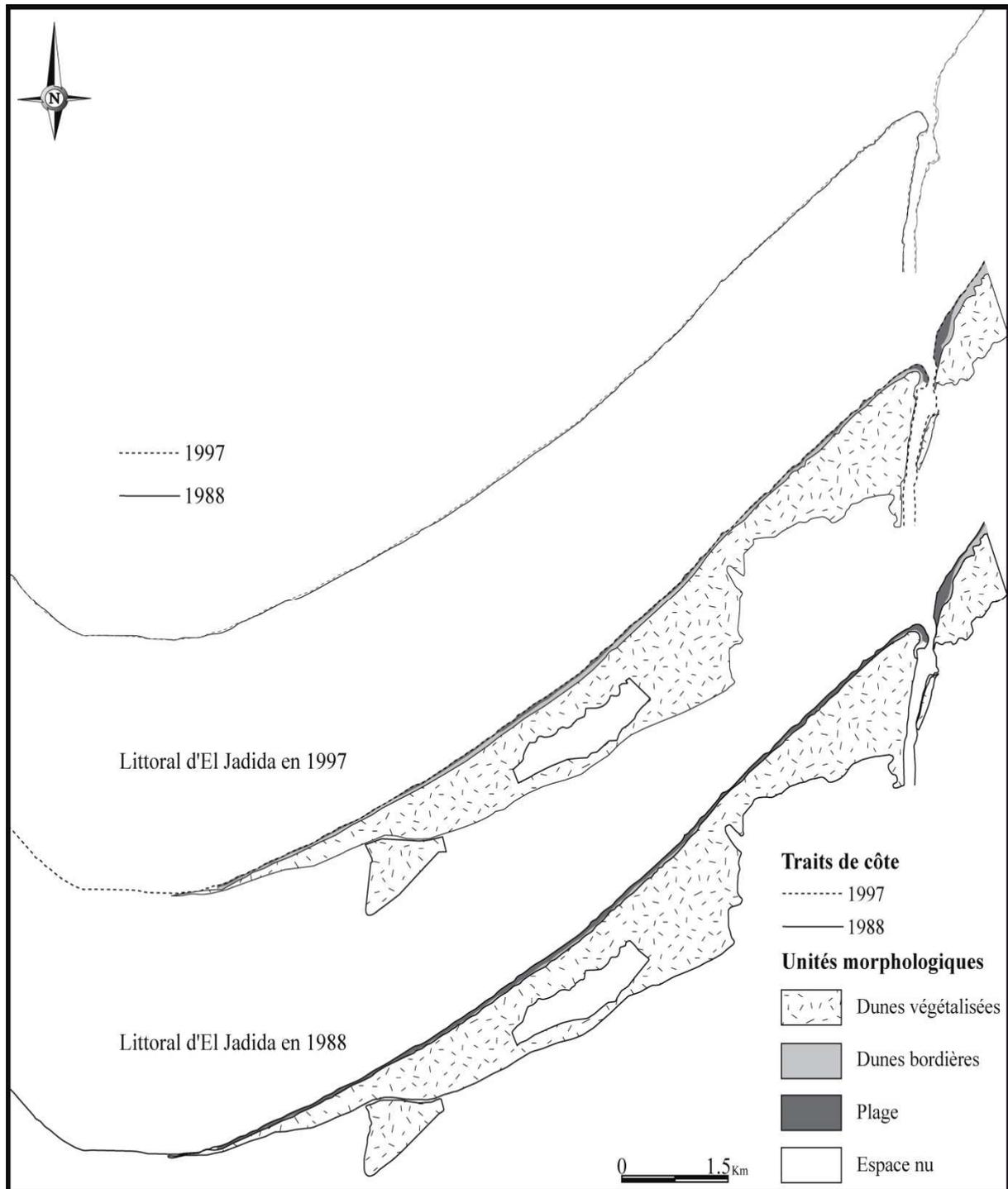


Figure 3 : Cartographie diachronique du milieu littoral de la baie d'El Jadida de 1988 à 1997

