

Suivi par télédétection de l'évolution spatio-temporelle de la frange littorale au nord-est de Tétouan

Anas EMRAN et Mustapha HAKDAOUI, Maroc

Mots Clefs: évolution spatio-temporelle, littoral méditerranéen, Maroc, télédétection.

RESUME

Depuis la fin des années soixante et le début des années soixante dix, la région de Tétouan, son littoral en particulier, a connu d'énormes transformations dans son paysage, avec notamment une désorganisation des noyaux urbains et une occupation disproportionnée des espaces naturels. Ceci a provoqué une pression sur le patrimoine naturel et un déséquilibre considérable entraînant la destruction des espaces vitaux dans cette région.

Des études faites sur ce littoral (EL MOUTCHOU, 1995, 2002) ont montré un recul régulier de trait de côte avec une vitesse estimée à 2 mètres/ par an.

L'utilisation des images satellitales multidates et des documents cartographiques existants, acquis avant et après la construction des grandes infrastructures urbaines a permis de suivre et de quantifier, en particulier, les transformations qui ont affecté le port de plaisance Marina-Smir situé sur la frange méditerranéenne au Nord-est de Tétouan, et de mesurer ainsi l'impact des constructions urbaines sur le trait des côtes. Le résultat de cette étude, confirme un retrait important des traits de côte accéléré ces trente dernières années par l'action directe de l'homme sur son environnement littoral. Nous distinguons en particulier les retenus importants en sédiments au niveau du barrage Smir et la fixation des zones dunaires par la concentration des constructions.

L'implantation des infrastructures touristiques impliquant la construction des ports de plaisance, comme celle de Marina-Smir par exemple, a modifié complètement la répartition des masses sableuses, souvent à leur profit et au dépend des zones avoisinantes.

SUMMARY

Since the end of the sixties and the beginning of the seventies, the coast in the region of Tétouan has known enormous alterations in its landscape, with notably a disorganization of the urban groups and a disproportionate occupation of the natural spaces. This provoked a pressure on the natural patrimony and the considerable imbalance entailing the destruction of the vital spaces in this region.

Studies achieved on this subject (EL MOUTCHOU, 1995, 2002) showed a regular retreat of the line of the coast with an estimated speed of 2 metres per year.

The use of satellite images and cartographic documents, acquired before and after the construction of the urban infrastructures, enabled us to follow and to quantify the alterations that affected the marina in Marina-Smir village of tourism situated on the Mediterranean side at the North-east of Tétouan. This also allowed evaluating the impact of urban constructions on the line of the coasts. The result of this study, confirms an important retreat of the lines of the coast which has been accelerated during the last years by the direct action of the man on

the littoral environment. Because of these constructions, one can notice an important sediment accumulation in the dam of Smir and the stabilization of sand-dunes.

The implanting of tourist constructions such as marina modifies completely the distribution of the quantity of the sand in the area often on the profit of these constructions and at the sacrifice of the neighbouring zones.

Suivi par télédétection de l'évolution spatio-temporelle de la frange littorale au nord-est de Tétouan

Anas EMRAN et Mustapha HAKDAOUI, Maroc

1. INTRODUCTION

La frange littorale méditerranéenne au Nord du Maroc a subi depuis le début des années soixante dix de profonds changements, liées à l'installation accélérée des infrastructures touristiques et une croissance socio-économique très importante. Des études sédimentologiques faites sur une période de vingt ans (EL MOUTCHOU, 1995, 2002) ont montré un taux important d'érosion au niveau des plages avec une moyenne annuelle de régression d'environ -1,5 à -2 mètres linéaires par an.

Pour ce travail, nous allons nous intéresser, à l'impact des aménagements touristiques sur l'évolution des traits de côte, plus précisément, l'effet de l'installation du port de plaisance Marina-Smir construit au milieu des années quatre vingt et qui a provoqué des changements importants au niveau de cette côte.

Le but est de présenter les résultats préliminaires d'une étude faisant appel aux documents cartographiques et à l'imagerie satellitale multodate pour mesurer les conséquences des installations touristiques sur l'évolution du trait de côte et la répartition des masses sableuses dans les plages méditerranéenne au Nord-ouest du Maroc.