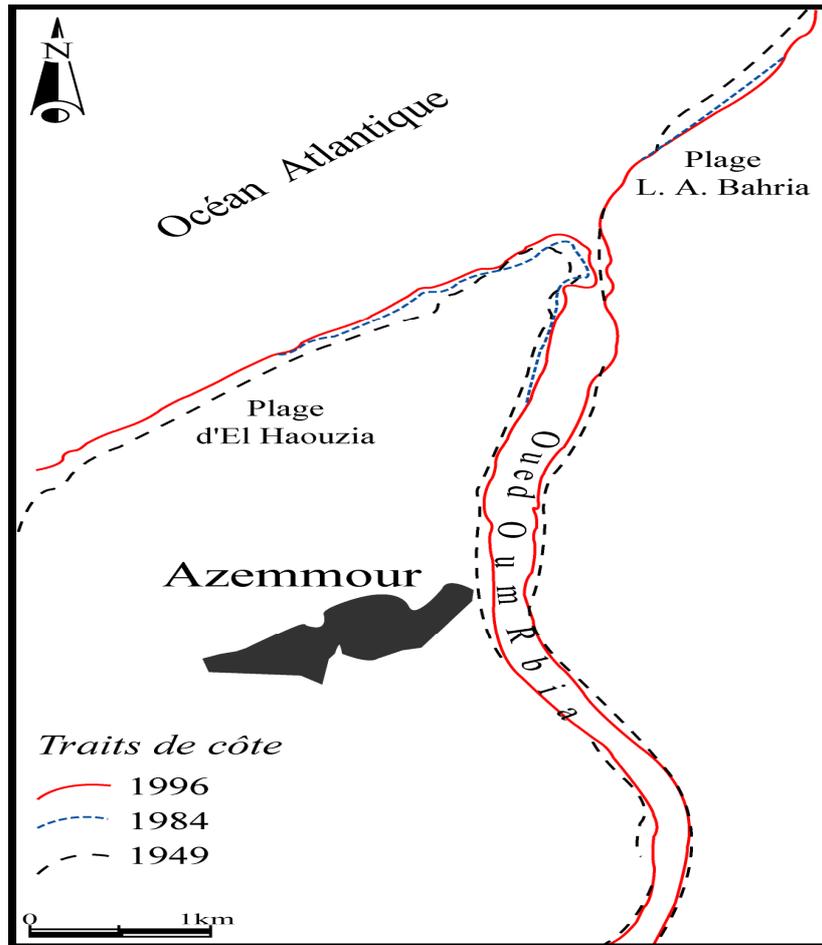


Figure 4 : *Évolution du trait de côte à l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia de 1949 à 1996*

L'étude comparative des traits de côte a révélé que le secteur de l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia est caractérisé par un bilan sédimentaire globalement négatif (**Figure 5**). Les sédiments, déplacés et stockés dans la plage de la rive gauche de l'oued, ne compensent pas le volume érodé sur la plage de la rive droite. Cette tendance érosive vient compléter et confirmer les résultats obtenus par l'étude des variations annuelles des profils topographiques [6].

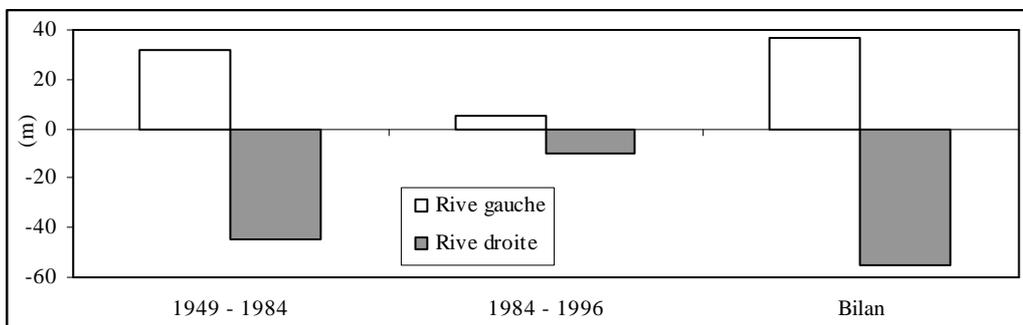


Figure 5 : *Taux d'évolution du trait de côte à l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia entre 1949 et 1996 (en mètre)*