2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

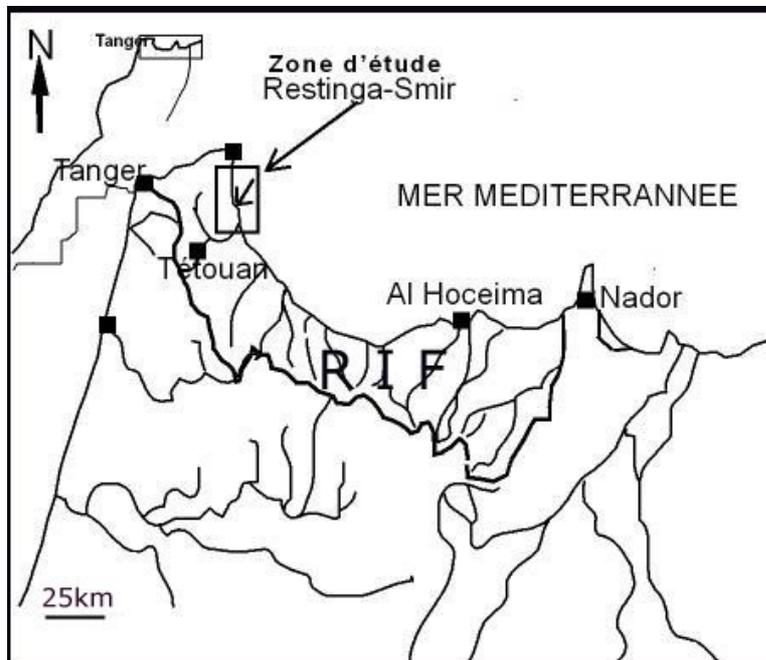


Fig. 1 : Localisation de la zone d'étude (Restinga-Smir) au Nord-ouest du Maroc

La zone d'étude se trouve sur le littoral méditerranéen à l'Ouest de Tétouan, qui couvre une distance de 40 km environ et orienté selon une direction Nord-Sud (fig.1). D'une pente généralement faible, ses plages se trouvent limitées à l'Est par la mer Méditerranée et à l'Ouest par la chaîne du Rif présentant une largeur très variable allant de 0 à 100 m. C'est une région très bien arrosée avec des précipitations très abondantes en hivers avec une moyenne de 800 à 1000 mm/an qui est répartie sur 90 jours entre novembre et mars avec 5 à 6 mois secs (El GHARBAOUI, 1987). Les vents, assez violents, soufflent principalement du secteur Est (Chergui) de mai à octobre et du secteur Ouest (Gharbi) d'octobre à février. Un régime équilibré entre vents du secteur ENE et WSW s'installe de mars à avril. Les principaux cours d'eau ont un régime torrentiel et entretiennent de ce fait une vive érosion dans le domaine interne du Rif aux forts reliefs.

3. CONTEXTE HYDRODYNAMIQUE

Le contexte hydrodynamique est dominé par les courants induits par les tempêtes et les fortes houles en provenance souvent du secteur Est dont les effets sont accentués par les courants de marée et les courants généraux (LPEE, 1977, 1985).

La circulation générale est représentée par la superposition de deux masses d'eaux (fig.2), l'une atlantique superficielle, entrant d'Ouest en Est à des vitesses de 40 à 60 cm/s, l'autre méditerranéenne profonde, sortant d'Est en Ouest à une vitesse de 30 cm/s. Cette dernière, affrontée au substratum rocheux au niveau du Cap de Sebta et de Gibraltar, s'écoule dans le sens opposé, d'Ouest en Est, à une vitesse de 15 cm/s qui, conjuguée aux effets des tempêtes et des houles exceptionnelles, provoque une prise importante de sédiments

L'onde de marée, généralement très faible, provient de l'Atlantique et se propage vers la Méditerranée à travers le détroit de Gibraltar.