4-3. Évolution des surfaces des différentes unités morphologiques dans la baie d'El Jadida

Les unités morphologiques qui font l'objet de cette étude sont : la plage aérienne, les dunes bordières et les dunes végétalisées le long de la plage d'El Haouzia (rive gauche) et sur une zone restreinte de la plage de Lalla Aïcha Al Bahria (rive droite) (**Figure 6**). Les traits de côte de 1988 et 1997 ont été considérés comme le point de départ pour délimiter les zones occupées par les différentes unités morphologiques. A partir de ces données, il est possible de mesurer et de calculer les variations des surfaces en m². Les surfaces cartographiées à partir des photographies aériennes de 1988 représentent dans l'ensemble 10,21 km² et elles ont évolué pour atteindre 11,13 km² en 1997. Ces surfaces sont constituées de trois unités morphologiques présentées la **Figure 6**. Elles englobent les deux rivages de l'embouchure. La plage aérienne couvrant une superficie de 376900 m², soit 3,69 % des zones sédimentaires en 1988, a gagné en surface (+41000 m²) au cours de la période d'étude (9 ans). Sur les deux secteurs (plage d'El Haouzia et de Lalla Aïcha Al Bahria), les surfaces ont été gagnées au détriment des dunes bordières suite à l'érosion de ces dernières et sur l'estran grâce aux variations des traits de côtes.

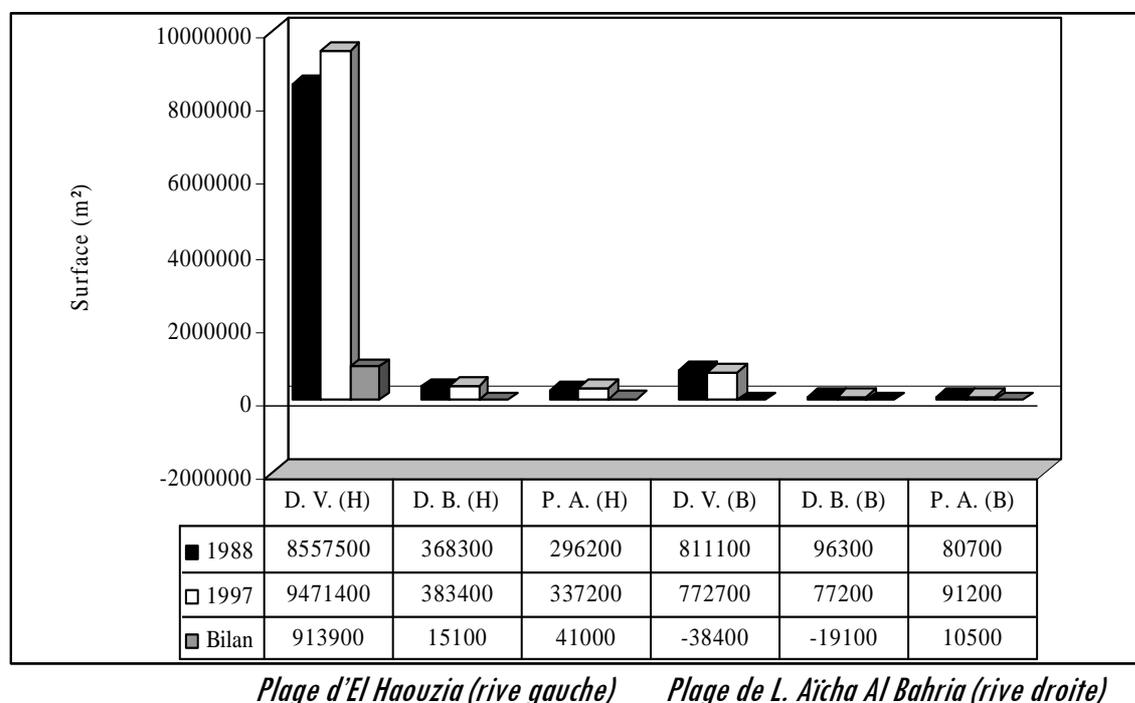


Figure 6 : Évolution des surfaces par unité morphologique le long de la baie d'El Jadida de 1988 à 1997

(D.V. = dunes végétalisées, D.B. = dunes bordières, P.A. = plage aérienne, H. = El Haouzia, B. = L. A. Al Bahria)

Les surfaces occupées par les dunes bordières ne dépassent pas 5 % de la superficie totale (465000 m²). Suite à la dégradation du couvert végétal des dunes végétalisées, celles-ci ont été favorisées par une augmentation de leur superficie. Les surfaces gagnées ont été évaluées à +15000 m² (**Figure 6**). Les dunes végétalisées suivent la même tendance, c'est-à-dire une augmentation des surfaces. Elles occupent plus de 91 % des surfaces cartographiées, soit 9,36 km². Les surfaces gagnées se localisent essentiellement dans les dunes de la plage d'El Haouzia côté terre (+913900 m²). Par contre, les dunes de la plage de Lalla Aïcha Al Bahria sont caractérisées par des pertes de surface (-19100 m²) (**Figure 6**) suite aux influences anthropiques (cultures maraîchères).

5. Conclusion

L'utilisation des photographies aériennes nous a permis de restituer d'une part l'évolution du trait de côte de l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia à long terme, durant la période de 1949 à 1996 et d'autre part de mesurer l'évolution de l'ensemble du littoral de la baie El Jadida à moyen terme (au cours de la période de 1988 à 1997). Cette analyse par photo-interprétation a été réalisée à l'aide d'outils informatiques dans le but de diminuer la marge d'erreur. Les résultats, de cette étude diachronique confirment la variabilité spatio-temporelle de l'évolution du littoral. L'évolution du trait de côte à long terme s'est matérialisée par une forte variabilité au niveau de l'embouchure de l'oued d'Oum Rbia. La période d'érosion la plus importante se situe entre 1949 et 1984 avec un taux de recul de -45 m (1,28 m/an). On peut attribuer cette importante érosion à la construction des barrages sur l'oued d'Oum Rbia et à la pénurie des débits solides.

Dans cette même période, nous distinguons aussi une variabilité spatiale qui se traduit par l'existence de deux secteurs très différents : le premier est caractérisé par une forte érosion le long de la rive droite et le deuxième est favorisé par des accumulations sous la forme de flèche sableuse au niveau de la rive gauche de l'oued d'Oum Rbia. La progression de la flèche de la rive gauche implique un transit sédimentaire Sud - Nord, parallèle à la dérive littorale. L'analyse des variations des traits de côte à moyen terme montre que les agents morphodynamiques n'ont pas beaucoup modifié le tracé de la côte au cours de la période 1988 - 1997 traduisant ainsi une stabilité. En revanche, les unités morphologiques de ce littoral n'ont pas suivi la même tendance. L'évolution des surfaces change suivant les unités, le bilan dressé montre une augmentation des surfaces végétalisées et reste positif pour la fixation dunaire dans le littoral de la baie d'El Jadida.

Références

- [1] - J.D. MILLIMAN, Effect of terrestrial processes and human activities on river discharge, and their impact on the coastal zone. In: Haq, B.U., Haq, S.M., Kullenberg, G., Stel, J.H. (Eds.), *Coastal Zone Management Imperative for Maritime Developing Nations*. Kluwer Academic Publishers, (1997) pp. 75-92.
- [2] - C. CENCINI, Physical processes and human activities in the evolution of the Po delta, Italy. *Journal of Coastal Research*, 14 (3), (1998) pp.774-793.
- [3] - J.P. ERICSON, C.J. VOROSMARTY, S.L. DINGSMAN, L.G. WARD and MEYBECK, Effective sea-level rise and deltas: causes of change and human dimension implications. *Global Planetary Change*, 50, (2006) pp.63-82
- [4] - R. A. WARRICK, C. L. PROVOST, M. F. MEIER, J. OERLEMANS and P. L. Woodworth, Changes in sea level, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*, (1996) pp.359-405,.
- [5] - L. MILLER and B.C. DOUGLAS, Mass and volume contributions to twentieth-century global sea-level rise. *Nature* 428, (2004) pp.406-409.
- [6] - M. CHAIBI, Dynamique sédimentaire et morphogénèse actuelle du littoral d'El Jadida (Maroc). Thèse de doctorat en géographie physique. Université d'Aix-Marseille I, France, (2003) 236p.
- [7] - M. COLLINS and G. EVANS, The influence of fluvial sediment supply on coastal erosion in West and Central Africa. *Journal of Shoreline Management* 2, (1986) pp.5-12.
- [8] - GESAMP, Anthropogenic influences on sediment discharge to the coastal zone and environmental consequences. GESAMP Reports and Studies No. 52 (1994) GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection).