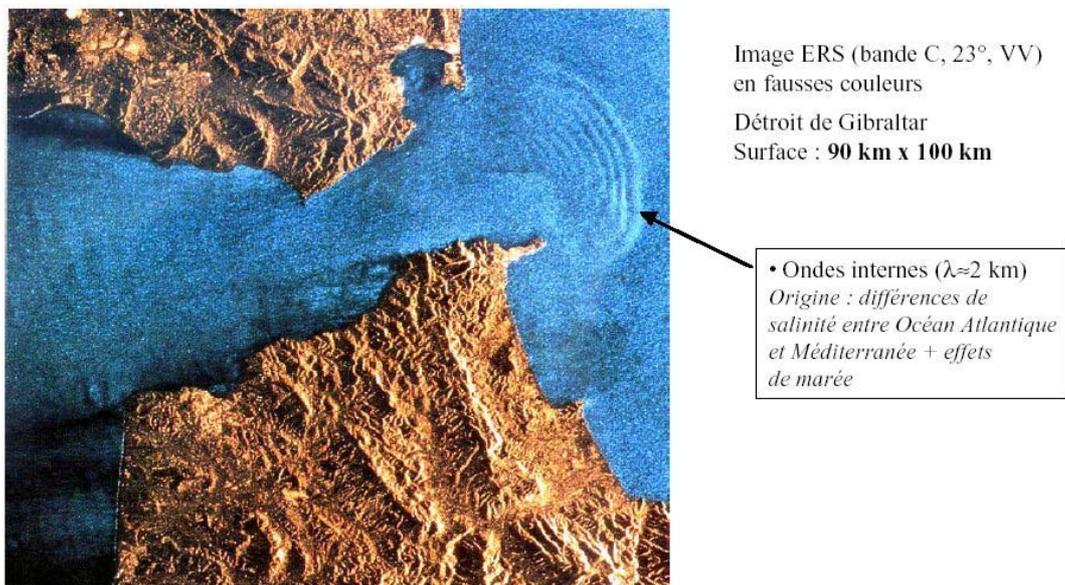


Fig. 2 : Extrait de l'Image ERS-1 (ESA) montrant les effets des courants et des marées sur la circulation des eaux

4. CARACTÈRES SÉDIMENTOLOGIQUES ET ÉVOLUTION SPATIOTEMPORELLE

La frange littorale méditerranéenne au Nord-ouest du Maroc est caractérisée par une grande variabilité des phénomènes conditionnant son évolution. C'est un environnement dont l'équilibre dépend à la fois du contexte géologique et de facteurs dynamiques spécifiques. Les vitesses d'érosion sont variables au cours du temps sous l'influence des différents agents dynamiques de l'activité néotectonique de l'élévation du niveau marin et des différentes formes d'actions anthropiques (El GHARBAOUI, 1981 ; LPEE, 1987 ; EL MOUTCHOU, 1995, 2002 ; HAIDA et SNOUSSI, 2002). Ce dernier facteur qui était relativement très peu important avant les années soixante dix est devenu le principal facteur agissant sur l'évolution spatio-temporelle de la côte par : la consolidation des dunes bordières des constructions touristiques, l'extraction massive des sables, les aménagements portuaires, l'installation de barrages sur l'arrière pays, qui constituent autant d'actions qui, d'une part ont réduit considérablement le budget sédimentaire et d'autre part ont transformé la dynamique sédimentaire de cette frange littorale.

5. MATERIEL ET METHODES

5.1 Données

L'utilisation des données cartographiques et des images satellitales multitudes acquises avant et après la construction du complexe touristique de Restinga-Smir (fig.3), nous permet d'estimer les transformations parvenues au niveau du trait de côte et l'évolution des étendues des plages. Nous utilisons pour cela, la carte topographique au 1/50.000 : feuille de Sebta (fig.3b) qui représente une réalité de terrain de 1970, date antérieure à la construction de la plupart des infrastructures touristiques au Nord du Maroc, et l'image Satellitale Terra-Aster de 2000 (fig.3a) qui représente les données actuelles, postérieures aux grandes transformations et aménagements touristiques.

6. EXTRACTION DE L'INFORMATION

6.1 Rectification géométrique des données

L'image Terra-Aster est rectifiée géométriquement par rapport au système de coordonnées lambert. Les points amers nécessaires pour une rectification à partir d'un polynôme d'ordre 5 sont sélectionnés sur la carte topographique de Sebta à l'échelle du 1/50.000 (Feuille NI-30-XIX-4c) dressée et publiée en 1970 par la direction de la carte. La taille retenue pour le pixel est de 20 mètres, le ré-échantillonnage est conduit par convolution bi-cubique.

Une fois rectifiée, nous avons extrait la zone d'étude à partir de l'image Terra-Aster de 2000 et de la carte topographique Sebta (fig.3a).

6.2 Carte de répartition des plages par classification dirigée de l'image Terra-Aster 2000

La carte de répartition des plages est réalisée à partir de l'imagerie Terra-Aster. Elle nous donne une idée précise sur la distribution des principales masses sableuses à proximité du complexe touristique Marina-Smir. Le procédé mis en œuvre pour cette carte est une classification multispectrale de type dirigée. Le choix des classes s'est fait par lecture directe sur l'image et il est guidé par la carte topographique au 1/50.000. L'affectation des classes s'est fait selon le critère de la 'distance minimum' (SCHOLZ et al. 1979 ; SCHOWENGERDT, 1983), mesuré par la distance de Mahalanobis.



Fig. 3a : Extrait de l'image Terra-Aster de 2000 couvrant la zone d'étude (Marina-Smir)

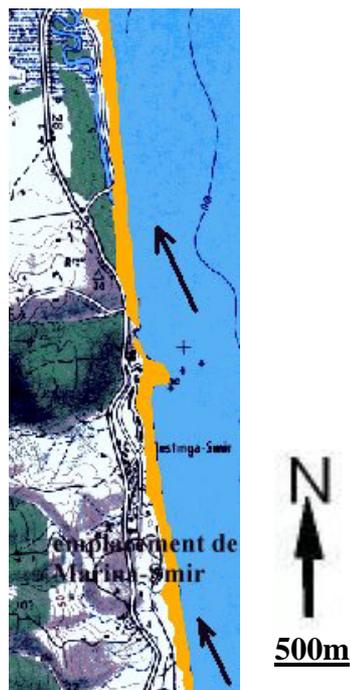


Fig. 3b : Extrait de la carte topographique au 1/50.000 (Feuille NI-30-XIX-4c) montrant la répartition du sable en 1970. La pointe des flèches indique la direction des courants marins



Fig. 3c : Classification dirigée de l'extrait d'image Terra-Aster de 2000 montrant la nouvelle répartition des plages. 1 : mer ; 2 : sable ; 3 : bâti ; 4 : sol ; 5 : zone boisée.

Dans la lecture de la classification, nous sommes surtout intéressés à la classe 'sable' qui montre la répartition de ce sédiment au niveau de la frange marine (en jaune sur la carte et sur l'image). Le résultat de la classification montre (fig. 3c), un net recul du trait de côte et une nouvelle répartition des zones sableuses liée à la structure du port. Nous remarquons ainsi un engraissement de la côte vers le Sud du port et un amaigrissement, voire une disparition, de la plage au Nord du port. La structure du port nouvellement installée, dans les années quatre vingt, constitue un barrage aux principaux courants marins qui ramènent les sédiments du Sud-est vers le Nord-ouest. Le port bloque donc le sable venant du Sud-est, ce qui entraîne

une accumulation sédimentaire vers le Sud. Au Nord, les sédiments n'arrivent plus, ce qui provoque un déficit sédimentaire qui est accentué par l'érosion due aux vagues.

6.3 Croisement des données diachroniques multitudes

Sur la carte topographique au 1/50.000, nous avons isolé (en rouge sur la figure 4) la partie qui correspond aux masses sableuses de l'ancienne frange littorale (1970). Nous avons par la suite, cartographier par photo-interprétation à partir de l'image satellitale Terra-Aster de 2000, la répartition des nouvelles masses sableuses présentes dans le voisinage du complexe touristique Marina Smir (en vert sur la figure 4).