- [9] - M. SNOUSSI, Nature, estimation et comparaison des flux de matières issus des bassins versants de l'Adour (France), du Sebou, de l'Oum-Er-Rbia et du Souss (Maroc). Impact du climat sur les apports fluviaux à l'océan. Mémoire de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine no. 22 (1988), Bordeaux, France.
- [10] - M. CROWELL, S.P. LEATHERMAN and M.K. BUCKLEY, Shoreline change rate analysis: long term versus short term data. *Shore and Beach*, 61(2) (1993) pp. 13-20.
- [11] - M. ROBIN, - Télédétection et modélisation du trait de côte et de sa cinématique. *Le littoral regards, pratiques et savoirs*, édition Ens, (2002) pp. 95-116.
- [12] - D M. FITZGERALD, N. C. KRAUS and E. B. HANDS, Natural mechanisms of sediment bypassing at tidal inlets. *Coast Eng Tech Note US Army Corps Eng ERDC/CHL CETN-IV- October 2000* (2001).
- [13] - B. ZOURARAH, Les processus côtiers actuels et leur impact sur l'environnement côtier des Doukkala. Thèse d'état, Univ. Chouaib Doukkali, Fac. Sci. El Jadida, (2002) 376 p.
- [14] - F. LEVOY, Évolution et fonctionnement hydro-sédimentaire des plages macrotidales : l'exemple de la côte ouest du Cotentin. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Caen basse Normandie, (1994) 405p.
- [15] - S. SUANEZ, Dynamiques sédimentaires actuelles et récentes de la frange littorale orientale du delta du Rhône. Thèse de doctorat en géographie physique, Université d'Aix-Marseille I, (1997) 282p.
- [16] - P. DURAND, L'évolution des plages de l'ouest du Golfe du Lion au XX^{ème} siècle. Cinématique du trait de côte, dynamique sédimentaire, analyse prévisionnelle. Thèse, Université Lumière Lyon II, (1999) 460 p.
- [17] - J. COURTAUD, Dynamiques géomorphologiques et risques littoraux, cas du tombolo de Giens (Var, France méridionale). Thèse, Université de Provence Aix-Marseille I, (2000). 234p.
- [18] - F. SABATIER, Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaires du littoral du delta du Rhône. Thèse de doctorat en géosciences de l'environnement, option géographie physique. Université d'Aix-Marseille III, (2001) 272p.
- [19] - B. ND. FAYE IBRAHIMA, A. HENAFF, F. GOURMELON, T. D. AMADOU, Évolution du trait de côte à Nouakchott (Mauritanie) de 1954 à 2005 par photo-interprétation « Norois », n° 208 (2008) 3, pp. 11-27
- [20] - E. R. THIELER and W. W. DANFORTH, Historical shoreline mapping (II): Application of digital shoreline mapping and analysis systems (DSMS/DSAS) to Shoreline Change Mapping in Puerto Rico. n° 10, 3- *Journal of Coastal Research*. (1994) pp 600-620,
- [21] - A. GRONIER and J.M.M. DUBOIS, Évolution littorale récente par télédétection : synthèse méthodologique. *Photo-interprétation*, N° 6, (1990) pp. 3-6
- [22] - R. DOLAN, M.S. FENSTER and S.J. HOLMES, Spatial analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of coastal research*, 8 (2), (1992) pp. 263-285.
- [23] - M. CHAIBI and F. SABATIER, Budget sédimentaire du littoral de la baie d'El Jadida (Maroc). Méthodes d'études et implications pour la gestion des côtes. *Rev. Méditerranée*, n° 115, (2010) pp. 117-124.