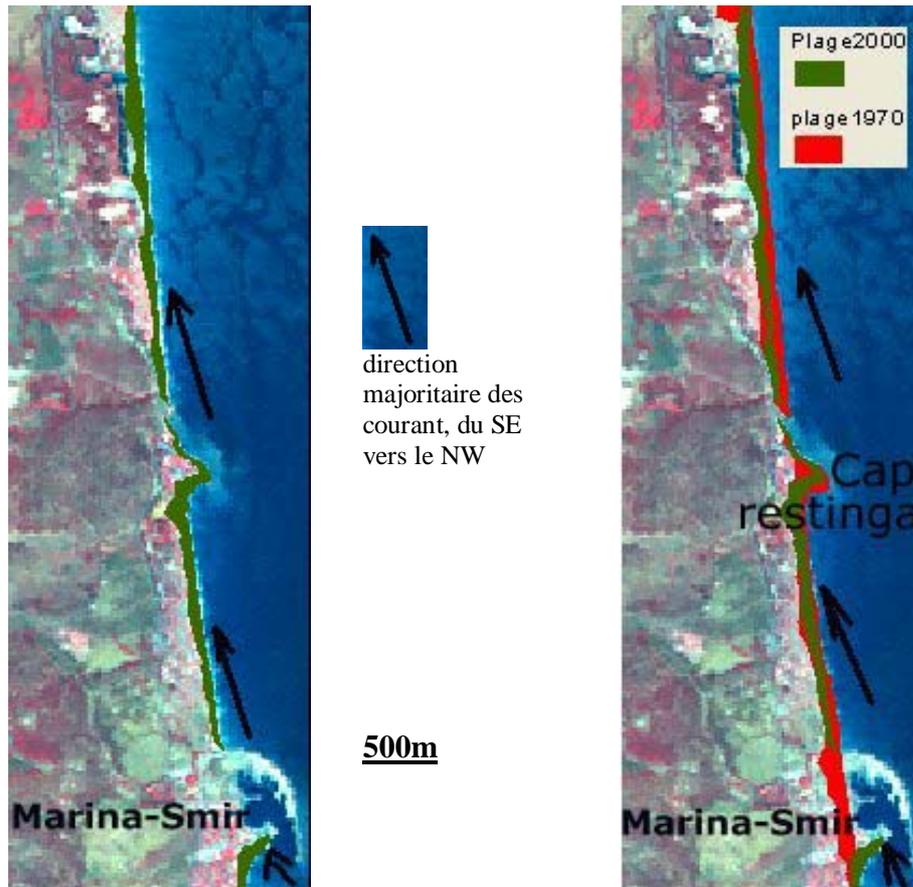


Fig. 4a : Répartition des plages en 2000 (en vert) déduite à partir de image Terra-Aster

Fig. 4b : Image Terra-Aster, montrant la distribution des plages en 1970 (en rouge) et en 2000 en vert

Nous avons constaté, après superposition des surfaces des plages déduites de la carte et de l'image Terra-Aster, qu'il y a un retrait régulier du trait de la côte qui est estimée à partir de la différence des deux surfaces (1970 et 2000). Ce retrait se fait à une vitesse allant de 0.6 m/an à 1.7 m/an selon les endroits. Nous avons également calculé la perte en sédiments selon une ligne droite distante de 6 km. Cette perte est de 34% en trente ans. Le retrait du trait de

côte n'est pas régulier, et comme nous l'avons constaté dans la classification (fig.3), la figure 4, montre un déficit au Nord du port Marina et un engraissement au Sud. Nous constatons également vers le Nord, au niveau du Cap Restinga, un engraissement vers le Sud du Cap et un amaigrissement au Nord. Sur ce cap se trouve un autre complexe touristique, mais ce phénomène est naturel et il n'est lié à aucune construction nouvelle.

7. CONCLUSION

Les aménagements et extensions portuaires dans le littoral méditerranéen ont induit des modifications hydrodynamiques et généré des zones d'érosion et des zones d'accumulation de sable.

La pression de la population sur la ligne de côte, traduite par une urbanisation dense et anarchique sur la haute plage et les dunes bordières contribue à la dégradation des plages. 34% des sédiments ont disparu durant les trente dernières années, avec un recul régulier du trait de côte estimé entre 0.6 m/an et 1.7 m/an.

En plus de l'impact de ces aménagements, les plages et les dunes bordières sont soumises à une extraction abusive, souvent illicite des sables et des galets. On peut citer les emprunts de sables sur les oueds Martil et Mellah qui ont atteint respectivement 1875 000 tonnes depuis 1981 et 1350 000 tonnes entre 1986 et 1992 (EL MOUCHOU, 1995). Ce phénomène ne fait qu'aggraver le déficit du stock en matériaux et renforcer par conséquent l'érosion, surtout au niveau des plages.

REFERENCES

- EL GHARBAOUI A. 1987 – La terre et l'Homme dans la péninsule tingitane : étude sur l'homme et le milieu naturel dans le Rif occidentale. Travaux de l'Institut Scientifique, Série géologie et géographie physique, N°15, Rabat, Maroc, 439p.
- EL GHARBAOUI A. 1987 – Les climats : Géographie physique et géologie. Grande encyclopédie du Maroc, Volume 3, pp.14-31.
- EL MOUTCHOU Brahim 1995 – Dynamique côtière actuelle et évolution morpho-sédimentaire de la frange littorale méditerranéenne entre M'Diq et Oued Laou (Région de Tétouan, Maroc Nord-occidental). Thèse de 3^{ème} Cycle, Université Mohammed V, Rabat, Maroc, 310p.
- EL MOUTCHOU B. 2002 – Dynamique côtière et évolution spatio-temporelle de la frange littorale méditerranéenne entre Fnideq et Martil (Province de Tétouan, Maroc). In Erosion littorale en Méditerranée occidentale, CIESM Workshop Series, Tanger, 18-21 septembre 2002, pp.35-37.
- HAIDA S. et SNOUSSI M. 2002 – Problèmes d'érosion littorale méditerranéenne marocain et techniques de réhabilitation.). In Erosion littorale en Méditerranée occidentale, CIESM Workshop Series, Tanger, 18-21 septembre 2002, pp.49-51.
- LPEE 1977 – Rapport technique sur le port de M'Diq (Tétouan, Maroc). Casablanca, 15p.
- LPEE 1985 – Etude de stabilité en canal à houle du profit de courant par -7m de profondeur à Restinga-Smir (Tétouan, Maroc). Casablanca, 15p.
- LPEE 1987 – Rapport technique et expertise sédimentaire sur le port de Restinga-Smir (Tétouan, Maroc). 7tabl, 2 cartes, Casablanca, 51p.

- LPEE 1991 – Etudes maritimes sur le littoral de Tétouan (Maroc) : étude de circulation sur modèle mathématique au port de Martil. Casablanca, DPTP (Tétouan), 20p.
- SCHOLZ D., FUSH N., HIXSON M. & AKIYAMA T. 1979 - Evaluation of several schemes for classification of remotely sensed data : their parameters and performances. Tech. Rep. LARS TR_041279, Lab. for Application of Remote Sensing, Purdue Univ., West Lafayette, Ind., pp.40-67.
- SCHOWENGERDT R. A. 1983 - Techniques for image processing and classification in remote sensing. Academic Press, San Diego, California, 249p.

CONTACTS

Anas Emran
Institut Scientifique
Université Mohammed V-Agdal
Département de Télédétection.
Avenue Ibn Battouta B.P. 703 Rabat Agdal
MAROC
Tel. + 212 37 77 45 48/49
GSM + 212 68 46 17 83
Fax + 212 37 77 45 40
Email: emrananas@yahoo.fr; emran@israbat.ac.ma

Mustapha Hakdaoui
Faculté des Sciences de Ben M'Sik
Département de Géologie
Université Casa II, Ben M'Sik
B.P. 6621, Casablanca
MAROC